

Friedrich Hainbuch

---

## **Handkrafttraining schützt vor Stürzen**

---

Aus dem Zentrum Anatomie der Universität zu Köln  
Institut II für Anatomie  
Geschäftsführender Direktor: Universitätsprofessor Dr. rer. nat. J. Koebke

## **Handkrafttraining schützt vor Stürzen**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Würde eines Doctor rerum medicinalium  
der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Universität zu Köln

vorgelegt von  
Dr. theol. Dr. phil. Friedrich Hainbuch  
aus Remscheid

Promoviert am: 28. Juni 2007

### **Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2007

Zugl.: Köln, Univ., Diss., 2007

978-3-86727-345-9

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln  
2007

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2007

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

[www.cuvillier.de](http://www.cuvillier.de)

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2007

Gedruckt auf säurefreiem Papier

978-3-86727-345-9

Dekan:                   Universitätsprofessor Dr. med. J. Klosterkötter

1. Berichterstatter:   Universitätsprofessor Dr. rer. nat. J. Koebke

2. Berichterstatter:   Privatdozent Dr. med. J. Andermahr

## **Erklärung**

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Herrn Universitätsprofessor Dr. rer. nat. Jürgen Koebke

Herrn Dipl. Math. Rudolf Schlegelmilch, Fa. Systems of Medical Technology (SMT),  
Würzburg

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und ist auch noch nicht veröffentlicht.

Wachtberg, 20.10.2006

(Friedrich Hainbuch)

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen sind von mir selbst mit Unterstützung von Universitätsprofessor Dr. rer. nat. J. Koebke und Herrn Dipl. Math. Rudolf Schlegelmilch vorgenommen worden.

Die Auswertung ist von mir selbst durchgeführt worden.

Danksagung

Danken möchte ich

Herrn Universitätsprofessor Dr. rer. nat. Jürgen Koebe für seine außergewöhnliche Betreuung

Herrn Dipl. Math. Rudolf Schlegelmilch für die Überlassung des Ageon-Vitalitätsmessgerätes der Fa. Systems of Medical Technology (SMT) aus Würzburg sowie für die Einarbeitung in die Datenerhebung mit Hilfe dieses Gerätes



## **1. Einleitung**

Im Mittelalter gehörten Menschen mit über 35 Jahren bereits zu den Alten und Weisen, und noch vor 100 Jahren lag die durchschnittliche Lebenserwartung bei knapp 50 Jahren. Die Industrienationen haben es im 20. Jahrhundert erreicht, diesen Wert um über 50% zu steigern. Eine verbesserte Ernährung, ein erhöhter Wohnstandard, eine bessere Ausbildung, weniger belastende Arbeitsplatzbedingungen, verbesserte individuelle und öffentliche hygienische Verhältnisse, verminderte Seuchengefahr und erfolgreiche Bekämpfung von Infektionskrankheiten durch Antibiotika, eine hoch entwickelte Gerätemedizin sowie schließlich eine niedrigere Geburtenrate sind Faktoren, die zu einer Zunahme des Alters der Bevölkerung und einer Erhöhung der Lebenserwartung von Neugeborenen beitragen. Auch früher gab es schon vereinzelt Menschen, die sehr alt geworden sind. Weil aber in der heutigen Zeit immer mehr Menschen ein sehr hohes Alter erreichen, konnte sich die durchschnittliche Lebenserwartung insgesamt nach oben verschieben [47]. Heute in Deutschland geborene Menschen haben sehr gute Chancen, ein hohes Lebensalter von über 80 Jahren zu erreichen. Frauen werden durchschnittlich fast 81 Jahre, Männer fast 75 Jahre alt [129]. Aufgrund weiterer Verbesserungen in der Medizintechnik und der Lebensbedingungen älterer Menschen wird sich die durchschnittliche Lebenserwartung voraussichtlich weiter erhöhen, und 100-Jährige werden in Zukunft in der deutschen Bevölkerung keine Ausnahme mehr darstellen.

Alle Organsysteme bleiben langfristig nur funktionsfähig, wenn sie im Rahmen von Bewegungshandlungen bzw. körperlicher Aktivität kontinuierlich und ständig aktiviert werden, auch und gerade im fortgeschrittenen Alter.

Des Weiteren ist zu erwarten, dass sich die Zahl der älteren Menschen in den nächsten 40 Jahren und damit ihr Anteil an der Gesamtbevölkerung deutlich erhöhen werden.

Vor diesem Hintergrund wird prognostiziert, dass in der zweiten Lebenshälfte, wenn sich Bewegungsmangel allmählich einschränkend auf die vor allem körperliche Leistungsfähigkeit auch im Alltag bei immer mehr – gerade auch älteren - Menschen auswirkt, eine ausreichende Bewegungsaktivität für die Erhaltung der Gesundheits- und Lebensqualität unverzichtbar wird.

Inzwischen existiert eine Vielzahl von Nachweisen, dass sportliche Betätigung und/oder körperliche Aktivitäten den Alternsprozess bremsen und Rückbildungsprozesse hinauszögern können.

Die vorliegende Arbeit möchte ein besseres Verständnis für diese Zusammenhänge wecken und anhand eines ausgewählten medizinischen Parameters, hier der Handkraft,

nachweisen, dass es sich auch für ältere, bislang nicht (sportlich) aktive Menschen lohnt, sich zu einer (sportlichen) Bewegungsform bzw. körperlichen Aktivität motivieren zu lassen und Bewegungsaktivitäten in ihren Alltag als festen, unverzichtbaren Anteil zu integrieren, um durch Gesunderhaltung ihre Alltagskompetenzen sowie die Teilhabe an ausreichenden Sozialkontakten zu bewahren.

### 1.1 Bewegungsunsicherheit im Alter und Stürze

Im Jahre 1943 wurde von Bürger & Hauss zum ersten Mal in einer wissenschaftlichen Zeitschrift festgestellt, dass „unter den dynamischen Altersveränderungen die mit den Jahren abnehmende körperliche Leistungsfähigkeit an erster Stelle“ steht [18]. Heute kann diese eher unspezifische Äußerung mit einem umfangreichen Zahlenmaterial exakt bewiesen werden.

Etwa ein Drittel der über 65-jährigen Menschen stürzt mindestens einmal im Jahr. Die Rate steigt mit zunehmendem Alter weiter an, so dass sie bei den 80-89-jährigen bei 40-50% liegt. Möglicherweise stellt aber das Alter an sich keinen unabhängigen Risikofaktor für das Auftreten von Stürzen dar, sondern lediglich einen Indikator für die Zunahme anderer Risikofaktoren mit dem Alter. Einer unter fünf bis zehn Stürzen älterer Menschen hat Verletzungen zur Folge, einer von 20-30 Stürzen führt zu einer Fraktur, etwa jeder hundertste Sturz führt zu einer hüftgelenksnahen Fraktur. In prospektiven Studien konnten vor der sturzbedingten Fraktur 75% der Patienten ohne Hilfsmittel selbstständig gehen, nach der Fraktur nur noch 15 %. Hüftgelenksnahe Frakturen haben in der Bundesrepublik Deutschland eine postoperative Letalität von über 10 %. Neben den somatischen Folgen eines Sturzes berichten bis zu 70 % der älteren Gestürzten über Angst vor weiteren Stürzen mit einem dadurch bedingten Abbau von Selbstvertrauen, einer zunehmenden Einschränkung der Alltagsaktivitäten und einem daraus folgenden Circulus vitiosus mit weiterem Abbau lokomotorischer Fähigkeiten [29, 37, 101,126, 127] .

Ziel der meisten älteren Menschen ist es, gesund, zufrieden, erfüllt und glücklich zu altern. [36, 94]. Körperlich aktiv sein und den Alltag bewältigen zu können, hängt in hohem Maß von der körperlichen Funktionsfähigkeit und dem Leistungsvermögen ab. Von der hier in Rede stehenden Alterskohorte der 65-69-jährigen Männer sind nach einem telefonischen Gesundheitssurvey aus dem Jahr 2003 wöchentlich etwa 40 % zwei und mehr Stunden

sportlich aktiv [118]. Damit der alternde Mensch weitestgehend unabhängig leben kann, muss er in der Lage sein, sich selbst versorgen und am sozialen Leben teilhaben können. Dazu müssen die alltäglichen Besorgungen und Aktivitäten gemeistert werden, von den so genannten persönlichen Aktivitäten (sich waschen, anziehen und essen) zu den instrumentellen Aktivitäten (Putzen, Einkaufen) bis hin zur Teilnahme am gesellschaftlichen Leben [125]. Die Fähigkeit, sich im Zusammenhang ständig verändernder Umweltaforderungen unabhängig zu bewegen, vermindert sich mit zunehmendem Alter stärker. Viele ältere Personen können sich zwar noch in ihrer häuslichen Umgebung bewegen, haben aber außerhalb zunehmend Probleme, auf äußere Haltungseinflüsse - Stehen im fahrenden Bus, Sich-festhalten-Können, kurzzeitiges Halten des Körpergleichgewichtes auf einem Bein etc. - angemessen zu reagieren, da die notwendigen Kräfte in der Bein-, Arm- und Handmuskulatur nicht zur Verfügung stehen [39], um sich zum Beispiel bei Stürzen besser abfangen zu können. Becker et al. konnten nachweisen, dass Personen über 60 Jahre nach einem Gleichgewichts- und Krafttraining über ein Jahr hinweg signifikant weniger Stürze aufweisen als gleichaltrige Personen ohne Interventionsmaßnahmen [14].

Im Zusammenhang mit der hier vorgelegten Studie bedeutet Prävention einerseits zu verhindern, „dass ‚Nicht-Faller‘ zu ‚Fallern‘ werden, andererseits weitere Stürze von ‚Fallern‘ zu verhindern“ [141]. Interventionen können einerseits darauf ausgerichtet sein, das Sturzrisiko zu minimieren, andererseits schützende Kontrollmechanismen sowie körperliche Parameter zu verbessern und somit das Risiko von Verletzungen zu reduzieren. Dagegen erscheint die totale Einschränkung der Bewegungsfreiheit zur Sturzprävention älterer Menschen in manchen Pflegeeinrichtungen kontraproduktiv und im Übrigen der Menschenwürde nicht angemessen [141].

Denn alle Organsysteme einschließlich der Muskelsysteme bleiben langfristig nur funktionsfähig, wenn sie im Rahmen von Bewegungshandlungen kontinuierlich und ständig aktiviert werden. Eine ausreichende Bewegungsaktivität ist für die Erhaltung der Gesundheits- und Lebensqualität unverzichtbar, vor allem dann, wenn sich Bewegungsmangel allmählich einschränkend auf die körperliche Leistungsfähigkeit im Alltag bei immer mehr gerade auch älteren Menschen auswirkt. Gesund alt zu werden und alle wichtigen körperlichen und geistigen Vitalparameter auf einem akzeptablen Niveau zur Führung eines möglichst selbständigen Lebens zu halten, gelingt deshalb vornehmlich mit Hilfe körperlicher Aktivitäten und einem adäquaten Lebenswandel, wie dies u.a.

Meusel, Paffenbarger, Rowe/Kahn und Spirduso [82, 96, 97, 115, 126, 127] nachgewiesen haben.

## 1.2 Handkraft – Indikator des Zustandes der Körpermuskelkraft im Alter: Bisherige Veröffentlichungen und Stand der Wissenschaft

Die wichtigen Vitalitätsparameter des Menschen werden in körperliche und geistige unterteilt. Zu den körperlichen zählen: Die Handkraft, Muskelgeschwindigkeit (hier: durch Messung der visuellen und akustischen Reaktionsgeschwindigkeit); Lungenfunktionsparameter wie Ein-Sekunde-Volumen, Vitalkapazität und Residualvolumen;

zu den geistigen: Visuelle Reaktion; Akustische Reaktion; Hörtest; Konzentration, topologisches, assoziatives Gedächtnis; Zahlengedächtnis.

In einer amerikanischen, epidemiologischen Studie mit 2.462 Personen im Alter von 35-70 Jahren hat Hochschild [48] versucht, einen Index des Alterns zu entwickeln. Es ging in dieser Studie darum, die Messung des Alterns zu ermöglichen, um eine Therapie zu beurteilen, die den Alterungsprozess verlangsamen kann. Mit dem Ageon-Vitalitätsdiagnostikgerät ist es möglich, die Alterungsrate zu bestimmen, bei der auch so genannte Biomarker einbezogen werden. Hierbei handelt es sich gewöhnlich um physiologische Funktionen, die wie vorausszusehen, mit zunehmendem Alter nachlassen.

Für jeden einzelnen der insgesamt 12 Biomarker wurden Normalwerte für die 977 Männer und 1485 Frauen im Alter von 35 bis 70 Jahren festgelegt, die an der Studie teilnahmen. Es wurde eine statistische Methode festgelegt, wobei es möglich ist – trotz ihrer voneinander unabhängigen Einheiten – die Ergebnisse zu einer einzelnen Zahl zusammenzufassen, die als standardisiertes biologisches Alter bezeichnet wird. Daraus wird das Testalter eines Individuums kalkuliert.

Demnach definiert Hochschild Altern „als Nachlassen der mentalen und physischen Funktionen, besonders die Funktionen, die die Aktivitäten des täglichen Lebens bestimmen. Es ist offensichtlich, dass Reaktionszeit, Entscheidungsgeschwindigkeit, Gedächtnis, Gehör, Visus, Lungenfunktion und Muskelkraft entscheidend für das tägliche Leben sind, vom Fahren eines Autos bis zu persönlichen und berufsbedingten Anforderungen. Diese Funktionen haben einen starken Einfluss auf die Lebensqualität und das ist es, was sie als Biomarker des Alterns qualifiziert“ [48].

Zu dieser Argumentation bezog Ludwig Stellung: „In der Wissenschaft regiert nicht nur reine Vernunft, sondern auch der gesunde Menschenverstand (Max Planck), und der

gesunde Menschenverstand sagt uns, dass, wenn die Geschwindigkeit des Fortschreitens des Alterungsprozesses durch eine Anzahl von nicht mit einander verknüpften Markern, die mit dem chronologischen Alter korrelieren, darstellbar ist durch eine vorgegebene experimentelle Variable (z.B. Kalorienrestriktion), hat sich auch der Alterungsverlauf des Gesamtorganismus verändert. Somit kann eine geringe Anzahl von Biomarkern repräsentativ sein für viele andere, so dass es nicht notwendig ist, das gesamte Spektrum der Veränderungen im Alter zu betrachten, um zu wissen, was mit dem Individuum passiert“ [48]. Hochschilds Forschungsergebnisse weisen in die gleiche Richtung.

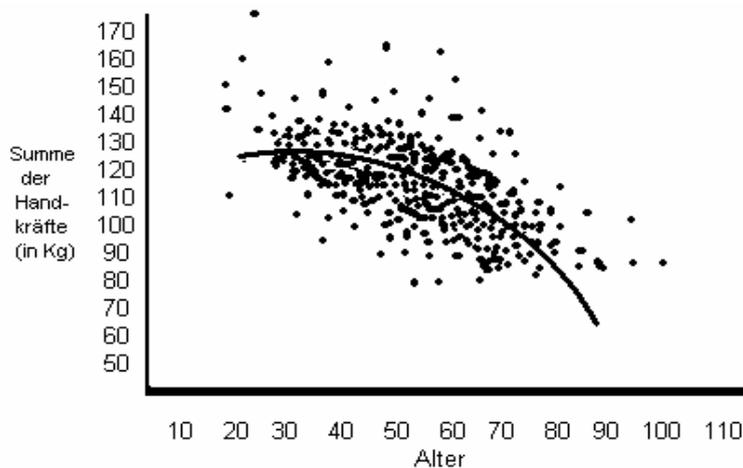


Abb. 1: Abnahme der individuellen Handkraft im Altersverlauf, nach: Kallmann et al. 1990, S. M83.

Kallmann et al. (s. Abb. 1) wiesen in einer Studie über die Rolle des Muskelverlustes in dem altersbedingten Nachlassen der Handkraft nach, dass die Handkraft tatsächlich im Altersverlauf nachlässt, aber nicht, wie man bislang glaubte, linear, sondern parabelförmig [26, 61]. Den höchsten Handkraftwert erreicht der Mann in der 4. Lebensdekade (vom 30.-39. Lebensjahr). Danach nimmt sie parabelförmig ab: in der 5. Lebensdekade um etwa 5%, in der 6. um ca. 12%, in der 7. um etwa 25 % und in der Zeit vom 80. bis zum 89. Lebensjahr um ca. 34%, immer bezogen auf etwa 100 KG Handkraftstärke vom 40.-49. Lebensjahr. Außerdem nimmt die Handkraft, je länger eine Krankheit andauert, immer weiter ab; die täglichen Verrichtungen werden dadurch nach und nach gestört [124].

Die Bestimmung der Handkraft gibt Auskunft über den allgemeinen Zustand der Muskelkraft; sie stellt einen Indikator für das physische Leistungsvermögen des alternden Menschen dar [135]. Sie lässt zudem Rückschlüsse auf die Gesamtmuskelkraft des älteren Menschen zu, korreliert mit dem Ernährungszustand und kann für die Verlaufsbeurteilung Verwendung finden. Eine ausreichende Handgriffstärke ist Voraussetzung für manuelle Fähigkeiten bei allen Verrichtungen des täglichen Lebens. Eine verminderte

Handgriffstärke ist ein Anzeichen für generell verminderte Muskelkraft alter Menschen und korreliert daher stark mit deutlich erhöhtem Sturz- und Frakturrisiko, mit verminderter Selbsthilfefähigkeit und erhöhter Mortalität [54, 98, 105, 135]. Sie lässt im Alternsverlauf kontinuierlich nach [48, 61]. Auf Grund des einfachen Messverfahrens, das früher mit einem mechanischen Dynamometer (auch heute noch von einigen Wissenschaftlern favorisiert [6], durchgeführt wurde, ist der Test in der klinischen Diagnostik und bei sportphysiologischen Untersuchungen eingeführt, z.B. durch den Groningen-Fitnesstest für Ältere über 55 Jahre [66]. Die benutzten bzw. dem PC-Programm unterlegten Normwerte sowie die Untersuchungsmethoden sind ebenfalls ausreichend abgesichert worden [5, 8, 9, 11,12, 15, 31, 41, 45, 46, 57, 76, 79, 90, 102, 104, 107, 111]. Allerdings gilt für das in dieser Studie benutzte Gerät anzumerken, dass den hier unterlegten Normwerten keinerlei eigene Untersuchungen und Studienmesswerte des Herstellers dieses Gerätes hinzugefügt wurden.

Belegt sind aber auch Verbesserungen der Handkraft nach einem festgelegten Training, auch wenn bestimmte Krankheitsbilder vorliegen [2, 83, 119, 139, 143].

Rantanen et al. [104] führten eine Handkraftmessung mit 6089 gesunden Männern im Alter von 45-68 Jahren durch und wiederholten diese 25 Jahre später. Sie stellten fest, dass die Menschen der Gruppe mit der niedrigsten Handkraft bei der ersten Messung, egal ob dünn, von mittlerem Körpergewicht oder schwer, die höchste Sterberate in den folgenden 25 Jahren aufwiesen.

Funktionelle Beeinträchtigung tritt bei älteren Menschen häufig in Form von reduzierter Mobilität und Gangunsicherheit auf. Der Verlust der Mobilität und Gangsicherheit stellt neben kognitiven und sensorischen Einschränkungen die größte Bedrohung dar, ein selbstbestimmtes und unabhängiges Leben führen zu können. Das Sturzrisiko steigt dramatisch an, die Sturzhäufigkeit nimmt pro Lebensdekade um ca. 10 % zu [104]. Sturzangst führt zu einem Verlust des Selbstvertrauens und zur weiteren Einschränkung der Aktivitäten [67, 136].

### 1.3 Epidemiologie von Stürzen

Stürze sind die häufigste nicht-natürliche, und die siebthäufigste Todesursache insgesamt bei Personen über 65 Jahren. Etwa 30 % der zuhause lebenden über 65-jährigen Menschen [134] und mehr als 50 % der über 90-Jährigen [27] stürzen mindestens einmal jährlich, von diesen etwa 25 % mehr als dreimal im Jahr. Pflegeheimbewohner stürzen zwei- bis

dreimal häufiger [72]. Bis zu 50 % der alten Menschen, die nach einem Sturz hospitalisiert werden, sterben innerhalb der nächsten 12 Monate [118].

Sturzfolgen nehmen altersabhängig zu, weil Faktoren wie Osteoporose und verlangsamte Reaktionszeiten auch zunächst harmlose Stürze gefährlich machen [118]. Beim langsamen Zu-Boden-Gleiten kann der osteoporotische Femur brechen. Der nicht-osteoporotische Femur bricht bei einem Sturz aus Standhöhe, wenn keine Schutzreaktion den Aufprall bremst und kein Fettgewebe über dem Trochanter die Sturzenergie absorbiert und unter die kritische Bruchschwelle senkt. Für Sturzfolgen sind also neben der Härte des Knochens Variablen der Sturzmotorik entscheidend: Sturzrichtung, Schutzreaktion, Aufprall, Absorption von Sturzenergie, etwa durch Fettpolster und/oder Handabstützung [88].

Etwa 5 % der Stürze führen zu Frakturen, etwa 1-2 % zu einer proximalen Femurfraktur, 90 % dieser Frakturen sind sturzbedingt [62]. Das Statistische Jahrbuch des Jahres 2003 stellte fest, dass 71,1 % der aus dem Krankenhaus entlassenen vollstationären Patientinnen und Patienten in der Altersgruppe der über 75-Jährigen wegen eines Oberschenkelhalsbruches aufgrund eines Sturzes behandelt worden waren; andere Erkrankungen liegen teilweise deutlich unter diesem Prozentsatz [129], 14-36 % der Patienten sterben in den ersten 12 Monaten nach der Fraktur, viele der Überlebenden verlieren an Alltagskompetenz [147]. Nur 14-21 % erreichen nach dem Ereignis ihre vorherige Selbstständigkeit wieder [59].

Die durchschnittlichen Kosten einer Frakturbehandlung ohne Rehabilitation, Pflege- und sonstige Folgekosten betragen in Westeuropa, hier am Beispiel von Österreich, ca. € 6.700,-. Bei der derzeitigen demographischen Entwicklung wird sich bis zum Jahr 2040 die Zahl der Frakturen verdoppeln (vgl. [www.meduni-graz.at/unfallchirurgie/forschung/osteoporose.html](http://www.meduni-graz.at/unfallchirurgie/forschung/osteoporose.html)).

