

Friedrich Hainbuch

**Die Verbesserung der Vitalkapazität der Lunge
in Folge eines gezielten moderaten, halbjährigen
Ausdauertrainings.**

**Zugleich ein Beitrag zur Geroprophylaxe zur Steigerung der
Alltagskompetenz 60-70-jähriger bislang untrainierter Menschen**



Cuvillier Verlag Göttingen

**Die Verbesserung der Vitalkapazität der Lunge in Folge eines
gezielten moderaten, halbjährigen Ausdauertrainings.
Zugleich ein Beitrag zur Geroprophylaxe zur Steigerung der Alltagskompetenz 60-70-
jähriger bislang untrainierter Menschen**

Friedrich Hainbuch

Göttingen 2005

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, 2005

ISBN 3-86537-371-2

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2005

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

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, 2005

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-371-2

Vorwort

Der Mensch ist als Naturwesen auf Bewegung angelegt. Alle seine Organsysteme bleiben langfristig nur funktionsfähig, wenn sie im Rahmen von Bewegungshandlungen kontinuierlich und ständig aktiviert werden, auch und gerade im fortgeschrittenen Alter.

Zum anderen 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.

Hieraus folgt, 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 den Alternsprozess bremsen und Rückbildungsprozesse hinauszögern kann.

Die vorliegende Arbeit möchte zum einen ein besseres Verständnis für diese Zusammenhänge wecken und anhand eines ausgewählten medizinischen Parameters nachweisen, dass es sich auch für ältere, bislang nicht sportlich aktive Menschen lohnt, sich zu einer sportlichen Bewegungsform motivieren zu lassen und Sport in ihren Alltag als festen, unverzichtbaren Anteil zu integrieren

Ohne die Unterstützung der Fa. ZAN, Messgeräte aus Oberthulba, und deren Mitarbeiter, allen voran Herrn Volker Korn und vor allem Seppe Knez, der immer bei den Nachmessungs- und Untersuchungsterminen vor Ort war, wären diese medizinischen Tests nicht möglich gewesen. Deshalb gilt ihm ein besonderer Dank.

Danken möchte ich auch Peter Machalowski und Thorsten Schremmer für die tatkräftige Hilfe während der eigentlichen Untersuchungstermine, bei denen viele helfende Hände notwendig waren, um einen ordnungsgemäßen Ablauf garantieren zu können. Bei der Erstellung einzelner Graphiken und Tabellen haben mich Fabian Herder und Sebastian Framke unterstützt. Viele notwendige Schreifarbeiten am PC besorgte Anke Grabner.

Nicht zuletzt gilt mein Dank allen Probandinnen und Probanden, die unverdrossen mitgemacht haben, bis heute aktiv dabei sind und ein neues Stück Lebens- und Gesundheitsqualität dazu gewonnen haben.

Wachtberg, den 10. Januar 2005

Dr. Dr. Friedrich Hainbuch

Inhaltsverzeichnis

1	Altern der Bevölkerung: Geroprophylaxe als eine der Herausforderungen des demographischen Wandels	5
2	Gerointervention: Vorbeugung gegen altersbedingte Veränderungen und Hinführung zu einem erfolgreichen Altern	14
2.1	Zielsetzung	15
2.2	Sportpädagogische Einwände und Vorbehalte	17
2.3	Alterungsprozesse und Alterssport	18
2.3.1	Altern ist keine Krankheit	25
2.3.2	Die Notwendigkeit körperlicher Aktivität für eine Lebensqualität im Alter	26
2.4	Auswirkungen sportlicher Aktivität	27
2.4.1	Sportliche Betätigung und Psyche	30
2.4.1.1	<i>Stabilität und Variabilität von Selbstbildern</i>	31
2.4.1.2	<i>Das Selbstbild des Sporttreibenden</i>	33
2.4.1.3	<i>Änderung des Selbstbildes des Sporttreibenden</i>	34
2.4.2	Sportliche Betätigung und Physis	39
2.5	Ausdauer	39
2.5.1	Bedeutung des Ausdauertrainings für Ältere	42
2.5.2	Ausdauer im Alternsverlauf	44
2.5.3	Ausdauer bei Trainierten und Untrainierten	45
3	Die Studie	45
3.1	Begründung der Studie	46
3.2	Wissensstand zur Vitalkapazität	47
3.2.1	Atmung und Lungenvolumina	53
3.2.2	Bedeutung der Vitalkapazität und derzeitiger Forschungsstand	58
3.3	Ergospirometrie und Body-Plethysmographie zur Lungenuntersuchung und Bestimmung der Atemvolumina	59
3.3.1	Bedeutung der Ergospirometrie	60