10-20 % aller Stürze führen zu Verletzungen. Prellungen sind funktionell genauso gravierend wie Frakturen. Alte Menschen sind nach einem Sturz oft hilflos und nicht mehr in der Lage, allein wieder aufzustehen. Dies hat prognostische Relevanz und weist auf zunehmende Hilfsbedürftigkeit hin [62]. Auch Stürze ohne Verletzungen haben Folgen, etwa 30 % der Sturzpatienten haben Angst vor weiteren Stürzen. Viele vermeiden aus Fallangst körperliche Aktivität, ein circulus vitiosus von Inaktivität, Isolation, Depression und Hilfsbedürftigkeit [136].

### 1.3.1 Definition: Was ist ein Sturz?

Als Sturz ist zu verstehen ein „unfreiwilliges, plötzliches, unkontrolliertes Herunterfallen oder -gleiten des Körpers aus dem Stehen, Sitzen oder Liegen“[37]. Als Sturz bzw. Beinahe-Sturz ist auch zu verstehen, wenn ein solches Ereignis nur durch ungewöhnliche Umstände, die nicht im Patienten selbst begründet sind, verhindert wird, z.B. durch das Auffangen durch eine andere Person [37].

### 1.3.2 Ätiologie

Alltagsaktivitäten sind komplexe Bewegungsmuster in aufrechter Körperhaltung. Diese erfordern Haltungskontrolle und Balance, d.h. die Fähigkeit, in jeder Phase der Bewegung auch bei externen Störungen den Körperschwerpunkt stabil halten zu können. Voraussetzung für diese Stabilität sind eine intakte Sensorik (visuell, vestibulär) Informationsverarbeitung im Zentralnervensystem (ZNS) und für die Motorik außerdem ein Mindestmaß an Muskelkraft. [52]. Alle genannten Faktoren sind im Alter durch krankheitsbedingte oder altersphysiologische Veränderungen beeinträchtigt, und die Anpassungsfähigkeit an die Umwelt ist deshalb eingeschränkt. Der gebrechliche, alte Mensch stürzt in Alltagssituationen, die ein Jüngerer mühelos bewältigt, weil jener die Balance verliert. Das Problem beginnt nicht mit dem ersten Sturz, dieser ist vielmehr die erste sichtbare Dekompensation der Haltungskontrolle, der Schritt vom Stolpern zum Sturz [3, 10].

Faktoren, die sich negativ auf die Haltungskontrolle auswirken, sind Risikofaktoren für Stürze. Viele sind zweifelsfrei identifiziert: Alter [100], Muskelschwäche, schlechte Balance, Gangstörung, kognitives Defizit, Visuseinschränkung, Multimedikation, Benzodiazepine, schlechte bzw. ungeeignete Wohn- und Gebäudebedingungen bzw. häusliche Gefahrenquellen sowie die Angst [73] entstanden durch frühere Stürze [30, 68, 89, 99, 116, 133, 145]. Das Sturzrisiko steigt mit der Zahl der Risikofaktoren [133]. Stürze sind immer multifaktoriell verursacht. Es werden intrinsische, extrinsische, altersphysiologische oder krankheitsbedingte sowie situative Risikofaktoren unterschieden. Kraft- und Balanceparameter wie eine geringe Handkraft [98] oder ein unsicherer Einbeinstand sind neben einigen anderen zuverlässige Sturzprädiktoren [136].

### 1.3.3 Sturzprävention (Training) im Sinne einer Primärprävention

Gestürzte Patienten benötigen häufig eine Rehabilitation von Sturzfolgen und auch Sturzprävention. Rehabilitation ist auch Sturzprävention, sie wäre sonst vollkommen sinnlos. Praktisch ist es wenig hilfreich, ex- und intrinsische Ursachen voneinander zu trennen. Aus klinischer Sicht ist entscheidend, dass eigentlich alle Risikofaktoren veränderbar sind. Sturzprävention hat folglich zwei Ansatzpunkte [71]:

1. Ausschalten möglichst vieler Risikofaktoren und
2. Positive Beeinflussung von Risikofaktoren durch Kraft-, Balance- und Gangtraining [69, 109, 110].

Eine Intervention sollte nicht einer monokausalen Sichtweise entsprechen, sondern eine multifaktorielle Intervention ist immer erfolgversprechender, da sich jede Intervention mehrfach auszahlt. Motorische Intervention wirkt demnach nicht nur motorisch, sondern die verbesserte Motorik – hier am Beispiel der Handkraftverbesserung – bringt mehr Selbstvertrauen, wirkt angstabbauend, was wiederum Gang und Balance verbessert. Tinetti et al., Möllenhoff, Marburger et al. und Lapier et al. [134, 85, 74, 63] haben festgestellt, dass das Werfen und damit das Greifen, vor allem in der Bewegung, durch die ständige Verlagerung des Schwerpunktes vorwärts, rückwärts und seitwärts die Unterstützungsfläche gegenüber dem Stand vergrößert. Dabei ist in der Sturzprävention die Kräftigung der Muskulatur [145] mit am besten untersucht [28, 84, 117, 120, 132, 140]. Scott et al. geben einen ausführlichen Überblick mit entsprechenden Bewertungen zur Effektivität der bis zum Jahr 2000 in englischer bzw. französischer Sprache verfassten Untersuchungen zu den bestmöglichen praktischen Übungen und Trainingsprogrammen zur Sturzprophylaxe [122]. Eine ähnliche Übersicht zu den bis zum Jahr 2000 vorliegenden randomisierten kontrollierten Studien zur Sturzprophylaxe geben Gardner et al. [43].

Ein einfacher Händedruck verrät viel über die Vitalität des Probanden. Die Messung der Handkraft gibt nicht nur Aufschluss über die eigentliche Muskelkraft der Hände, sondern auch über die neuromuskuläre Koordination der vielen am Faustschluss beteiligten Muskeln sowie über deren Funktions-, Trainings- und Versorgungszustand.

Die in Newton (N) umgerechneten Normwertangaben für die in Rede stehende Altersgruppe der 65-69-Jährigen schwanken in den bislang durchgeführten Studien zum Teil erheblich:

Nikolaus & Pientka gehen für Männer über 65 Jahren von einem Normwert von 331 N der maximalen Handkraft aus, deren Unterschreiten um mehr als 50 % zu einer erheblichen

Zunahme des Sturzrisikos führt [91]. Montoye & Lamphiear geben für 50-69 Jahre alte Männer einen Durchschnittswert von 321 N an [86], während Hyatt et al. für 76-jährige Männer von einem Wert von 320,9 N ausgehen [54]. Agnew & Maas weisen für die Altersgruppe der 56-65-Jährigen einen Wert von umgerechnet 403,3 N und für die Altersgruppe der 66-90-Jährigen einen Wert von 229,2 N aus [1]. Sehr realistisch erscheinen die ermittelten Werte bei Gilbertson & Barber-Lomax: Ihre Untersuchungen mit einem Jamar Dynamometer ergaben für 65-69-jährige Männer rechts einen umgerechneten Minimalwert von 278,30 N, maximal wurden 513,35 N festgestellt; für die linke Hand ergaben sich eine Minimalhandkraft von 238,67 N und eine Maximalkraft 415,25 N [44].

Ewald & Kohler weisen für 60-69-jährige Männer mit umgerechnet 424,5 N wesentlich höhere Richtwerte aus [40]. Besonders zu bemerken bleibt, dass bei den meisten genannten Untersuchungen ein Jamar Dynamometer benutzt wurde, welches die Handkraft ausschließlich in kg misst.

Die Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin behauptet: „Interventionen, die zu einer Verbesserung von Balance und/oder Kraft führen, können die Gefährdung durch Stürze bei zu Hause lebenden älteren Menschen reduzieren. Der Effekt ist schwach, so dass die Empfehlung zur Teilnahme an solchen Trainingsprogrammen nur unter Beachtung der Lebenssituation des Patienten ausgesprochen werden sollte. .... Trainingsprogramme zur Reduzierung der Sturzprävalenz durch Steigerung der Kraft sind wirksam, wenn sie darauf zielen, in einzelnen funktionellen Muskelgruppen eine nachweisbare Steigerung der Kraft zu erzielen“ [37].

Hier wird innerhalb von zwei Abschnitten ein Widerspruch deutlich (der Effekt ist schwach / Trainingsprogramme sind wirksam...).

#### 1.4 Zielsetzung

Die vorliegende Untersuchung will erstens diesem Widerspruch der Autoren der Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin im Folgenden nachgehen.

Zweitens soll gezeigt werden, dass es aufgrund der Altersentwicklung der Bevölkerung sowie der leeren Kassen im öffentlichen Gesundheitswesen notwendig ist, gegenzusteuern, soll ein Kollaps der öffentlichen Haushalte vermieden werden. Gerade im höheren Alter nehmen wegen der abnehmenden Muskelkräfte der Menschen die Stürze und damit die besonders schweren Krankheitsfälle mit ihren damit zusammenhängenden Kosten zu.

Unbestritten ist, dass der Kräfte- und Muskelabbau in erster Linie und vorrangig nicht dem Alter zuzuschreiben ist, sondern der körperlichen Inaktivität – es ist also nicht etwas, was sich auf jeden Fall ereignet, weil der Mensch älter wird [55, 56].

Die Arbeit soll zeigen,

dass es außerordentlich wichtig ist, dem Kräfteabbau im Alter vorzubeugen. Die Handkraft ist **ein** bedeutender Parameter in der Vitalitätsanalyse älterer Menschen und ein wichtiger Indikator für die Fähigkeit, sich vor Stürzen entsprechend den Körperkräften zu schützen bzw. deren mögliche gravierende Folgen abzumildern oder im Idealfall ganz zu vermeiden;

dass es sich auch für ältere, bislang nicht (sportlich) aktive Menschen lohnt, sich zu einer (sportlichen) Bewegungsform bzw. körperlichen Aktivität motivieren zu lassen und Bewegungsaktivitäten in ihren Alltag als festen, unverzichtbaren Anteil zu integrieren, um durch Gesunderhaltung ihre Alltagskompetenzen zu bewahren.

Es soll die Hypothese überprüft werden, der zufolge es möglich ist, die Kräfte der Hand so zu üben, dass sich die Handkraft messbar verbessern lässt.

Es gilt, diesen Parameter Handkraft daraufhin zu überprüfen, ob und ggf. in welcher Weise sich der zu diesem Parameter gemessene Wert nach einem durchgeführten Training verbessert, gleich bleibt oder gar im Alternsverlauf über die Trainingszeit verschlechtert.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Probanden**

Wie oben ausführlich dargestellt, lässt die Handkraft nach dem 40. Lebensjahr parabelförmig nach (Abb. 1).

Nach Durchsicht der Vorüberlegungen wurde entschieden, dass zunächst die Alterskohorte der 65-69-Jährigen – diese altersmäßige Kohorteneinteilung ist heute in der Wissenschaft gängige Praxis [144] - in das Trainingsprogramm eingebunden wurde, da diese Personengruppe die größte in den jede Woche zur Verfügung stehenden Herzsportgruppen war. Zudem war eine größtmögliche Kontinuität des Trainings durch die Zuverlässigkeit dieser Probanden, die teilweise schon über Jahre miteinander bekannt sind und die im Großen und Ganzen noch so viel geistige und körperliche Regsamkeit mitbrachte, um sich nochmals auf körperliche Betätigungsformen einzulassen.

Da es sich ausschließlich um KHK-erkrankte Probanden handelte, war auch eine gewisse Homogenität der Leistungsfähigkeit (100-120 W auf dem Fahrradergometer, bei einem Maximalpuls von 110-120 Schlägen/min.) der Gruppe gegeben.

Die Probandensuche war möglichst einfach und schnell zu gestalten. Deshalb wurde auf 19 männliche Probanden im Alter von 65-69 Jahren (Durchschnittsalter von 67,4 Jahren) – alle Rechtshänder - aus Herzsportgruppen zurückgegriffen. Weitere Homogenitätskriterien waren, wie oben schon erwähnt, eine kardiovaskuläre Einschränkung mit/ohne By-pass- oder Stent-OP sowie regelmäßige, tägliche Medikamenteneinnahme (z.B. Macumar zur Blutverdünnung) und teilweise individuell abgestimmte Betablocker.

Die Screening- und Auswahlkriterien schlossen neuromuskuläre oder orthopädische Dysfunktionen, die die Handkraftausübung hätten beeinträchtigen können, aus.

Die Teilnehmer mussten bereit sein, für ein halbes bzw. ganzes Jahr das dreimal täglich zu absolvierende Handkrafttraining in ihren Tagesablauf und Alltag zu integrieren.

## 2.2 Equipment und Messungen

Die Firma Systems of Medical Technology (SMT) aus Würzburg war bereit, für diese Untersuchung ihr Ageon-Vitaldiagnostikgerät leihweise zur Verfügung zu stellen.

Es wurde ein Gerät der Fa. Ageon Bj. 2003, Seriennummer 01004, mit einer Spannung von 100-240 V/50-60 Hz verwendet.

Um Ergebnisverfälschungen zu vermeiden, wurde darauf geachtet, dass das komplette Gerät bei einer Umgebungstemperatur von etwa 20 Grad Celsius und einem Luftdruck von 700-1060 Pa und einer Feuchtigkeit von 10-100% gelagert, transportiert und eingesetzt wurde.

Das Gerät war ausgestattet mit einem integrierten 15'' TFT Display mit Touch Screen Panel, Ladestationen, Funkdatenübertragung, ISDN Modem und lüfterlosem System.

PC-Spezifikationen:

VIA Eden 667 MHz, Arbeitsspeicher 128 MB RAM, Festplatte HDD 40 GB und IDE CD-ROM-Laufwerk.

### **Dokumentation:**

Eine grafische und numerische Datenausgabe war auf einem Farbdrucker möglich. Alle Testergebnisse wurden in der Patientendatenbank gespeichert.

### **Software:**

Betriebssystem Microsoft Windows XP Professional, ageon Anwendungs- und Auswertungssoftware, automatische interaktive audiovisuelle Benutzerführung, automatisches Lademanagement, Patientendatenbank, PC Anywhere Host Edition.

**Sensor:**

Kombinationssensor mit Wechselhandgriffen (klein/groß), Messbereich für die Handkraft 0-50 N.

Die gesetzlichen Schutzbestimmungen und Standards zur Emission, zur elektrischen Sicherheit für elektrische medizinische Geräte, zur Störaussendung und Störfestigkeit wurden nach CE-Kennzeichnung eingehalten.

Die Testperson umfasst mit der jeweiligen Hand den Sensor und drückt mit den Fingern den Griff herunter. Die Handkraft wirkt auf zwei elektronische Aufnehmer, die die Kraft exakt in Newton ( $1\text{ N}=1\text{ kg m/s}^2$ ) messen. Für die Auswertung wurde nur der höchste gemessene Wert festgehalten. Zusätzlich wurde eine Kraftkurve dargestellt. Die Sollwerte wurden aus der bereits dargestellten Literatur adaptiert. Der Sensor wurde nach Abschluss des Tests wieder in die Lademulde zurückgesteckt.

**Skalierung:** N ( $1\text{ N}=1\text{ kg m/s}^2$ )

In der Vergangenheit wurden Kraftmessgeräte mit pneumatischem, mit Feder- und hydraulischem Prinzip getestet. Es wurde festgestellt, dass allein das hydraulische System, wie im Ageon verbaut, die Kraft misst [76, 77, 78], während die anderen lediglich den Druck des Griffes messen, aber nicht dessen Kraft [107].

Eine **Standardmessposition** für die Probanden, wie diese von der American Society of Hand Therapists und der American Society for Surgery of the Hand gefordert wird, wurde eingehalten:

In aufrechter Körperhaltung gegen die Rückenlehne eines Stuhles gelehnt sitzen,  
die Füße flach und vollständig aufstehend auf dem Fußboden, die Knie hüftbreit  
geöffnet

die Schulter in neutraler lockerer Position,

die Arme nicht aufgestützt,

die Ellbogen 90 Grad angewinkelt,

der Unterarm in neutraler Rotation,

das Handgelenk 0-30 Grad in Dorsalflexion und 0-15 Grad ulnarabweichend [76].

Der Patient führte drei Messversuche durch mit der dominanten (hier bei allen Probanden zuerst mit der rechten Hand) und dann mit der nichtdominanten Hand; der jeweils zweite

Versuch wurde gewertet [76, 77, 78]; Hamilton et al. [45] und Robertson et al. [108] fanden in ihren Untersuchungen übereinstimmend, dass bei drei vorgenommenen Versuchen der jeweils zweite Versuch zu werten ist.

**Zum Problem der Mitarbeit der Probanden:** Der British Association of Hand Therapists und der American Society of Hand Therapists zufolge ist darauf zu achten, dass die Probanden eine ausreichende Flexion der Hände durchführen können, also z.B. nicht an Rheumatischer Arthritis leiden.

Außerdem sollen die Probanden nicht unter einer Kälteintoleranz leiden, da ansonsten der kalte Aluminium-Handgriff deren Schmerzen möglicherweise noch verstärken könnte.

Dieses Problem war aber nahezu ausgeschlossen, da die Messungen ausschließlich in auf Zimmertemperatur beheizten Räumlichkeiten durchgeführt wurden und das komplette Gerät immer unter nahezu konstanten Zimmertemperaturen zwischen 22-24 Grad Celsius aufbewahrt wurde.

Alle Teilnehmer trainierten mit einem Handkrafttrainingsgerät der Marke Energetics, dessen runde Griffe mit einem ca. 5mm starken Schaumstoffröhrchen gepolstert waren und somit bequem von den Händen, gleich welcher Größe, aufgenommen werden konnten.

Bevor die Messreihen begannen, wurden alle Instrumente gecheckt und die Kalibrierung vorgenommen. Alle 19 Probanden wurden nochmals mit einem festen Händedruck auf Druckschmerzempfindlichkeit getestet. Immer war ein Beobachter bei jeder Messung präsent. Dieses galt für die Anfangsmessung sowie die Messungen nach vier, acht, zwölf, 26 und 52 Wochen.

### 2.2.1 Untersuchungsablauf

#### **Eingangsuntersuchung**

Vorausgehende ausführliche Erläuterung des Untersuchungsablaufs.

Nach Einnahme der standardisierten Sitzposition drei Handkraftmessungen rechts.

Danach drei Messungen links. Die zweite Messung der rechten als auch der linken Hand wurde bei allen Probanden gewertet.

Ausgabe eines Merkblattes zur Trainingsempfehlung: Warm-up der Hände, dreimal täglich (morgens, mittags, abends) je drei Sätze à 15 Schließungen und Öffnungen des Energetics-Handkrafttrainingsgerätes. Zwischen den Sätzen sollten die Hände ausgelockert werden. Es war unbedingt darauf zu achten, bei Beginn der Anstrengung aus- und beim langsamen Öffnen des Trainingsgerätes einzuatmen. (Ansonsten bestand die Gefahr der Pressatmung!)

Beratung und stichprobenartige Beobachtung der Probanden; Einsichtnahme in die Trainingsprotokolle.

**Zwischenuntersuchung (nach 4 Wochen)**

Nach Einnahme der standardisierten Sitzposition drei Handkraftmessungen rechts.

Pause, auslockern.

Danach drei Messungen links. Die zweite Messung der rechten und linken Hand wurde bei allen Probanden gewertet.

Ergebnismitteilung und kurze Diskussion.

Einsichtnahme in die Trainingsprotokolle.

**Zwischenuntersuchung (nach 8 Wochen)**

Nach Einnahme der standardisierten Sitzposition 3 Handkraftmessungen rechts.

Danach drei Messungen links. Die zweite Messung der rechten und linken Hand wurde bei allen Probanden gewertet.

Ergebnismitteilung und kurze Diskussion.

Einsichtnahme in die Trainingsprotokolle.

**Zwischenuntersuchung (nach 12 Wochen)**

Nach Einnahme der standardisierten Sitzposition drei Handkraftmessungen rechts.

Danach drei Messungen links. Die zweite Messung der rechten und linken Hand wurde bei allen Probanden gewertet.

Ergebnismitteilung und kurze Diskussion.

Einsichtnahme in die Trainingsprotokolle.

**Zwischenuntersuchung (nach 26 Wochen)**

Nach Einnahme der standardisierten Sitzposition drei Handkraftmessungen rechts.

Danach drei Messungen links. Die zweite Messung der rechten und linken Hand wurde bei allen Probanden gewertet.

Ergebnismitteilung und kurze Diskussion.

Einsichtnahme in die Trainingsprotokolle.

**Vorläufige Abschlussuntersuchung (nach einem Jahr)**

Nach Einnahme der standardisierten Sitzposition drei Handkraftmessungen rechts.

Danach drei Messungen links. Die zweite Messung der rechten und linken Hand wurde bei allen Probanden gewertet.

Einsichtnahme in die Trainingsprotokolle.

Ergebnismitteilung und kurze Ergebnisbesprechung.

Die Probanden wurden an zwei Eingangsuntersuchungsterminen an zwei aufeinander folgenden Tagen mit dem Handkraftsensor des Ageon-Vitalitätsdiagnostikgerätes auf ihre maximale Handkraft der rechten und linken Hand untersucht. Zuvor bekamen sie über das Testgerät eine Einführung zur Handkraftmessung, zunächst im Übungs- und dann zweimal im Wertungsmodus, wobei der zweite der insgesamt drei Versuche gewertet wurde. Das erreichte Ergebnis wurde unmittelbar im Anschluss auf dem Monitor in seinem Kurvenverlauf mit dem Maximalkraftwert sowohl für die rechte als auch für die linke Hand dargestellt.

Im Anschluss daran bekam jeder Teilnehmer ein Merkblatt zur Trainingsdurchführung. Darüber hinaus war jeder verpflichtet, ein detailliertes Trainingstagebuch zu führen, in das Tag, Datum, Uhrzeit, Dauer des Trainings, ggf. Zwischenfälle, Besonderheiten und Auffälligkeiten körperlicher und geistiger Art aufzunehmen waren.

### 2.2.2 Trainingsvorgaben

Obwohl die American Geriatrics society et al. in ihren Richtlinien für die Sturzprävention für ältere Menschen schreibt, dass „obwohl die Prävention viele bewiesene Vorteile aufzuweisen hat, bleibt der optimale Präventionstyp, was Dauer und Intensität der Übungen zur Sturzprophylaxe angeht, unklar“ [4], so wurde mit den Probanden ein klares, eindeutiges und unmissverständliches Trainingsprogramm vereinbart, über das ein Protokoll geführt werden musste.

Die Zwischenuntersuchungen fanden exakt nach vier, acht, zwölf und 26 Wochen sowie nach einem Jahr die vorläufige Abschlussuntersuchung statt. Es gab keinerlei Aus-, noch sonstige Zwischenfälle.