3.3.2	Bedeutung der Body-Plethysmographie	69
3.4	Methodik der Studie	75
3.4.1	Probandensuche, -screening und -auswahl	76
3.4.2	Studienprotokoll	80
3.4.3	Equipment und Messungen	81
3.4.4	Statistische Verfahren	92
3.5	Ergebnisse	92
3.5.1	Ergebnisse der Frauen	92
3.5.1.1	<i>Deskriptive Statistik der Frauen</i>	93
3.5.1.2	<i>T-Test</i>	94
3.5.1.3	<i>Korrelationen</i>	94
3.5.2	Ergebnisse aller Männer	95
3.5.2.1	<i>Deskriptive Statistik aller Männer</i>	95
3.5.2.2	<i>T-Test</i>	95
3.5.2.3	<i>Korrelationen</i>	96
3.5.3	Weitere medizinische Auswirkungen	96
3.5.4	Auswirkungen auf das Selbstbild der Probanden	97
3.6	Ergebnisdiskussion	98
3.6.1	Stichprobenanalyse	99
3.6.2	Einzelfallanalyse	101
3.7	Zusammenfassung	101
4	Literaturverzeichnis	102
5	Abbildungen und Tabellen	125
6	Anhang Tabellen 1-3	126

1 Altern der Bevölkerung: Geroprophylaxe als eine der Herausforderungen des demographischen Wandels

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.

Das Altern der Bevölkerung

In der Bundesrepublik Deutschland leben (Stichtag: 31. Dezember 2000) etwa 82 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. (56%) befinden sich im erwerbsfähigen Alter von 20 bis unter 60 Jahren und 18,4 Mio. (22%) sind 60 Jahre und älter.

2000: 82 Millionen Menschen in der Bundesrepublik

Unter 20 Jahren:	17,6 Mio.	21%
Zwischen 20 und 60 Jahren:	46,1 Mio.	56%
Über 60 Jahren	18,4 Mio.	22%

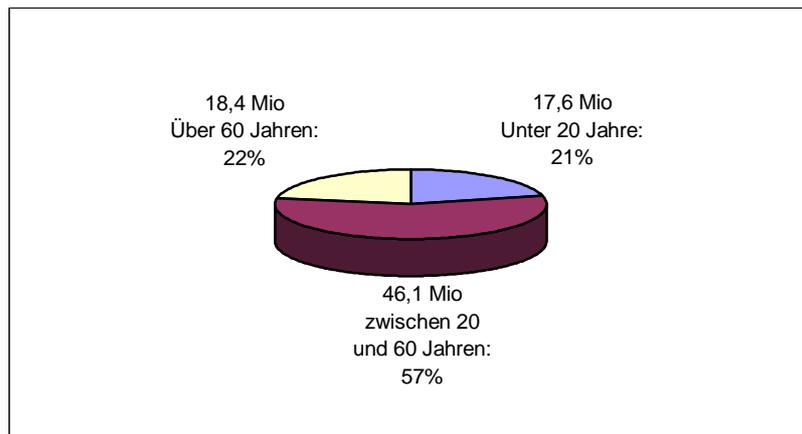


Abb. 1: Altersstruktur der Bevölkerung in der Bundesrepublik (Stand 31.12.2001)