### 2.2.3 Durchführung der Messungen

Nachdem alle notwendigen Vorbereitungen getroffen waren, wurde das Gerät mit einem Kippschalter an der Geräterückseite geräuscharm eingeschaltet. Das System startet selbständig in das Testprogramm. Danach wurde der Handkraft-Sensor hochgeklappt, der sich in der Ablagemulde befand, bis er eingerastet war. Nun wurde das Gerät für den Untersuchungstag kalibriert. Die Kalibrierung musste immer vor jeder Untersuchung durchgeführt werden, damit sich keine Ergebnisverfälschungen ergeben konnten.

Die persönlichen Daten des Probanden wie Name, Vorname (aus Datenschutzgründen wurden nur die jeweiligen Anfangsbuchstaben eingegeben), Geschlecht, Geburtsdatum, Größe in cm und Gewicht in kg sowie Links-/Rechtshändereigenschaft durch Betätigen der eingblendeten Tastatur auf dem Touchscreen-Bildschirm eingegeben.

Ausgewählt wurde statt des automatischen Testablaufs direkt der Handkrafttest, da nur das Einzelergebnis angestrebt wurde. Der Sensor wurde zum Messen der Handkraft senkrecht ohne Gewalt aus der Sensorhalterung gezogen.

Der Proband nahm den aktiv blinkenden Sensor in die rechte Hand, so dass er optimalen Druck auf die Fingergrifffläche ausüben konnte. Gegebenenfalls wurde der Kunststoffhandgriff entsprechend der Handgröße des Probanden ausgetauscht. Hierzu wurde der Griffbügel durch kräftigen Zug vom metallenen Sensor entfernt und der für den Probanden geeignete Handgriff mit festem Druck aufgesteckt.

Über die Schaltfläche ‚Einführung‘ wurde der Proband in den Übungsablauf eingeführt. Im anschließenden Modus konnte der Test einmal eingeübt werden, bevor dann jeweils mit der dominanten – hier bei allen Probanden die rechte Hand – und dann nach einer kleinen Pause mit der linken Hand insgesamt jeweils drei Versuche durchgeführt wurden, von denen der zweite gewertet und als Maximalkraftwert vom PC-Programm ausgeworfen wurde.

Da der Kunststoffhandgriff beweglich gelagert ist, kam es darauf an, diesen so fest wie möglich mit dem Handgriff zusammenzudrücken. Entscheidend bei diesem Test war nicht die Dauer des Drucks, sondern ausschließlich die Maximalkraft, die auf den Sensorbügel ausgeübt wurde. Entsprechend fand nur dieser Maximalwert der dargestellten Kurve Berücksichtigung in der Berechnung dieses Vitalparameters Handkraft.

Die Probanden wurden aufgefordert, den Sensor kurz und so kräftig wie möglich zusammenzudrücken. Ein langer, aber nicht kräftiger Druck hätte das Ergebnis verschlechtert.

Im Schaubild ‚Handkraft‘ konnte das Ergebnis anhand eines Druck-Zeit-Diagramms veranschaulicht werden. Dieses wurde für die rechte und die linke Hand jeweils gesondert dargestellt.

#### 2.2.4 Statistik

Training und Leistungsveränderungen gehören zu den zentralen Phänomenen im Sport. Aufgabe der empirischen Forschung ist es zu überprüfen, ob sich die behaupteten Veränderungen nachweisen lassen. Die schließende Statistik hat zudem das Ziel, zu

entscheiden, ob in Stichproben beobachtete Veränderungen verallgemeinert werden können oder nicht. Allgemein lautet die Fragestellung für Veränderungsmessungen, ob Veränderungen eines Merkmals, die bei einer Stichprobe zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessen worden sind, signifikant und damit übertragbar auf die Allgemeinheit sind oder nicht. Da es sich bei den hier erhobenen Daten um intervallskalierte, normal verteilte Variablen handelt, ist der T-Test für gepaarte, abhängige (korrelierende) Stichproben der geeignete Test für die dargestellten Problemstellungen. Statistisch geht es um die Untersuchung einer Variablen (Handkraft) an einer Gruppe von Probanden unter zwei verschiedenen Bedingungen, d.h. es geht um den Vergleich der Variablen, die vor und nach den Trainingsphasen gemessen wurden.

Anhand der Prüfgröße  $t$  lässt sich berechnen, ob die Mittelwertdifferenz signifikant von null abweicht.

Es wurden die Probanden zunächst vor Aufnahme des Trainings gemessen, dann nach vier, acht, zwölf, 26 und 52 Wochen. Verglichen werden nun im T-Test die Anfangsmessergebnisse mit denen der ersten und mit denen der zweiten Untersuchung.

Die Grundlage für die Prüfung von Unterschieden bei abhängigen Stichproben bildet die Verteilung der Differenzen zwischen den beiden Messreihen. Zu entscheiden ist, ob die durchschnittliche Differenz zwischen den Messreihen groß genug ist, um von einer signifikanten Verbesserung der Handkraft und in der Folge von einem signifikanten Unterschied der Ausgangsverteilungen sprechen zu können.

Da es nicht um die Untersuchung von mehr als zwei Variablen in mindestens zwei Gruppen geht, wird auf den Bonferonikorrekturfaktor verzichtet. Das statistische Signifikanzniveau wird für alle Analysen auf  $p < 0,05$  festgelegt, wobei  $p > 0,05$  nicht signifikant,  $p < 0,05$  schwach signifikant,  $p < 0,01$  signifikant und  $p < 0,001$  hoch signifikant ist [16, 142].

Zur Überprüfung einer signifikanten Unterscheidung von null wird der T-Test verwendet. Der gesamten statistischen Auswertung liegt das SPSS-Programm der Version 14.0 zugrunde.

Die Verteilung der Differenzen ( $d$ ) zwischen den Messreihen, über die die Verbesserung definiert ist, bildet die Grundlage für die Prüfung von Unterschieden bei abhängigen Stichproben. Zu entscheiden ist, ob die durchschnittliche Differenz ( $d$ ) zwischen den Messreihen var0001/var0002, var0001/var0003, var0001/0004, var0005/var0006, var0005/var0007, var0005/var0008, var0001/var0009, var0001/var0011, var0005/var0010 und var0005/var0012 groß genug ist, um von einer signifikanten Verbesserung und in der

Folge von einem signifikanten Unterschied der Ausgangsverteilungen sprechen zu können. Zu prüfen ist, ob eine Stichprobe (von Differenzen) mit dem Mittelwert (d) zu einer Grundgesamtheit zu zählen ist oder nicht.

### 3. Ergebnisse

Alle 19 Männer beendeten die einjährige Trainingsphase und trainieren auch weiterhin.

#### 3.1 Deskriptive Ergebnisse

Bevor die Untersuchungsergebnisse im Einzelnen dargelegt werden, sei kurz auf die Altersstruktur und die beruflichen Tätigkeiten der Probanden eingegangen.

Wie bereits oben erwähnt, handelt es sich um 19 (n=19) 65-69-jährige Männer, von denen jeweils drei 65, 66 und 67 Jahre alt waren, vier waren 68 und sechs 69 Jahre alt (vgl. Abb. 2). Das Durchschnittsalter betrug 67,4 Jahre.

Alle Teilnehmer waren verrentet bzw. pensioniert. Dreizehn Personen waren ehemalige Beamte aus verschiedenen Ministerien, jeweils einer war Arzt, Bäcker, Maurer, Kaufmann, Bankangestellter und Versicherungsmakler.

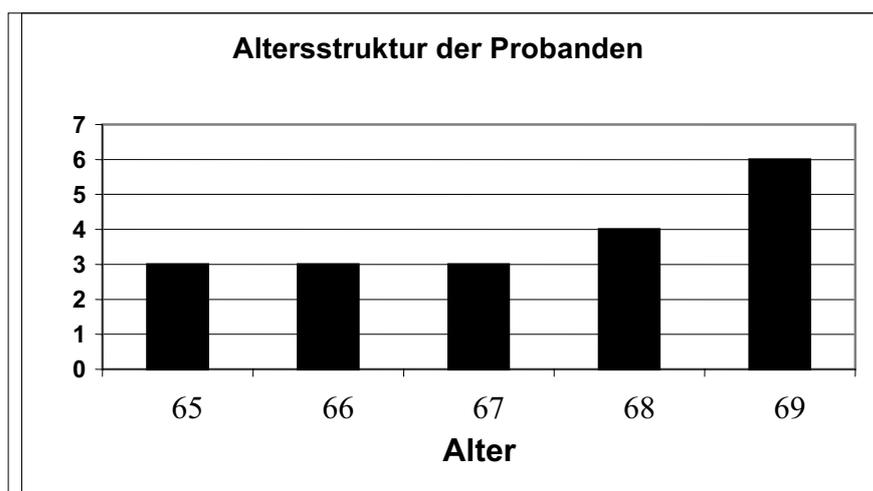


Abb. 2: Altersstruktur der Probanden

#### 3.2 Messergebnisse

- Var0001 - Handkraft (in N) links zu Beginn
- Var0002 - Handkraft (in N) links nach 4 Wochen
- Var0003 - Handkraft (in N) links nach 8 Wochen
- Var0004 - Handkraft (in N) links nach 12 Wochen
- Var0005 - Handkraft (in N) rechts zu Beginn
- Var0006 - Handkraft (in N) rechts nach 4 Wochen
- Var0007 - Handkraft (in N) rechts nach 8 Wochen
- Var0008 - Handkraft (in N) rechts nach 12 Wochen
- Var0009 - Handkraft (in N) links nach 26 Wochen
- Var0010 - Handkraft (in N) rechts nach 26 Wochen
- Var0011 - Handkraft (in N) links nach einem Jahr

Var0012 - Handkraft (in N) rechts nach einem Jahr  
 Die einzelnen Werte sind im Anhang in den Tabellen 1 und 2 zu finden.

### 3.2.1 Deskriptive Statistik

#### a) Werte Handkraft links nach 4 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft links Anfang	19	210,10	304,80	266,5947	27,80932
Handkraft links nach 4 Wochen	19	220,60	313,90	276,9789	25,34041

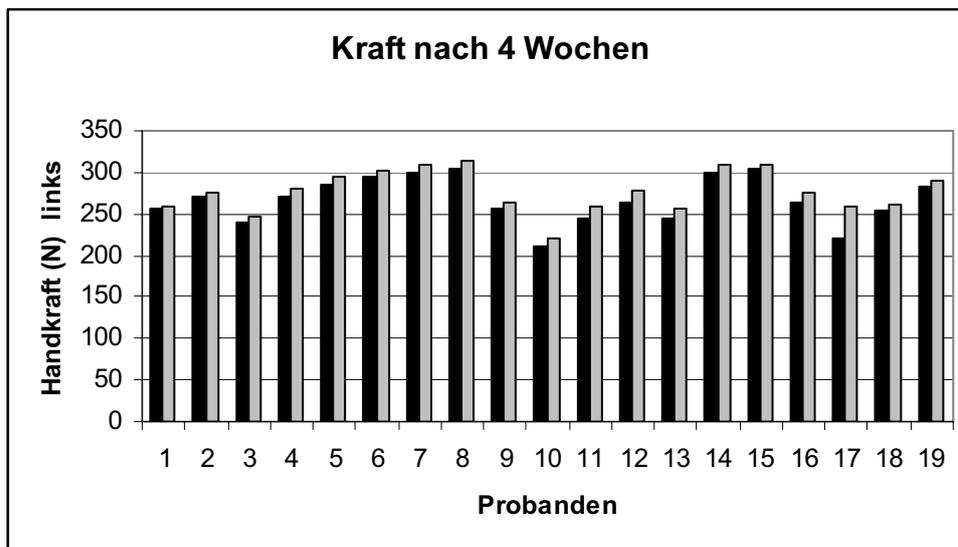


Abb. 3: Kraft der linken Hand am Anfang (schwarz) und nach 4 Wochen (grau)

#### b) Werte Handkraft rechts nach 4 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft rechts Anfang	19	245,90	325,90	295,5158	21,98543
Handkraft rechts nach 4 Wochen	19	263,70	338,90	312,1158	19,88602

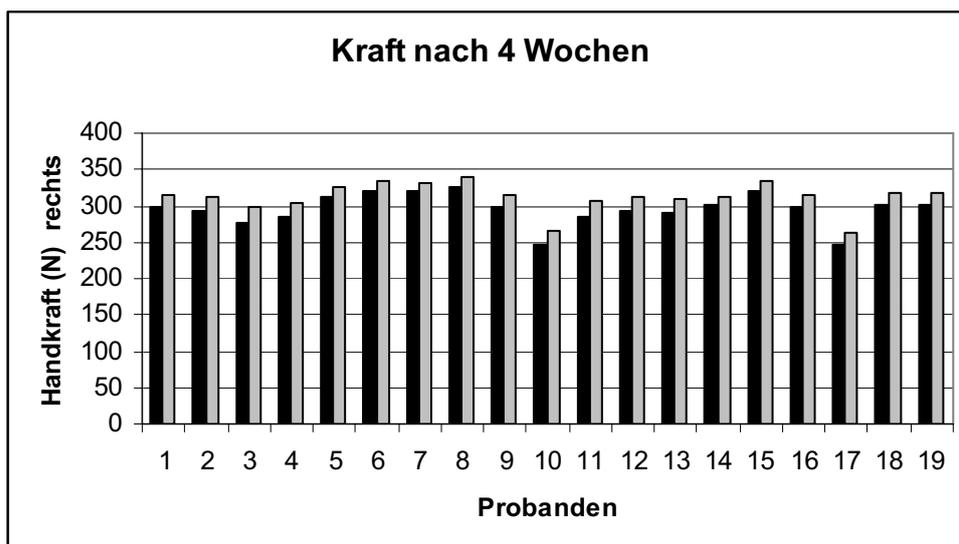


Abb. 4: Kraft der rechten Hand am Anfang (schwarz) und nach 4 Wochen (grau)

c) Werte Handkraft links nach 8 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft links Anfang	19	210,10	304,80	266,5947	27,80932
Handkraft links nach 8 Wochen	19	229,40	326,00	285,9053	25,54174

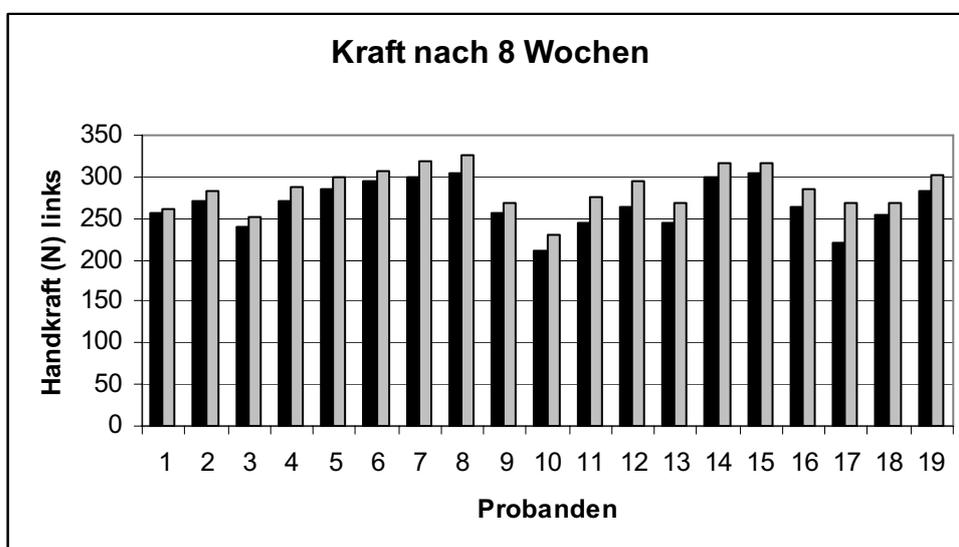


Abb. 5: Kraft der linken Hand am Anfang (schwarz) und nach 8 Wochen (grau)

d) Werte Handkraft rechts nach 8 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft rechts Anfang	19	245,90	325,90	295,5158	21,98543
Handkraft rechts nach 8 Wochen	19	276,80	352,50	327,6158	19,05615

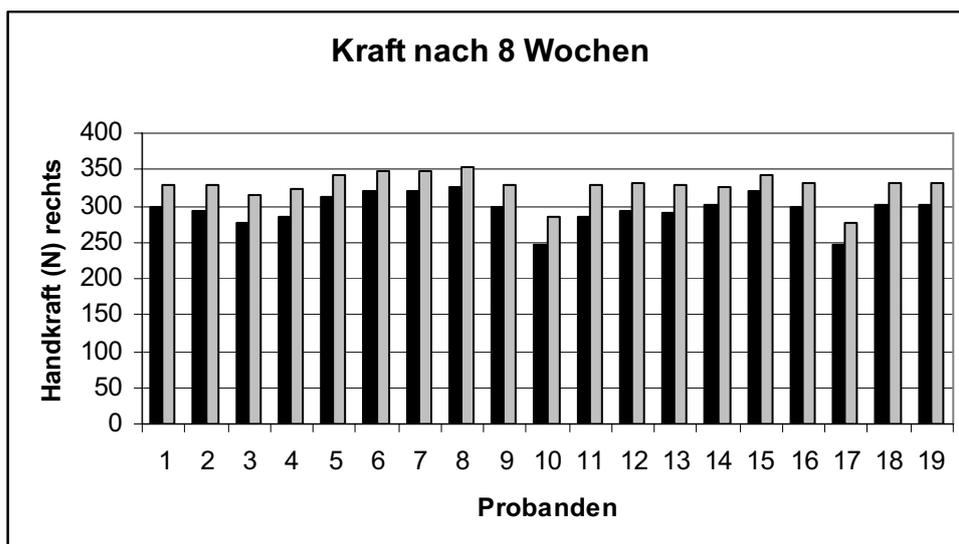


Abb. 6: Kraft der rechten Hand am Anfang (schwarz) und nach 8 Wochen (grau)

e) Werte Handkraft links nach 12 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft links Anfang	19	210,10	304,80	266,5947	27,80932
Handkraft links nach 12 Wochen	19	237,40	334,10	293,5379	26,48264

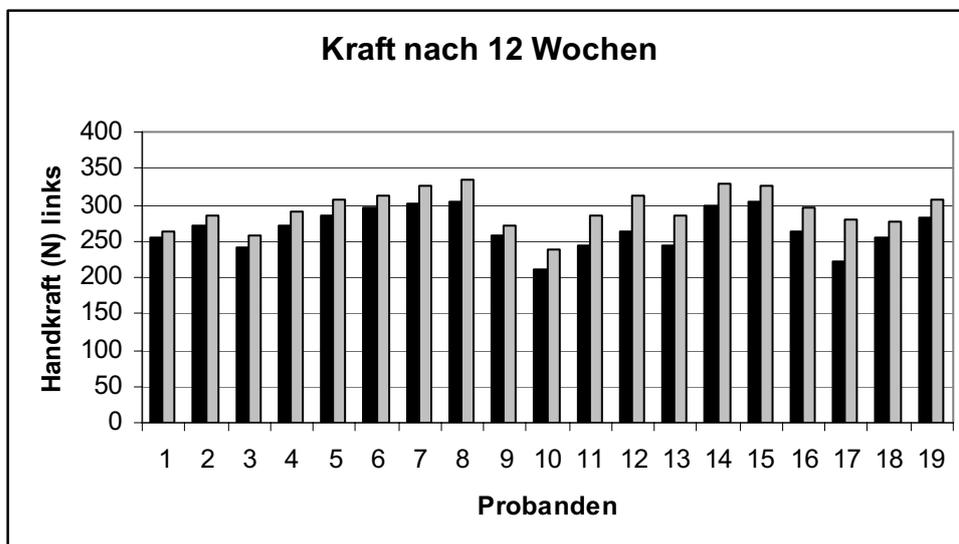


Abb. 7: Kraft der linken Hand am Anfang (schwarz) und nach 12 Wochen (grau)

f) Werte Handkraft rechts nach 12 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft rechts Anfang	19	245,90	325,90	295,5158	21,98543
Handkraft rechts nach 12 Wochen	19	293,30	359,50	340,2237	17,78184

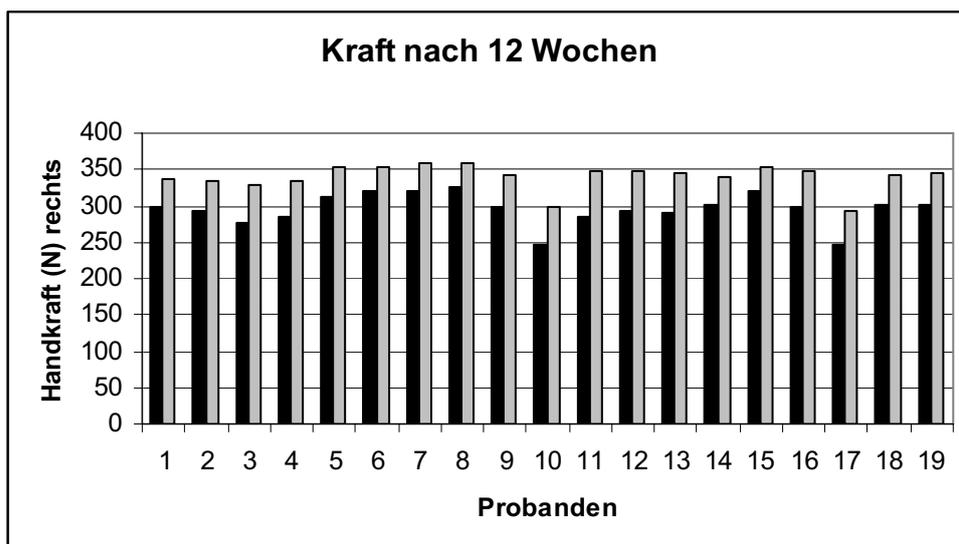


Abb. 8: Kraft der rechten Hand am Anfang (schwarz) und nach 12 Wochen (grau)

g) Werte Handkraft links nach 26 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft links Anfang	19	210,10	304,80	266,5947	27,80932
Handkraft links nach ½ Jahr	19	244,50	347,80	301,6526	28,47824

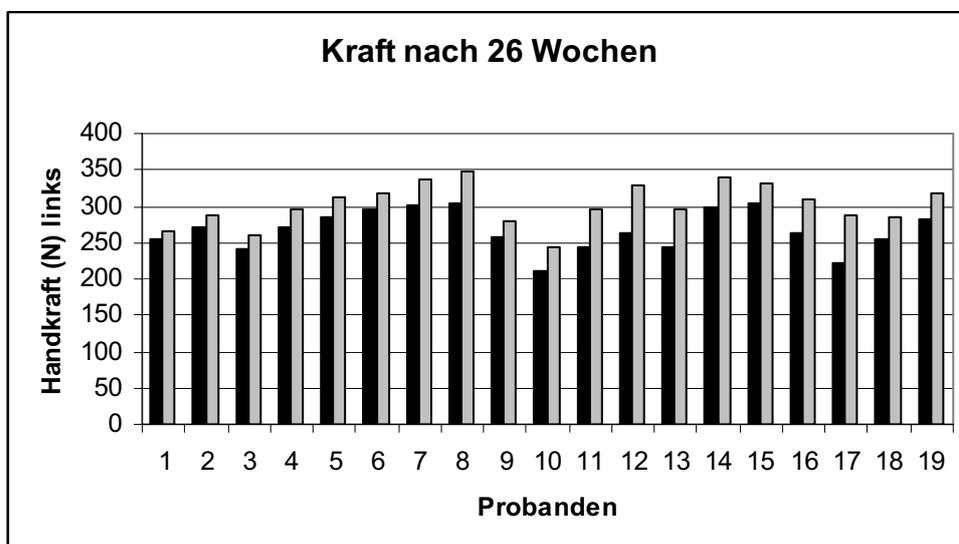


Abb. 9: Kraft der linken Hand am Anfang (schwarz) und nach 26 Wochen (grau)

h) Werte Handkraft rechts nach 26 Wochen

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft rechts Anfang	19	245,90	325,90	295,5158	21,98543
Handkraft rechts nach ½ Jahr	19	306,10	368,50	348,2842	17,25879

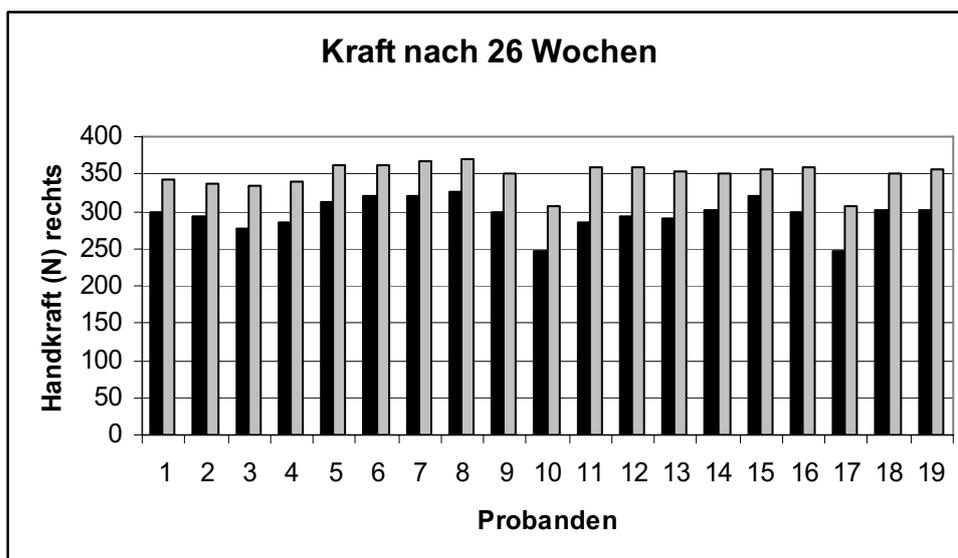


Abb. 10: Kraft der rechten Hand am Anfang (schwarz) und nach 26 Wochen (grau)

i) Werte Handkraft links nach einem Jahr

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft links Anfang	19	210,10	304,80	266,5947	27,80932
Handkraft links nach 1 Jahr	19	249,10	354,80	306,3368	29,39679

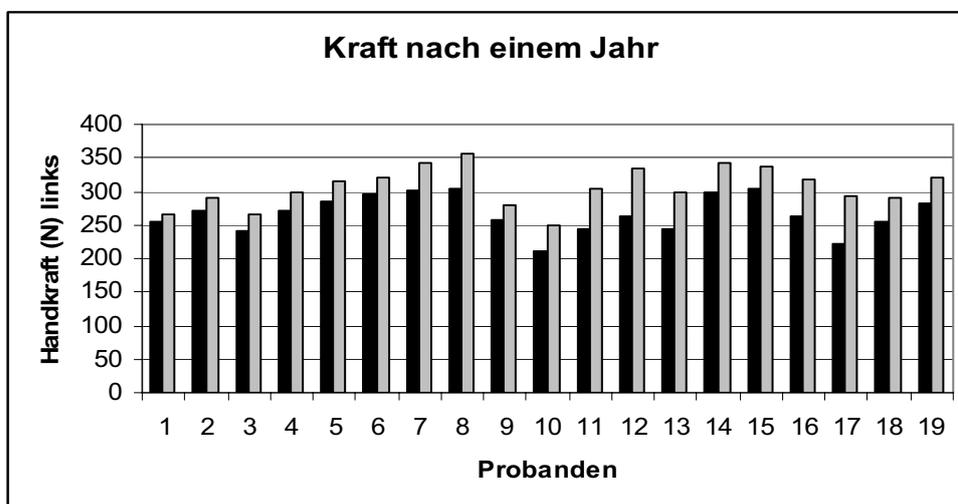


Abb. 11: Kraft der linken Hand am Anfang (schwarz) und nach einem Jahr (grau)

k) Werte Handkraft rechts nach einem Jahr

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Handkraft rechts Anfang	19	245,90	325,90	295,5158	21,98543
Handkraft rechts nach 1 Jahr	19	308,50	369,00	349,0842	16,75723

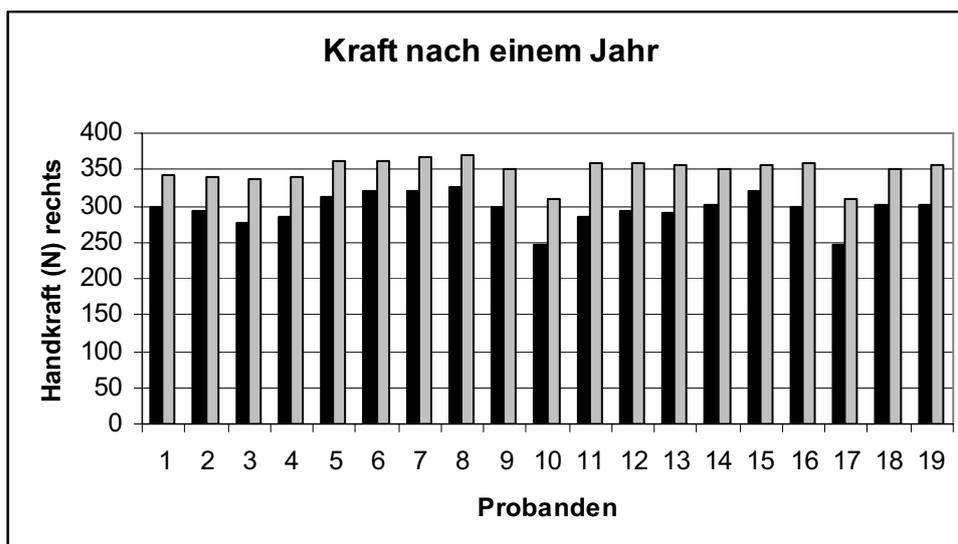


Abb. 12: Kraft der rechten Hand am Anfang (schwarz) und nach einem Jahr (grau)

### 3.2.2 Korrelationen

#### a) Handkraft links nach 4 Wochen

		VAR00001	VAR00002
Handkraft links Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,969(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft links nach 4 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

#### b) Handkraft rechts nach 4 Wochen

		VAR00005	VAR00006
Handkraft rechts Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,993(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft rechts nach 4 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

#### c) Handkraft links nach 8 Wochen

		VAR00001	VAR00003
Handkraft links Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,940(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft links nach 8 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

d) Handkraft rechts nach 8 Wochen

		VAR00005	VAR00007
Handkraft rechts Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,969(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft rechts nach 8 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

e) Handkraft links nach 12 Wochen

		VAR00001	VAR00004
Handkraft links Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,895(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft links nach 12 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

f) Handkraft rechts nach 12 Wochen

		VAR00005	VAR00008
Handkraft rechts Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,932(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft rechts nach 12 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

g) Handkraft links nach 26 Wochen

		VAR00001	VAR00009
Handkraft links Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,845(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft links nach 26 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

h) Handkraft rechts nach 26 Wochen

		VAR00005	VAR00010
Handkraft rechts Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,895(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft rechts nach 26 Wochen	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

i) Handkraft links nach einem Jahr

		VAR00001	VAR00011
Handkraft links Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,819(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft links nach 1 Jahr	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

k) Handkraft rechts nach einem Jahr

		VAR00005	VAR00012
Handkraft rechts Anfang	Korrelation nach Pearson	1	,892(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft rechts nach 1 Jahr	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

3.2.2.1 Verbesserungen der Handkraft links und rechts im Vergleich von 12 Wochen und einem Jahr

**Handkraft links 12 Wochen und 1 Jahr**

		VAR00004	VAR00011
Handkraft links nach 12 Wochen	Korrelation nach Pearson	1	,984(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft links nach 1 Jahr	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

### Handkraft rechts 12 Wochen und 1 Jahr

		VAR00008	VAR00012
Handkraft rechts nach 12 Wochen	Korrelation nach Pearson	1	,987(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft rechts nach 1 Jahr	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

### 3.2.2.2 Verbesserungen der Handkraft links und rechts im Vergleich von 26 Wochen und einem Jahr

#### Handkraft links 26 Wochen und einem Jahr Korrelationen

		VAR00009	VAR00011
Handkraft links nach 26 Wochen	Korrelation nach Pearson	1	,997(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft links nach 1 Jahr	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

#### Handkraft rechts 26 Wochen und einem Jahr Korrelationen

		VAR00010	VAR00012
Handkraft rechts nach 26 Wochen	Korrelation nach Pearson	1	,999(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N		19
Handkraft rechts nach 1 Jahr	Korrelation nach Pearson		1
	Signifikanz (2-seitig)		
	N		19

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

### 3.2.3 Prüfgröße t

a) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft links nach 4 Wochen

#### Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft links Anfang	266,5947	19	27,80932	6,37990
	Handkraft links nach 4 Wochen	276,9789	19	25,34041	5,81349

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwert	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
10,38421	7,01960	1,61041	13,76755	7,00087	6,448	18	,000

b) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft rechts nach 4 Wochen

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft rechts am Anfang	295,5158	19	21,98543	5,04380
	Handkraft rechts nach 4 Wochen	312,1158	19	19,88602	4,56216

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
16,60000	3,25372	,74645	18,16824	15,03176	22,238	18	,000

c) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft links nach 8 Wochen

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft links Anfang	266,5947	19	27,80932	6,37990
	Handkraft links nach 8 Wochen	285,9053	19	25,54174	5,85968

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
19,31053	9,49531	2,17837	23,88712	14,73393	8,865	18	,000

d) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft rechts nach 8 Wochen

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft rechts Anfang	295,5158	19	21,98543	5,04380
	Handkraft rechts nach 8 Wochen	327,6158	19	19,05615	4,37178

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
32,10000	5,86316	1,34510	34,92596	29,27406	23,864	18	,000

e) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft links nach 12 Wochen

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft links Anfang	266,5947	19	27,80932	6,37990
	Handkraft links nach 12 Wochen	293,5379	19	26,48264	6,07553

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
26,94000	12,51878	2,87200	32,97000	20,90000	9,381	18	,000

f) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft rechts nach 12 Wochen

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft rechts Anfang	295,5158	19	21,98543	5,04380
	Handkraft rechts nach 12 Wochen	340,2237	19	17,78184	4,07943

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
44,70000	8,43943	1,93614	48,77000	40,64000	23,090	18	,000

g) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft links nach 26 Wochen

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft links Anfang	266,5947	19	27,80932	6,37990
	Handkraft links nach 26 Wochen	301,6526	19	28,47824	6,53336

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
35,05000	15,66072	3,59282	42,60000	27,50000	9,750	18	,000

h) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft rechts nach 26 Wochen

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft rechts Anfang	295,5158	19	21,98543	5,04380
	Handkraft rechts nach 26 Wochen	348,2842	19	17,25879	3,95944

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
52,76000	10,11891	2,32144	57,64000	47,89000	22,730	18	,000

i) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft links nach einem Jahr

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft links Anfang	266,5947	19	27,80932	6,37990
	Handkraft links nach 1 Jahr	306,3368	19	29,39679	6,74409

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
39,71400	17,25628	3,95886	48,05.	31,42000	10,030	18	,000

k) Test bei gepaarten Stichproben: Handkraft rechts nach einem Jahr

**Statistik bei gepaarten Stichproben**

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
	Handkraft rechts Anfang	295,5158	19	21,98543	5,04380
	Handkraft rechts nach 1 Jahr	349,0842	19	16,75723	3,84437

**Test bei gepaarten Stichproben**

Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
53,56000	10,33253	2,37044	58,54000	48,58000	22,590	18	,000

Für die zu erfüllenden Anwendungsvoraussetzungen für abhängige Stichproben wird neben der Intervallskalierung der Variablen eine annähernde Normalverteilung der Differenzen (d) gefordert. Diese waren gegeben.

Die Verbesserung der Handkraft links von 5065,3 N (Summe der 19 Messwerte der Probanden am Anfang) auf 5262,6 N (Summe der 19 Messwerte nach 4 Wochen) führt zu einem t-Wert von 6,448. Zu entscheiden ist, ob diese Verbesserung groß genug ist, um verallgemeinernd sagen zu können, ein Handkrafttraining in der geschilderten Form ist effektiv genug, die Handkraft zu verbessern. Die Absicherung erfolgt auf dem 1%-Niveau. Da weiterhin davon ausgegangen wird, dass sich die Probanden in jedem Fall verbessert haben, wird die einseitige Fragestellung gewählt. Für  $\alpha = 1\%$  und  $f = 18$  für die einseitige Fragestellung ergibt sich ein kritischer Wert  $t_{0,01;18} = 2,55$  [16].

Da  $6,448 > 2,55$  ist, fällt die statistische Entscheidung zugunsten der Alternativhypothese aus. Es kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% angenommen werden, dass ein Handkrafttraining in der dargestellten Form bei 65-69-jährigen KHK-erkrankten Männern bereits nach vier Wochen zu einer signifikanten Verbesserung der Kraft der linken Hand führt.

Da auch die anderen t-Werte mit  $t = 8,865$  bzw.  $t = 9,381$ ,  $t = 9,758$ ,  $t = 22,590$ ,  $t = 10,030$ ,  $t = 22,730$ ,  $t = 9,750$ ,  $t = 23,090$  und  $t = 9,381$  ebenfalls zum großen Teil deutlich größer sind als der kritische Wert von 2,55, kann behauptet werden, dass ein derartiges

Handkrafttraining sowohl nach vier, acht, zwölf und 26 Wochen sowie nach einem Jahr zu signifikanten Verbesserungen der Handkräfte führt.

Die Korrelationsberechnungen ergeben mit  $r = .969$ ,  $r = .993$ ,  $r = .940$ ,  $r = .969$ ,  $r = .895$ ,  $r = .932$ ,  $r = .845$ ,  $r = .895$ ,  $r = .819$ , und  $r = .892$  für die Kohorte der 65-69-jährigen Männer nach vier, acht, zwölf und 26 Wochen sowie einem Jahr einen hohen Zusammenhang.

## **4. Diskussion**

### **4.1 Alterungsprozesse**

Jeder Organismus wird im Laufe seines Lebens in unterschiedlichem Maße durch Infektionskrankheiten, Tumore, Arteriosklerose, mechanische, chemische und thermische Traumen soweit geschädigt, das schließlich im Alter die pathologischen Mechanismen im Vordergrund stehen, so dass der Alternsprozess immer schwieriger davon zu trennen ist [47].

Der Alterungsprozess und die Entwicklung von (chronischen und akuten) Krankheiten unterliegen großen individuellen Schwankungen. Altern ist keine Krankheit. Trotzdem leiden ältere Menschen häufiger an Beschwerden und sind öfter krank als jüngere. In erster Linie sind davon das Herz-Kreislauf-System (arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz) und der Bewegungsapparat (Wirbelsäulensyndrome, Arthrosen, rheumatische Erkrankungen) betroffen. Der Alternsprozess und die Entwicklung von Krankheiten sind von vielen verschiedenen Faktoren (Erbanlagen, Umweltfaktoren, persönliche Lebensweise) abhängig [92]. Ein Charakteristikum des typischen geriatrischen Patienten ist das Auftreten von mehreren Krankheiten gleichzeitig (Multimorbidität), die sich wechselseitig beeinflussen und zu Funktionsverlusten führen. Sie wirken sich im physischen, psychischen und sozialen Bereich aus und bedrohen die Selbständigkeit der Patienten. Sowohl die Anzahl von Erkrankungen als auch die Schwere der Krankheit sind nur lose mit der Funktion verknüpft. Es gibt Patienten mit einer Vielzahl auch schwerer Krankheiten ohne Funktionsverlust.

Andererseits kann bereits eine Einzelerkrankung (z.B. Schlaganfall) zu erheblichen Funktionseinbußen führen. Die Funktion entscheidet über die Behandlungsbedürftigkeit, die Krankheit über die therapeutischen Möglichkeiten [92]. Die altersbedingten physiologischen Funktionseinbußen sind jedoch geringer als jene, die mit Körperbehinderungen oder mit Krankheiten verbunden sind. Deshalb ist es nicht das Altern an sich, sondern es sind die begleitenden Erkrankungen, welche eine Bedrohung für

die Homöostase in jedem Alter darstellen. Von den Funktionseinschränkungen sind nicht gleichförmig alle Gewebe und Organe betroffen (individuelle Variabilität). Es kommt ferner zu einer mit fortschreitendem Alter zunehmenden interindividuellen Streubreite der Befunde. Eine Unterscheidung zwischen physiologischen Alternsveränderungen und krankhaften Prozessen ist nicht immer leicht; die Grenzen sind häufig fließend [138].

Mit zunehmender Lebenserwartung und zunehmendem Lebensalter nimmt die Schwierigkeit, zwischen primären und sekundären Alterungseffekten zu unterscheiden, deutlich zu [47].

Ein Verlust der Selbständigkeit ist häufig das gemeinsame Endresultat vieler chronischer Erkrankungen, an denen der alte Mensch leidet [47, 64]. Gelingt es, die funktionellen Ressourcen gut zu nützen, können auch ältere Patienten erfolgreich rehabilitiert werden. Das Training von funktionellen Fähigkeiten, damit auch und gerade das Muskeltraining, hat die größtmögliche Selbständigkeit des Betroffenen zum Ziel. So könnte auch im Alter trotz evtl. bleibender Behinderung ein selbst bestimmtes Leben mit einem hohen Maß an Zufriedenheit und Lebensqualität ermöglicht werden [64, 65, 92].

#### 4.1.1 Altersbedingte Veränderungen der Muskulatur (Sarkopenie)

##### 4.1.1.1 Definition und Ursache der Sarkopenie

Die hauptsächliche Funktion der Muskulatur ist die Erzeugung von Kraft und das Erbringen von Leistung bzw. Arbeit durch die Umformung von chemischer in mechanische Energie. Die Muskelkraft und -arbeit ist erforderlich, um eine strukturelle Unversehrtheit und eine aufrechte Körperhaltung zu erhalten für Bewegung, für die Atmung, für die Verdauung und für letztendlich fast alle Funktionen des Körpers [67, 112]. Die Muskelkraft des Menschen erreicht ihren Höhepunkt zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr.

Bis zum 70. Lebensjahr hat der Mensch allerdings wieder ca. 30 % seiner Muskelkraft und ca. 40 % seiner Muskelmasse verloren. Diese Verluste schreiten bei zunehmendem Alter noch schneller voran, ungeachtet, welche Muskelgruppe auch betrachtet wird [67]. Es gibt allerdings große Unterschiede unter den Muskelgruppen im Ausmaß des Kraftverlusts. Während der Fokus in der vorliegenden Arbeit besonders auf der Skelettmuskulatur liegt, sind viele der altersassoziierten Veränderungen ähnlich auch beim Herzmuskel und der glatten Muskulatur zu beobachten.

Rosenberg nutzte den aus dem griechischen stammenden Ausdruck ‚Sarkopenie‘ (Armut an Muskelfleisch) als erster, um damit den altersassoziierten Muskelmassenschwund zu beschreiben [112]. Heute versteht man unter Sarkopenie alle altersassoziierten Veränderungen an der Skelettmuskulatur, ebenso die Effekte der veränderten Innervation des Zentral- und peripheren Nervensystems, sowie den veränderten Hormonstatus, entzündliche Prozesse und die veränderte Energie- und Proteinaufnahme [38].

Es existieren in der Literatur viele Definitionen von Sarkopenie, die sich im Wesentlichen sehr ähnlich sind. Die Sarkopenie wird als ein progressiver unwillkürlicher Verlust der Muskelkraft, Muskelmasse und Muskelqualität mit fortschreitendem Alter definiert. Yarasheski bezeichnet sie als eine Imbalance zwischen Muskelproteinsynthese und -proteolyse, in welcher die Netto-Muskelprotein-Balance negativ ausfällt. Außerdem beschreibt er die Sarkopenie als altersassoziierte Veränderung der Muskelproteinquantität und -qualität, welche sich nachteilig auf die Muskelstruktur, die Körperzusammensetzung und die Funktion auswirkt [146].

Roubenhoff et al. definieren die Sarkopenie ebenfalls als altersassoziierte Veränderung der Muskelqualität und -quantität, als eine Konsequenz des normalen Alterns, die keine Erkrankung zum Auftreten benötigt, obwohl der Verlust der Muskelmasse durch eine chronische Erkrankung beschleunigt werden kann. Roubenhoff sieht die Sarkopenie außerdem als einen komplexen, multifaktoriellen Prozess, welcher im mittleren Lebensalter beginnt und sich nach dem 75. Lebensjahr beschleunigt. Die Sarkopenie betrifft alle älteren Individuen. Welchen relativen Beitrag jeder einzelne dieser Faktoren leistet, ist bisher noch nicht geklärt. Die Gründe für den Qualitäts- und Massenverlust der Muskulatur können sowohl im neuronalen als auch im muskulären oder im hormonellen Bereich liegen [114].

Skelettmuskeln sind aus strukturell, funktionell, molekular und metabolisch verschiedenen Fasertypen zusammengesetzt und darum ein extrem heterogenes Gewebe [112].