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

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

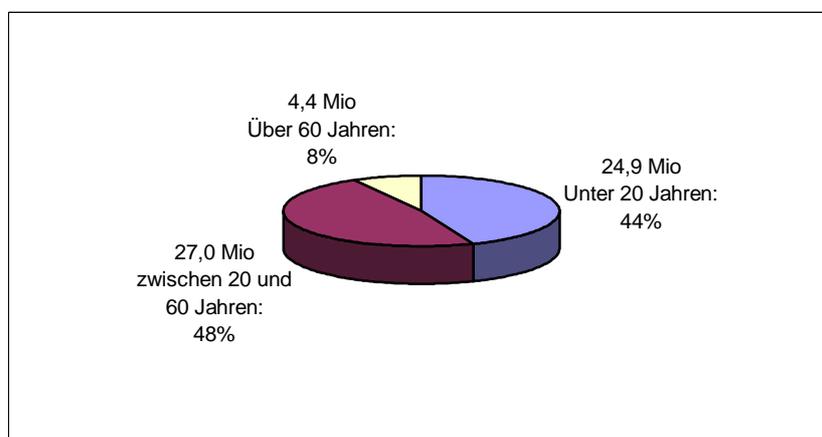


Abb. 2: Altersstruktur der Bevölkerung im Jahre 1950

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

Unter 20 Jahren: 21,0 Mio. 30%

Zwischen 20 und 60 Jahren: 38,1 Mio. 55%

Über 60 Jahren: 10,1 Mio. 15%

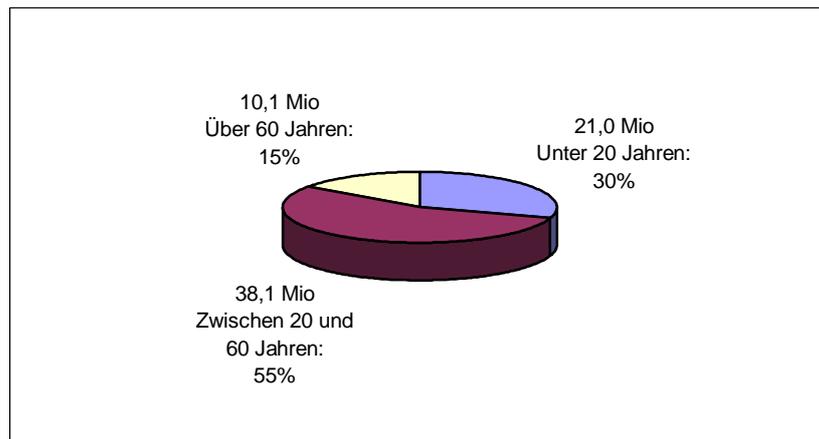


Abb. 3 : Die Altersstruktur der Bevölkerung im Jahre 1900

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

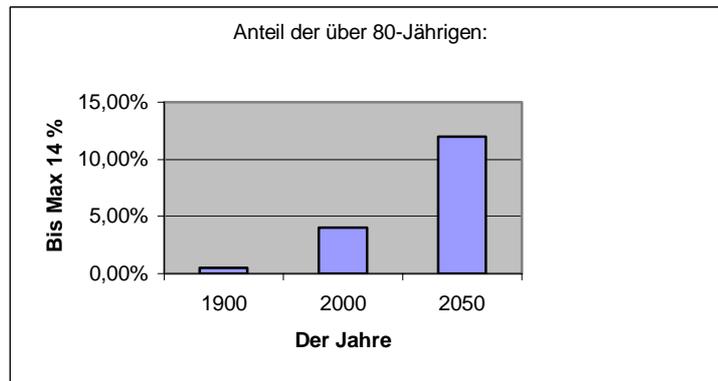


Abb. 4: Anteil der über 80-Jährigen an der Bevölkerung

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%

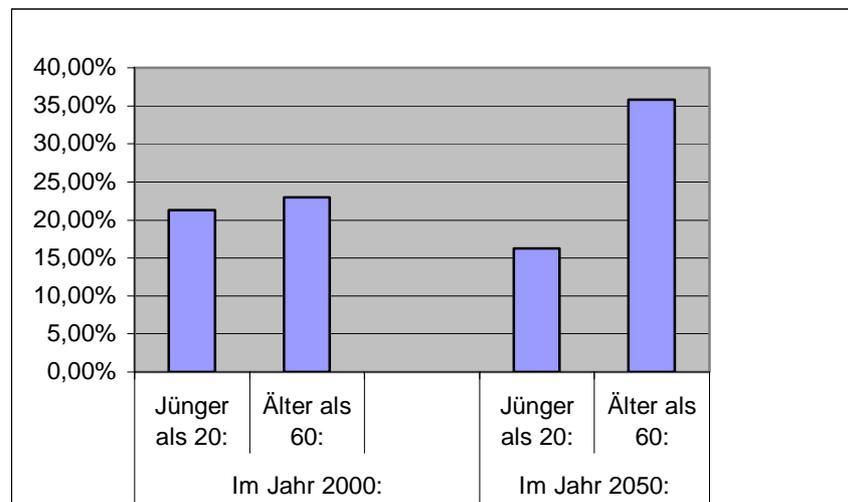


Abb. 5 : Einzelne Altergruppen im Jahr 2000 und im Jahr 2050

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 (vgl. VIERTER ALTENBERICHT DER BUNDESREGIERUNG, im Druck; Vorabinformation durch eine ausführliche Pressemitteilung des BMFSFJ vom 15.01.2002, S.1f).

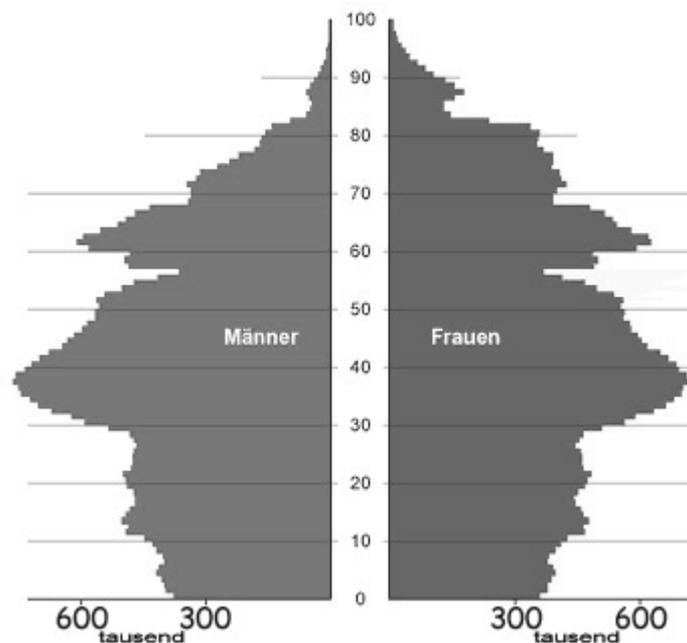


Abb. 6: Altersaufbau der Bevölkerung Deutschlands am 31.12.2001

Quelle: Statistisches Bundesamt Deutschland 2003 unter www.destatis.de/basis/bevoe/bevoegra2.htm