Als wesentliche altersbedingte Veränderungen der Muskelfasern werden in der Literatur der Rückgang des Muskelfaserquerschnitts, die sinkende Anzahl der Muskelfasern und die damit einhergehende Abnahme des gesamten Muskelquerschnitts diskutiert. Die Ergebnisse aus mehreren Studien und Untersuchungen deuten darauf hin, dass bei praktisch unverändertem Verhältnis zwischen Typ-I- und Typ-II-Fasern der Verlust der Muskelmasse im Alter vorwiegend durch eine Größenreduktion der Typ-II-Fasern zustande kommt [67]. Es ist jedoch noch nicht endgültig geklärt, ob dieser durch Nichtgebrauch oder Erkrankung bedingt ist oder einfach dem Alterungsprozess innewohnt.

Die Reduzierung beider Muskelfasertypen und vor allem die Abnahme des Muskelfaserquerschnitts der Typ-II-Fasern führen zu einem erhöhten relativen Anteil an Typ-I-Fasern in der Muskulatur des älteren Menschen. Dennoch stellten Lexell et al. eine erhebliche Variation in Anzahl und Größe der Fasern in allen Altersgruppen fest [67].

In vielen morphologischen Studien konnte für unterschiedliche Muskelgruppen der Extremitäten mit Hilfe von Ultraschall, Computertomographie, Kernspintomographie und direkter Messung durch Muskelbiopsien an Verstorbenen insgesamt eine Abnahme des gesamten Muskelquerschnitts - ohne eine genaue Ursache dafür zu benennen (siehe oben) - nachgewiesen werden [38]. Lexell et al. führten die Muskelquerschnittsmessungen in Form einer Muskelbiopsie an Verstorbenen durch und stießen auf eine Reduktion der Muskulatur von 40 % zwischen dem 20. und 80. Lebensjahr. Der durchschnittliche Muskelverlust bis zum 50. Lebensjahr betrug ca. 10 % und nahm dann deutlich zu [67]. In einer neueren Studie bestimmten Janssen et al. die Skelettmuskelmasse von 268 Männern und 200 Frauen im Alter zwischen 18 und 88 Jahren mit Hilfe einer Kernspintomographie. Sie stellten fest, dass Männer relativ zur Körpermasse (38,4 vs. 30,6 %) und auch absolut (33 vs. 21 kg) mehr Muskelmasse haben als Frauen, aber dass sie diese mit zunehmendem Alter auch signifikant schneller verlieren. Der Mechanismus, der zu einem größeren Muskelmasseverlust der Männer führt, ist bisher noch nicht vollständig geklärt; es wird aber davon ausgegangen, dass er vor allem durch hormonelle Faktoren verursacht wird [58].

Ältere Männer und Frauen, die unter einem chronischen Bewegungsmangel leiden und körperlich weniger aktiv sind, haben weniger Skelettmuskelmasse und darüber hinaus eine größere Verbreitung von körperlicher Beeinträchtigung [114]. Doherty räumt ein, dass es zwar schwer ist, anhand von Querschnittsuntersuchungen Rückschlüsse auf die Ursache zu ziehen, aber er stellt fest, dass die Ergebnisse einer Vielzahl von Studien gezeigt haben, dass Krafttraining Sarkopenie umkehren kann. Doherty sieht darin den einwandfreien Beweis für die Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Skelettmuskelmasse und -kraft [38].

Wie oben ausführlich dargestellt, ist die Pathogenese der Sarkopenie ein multifaktorieller Prozess. Die primäre Ursache ist bisher allerdings unklar. Die Folge aller Mechanismen und Einflussfaktoren ist eine Reduktion der Muskelquantität und -qualität. Sie ist der Hauptgrund für die körperliche Beeinträchtigung und Schwäche älterer Menschen.

#### 4.1.1.2 Auswirkungen der Sarkopenie auf den allgemeinen Gesundheitszustand und die Lebensqualität

Die mit fortschreitendem Alter immer stärker auftretende Sarkopenie hat Risiken zur Folge. So kann es durch die physiologischen Veränderungen zu einer Demineralisierung der Knochen und damit zu einem erhöhten Osteoporose-Risiko kommen. Eine wesentliche Voraussetzung der Mobilität ist die Muskelkraft. Diese ist als Folge der Sarkopenie reduziert. Das wurde in einer Vielzahl an Studien, in denen die Extremitäten unter isometrischen und isotonischen Bedingungen getestet wurden, belegt.

Meistens wurden dabei Gruppen von gesunden jungen, mittelalten und alten Männern und Frauen miteinander verglichen. Die Knieextensoren wurden aufgrund ihrer funktionellen Wichtigkeit, der Verfügbarkeit vergleichbarer histologischer Daten, und weil sie sich relativ leicht messen lassen, am häufigsten getestet [38].

Querschnittsuntersuchungen von Hollmann/Hettinger haben ergeben, dass die Kraft zwischen dem 30. und 55. Lebensjahr relativ wenig abnimmt oder fast unverändert bleibt, aber danach in beschleunigtem Maße abnimmt (bis zu 30 % in der 8. Dekade), wenn man die Maximalkraft am Ende der Pubertät als Basiskriterium nimmt [50]. Metter et al. berichten ebenfalls von einem zunächst nur geringen Kraftverlust, der nach dem 50. Lebensjahr deutlich bis auf ca. 12-14 % pro Lebensdekade zunimmt [81].

Wie oben bereits erwähnt, gibt es einige Unterschiede zwischen den Muskelgruppen im Bezug auf das Ausmaß des Kraftverlusts. So ist bei Männern die Abnahme der Muskelkraft der unteren Extremitäten größer als bei den oberen [103]. Frontera et al. konnten in ihren Untersuchungen einen deutlichen Zusammenhang von Muskelkraft und Muskelmasse zeigen. Junge Männer waren zwar grundsätzlich kräftiger als ältere, nach Adjustierung der Kraftwerte auf die Muskelmasse waren die Unterschiede allerdings kaum noch erkennbar [42]. Roubenhoff bestätigt, dass zwar die Beziehung zwischen Muskelmasse und Muskelkraft linear verläuft - die Beziehung zwischen Muskelkraft und körperlicher Funktionalität jedoch nicht [114].

#### 4.1.1.3 Bedeutung der Kraft im Alterungsprozess

Schon den Griechen war bekannt und bewusst, dass Krafttraining einen positiven Einfluss auf die Lebensgewohnheiten im Alter hat. Berühmtestes Beispiel ist der legendäre Ringer Milo von Kroton, der im 6. Jahrhundert v. Chr. in der griechischen Kolonie Kroton in

Süditalien geboren wurde und deshalb einen ewigen Platz in der Geschichte der Olympischen Spiele bekommen hat, weil er bereits als Junge 540 v. Chr. bei den 60. Olympischen Spielen der Vorzeit in der Kategorie Jungringer Olympiasieger und bis zu den 66. Olympischen Spielen jeweils Ringerolympiasieger wurde. Es existiert eine große Anzahl von Legenden und Geschichten über seine legendäre Muskelkraft, die er angeblich durch das tägliche Tragen eines neugeborenen Kälbchens, bis es ausgewachsen war, ständig trainierte (vgl. Braindex – free online encyclopedia, im Internet unter [www.braindex.com/encyclopedia/index.php/Milo of Croton](http://www.braindex.com/encyclopedia/index.php/Milo_of_Croton)).

Die Muskelmasse nimmt im Alternsverlauf vom zwanzigsten bis zum siebzigsten Lebensjahr um ca. 30-40% ab [49, 50, 75]. Damit verbunden ist ein deutlicher Kraftverlust, der erhebliche Auswirkungen auf die Gesundheit und die Lebensqualität haben kann. Dieser Kraftverlust ist aber in erster Linie zu einem größeren Teil auf den Mangel an Training bzw. Bewegung in jeglicher Form zurückzuführen, zu einem geringeren Teil Folge des Alterungsprozesses [56].

Dieser Kraftverlust im Alter bedeutet einen Verlust an Alltagskompetenz, z.B. beim Treppensteigen, beim Transportieren von Gegenständen oder auch bei Urlaubsaktivitäten. Der Bonner Alterssportstudie (BAS) zufolge schätzen Menschen aus der Altersgruppe der 61-70Jährigen ihren Kraftverlust innerhalb der letzten fünf Jahre in Abhängigkeit ihrer Sportaktivität (kein Sport, bis 2 Std./Woche, 2 u. mehr/Woche) subjektiv wie folgt ein (in %):

Geringe Verschlechterung 51, 43, 41

Starke Verschlechterung 17, 17, 8

Unverändert 29, 37, 44

Gering verbessert 32, 41, 50

Stark verbessert 1, 4, 4 [95].

Auffällig ist zum einen, dass mehr als doppelt so viele Ältere (17 %), die keinen oder nur bis zu 2 Std./Woche Sport ausüben, angaben, eine starke Verschlechterung ihrer Kräfte zu verspüren, während bei den sportlich Aktiveren lediglich 8% diese Meinung vertraten. Zum anderen zeigen die Zahlen, dass von denjenigen, die keinen Sport ausüben, mehr als 2/3 ihre Kräfte als verschlechtert einschätzten (im Gegensatz zu 32 %, die eher eine Verbesserung beobachteten; dieses Zahlenverhältnis ändert sich aber deutlich zu Gunsten der Sporttreibenden 50%/50%).

Die BAS hat in diesem Zusammenhang auch herausgefunden, dass sich die positiven Effekte regelmäßiger sportlicher Aktivitäten in den Altersgruppen über 60 Jahre deutlicher

niederschlagen als in den Altersgruppen bis 60 Jahre; das bedeutet, je älter die Gruppe und damit je deutlicher ein Rückgang der motorischen Fähigkeiten zu erwarten ist, umso deutlicher macht sich die positive Wirkung regelmäßiger sportlicher Aktivität bemerkbar [95].

Vergleicht man für die Kraft die Aussagen der Nichtsportler und der Sportler, dann fällt auf, dass die Nichtsportler mit 72 % deutlich häufiger eine Verschlechterung der Körperkraft angeben als die Sportler (54%), die umgekehrt entsprechend häufiger feststellen, dass sich die Kraft nicht verändert oder gar verbessert hat. Keine Unterschiede zeigen sich zwischen Nichtsportlern und Sportlern bei den Ursachenerklärungen für die Veränderungen. Verbesserungen werden durchweg mit regelmäßiger Übung begründet, starke Verschlechterungen etwa zur Hälfte mit Krankheit/Verletzung und mit dem Alterungsprozess erklärt. Auch für geringe Verschlechterungen wird von beiden Gruppen in erster Linie der Alterungsprozess verantwortlich gemacht. Nur mit etwa 1% bis 2 % wird mangelnde Übung als Grund für die Verschlechterung angegeben. Wurden keine Veränderungen der motorischen Fähigkeiten festgestellt, so wurden in der Regel auch keine Angaben zu den Gründen gemacht, obwohl regelmäßiges Üben sicher einen bedeutenden Beitrag zum Erhalt motorischer Fähigkeiten leisten kann [95].

Jette & Branch konnten nachweisen, dass bei über 75-Jährigen nur noch 72% der Männer und 44 % der Frauen in der Lage sind, ein Gewicht von 4,5 kg zu heben [60]. Unter Kraftleistung ist nicht nur die Bewegungskraft, sondern auch die Haltekraft zu verstehen. Deshalb besteht die größte Bedeutung des Krafttrainings in der positiven Wirkung auf den passiven und aktiven Bewegungsapparat. Verbesserte Kraftleistungen erweisen sich sowohl für die sportliche Betätigung als auch für das Alltagsleben des älteren Menschen als nützlich [17].

Eine weitere Notwendigkeit für ein Krafttraining im Alter ist in der Tatsache zu sehen, dass die Muskulatur eine Art Pumpe darstellt, die das Blut aus der Körperperipherie wieder zum Herzen transportiert. Hieraus resultiert eine bessere Blutversorgung durch eine ansteigende Kapillarisation und damit eine verbesserte Sauerstoffversorgung der Muskulatur und Knochen, deren Bälkchenstruktur sich somit nachweislich verbessert [50, 93].

Vom gesundheitlichen Standpunkt gesehen ist eine gut erhaltene Skelettmuskulatur aus orthopädischer Sicht nicht nur bedeutsam für das Funktionieren des Bewegungs- und Halteapparates, sondern sie stellt auch die „Voraussetzung dar zur physiologisch notwendigen Beanspruchung des kardiopulmonalen Systems aus der Betrachtungsweise

der Inneren Medizin sowie der des zentralen Nervensystems, insbesondere des Gehirns, aus neurologischer und aus psychiatrischer Sicht“ [50]. Die Bedeutung gerade des letzteren Aspektes ist erst in den letzten Jahren deutlich geworden. Es konnte ein intensiv funktionierendes Biofeedback-System zwischen dem Muskelstoffwechsel und bestimmten Gehirnarealen, wie dem limbischen System, verbunden mit psychischen Auswirkungen, nachgewiesen werden. „Es ist durchaus denkbar, dass manche im Alter auftretenden depressiven Zustände mit der Auswirkung von ungenügenden Stimulationen seitens des Muskelstoffwechsels auf bestimmte Gehirnbereiche zurückzuführen sind“ [50].

#### 4.2 Veränderungen der Altersstruktur der Gesellschaft: Demographische Verschiebungen in einer langlebigeren Gesellschaft

In den nächsten Jahrzehnten stehen wir vor einer deutlichen Zunahme älterer Menschen am Gesamtanteil der bundesdeutschen Bevölkerung. Damit einhergehend steigt das Durchschnittsalter ebenfalls an, so dass wir im Jahr 2050 eine immer größere Zahl von immer älter werdenden Menschen in unserer Gesellschaft verzeichnen werden. Diese Tatbestände müssen zum Handeln anregen. Obwohl die Zahl der sportlich aktiven Senioren in den letzten Jahren zugenommen hat, ist die Gruppe der Inaktiven um ein vielfaches größer. Diese älter werdenden Menschen sollen und müssen informiert und motiviert werden, sich regelmäßig zu bewegen, wollen sie so lange wie möglich ihre körperliche und geistige Unversehrtheit und weitestgehende Selbstständigkeit erhalten, ohne in verstärktem Maße den heute schon überstrapazierten Sozialsystemen zur Last zu fallen. Dazu leistet der Ausdauersport einen außerordentlichen Beitrag, der in seinen Wirkungen besonders im fortgeschrittenen Alter seine positiven Spuren hinterlässt, wie diese Untersuchung zeigt und ein wichtiges Mittel ist, die oben genannten Ziele zu erreichen.

Der demographische Wandel in unserer Bevölkerung und die seit den letzten einhundert Jahren um durchschnittlich etwa 30 Jahre angestiegene Lebenserwartung des Menschen zwingen uns zu handeln. Die Ursachen für ein massiv wachsendes Interesse am Alterssport lassen sich, ausgelöst von der demographischen Entwicklung, unschwer in der intensiven Beschäftigung von Politik, Wissenschaft und Medien mit den Fragen einer ‚alternden Gesellschaft‘ ausmachen. Die wachsende Zahl der Älteren und ihre veränderten Lebensbedingungen führen zu einer steigenden Nachfrage von meist gesundheitlich ausgerichteten Bewegungs- und Sportangeboten.

## Die demographischen Verschiebungen in Zahlen

In der Bundesrepublik Deutschland leben (Stichtag: 31. Dezember 2003) etwa 82,5 Mio. Menschen, davon 42 Mio. (51%) Frauen und 40 Mio. (49%) Männer. 17,6 Mio. (21%) sind Kinder und Jugendliche unter 20 Jahren. 46,1 Mio. (57%) befinden sich im erwerbsfähigen Alter von 20 bis unter 60 Jahren und 18,4 Mio. (22%) sind 60 Jahre und älter.

**2000:** 82,5 Millionen Menschen in der Bundesrepublik (Abb. 13 und 18)

Unter 20 Jahren:	17,6 Mio.	21%
Zwischen 20 und 60 Jahren:	46,1 Mio.	57%
Über 60 Jahren	18,4 Mio.	22%

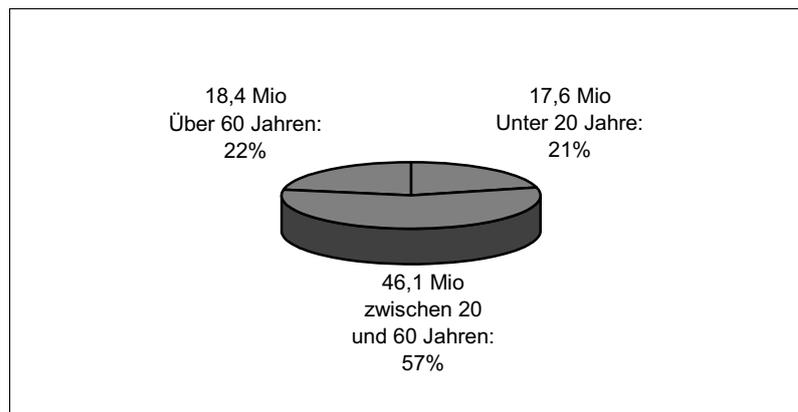


Abb. 13: Altersstruktur der Bevölkerung in der Bundesrepublik (Stand 31.12.2003)

50 Jahre zuvor, im Jahre 1950, wiesen diese Altersgruppen folgende Größen auf: Von seinerzeit 56,4 Mio. Menschen im Deutschen Reich waren 24,9 Mio. (rd. 44%) jünger als 20 Jahre, 27 Mio. Frauen und Männer (48%) waren zwischen 20 und 60 Jahren und 4,4 Mio. (8%) waren 60 Jahre und älter.

**1950:** 69,3 Millionen Menschen (Abb. 14)

Unter 20 Jahren:	24,9 Mio.	44 %
Zwischen 20 und 60 Jahren:	27,0 Mio.	48 %
Über 60 Jahren:	8,0 Mio.	8 %

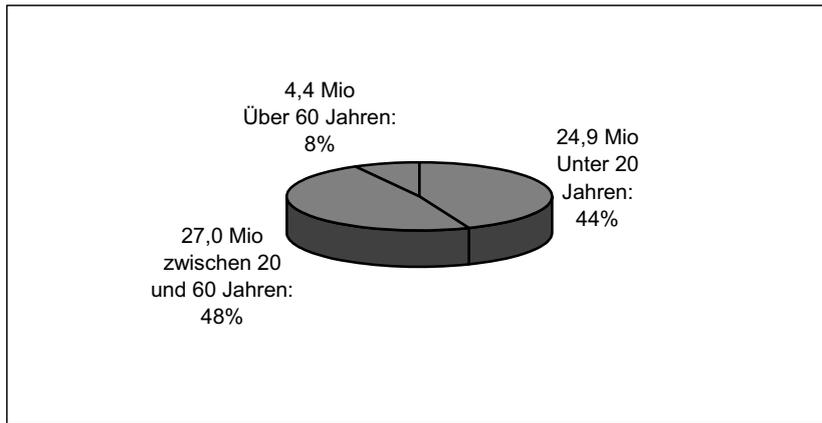


Abb. 14: Altersstruktur der Bevölkerung im Jahre 1950

**1900** entfielen von der Bevölkerung in beiden Teilen Deutschlands (69,3 Mio.) auf die jungen Menschen unter 20 Jahren 21 Mio. Menschen (30%), 38,1 Mio. (55%) auf die Erwerbsfähigen von 20 bis 60 Jahren und auf die Älteren ab 60 Jahren 10,1 Mio. (15%).

**1900:** 56,4 Millionen Menschen (Abb. 15)

Unter 20 Jahren:	21,0 Mio.	30%
Zwischen 20 und 60 Jahren:	38,1 Mio.	55%
Über 60 Jahren:	10,1 Mio.	15%

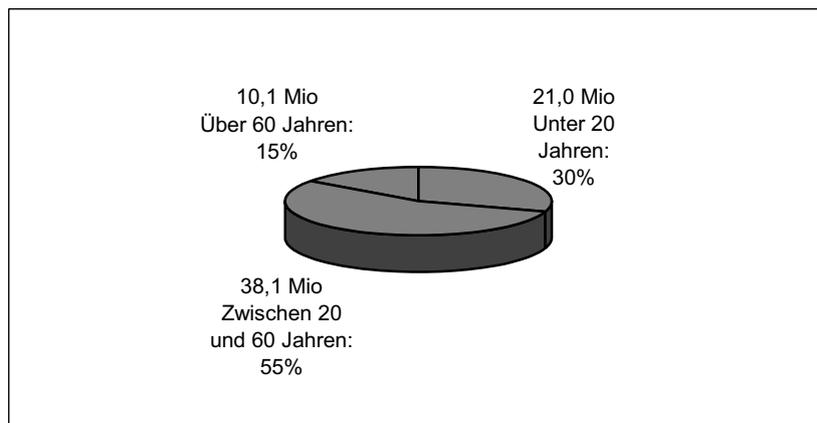


Abb. 15: Die Altersstruktur der Bevölkerung im Jahre 1900

Mit diesen Daten korrespondiert die Entwicklung der durchschnittlichen Lebenserwartung in den vergangenen Jahrzehnten: Diese ist erkennbar gestiegen. Ein um das Jahr 1900 geborenes Mädchen hatte eine durchschnittliche Lebenserwartung von 48 Jahren, ein neugeborener Junge von 45 Jahren. Für ein heute geborenes Kind errechnet sich eine rd. 30 Jahre höhere Lebenserwartung (früheres Bundesgebiet w: 80,5 bzw. m: 74,7 Jahre). Selbst gegenüber 1970 hat sich die durchschnittliche Lebenserwartung um etwa 7 Jahre erhöht. Ursache für die zunehmende Lebenserwartung der Bevölkerung im 20. Jahrhundert ist zunächst vor allem die drastisch rückläufige Säuglings- und Kindersterblichkeit. Die

Verminderung der Säuglings- und Kindersterblichkeit hat zur Folge, dass der Anteil der Bevölkerung, der ein höheres Lebensalter erreicht, erheblich angewachsen ist. Zukünftige Zuwächse der Lebenserwartung sind allerdings vor allem durch Gewinne im hohen Alter zu erwarten. Eine Frau, die heute 60 Jahre alt ist, kann damit rechnen, im Durchschnitt noch weitere 23 Jahre zu leben (gegenüber 14 Jahre um 1900 und 19 Jahre um 1970). Für einen 60-jährigen Mann beträgt die weitere durchschnittliche Lebenserwartung heute 19 Jahre (gegenüber 13 Jahre um 1900 und 15 Jahre um 1970).