Die Ergebnisse der 9. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung bis zum Jahr 2050 stellt das Statistische Bundesamt in einer Mitteilung an die Presse vom 19. Juli 2000 wie folgt dar: Die Bevölkerung in Deutschland wird nach dieser Vorausberechnung abnehmen. Zugleich wird sich das zahlenmäßige Verhältnis zwischen älteren und jüngeren Menschen erheblich verschieben. Bei dieser Berechnung sind Zuwanderungen aus dem Ausland in zwei Varianten berücksichtigt: Variante 1 mit einem langfristigen jährlichen Zuwanderungsgewinn von 100.000 Personen und Variante 2 mit einem Saldo von 200.000 Personen.

Heute hat Deutschland etwa 82 Millionen Einwohner. In 50 Jahren werden es - den Annahmen zur Zuwanderung zufolge - nur noch 65 (Variante 1) bis 70 Millionen (Variante 2) sein. Zu dieser Abnahme kommt es, weil in Deutschland - wie in den letzten drei Jahrzehnten - auch in den nächsten fünf Jahrzehnten mehr Menschen sterben werden als Kinder geboren werden. Sterben heute 76.000 Menschen mehr als Kinder zur Welt kommen, so werden es 2050 etwa 640.000 (Variante 2) bis 670.000 (Variante 1) sein. Dies folgt vor allem aus dem geringen Geburtenniveau in Deutschland.

Das niedrige Geburtenniveau wird bis zum Jahr 2050 dazu führen, dass die jüngeren Jahrgänge (bis etwa zum 50. Lebensjahr) schwächer besetzt sind als die älteren. Dann werden die Menschen im Alter von 58 bis 63 Jahren zu den am stärksten besetzten Jahrgängen gehören. Heute sind es die 35- bis 40-Jährigen.

Die damit einhergehende Veränderung der Altersstruktur beschreibt der so genannte Altenquotient: Er gibt das Verhältnis der Bevölkerung im Rentenalter zu derjenigen im Erwerbsalter an. Setzt man die Grenze zwischen beiden Personengruppen bei einem Alter von 60 Jahren an, so kommen heute 40 Personen im Rentenalter (60 Jahre und älter) auf 100 Personen im Erwerbsalter (von 20 bis 59 Jahre). Dieser Quotient wird sich bis zum Jahr 2050 auf 80 (Variante 1) bzw. auf 75 (Variante 2) erhöhen und somit etwa verdoppeln.

Das Gewicht der einzelnen Altersgruppe verschiebt sich erheblich: Die 60-Jährigen und Älteren stellen heute knapp ein Viertel der Bevölkerung (23%), im Jahr 2050 wird jeder Dritte dazu gehören (35,8%). 1950 war erst jeder Siebte in diesem Alter (14,6%). Umgekehrt nimmt der Anteil der jungen Menschen ab: Heute sind 21,3% der Bevölkerung Deutschlands jünger als 20 Jahre. 2050 werden es noch 16,3% sein, 1950 waren es dagegen 30,4%.

Bei einer nahezu gleichen Bevölkerungszahl von 69 Millionen im Jahr 1950 und 70 Millionen im Jahr 2050 wird sich der Altersaufbau innerhalb dieses Jahrhunderts umkehren. Waren 1950 etwa doppelt so viele Menschen unter 20 Jahre wie über 59 Jahre alt, so wird es 2050 mehr als doppelt so viele ältere als junge Menschen geben.

Der 9. Koordinierten Bevölkerungsberechnung liegen im Einzelnen folgende Annahmen zugrunde:

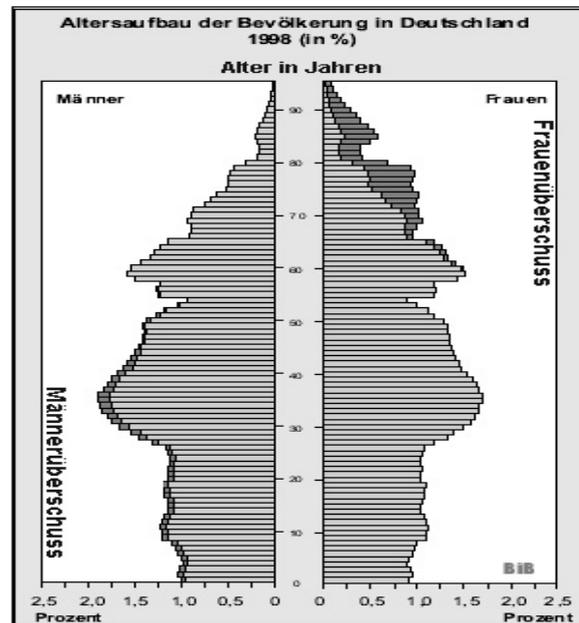
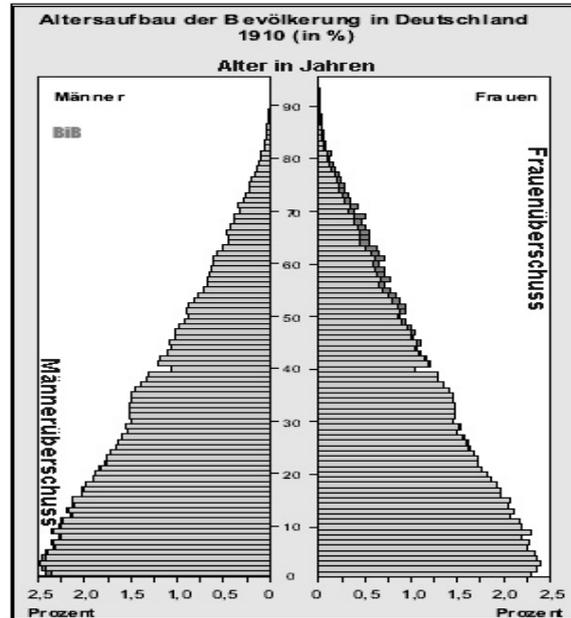
Die Geburtenhäufigkeit im früheren Bundesgebiet in Deutschland bleibt auf dem gegenwärtigen niedrigen Niveau von knapp 1400 Kindern je 1000 Frauen. In den neuen Ländern dürfte sich die noch deutlich geringere Geburtenhäufigkeit bis etwa 2050 an diejenige im Westen Deutschlands angleichen und dann ebenfalls auf diesem Niveau konstant bleiben. Zur langfristigen Erhaltung der Bevölkerungszahl wären jedoch 2.100 Kinder je 1.000 Frauen erforderlich. Dieses ‚Bestandsniveau‘ gab es in Deutschland zuletzt bis Anfang der 70er Jahre.

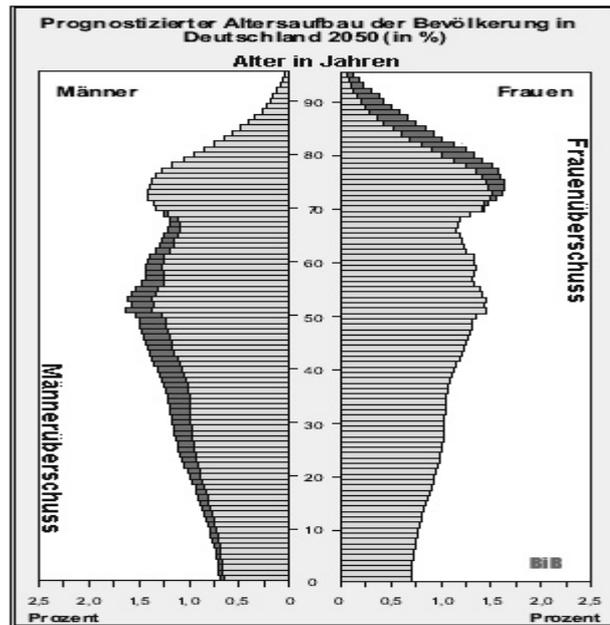
Die Lebenserwartung nimmt - wie seit Jahrzehnten - weiter zu:

Bis 2050 wird für das frühere Bundesgebiet ausgehend von 1997 ein Anstieg der durchschnittlichen Lebenserwartung (eines neugeborenen Kindes) um etwa vier Jahre angenommen: von 74,4 auf 78,1 Jahre bei Männern und von 80,5 auf 84,5 Jahre bei Frauen. Für die neuen Länder, in denen die Lebenserwartung noch etwas niedriger ist, dürfte sie entsprechend stärker ansteigen und langfristig die gleichen Werte wie im Westen Deutschlands erreichen.

Für einen 60-jährigen Mann wird bis zum Jahr 2050 eine Zunahme der ‚ferneren‘ Lebenserwartung auf 21,6 Jahre (+ 2,7 Jahre gegenüber dem Basiswert im früheren Bundesgebiet) und für eine gleichaltrige Frau auf 26,7 Jahre (+ 3,5 Jahre) angenommen.

Bei diesen Annahmen wurde u.a. berücksichtigt, dass in anderen Industriestaaten bereits heute eine deutlich höhere Lebenserwartung erreicht wird als in Deutschland (vgl. hierzu: STATISTISCHES BUNDESAMT, Mitteilung für die Presse, 19.07.2000, S. 2f).





Abbildungen 7, 8, 9 : Bevölkerungsentwicklung 1910, 1998 und 2050

Quelle: Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung: Bevölkerung: Fakten - Trends - Ursachen –
Erwartungen unter www.bib.demographie.de/info/frame

Dabei ist das ‚Altern der Gesellschaft‘ kein deutsches Phänomen, sondern eine weltweite Erscheinung, unabhängig von politischen und ökonomischen Ordnungssystemen. Erst für die Mitte des 21. Jahrhunderts darf wiederum eine Glättung der Alterspyramide erwartet werden (vgl. KLOSE, 1993, S. 25f).