### Anteil der über 80-Jährigen an der Bevölkerung

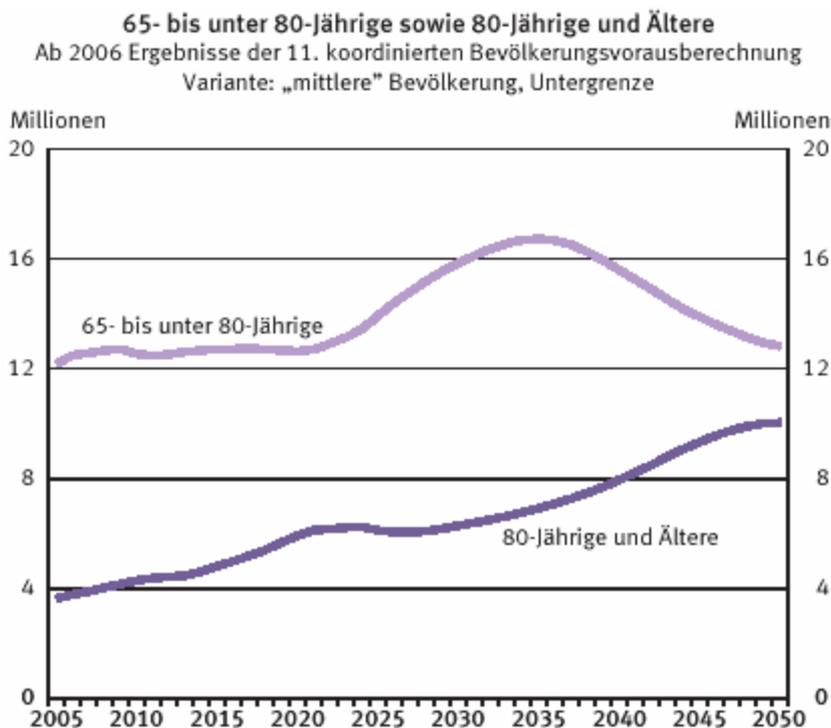


Abb. 16: Anteil der über 80-Jährigen an der Bevölkerung. Quelle [129].

### Einzelne Altersgruppen

Im Jahr 2000:	Jünger als 20:	21,3%
	Älter als 60:	23,0%
Im Jahr 2050:	Jünger als 20:	16,3%
	Älter als 60:	35,8%

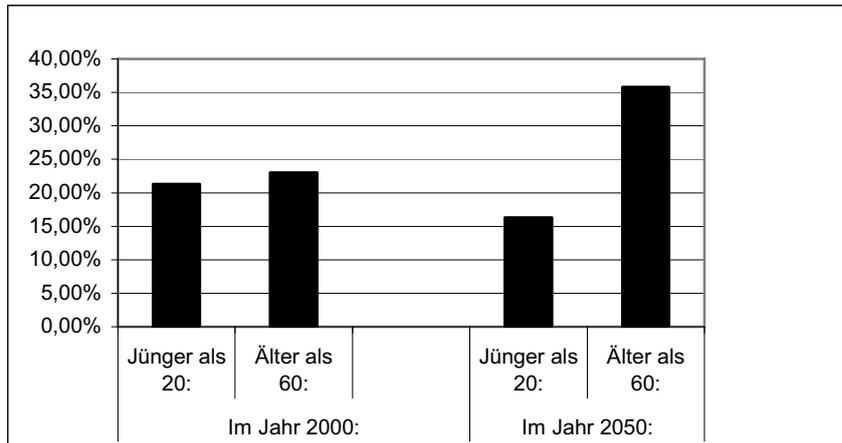


Abb. 17: Einzelne Altergruppen im Jahr 2000 und im Jahr 2050

Diese Entwicklung wird sich aller Voraussicht nach fortsetzen, indem insbesondere die Anzahl der Hochaltrigen in Zukunft weiter erheblich anwächst. Der Anteil der über 80-Jährigen Menschen, der um 1900 ungefähr 0,5% der Bevölkerung ausmachte und gegenwärtig auf 4% gestiegen ist, dürfte bis 2050 weiter auf etwa 12% steigen (Abb. 16) [24].

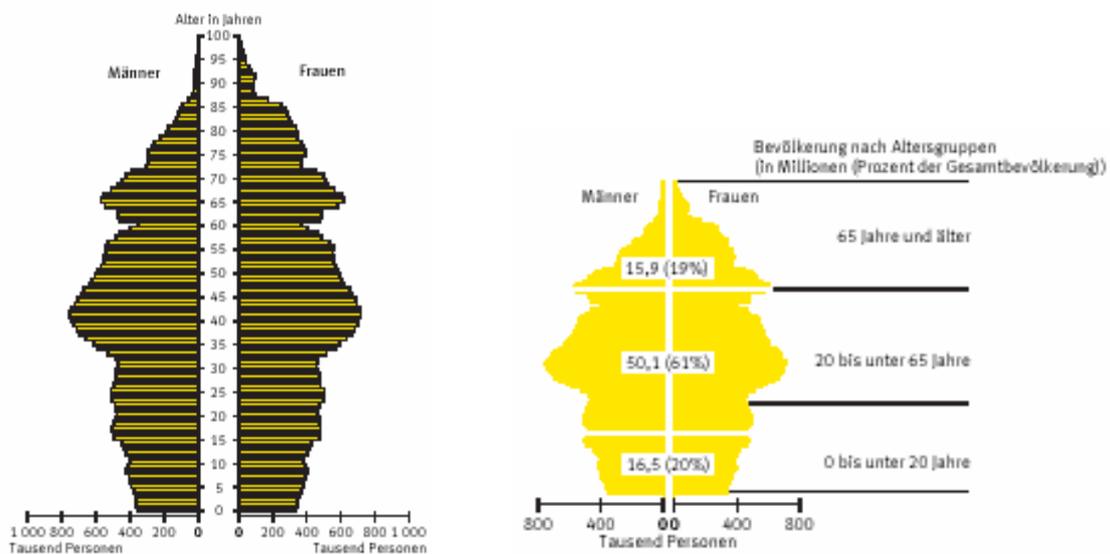


Abb. 18: Altersaufbau der Bevölkerung Deutschlands am 31.12.2005

Quelle[129].

In Deutschland wird sich das zahlenmäßige Verhältnis zwischen älteren und jüngeren Menschen in den nächsten Jahrzehnten erheblich verschieben: Im Jahr 2050 wird – nach der neuesten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes – die Hälfte der Bevölkerung älter als 48 Jahre und ein Drittel 60 Jahre oder älter sein (Abb. 17). Auch die Einwohnerzahl in Deutschland wird – selbst bei den angenommenen Zuwanderungssalden aus dem Ausland – langfristig abnehmen. Dies berichtete der

Präsident des Statistischen Bundesamtes, Johann Hahlen, bei der Vorstellung der Ergebnisse der 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes bis zum Jahr 2050 [129].

Ergebnisse der 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung:

Die Ergebnisse werden hier anhand von zwei Varianten beschrieben, welche die Entwicklung unter der Annahme annähernd konstanter Geburtenhäufigkeit, eines Anstiegs der Lebenserwartung um etwa sieben Jahre und eines Wanderungssaldos von 100 000 oder 200 000 Personen im Jahr aufzeigen. Diese Varianten markieren die Grenzen eines Korridors, in dem sich die Bevölkerungsgröße und der Altersaufbau entwickeln werden, wenn sich die aktuellen demografischen Trends fortsetzen.

Sie werden als Unter- und Obergrenze der ‚mittleren‘ Bevölkerung bezeichnet. Die Geburtenzahl wird künftig weiter zurückgehen. Die niedrige Geburtenhäufigkeit führt dazu, dass die Anzahl potenzieller Mütter immer kleiner wird. Die jetzt geborenen Mädchenjahrgänge sind bereits zahlenmäßig kleiner als die ihrer Mütter. Sind diese Mädchen einmal erwachsen und haben ebenfalls durchschnittlich weniger als 2,1 Kinder, wird die künftige Kinderzahl weiter sinken, weil dann auch weniger potenzielle Mütter leben.

Die Zahl der Sterbefälle wird – trotz steigender Lebenserwartung – zunehmen, weil die stark besetzten Jahrgänge in das hohe Alter hineinwachsen werden.

Die Zahl der Gestorbenen übersteigt die Zahl der Geborenen immer mehr. Das dadurch rasant wachsende Geburtendefizit kann nicht weiter von der Nettozuwanderung kompensiert werden. Die Bevölkerungszahl in Deutschland, die bereits seit 2003 rückläufig ist, wird demzufolge weiter abnehmen. Bei der Fortsetzung der aktuellen demografischen Entwicklung wird die Einwohnerzahl von fast 82,5 Millionen im Jahr 2005 auf 74 bis knapp 69 Millionen im Jahr 2050 abnehmen.

Die Relationen zwischen Alt und Jung werden sich stark verändern. Ende 2005 waren 20% der Bevölkerung jünger als 20 Jahre, auf die 65-Jährigen und Älteren entfielen 19%. Die übrigen 61% stellten Personen im so genannten Erwerbsalter (20 bis unter 65 Jahre). Im Jahr 2050 wird dagegen nur etwa die Hälfte der Bevölkerung im Erwerbsalter, über 30% werden 65 Jahre oder älter und circa 15% unter 20 Jahre alt sein.

Die Zahl der Kinder, Jugendlichen und jungen Erwachsenen unter 20 Jahren wird schon 2010 fast 10% niedriger sein als heute und dann weiter deutlich abnehmen. Die Zahl der Kinder und Jugendlichen im Betreuungs- und Schulalter geht ebenso zurück wie die der jungen Menschen im Auszubildendenalter. Im ausbildungsrelevanten Alter von 16 bis

unter 20 Jahren sind heute knapp 4 Millionen junge Menschen. Schon 2012 werden es nur noch etwa 3 Millionen sein.

Auch die Bevölkerung im Erwerbsalter altert und schrumpft langfristig. Bis etwa 2015 bleibt die Zahl der 20- bis unter 65-Jährigen stabil bei rund 50 Millionen. Dabei nimmt die ältere Gruppe der 50- bis unter 65-Jährigen so stark zu, dass sie die erhebliche Abnahme bei den unter 50-Jährigen ausgleicht und die Bevölkerung im Erwerbsalter insgesamt zunächst konstant bleibt. Später nimmt auch die Zahl dieser Älteren ab.

Unter den Jüngeren im Erwerbsalter vermindert sich die Altersgruppe der 30- bis unter 50-Jährigen schnell, während die der 20- bis unter 30-Jährigen (aus der sich die Studienabsolventen rekrutieren) zunächst stabil bleibt und erst nach 2015 schrumpft. Die Bevölkerung im Erwerbsalter insgesamt beträgt 2030 noch 42 bis 44 Millionen und 2050 zwischen 35 und 39 Millionen.

Damit verschiebt sich die Altersstruktur innerhalb des Erwerbsalters deutlich. Zurzeit gehören 50% der Menschen im erwerbsfähigen Alter zur mittleren Altersgruppe von 30 bis 49 Jahren, knapp 20% zur jungen von 20 bis 29 Jahren und 30% zur älteren von 50 bis 64 Jahren. 2020 wird die mittlere Altersgruppe nur noch 42% ausmachen, die ältere mit etwa 40% aber nahezu gleich stark sein; 2050 sieht es ähnlich aus (mittlere Gruppe: 43%, ältere Gruppe: knapp 40%). Der Anteil der 20- bis unter 30-Jährigen verändert sich nicht sehr stark. Damit wird die Bevölkerung im Erwerbsalter stark durch die Älteren geprägt sein.

Die Zahl der ab 65-Jährigen steigt bis zum Ende der 2030er Jahre etwa um die Hälfte: von aktuell knapp 16 Millionen auf circa 24 Millionen. Danach wird sie leicht zurückgehen. Die Bevölkerung ab 80 Jahren nimmt unablässig zu: von knapp 4 Millionen im Jahr 2005 auf 10 Millionen im Jahr 2050. Dann werden über 40% der 65-Jährigen und Älteren mindestens 80 Jahre alt sein.

Auf 100 Personen im Erwerbsalter (20 bis 65 Jahre) entfallen heute 33 unter 20-Jährige. Dieser so genannte Jugendquotient geht nur leicht zurück und liegt 2050 bei 29.

Der Bevölkerung im Erwerbsalter werden künftig immer mehr Senioren gegenüberstehen. Im Jahr 2005 entfielen auf 100 Personen im Erwerbsalter (20 bis unter 65 Jahre) 32 Ältere (65 oder mehr Jahre). Im Jahr 2030 wird dieser Altenquotient bei 50 beziehungsweise 52 und im Jahr 2050 bei 60 beziehungsweise 64 liegen.

Auch bei einer Heraufsetzung des Renteneintrittsalters wäre der Altenquotient für 67-Jährige und Ältere 2050 deutlich höher als es heute der Altenquotient für 65-Jährige und Ältere ist.

Das Verhältnis zwischen den Menschen, die noch nicht oder nicht mehr im Erwerbsalter stehen, zu den Personen im Erwerbsalter (Gesamtquotient) wird durch die Entwicklung des Altenquotienten geprägt sein. 2005 kamen 65 unter 20-Jährige sowie ab 65-Jährige auf 100 Personen zwischen 20 und 65 Jahren, 2030 werden es über 80 und 2050 89 beziehungsweise 94 sein [129].

Annahmen:

Die Geburtenhäufigkeit bleibt insgesamt auf einem niedrigen Niveau. Vor diesem Hintergrund werden drei Optionen angenommen. Diese ergeben sich aus dem Zusammenwirken langfristiger Trends und gegenwärtiger Tendenzen im früheren Bundesgebiet, in den neuen Ländern und bei den ausländischen Frauen.

Die erste Annahme geht von der Fortsetzung der aktuellen altersspezifischen Trends während der nächsten 20 Jahre aus: Die zusammengefasste Geburtenziffer bleibt auf dem Niveau von knapp 1,4 Kindern je Frau bei einem gleichzeitigen Anstieg des durchschnittlichen Gebäralters um circa 1,6 Jahre. Im Zeitraum von 2026 bis 2050 werden die Geburtenverhältnisse dann konstant angenommen.

Die zweite Annahme setzt eine Zunahme der Geburtenhäufigkeit auf 1,6 Kinder je Frau bis 2025 voraus, wobei das durchschnittliche Alter bei Geburt um ein Jahr zunimmt. Im Zeitraum von 2026 bis 2050 bleibt die Geburtenhäufigkeit konstant.

Die dritte Annahme geht dagegen von einem allmählichen Rückgang der Geburtenhäufigkeit bis zum Jahr 2050 auf 1,2 Kinder je Frau bei einer Zunahme des durchschnittlichen Gebäralters um circa zwei Jahre aus.

Die Lebenserwartung nimmt weiter zu. Zur Entwicklung der Lebenserwartung wurden zwei Annahmen getroffen, welche sich aus zwei verschiedenen Kombinationen des kurzfristigen (seit 1970) und des langfristigen Trends (seit 1871) in der Sterblichkeitsentwicklung ergeben.

In der Basisannahme ergibt sich für das Jahr 2050 für Männer eine durchschnittliche Lebenserwartung bei Geburt von 83,5 Jahren beziehungsweise für Frauen von 88,0 Jahren. Das ist ein Zuwachs von 7,6 beziehungsweise 6,5 Jahren im Vergleich zur Lebenserwartung in Deutschland 2002/2004. Die Differenz in der Lebenserwartung von Männern und Frauen verringert sich bis 2050 von 5,6 auf 4,5 Jahre. 60-jährige Männer beziehungsweise Frauen können immer noch mit 25,3 beziehungsweise 29,1 Jahren rechnen, das sind rund fünf Jahre mehr als 2002/2004.

Bei der zweiten Annahme mit hohem Anstieg wird als Lebenserwartung bei Geburt eine durchschnittliche Lebensdauer von 85,4 Jahren für Männer beziehungsweise von 89,8

Jahren für Frauen im Jahr 2050 erreicht. Das sind für Männer 9,5 Jahre beziehungsweise für Frauen 8,3 Jahre mehr als 2002/2004. Die Differenz in der Lebenserwartung zwischen Männern und Frauen sinkt von 5,6 auf 4,4 Jahre.

60-jährige Männer oder Frauen können noch 27,2 beziehungsweise 30,9 Jahre erwarten. Zum künftigen Wanderungssaldo werden zwei Annahmen getroffen. Sie gehen langfristig von einem jährlichen Wanderungsüberschuss von 100 000 oder 200 000 Personen aus, wobei jeweils ein modellhafter Verlauf unterstellt wird. Die tatsächlichen Wanderungen werden – wie auch in der Vergangenheit – weiterhin deutlichen Schwankungen unterliegen, so dass die angenommenen Werte nur als langjährige Durchschnitte zu verstehen sind. Die Spanne zwischen beiden Annahmen berücksichtigt den langjährigen Durchschnitt der Außenwanderung und bildet einen Korridor, innerhalb dessen sich das zukünftige Wanderungsgeschehen abspielen dürfte [129].

### **Individuelle Altersvorbereitungen**

All diese Entwicklungen stellen neue Anforderungen an eine möglichst frühe individuelle Altersvorbereitung. Über viele Jahre hinweg galt in den Industrieländern das so genannte Drei-Phasen-Modell als Modell eines gelungenen Lebenslaufs: Ausbildung - Erwerbstätigkeit - Ruhestand. Dieser Ablauf galt als verlässlich und institutionell geregelt. Hatte man eine Ausbildung, konnte man mit hoher Wahrscheinlichkeit eine dementsprechende Beschäftigung erreichen, die nach gewisser Zeit zur Pensionierung führte. Ab dem 60. oder 65. Lebensjahr war der sozial definierte und sozial anerkannte Altersstatus erreicht. Der erste Altenbericht der Bundesregierung spricht davon, dass ökonomische, soziale und kulturelle Entwicklungen in den letzten 15 Jahren zu einem Aufbrechen dieses Lebenslauf-Modells geführt haben und damit zu einer ‚De-Rhythmisierung‘ und ‚De-Institutionalisierung‘ [21]. Fließende Grenzen ersetzen die früher eindeutigen Übergänge.

Das Leitbild des zweiten Berichts zur Lage der Älteren Generation in der Bundesrepublik ist u.a. gekennzeichnet durch:

- „die Eigenverantwortlichkeit des älter werdenden Menschen für ein personal selbst bestimmtes und sozial integriertes Leben“ und
- „die Bedeutung des Eingebundenseins in die eigene Generation und in die generationsübergreifenden Netzwerke für Lebensqualität und Lebenszufriedenheit im Alter“ [22].

Altern der Bevölkerung bedeutet, dass der Anteil älterer und sehr alter Menschen an der Bevölkerung steigt, bei einem gleichzeitigen Rückgang des Anteils Jüngerer. Parallel dazu altert auch die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter. Dieser Trend besteht seit ca. 100 Jahren, wird sich auch künftig fortsetzen und in den kommenden zwei Jahrzehnten an Dynamik gewinnen.

Die Zunahme alter Menschen in der Bevölkerung ist im heutigen Altersaufbau der Bevölkerung bereits angelegt. Hinzu kommt, dass eine weitere Zunahme der Lebenserwartung wahrscheinlich und ein Wiederanstieg der Geburtenhäufigkeit kaum zu erwarten sind. Selbst eine verstärkte Zuwanderung von jungen Menschen nach Deutschland würde das demographische Altern nur verlangsamen.

Die demographische Alterung stellt eine zentrale gesellschaftspolitische Herausforderung dar, mit der sich die Politik seit langem konfrontiert sieht. Das Altern der Bevölkerung wird zu einschneidenden gesellschaftlichen Veränderungen in Politik und Wirtschaft und damit zu verstärkten Anpassungsnotwendigkeiten führen müssen.

Die Bewältigung des Alterns der Bevölkerung bedeutet, rechtzeitig und vorausschauend die politischen Reformmaßnahmen zu ergreifen, die auf lange Sicht die Aufrechterhaltung des Generationenvertrages, ohne die kleiner werdenden, nachwachsenden Generationen übermäßig zu belasten.

Es wird darauf ankommen, den Wirtschaftsstandort Deutschland auch bei veränderten Altersstrukturen zu gestalten. Zukunftslösungen, die die Situation älter werdender betrieblicher Belegschaften und deren Innovationsfähigkeit berücksichtigen, sind dringend erforderlich.

Letztlich ist zu unterstreichen, dass es für die drohende Finanzierungskrise der sozialen Sicherungssysteme keine demographische Lösung gibt. Nur das Beschreiten des Weges sinnvoller Reformen zur Festigung und Stützung der Generationensolidarität wird aus der sich abzeichnenden Konfliktsituation führen [19].

#### 4.3 Stichprobenanalyse

Die Verbesserungen der Handkräfte weisen darauf hin, dass die vorgegebenen Trainingsparameter ausreichen. Das beschriebene Handkrafttrainingsgerät wurde deshalb ausgewählt, weil sich die Probanden mit diesem sehr wohl fühlten und gern damit arbeiteten. Es musste auch darauf geachtet werden, dass nicht etwa die Trainingsgeräte ausgetauscht wurden, da nach Hollmann solche Untersuchungen immer mit

sportartgleichen und –spezifischen Belastungsstrukturen und –geräten durchgeführt werden sollen [49].

Die erhobenen Daten lassen zudem folgende Schlüsse zu:

1. Es können für alle Probanden bereits nach vier Wochen Verbesserungen festgestellt werden (Abb. 3 und 4), die allerdings links weniger deutlich ausfallen als rechts.

2. Alle Probanden waren Rechtshänder; die Handkräfte ihrer linken Hände waren bei allen teilweise deutlich niedriger als die Kräfte der rechten Hände. Weder der Bäcker noch der Maurerpolier hatten außergewöhnlich hohe Kraftwerte – was man hätte aufgrund ihrer Berufe vermuten können - zumal es sich bei den beruflichen Tätigkeiten der übrigen Probanden um wenig körperlich anstrengende Tätigkeiten handelte.

3. Die Verbesserungen der Handkraft links nach vier Wochen liegen im Durchschnitt etwa um 3,5 %, der Handkraft rechts bei 5,7 %; nach acht Wochen links bei ca. 3,2 % und rechts bei exakt 5% im Durchschnitt (Abb. 5 und 6). Hier ist festzustellen, dass die Verbesserungen der linken Handkraft weniger deutlich ausfallen als bei der rechten Hand, und sich die Verbesserungen nach acht Wochen etwas geringfügiger darstellen als nach vier Wochen. Der höchste Kraftzuwachs lag bei 8% für die rechte Hand nach vier Wochen, der geringste bei 1,5% im gleichen Zeitraum für die linke Hand. Nach acht Wochen lagen der höchste Zuwachs bei 7% für die rechte Hand und der geringste bei 1% für die linke Hand.