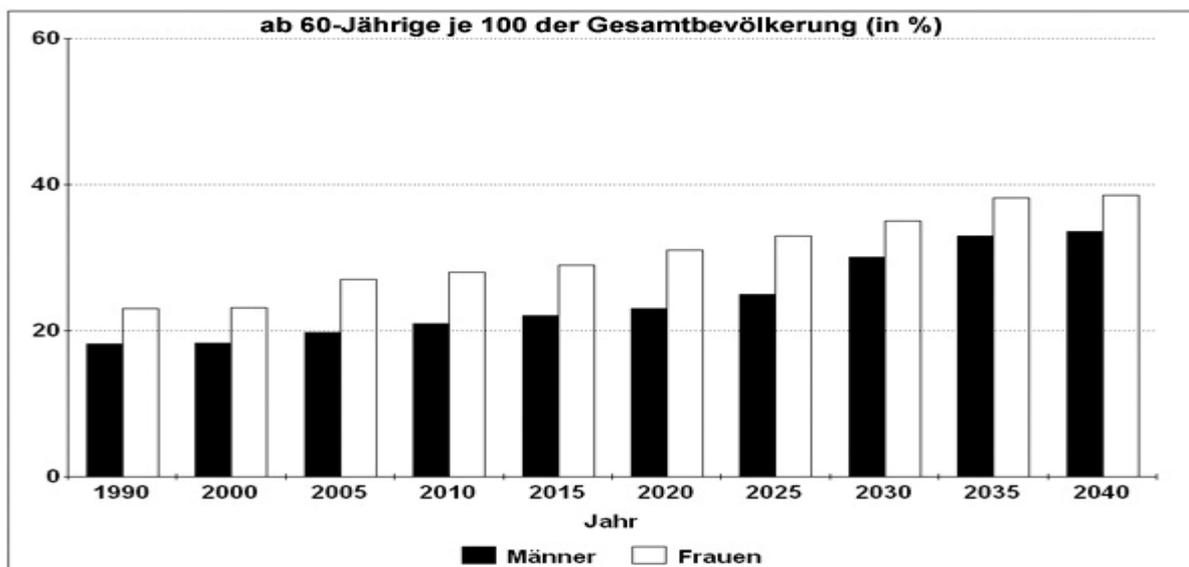


Abb. 10 : Entwicklung des Altenanteils in Deutschland

Quelle: In Anlehnung an Statistisches Bundesamt. Sonderauswertung für die Sachverständigenkommission des 2. Altenberichtes der Bundesregierung, Die demographische Alterung in Deutschland 1996.

Diese als charakteristisch für alle Industrie- und Dienstleistungsgesellschaften angenommene Entwicklung beruht auf rückläufigen Geburtenzahlen und der wachsenden Möglichkeit der Menschen, ein hohes Alter zu erlangen. Um die Jahrhundertwende lag die durchschnittliche Erwartung, das 60. Lebensjahr zu erreichen, bei männlichen Neugeborenen bei ca. 44%, bei weiblichen bei ca. 51%. Die Sterblichkeitsstatistik der Jahre 1986/88 sagt, dass 84% der Jungen und 92% der Mädchen dieses Alter erreichen werden. Während im Jahr 1855 die durchschnittliche Lebenserwartung in Deutschland bei etwa 37 Jahren lag, erreicht sie 1985 etwa 74 Jahre, also das Doppelte (vgl. IMHOF, 1996, S. 67f).

Um das Jahr 1990 kamen von 100 Frauen rund 400 lebend geborene Kinder zur Welt. Diese Zahl ist heute für das gesamte Bundesgebiet auf ca. 140 - 150 Kinder zurückgegangen.

Deshalb ergeben sich Auswirkungen auf das soziale Sicherungssystem sowie die ‚Generationensolidarität‘.

Individuelle Altersvorbereitungen

All diese Entwicklungen stellen neue Anforderungen an eine möglichst frühe individuelle Altersvorbereitung.

Über viele Jahre hinweg galt in den Industrieländern das sogenannte 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‘ (vgl. 1993, S. 15f). Fließende Grenzen ersetzen die früher eindeutigen Übergänge.

Das Leitbild des ZWEITEN BERICHTS ZUR LAGE DER ÄLTEREN GENERATION IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND ist u.a. gekennzeichnet durch:

- „die Eigenverantwortlichkeit des älter werdenden Menschen für ein personal selbstbestimmtes und sozial integriertes Leben“ und
- „die Bedeutung des Eingebundenseins in die eigene Generation und in die generationsübergreifenden Netzwerke für Lebensqualität und Lebenszufriedenheit im Alter“ (1998, S.16).

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. (vgl. hierzu: BUNDESINSTITUT FÜR BEVÖLKERUNGSFORSCHUNG, 2001, S.11ff).