Die Messungen nach zwölf (Abb. 7 und 8), 26 (Abb. 9 und 10) und 52 Wochen (Abb. 11 und 12) ergaben folgendes Bild: Bis auf Proband Nr. 16 (ca. 4 % Kraftzunahme) nahmen bei allen Probanden die Kraftzuwächse im Laufe des Jahres tendenziell ab, wobei der geringste Kraftzuwachs bei 0,5 % (jeweils nach 12, 26 und 52 Wochen) und der höchste bei ca. 5 % (nach 26 Wochen; Abb. 9 und 10) bzw. 4% (nach einem Jahr) lagen (Abb. 11 und 12).

Mit  $r = .984$  (links) bzw.  $r = .987$  (rechts) besteht beim Vergleich der Werte nach 12 Wochen und einem Jahr ein hoher Zusammenhang, der mit  $r = .997$  (links) bzw.  $r = .999$  (rechts) beim Vergleich der Werte nach 26 Wochen und einem Jahr nochmals geringfügig übertroffen wird.

Die Nachmessungen erfolgten am gleichen Wochentag, zur gleichen Uhrzeit, allerdings nicht zur gleichen Jahreszeit. Insofern liegen nicht exakt die gleichen Bedingungen in den Nachmessungen wie zur Eingangsuntersuchung vor. Allerdings wurde darauf geachtet, dass das Gerät am gleichen Ort mit den gleichen Raumtemperaturen aufgestellt wurde wie bei der Eingangsuntersuchung.

Um eine größtmögliche Sicherheit der gewonnenen Daten zu gewährleisten, wurden die Probanden zu Anfang der ersten Untersuchung sehr gründlich und ausführlich in den Ablauf eingewiesen. Es wurden drei Messungen vorgenommen. Waren die Ergebnisse nicht zufrieden stellend, wurde eine weitere Dreifachmessung durchgeführt, von der jeweils die zweite in die Wertung aufgenommen wurde, um nahezu auszuschließen, dass der Proband zu lange, zu kurz oder zu wenig intensiv mitarbeitete.

#### 4.4 Einzelfallanalyse

Wie schon weiter oben erwähnt, fielen die insgesamt niedrigeren Handkraftmesswerte, die bislang in den besprochenen Handkraftstudien gemessen wurden, für die hier untersuchte Alterskohorte auf, auch wenn in der vorliegenden Studie mit einem relativ neuen Messgerät gearbeitet wurde.

Die deutlichsten Verbesserungen erzielten die Probanden Nr. 10 und Nr. 11 mit jeweils 8% für die Kraft der rechten Hand nach vier Wochen (Abb. 3 und 4), nach acht Wochen Abb. 5 und 6) lag der Wert bei 7%;

der Proband Nr. 12 mit 6% für die der linken Hand mit 6%. Die geringsten Verbesserungen waren bei Proband Nr. 6 mit knapp 4% für die rechte (nach acht Wochen ebenfalls knapp 4%) und Proband Nr. 1 mit 1,5% für die linke Hand zu verzeichnen. Für diesen Probanden gab es auch nach acht Wochen „nur“ eine Verbesserung der Handkraft links von 1% (Abb. 5). Proband Nr. 15 konnte seine Handkraft rechts lediglich um 3 % verbessern (Abb. 6).

Proband Nr. 8 hatte die höchsten Anfangswerte mit 304,8 N (links) und 325,9 N (rechts).

Dagegen fiel Proband Nr. 10 mit sehr geringen Anfangswerten von 210,1 N bzw. 246,1 N auf, obwohl dieser nur ein Jahr älter war als Proband Nr.8. Beide Teilnehmer übten übrigens beruflich vorwiegend Bürotätigkeiten aus.

Der Proband Nr. 1 erreichte mit ca. 4% Kraftzuwachs den geringsten Wert für die linke Hand nach einem Jahr (Abb. 11), den höchsten Wert mit ca. 27% der Proband Nr. 12.

Der geringste Kraftzuwachs für die rechte Hand betrug bei Proband Nr. 15 ca. 11% (Abb. 12), der höchste dagegen 26% bei Proband Nr. 11.

Im Vergleich der gemessenen Kräfte nach 26 und 52 Wochen Training fällt auf, dass sich die Kräfte der linken Hand bei allen Probanden nochmals spür- und messbar verbesserten; dagegen zeigten sich keinerlei Verbesserungen der rechten Handkräfte bei Proband Nr. 16, lediglich 0,2 N bei den Probanden Nr. 4, 6, 7, 11, 15 sowie 0,3 N bei Proband Nr. 9.

## 5. Zusammenfassung

Die Bestimmung der Handkraft gibt eine relativ gesicherte Auskunft über den allgemeinen Zustand der Muskelkraft; sie stellt einen Indikator für das physische Leistungsvermögen des alternden Menschen dar [135]. Sie lässt zudem Rückschlüsse auf die Gesamtmuskelkraft des älteren Menschen zu, korreliert mit dem Ernährungszustand und kann für die Verlaufsbeurteilung Verwendung finden. Manuelle Fähigkeiten setzen eine ausreichende Handgriffstärke bei allen Verrichtungen des täglichen Lebens voraus. Eine verminderte Handgriffstärke gilt als ein Anzeichen für generell verminderte Muskelkraft alter Menschen und korreliert daher stark mit deutlich erhöhtem Sturz- und Frakturrisiko, mit verminderter Selbsthilfefähigkeit und erhöhter Mortalität [54, 98, 105, 135]. Sie lässt im Altersverlauf kontinuierlich parabelförmig nach [48,61]. Auf Grund des einfachen Messverfahrens, das früher mit einem mechanischen Dynamometer (auch heute noch von einigen Wissenschaftlern favorisiert [6], durchgeführt wurde, ist der Test in der klinischen Diagnostik und bei sportphysiologischen Untersuchungen eingeführt, z.B. durch den Groningen-Fitnesstest für Ältere über 55 Jahre [53]. Die benutzten bzw. dem PC-Programm unterlegten Normwerte sowie die Untersuchungsmethoden sind ebenfalls ausreichend abgesichert worden [5, 8, 9, 11,12, 15, 31, 41, 45, 46, 57, 76, 79, 90, 102, 104, 107, 111].

Eine ausreichende Muskelkraft der Hände ist für die Vorbeugung und Vermeidung von Stürzen im Alter von eminenter Bedeutung, um wachsenden Einschränkungen, körperlicher Pflegebedürftigkeit, verminderter Selbsthilfefähigkeit und Bettlägerigkeit vorzubeugen und größtmögliche unabhängige Lebensqualität möglichst lange zu erhalten.

Die vorliegende Studie befasst sich unter den Aspekten einer Primärprävention mit der Verbesserung der Handkräfte durch ein gezieltes Handkrafttraining, welches ohne große zeitliche und/oder finanzielle Aufwendungen durchgeführt werden kann.

Die Probandengruppe bestand aus 19 65-69-jährigen herzerkrankten Männern mit einem Durchschnittsalter von 67,4 Jahren.

Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich in sechs Punkten zusammenfassen:

1. Die vor allem zu Beginn des Handkrafttrainings gemessenen Werte in der ‚Bestandsaufnahme‘ der vorliegenden Muskelkräfte lagen in einem ähnlichen Wertebereich, wie dieser von Gilbertson/Barber-Lomax festgestellt wurde: Ihre Untersuchungen mit einem Jamar Dynamometer ergaben für 65-69-jährige Männer rechts einen umgerechneten Minimalwert von 278,30 N, maximal wurden 513,35 N festgestellt; für die linke Hand ergaben sich eine Minimalhandkraft von 238,67 N und eine

Maximalkraft 415,25 N [44]. In der vorliegenden Untersuchung wurden für die rechte Hand als Minimalkraft 245,1 N und für die linke Hand 210,1 N ermittelt. Der Maximalkraftwert lag rechts bei 325,9 N und links bei 304,8 N (Proband Nr. 8).

2. Die Widersprüche in den Behauptungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin „der Effekt eines Krafttrainings“ sei „schwach, so dass die Empfehlung zur Teilnahme an solchen Trainingsprogrammen nur unter Beachtung der Lebenssituation des Patienten ausgesprochen werden sollte [37]. Und: Trainingsprogramme zur Reduzierung der Sturzprävalenz durch Steigerung der Kraft sind wirksam, wenn sie darauf zielen, in einzelnen funktionellen Muskelgruppen eine nachweisbare Steigerung der Kraft zu erzielen“ [37] sind insofern aufgeklärt, als dass mit dieser Untersuchung feststeht, dass keinesfalls von schwachen Trainingseffekten in einzelnen funktionellen Muskelgruppen, hier der Hände, gesprochen werden kann, sondern dass bereits nach vier Wochen sich teilweise deutlich messbare Trainingseffekte zeigen (Abb. 3 und 4).

3. Somit kann gesagt werden, dass das über 52 Wochen andauernde Training zur Handkräftesteigerung, welches von 65-69-jährigen herzerkrankten Männern absolviert wurde, in der Tat zu einer signifikanten Verbesserung der Handkräfte beiträgt. Dabei lässt sich der parabelförmig abnehmende Kraftverlust zumindest hinauszögern.

4. Die Korrelation zwischen den Werten in der Eingangsuntersuchung, nach vier, acht, zwölf, 26 und 52 Wochen ist signifikant.

5. Die Prüfverfahren für alle einzelnen dargestellten statistischen Erhebungen lassen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% die Behauptung zu, dass diese Verbesserungen für die Altersgruppe der 65-69-jährigen Männer signifikant und damit übertragbar auf die Allgemeinheit sind.

Die Vergleiche der ermittelten mit dem kritischen t-Wert lassen überdies eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1% zu.

6. Die positiven Eindrücke der Probanden zu ihrem Trainingserfolg lassen darauf schließen, dass sie sich noch ein Stück weit sicherer fühlen als vorher. Alle Probanden wollen über den Zeitraum eines Jahres hinaus weiter trainieren.

Da manuelle Fähigkeiten eine ausreichende Handgriffstärke bei allen Verrichtungen des täglichen Lebens voraussetzen und eine verminderte Handgriffstärke als ein Anzeichen für generell verminderte Muskelkraft alter Menschen gilt und daher stark mit deutlich erhöhtem Sturz- und Frakturrisiko, mit verminderter Selbsthilfefähigkeit und erhöhter Mortalität korreliert, müsste näher untersucht werden, wie sich die Aufwendungen, Kosten

und Nutzen eines derartigen Handkrafttrainings zu den eingesparten Kosten von Sturzfolgen verhalten, vor allem unter dem Aspekt der Kostenexplosion im Gesundheitswesen.

Im Hinblick auf weitere Erkenntnisse im Zusammenhang mit der Handkraft wäre es wichtig zu erforschen, was mit dem parabelförmigen Kurvenverlauf der Abnahme der Handkräfte bei Probanden geschieht, die das Training nach einem Jahr beenden:

Kehrt der infolge des Trainings im Abfall abgemilderte Kurvenverlauf wieder auf den ursprünglichen Verlauf (bei Nichttrainierenden) zurück? Gegebenenfalls in welchem Zeitraum?

Des Weiteren wäre zu klären, wie sich die Werte derjenigen Probanden weiterentwickeln, die ihr Training auch über ein Jahr hinaus fortführen?

Gibt es Geräte bzw. Trainingsmittel, mit deren Hilfe sich die Handkraftwerte schneller/langsamer verbessern lassen? Zu welchem Zeitpunkt beginnt dann die Verbesserung der Handkräfte? In welchem Umfang?

Schreitet die Verbesserung kontinuierlich gleichmäßig/ungleichmäßig fort? Ab welchem Zeitpunkt lässt sich keine Verbesserung mehr nachweisen?

Lassen sich – wie in der Altersgruppe der 65-69-jährigen Männer – auch Verbesserungen in den Altersgruppen der 50-65-Jährigen, der 70-80-Jährigen und der Hochaltrigen erzielen und messen? Gilt gleiches auch für Frauen in diesen Altersgruppen? In welchen Größenordnungen liegen diese?

Gibt es Unterschiede in den Verbesserungen im Vergleich Herzerkrankte–Gesunde? Es könnte sein, dass durch das Vermeiden der Pressatmung Herzpatienten spürbar niedrigere Verbesserungen aufzuweisen haben als gesunde Probanden. Zu klären wäre in diesem Zusammenhang, ob auch eine geringere Trainingsfrequenz bzw. -intensität eine signifikante Verbesserung der Handkräfte ergäbe. Da nach Hollmann die Zunahme der Leistungsverbesserungen umso langsamer erfolgt, je höher sich das Niveau der Leistungsfähigkeit darstellt [49] – im Umkehrschluss: je niedriger das Ausgangsniveau, umso eher stellt sich eine Verbesserung, die zudem auch deutlicher ist, ein – wäre die Frage bei zukünftigen Forschungen zu klären, wie sich die Handkräfte verhalten, wenn die Trainingsintensität bzw. -frequenz erhöht wird oder deutlich höher liegt.

## 6. Literaturverzeichnis

1. AGNEW, P.J. & MAAS, F.:  
Hand function related to age and sex. Arch Phys Med Rehabil 1982; 63: p. 269-271.
2. ALDEHAG, A.S., JONSSON, H. & ANSVED, T.:  
Effects of hand training programme in five patients with myotonic dystrophy type 1. Occup Therap Int 2005; 12: p. 14-27.
3. ALEXANDER, N.B.:  
Postural control in older adults. J Am Geriatr Soc 1994; 42: p. 93-108.
4. AMERICAN Geriatrics Society, British Geriatrics Society & American Academy of orthopaedic surgeons panel on fall prevention: Guideline for preventions of falls in older persons. J Am Geriatr Soc 2001; 49: p. 664-672.
5. ASHFORD, R.F., NAGELBURG, S. & ADKINS, R.:  
Sensivity of the Jamar dynamometer in detecting submaximal grip effort. J Hand Surg 1996; 21 A: p. 402-405.
6. ASHTON, L.A. & MYERS, St.:  
Serial grip strength testing – Its role in assessment of wrist and hand disability. Internet J Surg 2004; 5(2): p. 1-12.
8. BALOGUN, J.A., ADENOLA, S.A. & AKINLOYE, A.A.:  
Grip strength normative data for the Harpenden dynamometer. J Orthop Sports Phys Therap 1991; 14: p. 155-160.
9. BALOGUN, J.A. & ONIGBINDE, A.T:  
Hand and leg dominance: Do they really affect limb muscle strength. Physiotherap Theor Pract 1992; 8: p. 89-96.
10. BALOH, R.W.:  
Disequilibrium and gait disorders in older people. Rev Clin Geront 1996; 6: p. 41-48.

11. BASSEY, E.J. & HARRIES, U.J.:  
Normal values for handgrip strength in 920 men and women aged over 65 years, and longitudinal changes over 4 years in 620 survivors. *Clin Sci* 1993; 84: p. 187-214.
12. BASSEY, E.J.:  
Longitudinal changes in selected physical capabilities. Muscle strength, flexibility and body size. *Age Ageing* 1998; 27: p. 12-16.
13. BEATON, D.E., O'DRISCOLL, S.W. & RICHARD, R.R.:  
Grip strength testing using the BTE work simulator and the Jamar dynamometer: a comparative study. *J Hand Surg* 1995; 20: p. 293-298.
14. BECKER, C., KRON, M., LINDEMANN, U., STURM, E., EICHNER, B., WALTER-JUNG, B. & NIKOLAUS, T.:  
Effectiveness of a multifaceted intervention on falls in nursing home residents. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51: p. 306-313.
15. BOHANNON, R.W.:  
Parallel comparison of grip strength measures obtained with a Micro FET 4 and a Jamar dynamometer. *Percept Motor Skil* 2005; 100: p. 795-798.
16. BORTZ, J.:  
*Statistik für Sozialwissenschaftler*, Berlin/Heidelberg/New York 1999.
17. BRINGMANN, W.:  
Die Bedeutung der Kraftfähigkeiten für Gesundheit und Leistungsfähigkeit. *Med Sport* 1984; 24: p. 97-100.
18. BÜRGER, M. & HAUSS, W.H.:  
Über die Ökonomie körperlicher Arbeit in den verschiedenen Altersstufen. *Zeitschr f Altersforsch* 1943; 4: p. 229-236.
19. BUNDESINSTITUT für Bevölkerungsforschung (Hrsg.):  
*Bevölkerung: Fakten - Trends - Ursachen - Erwartungen*, Wiesbaden 2003.

20. BUNDESINSTITUT für Bevölkerungsforschung:  
Demographische Lage 2003; im Internet unter [www.bib-demographie.de/demolage.htm](http://www.bib-demographie.de/demolage.htm)
21. BUNDESREGIERUNG (Hg.):  
Der erste Altenbericht der Bundesregierung, Bonn: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend 1993.
22. BUNDESREGIERUNG (Hg.):  
Zweiter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Wohnen im Alter, Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend 1998.
23. BUNDESREGIERUNG (Hg.):  
Dritter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Alter und Gesellschaft, Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend 2001.
24. BUNDESREGIERUNG (Hg.):  
Vierter Altenbericht der Bundesregierung. Dazu Vorabpresseinfo Januar 2002, Berlin. Vorabinformation durch eine ausführliche Pressemitteilung des BMFSFJ vom 15.01.2002, S.1f.; veröffentlicht unter [www.bmfsfj.de/Kategorien/Forschungsnetz/forschungsberichte](http://www.bmfsfj.de/Kategorien/Forschungsnetz/forschungsberichte)).
25. BUNDESREGIERUNG (Hg.):  
Fünfter Altenbericht vom 30.08.2005, unter [www.bundesregierung.de/dokumente/](http://www.bundesregierung.de/dokumente/)).
26. BURKE, W.E., TUTTLE, W.W., THOMPSON, C.W., JANNEY, C.D. & WEBER, R.J.:  
The relation of grip strength and grip-strength endurance to age. *J Appl Physiol* 1953; 5: p. 628-630.
27. CAMPBELL, A.J., BORRIE, M.J. & SPEARS, G.F.:  
Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older. *J Geront Med Sci* 1989; 44: p. M112-117.

28. CAMPBELL, A.J., ROBERTSON, M.C., GARDNER, M.M., NORTON, R.N. & BUCHNER, D.M.:  
Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. *Age Ageing* 1999; 28: p. 513-518.
29. CLOSE, J., ELLIS, M., HOOPER, R., GLUCKSMAN, E., JACKSON, St. & SWIFT, C.:  
Prevention of falls in the elderly trial (PROFET): a randomised controlled trial. *Lancet* 1999; 353: p. 93-97.
30. CUMMINGS, S.R., MILLER, J.P., KELSEY, J.L., DAVIS, P., ARFKEN, C.L., BIRGE, S.J. & PECK, W.A.:  
Medications and multiple falls in elderly people. The St. Louis OASIS study. *Age Ageing* 1991; 20: p. 455-461.
31. CROSBY, C.A., WEHBE, M.A. & MAWR, B.:  
Hand strength: Normative values. *J Hand Surg* 1994; 19A: p. 665-670.
32. CUMMINGS, S.R., KELSEY, J.L., NEVITT, M.C. & O'DOWD, K.J.:  
Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures. *Epidem Rev* 1985; 7: p. 178- 208.
33. DAUGS, R., EMRICH, E., IGEL, C. & KINDERMANN, W. (Hg.):  
Aktivität und Altern. Schriftenreihe des Bundesinstitutes für Sportwissenschaften 107, Schorndorf 2001.
34. DENK, H. (Hg.):  
Alterssport. Aktuelle Forschungsergebnisse, Schorndorf 1996.
35. DENK, H., PACHE, D. & SCHALLER, H.-J. (Hg.):  
Handbuch Alterssport. Grundlagen-Analysen-Perspektiven. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Bd. 139, Schorndorf 2003.
36. DENK, H. & PACHE, D.:

- Gesellschaftliche und inhaltliche Rahmenbedingungen von Alterssport. In: DENK et al. 2003: p. 23-96.
37. DEUTSCHE Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (Hg.):  
Ältere Sturzpatienten. DEGAM-Leitlinie Nr. 4, Düsseldorf 2004.
38. DOHERTY, T.J.:  
Physiology of Aging; Invited Review: Aging and sarcopenia. J Appl Physiol 2003;  
95: p. 1717-1727.
39. EHRSAM, R. & ZAHNER, L.:  
Kraft und Krafttraining im Alter. In: DENK (Hg.) 1996; p. 191-211.
40. EWALD, S. & KOLLER, U.:  
Handkraft: Richtwerte bei Erwachsenen Ergotherapie (Erg. Verband CH), 1991; Heft  
9, p. 4-13.
41. FIRRELL, J.C. & CRAIN, G.M.:  
Which setting of the dynamometer provides maximal grip strength? J Hand Surg 1996;  
21 A: p. 397-401.
42. FRONTERA, W.R., SUH, D., KRIVICKAS, L.S., HUGHES, V., GOLDSTEIN, R. &  
ROUBENHOFF, R:  
Skeletal muscle fiber quality in older men and women. Am J Physiol Cell Physiol  
2000; 27(3): p. C611-618.
43. GARDNER, M.M., ROBERTSON, M.C. & CAMPBELL, A.J.:  
Exercise in preventing falls and fall related injuries in older people: a review of  
randomised controlled trials. Brit J Sports Med 2000; 34: p. 7-17.
44. GILBERTSON, L. & BARBER-LOMAX, S.:  
Power and pinch grip strength recorded using the hand-held Jamar Dynamometer and  
B+L hydraulic pinch gauge: British normative data for adults. Brit J Occup Therap  
1994; 57(12): p. 483-488.