2 Gerointervention: Vorbeugen gegen altersbedingte Veränderungen und Hinführung zu einem erfolgreichen Altern

Da der Begriff ‚Interventionsgerontologie‘ - geprägt durch LEHR (1979a) - in sich widersprüchlich erscheint, wird im Folgenden auf die Formulierungen ‚Gerointervention‘,

‚Intervention in der Geragogik‘ und ‚Geroprophylaxe‘ zurückgegriffen. Diese tragen aber die Bedeutung der von LEHR für diesen Sachverhalt benutzten Wortschöpfung.

2.1 Zielsetzung

Als oberste Handlungsmaxime der Geroprophylaxe kann die Formulierung ‚Gesund alt werden‘ herangezogen werden: Ziel einer Intervention ist zunächst ein Vorgehen gegen altersbedingte, vor allem körperliche und geistige Veränderungen sowie die Hinführung zu einem erfolgreichen Altern. Entsprechend definiert LEHR Interventionen als „Maßnahme[n] zur Herbeiführung eines größeren psychophysischen Wohlbefindens des alternden Menschen“ (1979b, S. 2f).

Nachdem im ersten Kapitel die demographischen Entwicklungen hin zu einer immer älter werdenden Gesellschaft dargestellt wurden, sollen im Folgenden anhand der Geroprophylaxe-Ansätze die theoretischen Grundlagen erörtert werden, die ein notwendiges Handeln zwingend erscheinen lassen.

2.2 Sportpädagogische Einwände und Vorbehalte

Allerdings wird der Gerointerventionsansatz nicht unumstritten von allen geteilt. Nach KAISER erscheint dieser Ansatz „reduktionistisch, von den Voraussetzungen her inadäquat, in seinen Konsequenzen nicht realisierbar und zudem ethisch angreifbar“ (1989, S.1). Er ist von der Überzeugung einer gewissen wissenschaftlichen Machbarkeit und einem mechanistischen Menschenbild gekennzeichnet (vgl. LINKE, 1990, S. 187), bei der von außen Eingriffe vorgenommen werden, um einen als positiv klassifizierten Zustand herbeizuführen. Bei jedem Vorhaben einer Entwicklungsintervention stellt sich das Problem, wie überhaupt ein optimaler Alternsverlauf aussieht und durch welche Maßstäbe das begründbar ist. Für LEHR kommt es darauf an, „ein hohes Lebensalter bei psychophysischem Wohlbefinden zu erreichen“ (1991, S. 339). Sobald dieser Rahmen aber eine inhaltliche Füllung erfährt wie beim Interventionsziel einer Aktivierung, besteht die große Gefahr, dass Entwicklungsvorstellungen eingehen, die nicht reflektiert und legitimiert werden. Für FILIPP liegt das Grundproblem der Gerointervention gerade darin, dass bei der Formulierung von Interventionszielen „oft nicht weiter hinterfragte Annahmen einfließen bezüglich dessen, was ‚erfolgreiches Altern‘ ausmacht“ (1987, S. 940). Die Erkenntnis, dass Altern kein irreversibler Abbauprozess ist, wird kurzschlüssig in die Zielsetzung umgemünzt, dass Abbauprozesse durch Aktivierungsprozesse aufgehalten oder sogar ganz verhindert werden sollen. Warum das aber so sein soll, wird kaum dargelegt. Ein Diskurs über die leitenden Werte müsste aber

am Beginn jeder Konzipierung von Interventionen stehen, da nur durch eine Offenlegung die Überprüfung der grundlegenden Werteentscheidungen möglich ist.

Resümiert man die Grundzüge des Ansatzes einer Intervention in der Geragogik, so kann zunächst festgestellt werden, dass die Gerontologie von Beginn immer auch Altersbilder mit deutlich normativem Anspruch kreierte, durch die in Alternsverläufe eingegriffen wurde und durch die Vorstellungen eines 'erfolgreichen' Alterns gesellschaftlich etabliert wurden. In der von aktivitätszentrierten Vorstellungen bestimmten Interventionsgerontologie wird das erfolgreiche Altern wie eine Leistung betrachtet, die der Einzelne zu erbringen hat. GRONEMEYER stellt fest: „Es gilt, möglichst viele Lebensjahre unter den Bedingungen von Sicherheit, Fitness, Gesundheit und gutem Auskommen zu absolvieren. Es ist wichtig, integriert zu sein und zu partizipieren, woran auch immer. Zu meiden sind Einsamkeit, Schmerz, Leiden, Armut, Verfall“ (1989, S. 113).

Zentrales Ziel psychogerontologischer Interventionen ist es, den Kreislauf aus negativer gesellschaftlicher Bewertung des Alters, der Übernahme dieser nachteiligen Stigmatisierung durch die Älteren selbst und der daraus resultierenden Inaktivität und sozialen Ausgrenzung zu durchbrechen. Dafür wird ein wissenschaftlich fundiertes positives Gegenbild propagiert, durch das sowohl das Selbstbild der Älteren verbessert als auch gesellschaftliche Wertmuster verändert werden sollen. Unverständlich allerdings, dass in der differentiellen Gerontologie auf die Differenziertheit der Alternsprozesse hingewiesen wird und alle pauschalisierenden Modelle, wie z.B. auch das Aktivitätsmodell, als überholt beurteilt werden, auf der anderen Seite in den Interventionsempfehlungen für das Alter Aktivitäten empfohlen werden. Es ist sicherlich ein Verdienst der Psychogerontologie, dass sie auf die negative Einseitigkeit des gesellschaftlichen Altersbildes hinweist. Die Widerlegung von alltäglichen Vorurteilen über alte Menschen darf aber nicht dazu führen, ein ebenso irreales Gegenbild zu zeichnen und als Norm zu vertreten.