45. HAMILTON, A., BALNAVE, R. & ADAMS, R.:  
Grip strength testing reliability. J Hand Therap 1994; 7: p. 163-170.
46. HAMILTON-FAIRFAX, A., BALNAVE, R. & ADAMS, R.:  
Variability of grip strength during isometric contraction. Ergonomics 1995; 38: p. 1819-1830.
47. HAZZARD, W.R.:  
Biologie des Alterns. In: STRAUB, P.W. (Hg.):  
Harrison: Prinzipien der Inneren Medizin. Band 1, 11. Auflage, Basel 1989.
48. HOCHSCHILD, R.:  
Can an index of aging be constructed for evaluating treatments to tetrad aging rates? A 2462-person study. J Gerontol Biol Sci 1990; 45: p. B 187-214.
49. HOLLMANN, W. (Hg.):  
Zentrale Themen der Sportmedizin, Berlin/Heidelberg/New York/Tokio 1986.
50. HOLLMANN, W. & HETTINGER, Th.:  
Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin, Stuttgart/New York 2000.
51. HOLLMANN, W. & LIESEN, H.:  
Altern und körperliches Training. Med Klin 1985; 80: p. 82-90.
52. HU, M.H. & WOOLLACOTT, M.H.:  
Balance evaluation, training and rehabilitation of frail fallers. Rev Clin Geront 1996; 6: p. 85-99.
53. HUFELAND, C.W.:  
Die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern. „Hufeland`s Makrobiotik“ aus dem Jahre 1796, Nachdruck Frankfurt 1995.
54. HYATT, R.H., WHITELAW, M.N., SCOTT, S. & MAXWELL, J. D.:

- Association of muscle strength with functional status of elderly people. *Age Ageing* 1990; 19: p. 330-336.
55. ISRAEL, S. & WEIDNER, A.:  
Körperliche Aktivität und Altern, Leipzig 1988.
56. ISRAEL, S.:  
Sport mit Senioren, Heidelberg 1995.
57. JANDA, D.H., GEIRINGER, S.R., HANKIN, F.M. & BARRY, D.T.:  
Objective evaluation of grip strength. *J Occup Med* 1987; 29: p. 569-571.
58. JANSSEN, I., HEYMSFIELD, S.B., BAUMGARTNER, R.N. & ROSS, R.:  
Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 2000; 89(2): p. 465-71.
59. JETTE, A.M., HARRIS, B.A., CLEARY, P.D. & CAMPION, E.W.:  
Functional recovery after hip fracture. *Arch Phys Med Rehabil* 1987; 68: p. 735.
60. JETTE, A.M. & BRANCH, L.G.:  
The framingham disability study: physical disability among the aging. *Am J Pub Health* 1981; 71: p. 1211-1216.
61. KALLMAN, D.A., PLATO, C.C. & TOBIN, J.D.:  
The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength. Cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Geront Med Sci* 1990; 45: p. M 82-88.
62. KING, M.B. & TINETTI, M.E.:  
Falls in community-dwelling older persons. *J Am Geriatr Soc* 1995; 43: p. 1146-1154.
63. LaPIER, T.L.K., BAIN, C., MOSES, S. & DUNKLE, S.E.:  
Balance training through ball throwing activities. A research-based rationale. *Phys Occup Therap Geriatr* 1996; 14: p. 23-41.

64. LEHR, U. (Hg.):  
Interventionsgerontologie, Darmstadt 1979.
65. LEHR, U.:  
Gero-Intervention - das Insgesamt der Bemühungen, bei psycho-physischem Wohlbefinden ein hohes Lebensalter zu erreichen. In: LEHR, U. (Hg.) 1979; p. 1-49.
66. LEMMINK, K., BROUWER, W., BULT, P., De GREEF, M., van HEUVELEN, M., RISPENS, P. & STEVENS, M. (Hg.):  
The Groningen Fitness test for the elderly. Field based motor fitness assessment for adults over 55 years, Groningen: University of Groningen 1994.
67. LEXELL, J., TAYLOR, C.C. & SJÖSTRÖM, M.:  
What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. J Neurolo Sci 1988; 84: p. 275-294.
68. LORD, S.R. & CLARK, R.D.:  
Simple physiological and clinical tests for the accurate prediction of falling in older people. Gerontology 1996; 42: p. 199-203.
69. LORD, S.R., WARD, J.A. & WILLIAMS, P.:  
Exercise effect on dynamic stability in older women: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil 1999; 77: p. 232-236.
70. LUDWIG, F.C.:  
Personal communication. Irvine: University of California 1989.
71. LÜSCHEN, G., ABU-OMAR, K. & KNESEBECK, O. v.d.:  
Körperlich-sportliche Aktivität und ihr Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden. In: DAUGS et al. 2001; p. 318-328.
72. LUUKINEN, H., KOSKI, K., HONKANEN, R. & KIVELÄ, S.L.:  
Incidences of injurious falls among elderly by place of living. A population-based

- study. J Am Geriatr Soc 1995; 43: p. 871-876.
73. MAKI, B.E., HOLLIDAY, P.J. & TOPPER, A.K.:  
A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. J Geront Med Sci 1994; 49: p. M72-M84.
74. MARBURGER, C., HAUER, K., SCHLIERF, G. & OSTER, P.:  
Körperliches Training in der Geriatrie. Dtsch. Med. Wschr. 1997; 122: p. 1560-1563.
75. MAREES, H. de:  
Sportphysiologie. 9., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Köln 2002.
76. MATHIOWETZ, V., WEBER, K., VOLLAND, G. & KASHMAN, N.:  
Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. J Hand Surg 1984; 9A: p. 222-226.
77. MATHIOWETZ, V., KASHMAN, N., VOLLAND, G., WEBER, K., DOWE, M. & ROGERS, S.:  
Grip and pinch strength. Normative data for adults. Arch Phys Med Rehabil 1985; 66: p. 69-74.
78. MATHIOWETZ, V.:  
Effects of three trials on grip and pinch strength measurements. J Hand Therap 1990; 3: p. 195-198.
79. McMURDO, M.E. & RENNIE, L.:  
A controlled trial of exercise by residents of old people's home. Age Ageing 1993; 22: p. 11-15.
80. MECHLING, H. (Hg.):  
Training im Alterssport. Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alterssport. Symposiumsbericht Universität Bonn 22. bis 24. Mai 1997, Schorndorf 1998.
81. METTER, E.J., CONWIT, R., TOBIN, J.D. & FOZARD, J. L.:

- Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men.  
J Geront Biol Sci 1997; 52A: p. B267-276.
82. MEUSEL, H.:  
Sport für Ältere. Bewegung-Sportarten-Training. Handbuch für Ärzte, Therapeuten,  
Sportlehrer und Sportler, Stuttgart/New York 1999.
83. MEYER, R.D., GOGGIN, N.L. & JACKSON, A.W.:  
A Comparison of grip strength and selected psychomotor performance measures in  
healthy and frail elderly females. Res Quart Exerc Sport 1995; 66(1): p. 1-8.
84. MISKO, T.A., CRESS, M.E., SLADE, J.M., COVEY, C.J., AGRAWAL, S.K. &  
DOERR, C.E.:  
Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling  
older adults. J Geront Med Sci 2003; 58A(2): p. 171-175.
85. MÖLLENHOFF, H.:  
Entwicklung und Evaluation eines Muskeltrainingsprogramms für Hochbetagte.  
PATRAS, Paderborn Diss. Dr. rer. Medic 2005.
86. MONTOYE, H.J. & LAMPHEAR, D.E.:  
Grip and arm strength in males and females, age 10 to 69. Res Quart 1977; 48: p.  
109-120.
87. NESSE, R.M. & WILLIAMS, G. C.:  
Warum wir krank werden. Die Antworten der Evolutionsmedizin, München 1997.
88. NEVITT, M.C. & CUMMINGS, S.R.:  
Type of fall and risk of hip and wrist fractures. J Am Geriatr Soc 1993; 41: p. 1226-  
1234.
89. NEVITT, M.C., CUMMINGS, S.R., KIDD, S. & BLACK, D.:  
Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. J Am Med Ass  
1989; 261: p. 2663-2668.

90. NIEBUHR, B.R., MARION, R. & FIKE, M.L.:  
Reliability of grip strength assessment with the computerised Jamar dynamometer.  
Occup Therap J Res 1994; 14: p. 3-18.
91. NIKOLAUS, T. & PIENKA, L.:  
Funktionelle Diagnostik. Assessment bei älteren Menschen, Wiebelsheim 1999.
92. NIKOLAUS, T. & ZAHN, R.K.:  
Alter und Altern. In: SCHMIDT, R.F., THEWS, G. & LANG, F. (Hg.): Physiologie  
des Menschen, 28. Auflage, Berlin/New York/Heidelberg 1997; p. 708-716.
93. OSCHÜTZ, H. & BELINOVA, K.:  
Biologische Entwicklung, Anpassung und biologisches Alter. In: DENK et al. 2003,  
p.147-198.
94. PACHE, D.:  
Zur gegenwärtigen Situation des Alterssports in Deutschland – Daten und Anregungen  
für eine Förderung, in: MECHLING 1998, p. 135-141.
95. PACHE, D.:  
Die Veränderung der motorischen Fähigkeiten in der subjektiven Einschätzung Älterer.  
In: DAUGS, EMRICH, IGEL & KINDERMANN 2001, p. 145-157.
96. PAFFENBARGER, R.S.:  
Beeinflussung der Lebenserwartung durch Änderung der körperlichen Aktivität und  
anderer Lebensstilfaktoren. The Club of Cologne – HOLLMANN, W. (Hg.):  
Gesundheitsförderung und körperliche Aktivität, Bd. 1, Schorndorf/Stuttgart/New  
York 1996.
97. PAFFENBARGER, R.S. & LEE, I-M.:  
Age-specific physical activities and other life way patterns influencing health and  
longevity, in: HOLLMANN, W., KURZ, D. & MESTER, J. (Hg.):  
Current results on health and physical activity. Club of Cologne Bd.2.  
Schorndorf/Stuttgart/New York, 2001, p. 13-25.

98. PHILLIPPS, P.:  
Grip strength, mental performance and nutritional status as indicators of mortality risk among female geriatric patients. *Age Ageing* 1986; 15: p. 53-56.
99. PIERRON, R.L., PERRY, H.M., GROSSBERG, G., MORLEY, J.E., MAHON, G. & STEWART, T.:  
The aging hip. *J Am Geriatr Soc* 1990; 38: p. 1339-1352.
100. POTVIN, A.R., SYNDULKO, K., TOURTELLOTTE, W.W., LEMMON, J.A. & POTVIN, J.H.:  
Human Neurologic function and the aging process. *J Am Geriatr Soc* 1980; 28(1): p. 1-9.
101. PROVINCE, M.A., HADLEY, E.C., HORNBROOK, M.C., LIPSITZ, L.A., MILLER, J.P., MULROW, C.D., ORY, M.G., SATTIN, R.W., TINETTI, M.E. & WOLF, S.L.:  
The effects of exercise on falls in elderly patients. *J Am Med Ass* 1995; 273: p. 1341- 1347.
102. RANTANEN, T., SIPILÄ, S. & SUOMINEN, H.:  
Muscle strength and history of heavy manual work among elderly trained women and randomly chosen sample population. *Europ J Appl Physiol* 1993; 66: p. 514-517.
103. RANTANEN, T. & AVELA, J.:  
Leg extension power and walking speed in very old people living independently. *J Geront Med Sci* 1997; 52A: p. M225-M231.
104. RANTANEN, T., GURALNIK, J.M., FOLEY, D., MASAKI, K., LEVEILLE, S., CURB, J.D. & WHITE, L.:  
Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *J Am Med Ass* 1999; 281: p. 558-560.
105. RANTANEN, T.:  
Muscle strength, disability and mortality. *Scand J Med Sci Sport* 2003; 13: p. 3-8.

106. REIMANN, H. & REIMANN, H. (Hg.):  
Das Alter. Einführung in die Gerontologie, 2. völlig neu bearbeitete Auflage, Stuttgart  
1983.
107. RICHARDS, L. & PALMITER-THOMAS, P.:  
Grip strength measurement: A critical review of tools, methods, and clinical utility.  
Crit Rev Phys Rehabil Med 1996; 8: p. 87-109.
108. ROBERTSON, L.D., MULLINAX, C.M., BRODOWICZ, G.R., MILLER, R.A. &  
SWAFFORD, A.R.:  
The relationship between two power-grip testing devices and their utility in physical  
capacity evaluations. J Hand Surg 1993; 6: p. 194-201.
109. ROBERTSON, M. C., GARDNER, M.M., DEVLIN, N., McGEE, R. & CAMPBELL,  
A.J.:  
Effectiveness and economic evaluation of a nurse delivered home exercise  
programme to prevent falls. 2: Controlled trial in multiple centres. B M J 2001; 322:  
p. 701-704.
110. ROBERTSON, M.C., CAMPBELL, A.J., GARDNER, M.M. & DEVLIN, N.:  
Preventing injuries in older people by preventing falls: A meta-analysis of individual-  
level data. J Am Geriatr Soc 2002; 50(5): p. 905-911.
111. ROBINSON, M.E., GEISSER, M.E., HANSON, C.S. & O'CONNOR, P.D.:  
Detecting submaximal efforts in grip strength testing with the coefficient of variation.  
J Occup Rehabil 1993; 3: p. 45-50.
112. ROSENBERG, I.H.:  
Summary comments. Am J Clin Nutr 1989; 50: p. 1231-1233.
113. ROSENMAYR, H. & ROSENMAYR, L.:  
Gesellschaft, Familie, Alternsprozess. In: REIMANN & REIMANN 1983, p. 45-70.
114. ROUBENHOFF, R.:

Sarcopenia: Effects on Body Composition and Function. *J Geront Med Sci* 2003; 58 A(11): p. 1012-1017.

115. ROWE, J.W. & KAHN, R.L.:  
Successful aging, New York 1998.
116. RUBENSTEIN, L.Z., ROBBINS, A.S., SCHULMAN, B.L., ROSADO, J.,  
OSTERWEIL, D. & JOSEPHSON, K.R.:  
Falls and instability in the elderly. *J Am Geriatr Soc* 1988; 36: p. 266-278.
117. RUBENSTEIN, L.Z., JOSEPHSON, K.R., TRUEBLOOD, P.R., LOY, S., HARKER,  
J.O., PIETRUSZKA, F.M. & ROBBINS, A.S.:  
Effect of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone  
elderly men. *J Geront Med Sci* 2000; 55 A: p. M317-M321.
118. RÜTTEN, A., ABU-OMAR, K., LAMPERT, T. & ZIESE, T.:  
Körperliche Aktivität. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 26, hrsg. vom  
Robert Koch-Institut. Berlin 2005.
119. RUS, R., PONIKVAR, R., KENDA, R.B. & BUTUROVIC-PONIKVAR, J.:  
Effects of handgrip training and intermittent compression of upper arm veins on  
forearm vessels in patients with end stage renal failure. *Therap Apher Dial* 2005; 9:  
p. 241-244.
120. SALLIS, J.F. & OWEN, N.:  
Physical activity and behavioural medicine. Thousand Oaks: Sage 1998.
121. SCHMIDT, T. & TOEWS, J.V.:  
Grip strength as measured by the Jamar dynamometer. *Arch Phys Med Rehabil* 1970;  
51: p. 321-327.
122. SCOTT, V.J., DUKESHIRE, S., GALLAGHER, E.M. & SCANLAN, A.:  
A best practices guide for the prevention of falls among seniors living in the  
community. A report on behalf the Federal/Provincial/Territorial Committee of

Officials (Seniors) for the Ministers Responsible for Seniors, Ottawa 2001.

123. SHEPARD, R.J.:

Aging, Physical Activity and Health, Champaign 1997.

124. SHIPHAM, I. & PITOUT, S.J.S.:

Rheumatoid arthritis: hand function, activities of daily living, grip strength and essential assistive devices. *Curationis* 2003; 26: p . 98-106.

125. SONN, U., FRÄNDIN, K. & GRIMBY, G.:

Instrumental activities of daily living related to impairment and functional limitations in 70-year-olds and changes between 70 and 76 years of age. *Scand J Rehabil Med* 1995; 27: p. 119-128

126. SPIRDUSO, W.W.:

Physical dimensions of aging. Champaign/Illinois 1995.

127. SPIRDUSO, W.W., FRANCIS, K.L. & MacRAE, P.G.:

Physical dimensions of aging. Second Edition, Champaign 2005.

128. STATISTISCHES BUNDESAMT, Mitteilung für die Presse, 19.07.2000, Wiesbaden.

129. STATISTISCHES BUNDESAMT:

Bevölkerung Deutschlands bis 2050. 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Presseexemplar, Wiesbaden 2006; unter [www.destatis.de/bevölkerungsprojektion](http://www.destatis.de/bevölkerungsprojektion) 2050.

130. STEPHENS, J.L., PRATT, N. & PARKS, B.:

The reliability and validity of the Tekdyne hand dynamometer. 1. Teil. *J Hand Surg* 1996; 9: p. 10-17.

131. STEPHENS, J.L., PRATT, N. & MICHLOVITZ, S.:

The reliability and validity of the Tekdyne hand dynamometer. 2. Teil. *J Hand Surg* 1996; 9: p. 18-26.

132. SYGUSCH, R., WAGNER, P., JANKE, A. & BREHM, W.:  
Gesundheitssport – Effekte und deren Nachhaltigkeit bei unterschiedlichem  
Energieverbrauch. Dt Zeitschr Sportmed 2005; 56: p. 318-326.
133. TINETTI, M.E., SPEECHLEY, M. & GINTER, S.F.:  
Risk factors for falls among elderly persons living in the community. N Engl J Med  
1988; 319: p. 1701-1707.
134. TINETTI, M.E. & SPEECHLEY, M.:  
Current concepts. Geriatrics. Prevention of falls among the elderly. N Engl J Med  
1989; 320: p. 1055-1059.
135. UENO, M., KAWAI, S., MINO, T. & KAMOSHITA, H.:  
Systematic review of fall-related factors among the house-dwelling elderly in Japan.  
Nippon Ronen Igakki Zasshi, (Japanese Journal of geriatrics) 2006; 43: p. 92-101.
136. VELLAS, B.J., WAYNE, S.J., ROMERO, L.J., BAUMGARTNER, R.N. & GARRY,  
P.J.:  
Fear falling and restriction of mobility in elderly fallers. Age Ageing 1997; 26: p.  
189-193.
137. VELLAS, B.J., WAYNE, S.J., ROMERO, L.J., BAUMGARTNER, R.N.,  
RUBENSTEIN, L.Z. & GARRY, P.J.:  
One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. J Am  
Geriatr Soc 1997; 45: p. 735.
138. VOLKERT, D.:  
Ernährung im Alter. Wiesbaden 1997.
139. VREEDE, P.I. de, SAMSON, M.M., MEETEREN, N.L. van, DUURSMA, S.A. &  
VERHAAR, H.J.:  
Functional task exercise versus resistance strength exercise to improve daily function  
in older women. J Am Geriatr Soc 2005; 53: p. 2-10.

140. WALLSTRÖM, A. & NORDENSKIÖLD, U.:  
Assessing hand grip endurance with repetitive maximal isometric contractions. J Hand Therap 2001; 14(4): p. 279-285.
141. WERLE, J., WOLL, A. & TITTLBACH, S.:  
Gesundheitsförderung. Körperliche Aktivität und Leistungsfähigkeit im Alter. Grundriss Gerontologie, Bd. 12, Stuttgart 2006.
142. WILLIMCZIK, K.:  
Statistik im Sport. Grundlagen, Verfahren, Anwendungen. Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft Bd. 1, 2. überarb. Auflage, Hamburg 1993.
143. WOLF, S.L., BARNHART, H.X., KUTNER, N.G., McNEELY, E., COOGLER, C., XU, T. & The Atlanta FICSIT Group:  
Reducing frailty and falls in older persons: An investigation of Tai Chi and computerized balance training. J Am Geriatr Soc 1996; 44(5): p. 489-497.
144. WOLFF, S., ROSENSTIEL, L.v., KEUPP, H., KARDORFF, E.v. & FLICK, U. (Hg.):  
Handbuch quantitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen, Hamburg 1991.
145. WOLFSON, L., JUDGE, J., WHIPPLE, R. & KING, M.:  
Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. J Gerontol 1995; 50A: p. 64-67.
146. YARASHESKI, K.E.:  
Exercise, Aging and Muscle Protein Metabolism. J Geront Med Sci 2003; 58A(10): p. 918-922.
147. ZUCKERMAN, J.D.:  
Hip fracture. N Engl J Med 1996; 334: p. 1519.

## 7. Anhang

Tabelle 1: Handkraftmesswerte der linken Hand

<i>Proband</i>	<i>Anfang</i>	<i>4 Wochen</i>	<i>8 Wochen</i>	<i>12 Wochen</i>	<i>26 Wochen</i>	<i>1 Jahr</i>
1)	255,9	259,9	262,5	263,8	265,1	266,4
2)	271,3	276,7	282,2	285,2	286,4	289,3
3)	239,8	245,8	251,9	256,9	260,8	264,7
4)	271,5	279,6	286,6	290,8	295,2	298,2
5)	286,3	294,8	300,7	306,7	312,8	315,9
6)	295,6	301,5	307,5	312,1	318,3	321,4
7)	300,1	309,1	318,4	326,3	336,1	342,8
8)	304,8	313,9	326,0	334,1	347,8	354,8
9)	256,3	263,9	269,3	271,9	278,7	280,0
10)	210,1	220,6	229,4	237,4	244,5	249,1
11)	243,7	258,3	276,4	284,6	295,9	303,3
12)	262,6	278,4	295,0	311,2	327,6	334,6
13)	243,8	256,0	268,8	283,6	294,9	297,8
14)	299,3	308,3	317,5	328,6	338,5	341,2
15)	303,5	309,6	315,8	325,2	331,7	338,3
16)	263,5	276,7	284,9	296,3	308,5	318,4
17)	221,5	257,8	268,1	278,8	287,2	293,8
18)	253,8	261,4	269,3	276,0	284,3	289,7
19)	281,9	290,3	301,9	307,9	317,1	320,7

Tabelle 2: Handkraftmesswerte der rechten Hand

<i>Proband</i>	<i>Anfang</i>	<i>4 Wochen</i>	<i>8 Wochen</i>	<i>12 Wochen</i>	<i>26 Wochen</i>	<i>1 Jahr</i>
1)	299,1	314,0	328,7	338,2	341,6	342,0
2)	294,3	311,9	327,5	334,0	337,4	339,5
3)	276,7	294,4	315,2	327,8	334,4	335,9
4)	285,6	305,1	323,4	333,1	339,7	339,9
5)	311,4	326,9	343,2	353,5	360,6	361,1
6)	320,9	333,7	347,0	353,9	360,9	361,0
7)	319,3	332,1	347,0	359,1	366,3	366,5
8)	325,9	338,9	352,5	359,5	368,5	369,0
9)	299,8	315,6	328,2	341,3	351,5	351,8
10)	246,1	265,8	284,4	298,6	306,1	309,7
11)	283,7	306,3	327,7	347,4	357,8	357,9
12)	292,5	312,9	331,6	348,2	358,6	360,1
13)	289,4	309,3	327,8	344,2	354,5	355,9
14)	301,7	313,7	326,2	339,2	349,4	350,7
15)	320,2	333,0	342,9	353,2	356,7	356,9
16)	298,3	316,1	331,9	348,5	358,9	358,9
17)	245,9	263,7	276,8	293,4	308,1	308,5
18)	302,6	317,7	330,4	343,6	350,5	350,9
19)	301,4	316,5	332,3	345,6	355,9	356,4