In den Zielsetzungen der Interventionen spiegelt sich deutlich ein Festhalten an Lebenszielen des mittleren Lebensalters wider, die möglichst lange beibehalten werden sollen. Der mit dem Altern einhergehende schmerzhafteste Prozess von Verlusten kann letztlich aber nicht umgangen werden. Diejenigen, die das Bild eines erfolgreichen und optimalen Alterns entwerfen, suggerieren damit gleichzeitig, dass das durchaus normale, auch durch defizitäre Phänomene gekennzeichnete Altern das Problem ist, und ein weitgehend von negativen Einbußen freies Altern das Anzustrebende. Diese Vorstellung wird für CONRAD/KONDRATOWITZ allerdings durch ein „Verschweigen alltäglicher Verlusterfahrungen“ (1993, S. 15) erkaufte. Ziel kann es aber nicht sein, das Eintreten von Krisenzuständen zu verhindern, sondern die

Fähigkeit von Personen zu fördern, konstruktiv mit Krisenereignissen umzugehen (vgl. DANISH/D'AUGELLI, 1990, S. 162).

Im Zusammenhang mit Interventionen urteilt KOLB über sportliche Betätigung im weitesten Sinne: „Es wird dabei vollkommen außer Acht gelassen, welchen Zielen diese Aktivitäten verpflichtet sind und ob Ältere diese überhaupt in einen persönlichen sinnvollen Lebenshorizont einordnen können. Körperliche Aktivitäten werden ausschließlich von der Perspektive ihrer funktionellen Effekte her gesehen und ansonsten unreflektiert positiv beurteilt. Ihre Legitimation leitet sich wesentlich daraus ab, dass die physische Funktionsfähigkeit als entscheidende Voraussetzung für den Erhalt der Selbstständigkeit angesehen wird. Kaum reflektiert wird allerdings, welche Art des Zusammenhangs zwischen vermehrten Aktivitäten, körperlicher Fitness, physischer Gesundheit und subjektiver Lebenszufriedenheit besteht: Ist die Gesundheit Folge der Aktivitäten, oder ist sie wichtige Voraussetzung dafür, überhaupt noch aktiv sein zu können? Auch dadurch wäre erklärbar, warum die aktiven Älteren fast durchgängig gesund sind“ (1999, S. 268). Schon LEHR hat darauf hingewiesen, dass es ein besonderes methodisches Problem der Untersuchung von Effekten sportlicher Aktivitäten darin besteht, ob bestimmte als positiv beurteilte Verhaltensweisen oder Persönlichkeitszüge vielleicht schon vor Beginn der sportlichen Aktivität vorhanden waren (vgl. 1979a, S.104) oder durch ganz andere Sozialisations-einflüsse hervorgerufen worden sind (vgl. KOLB, 1999, S. 268).

Akzeptiert man, dass für ältere Menschen statt Erziehung Bildung im Vordergrund steht und diese selbstbestimmt sein soll, so bietet sich zur Begründung einer Sportgeragogik der anthropologische Ansatz an. Grundlage eines solchen Ansatzes ist ein ganzheitliches Menschenbild, in dem der Mensch sich selbst als Aufgabe aufgegeben ist und Verantwortung für sich trägt. Hieraus lässt sich eine lebenslange Verpflichtung, die eigenen Anlagen und Fähigkeiten zu entwickeln und zu pflegen, ableiten (vgl. GRUPE, 1968, 1984). Zu dieser lebenslangen Verpflichtung vermögen Sport und Bewegung einen speziellen Beitrag zu leisten. Die Sportpädagogik sowie die Älteren müssen Ziele setzen, sie müssen sagen, was sein soll.

Der Sportgeragogik bleiben die Aufgaben:

- Information der Älteren über Sport und Bewegung im Alter;
- Angebot zu sportlicher Bewegung;
- Hilfe bei der realistischen Einschätzung der Wirkungen von Sport und Bewegung;
- Vermeidung eintretender Fähigkeitsverluste (Verlust der Alltagskompetenz) durch Inaktivität;

- Erkennung und Akzeptanz altersbedingter Einschränkungen (vgl. PACHE/GEHNEN, 1995, S. 107f).

2.3 Alterungsprozesse und Alterssport

GEROK/BRANDTSTÄTTER entwerfen eine Abgrenzung tatsächlicher und theoretisch möglicher Alternsprozesse. Die Definition und Trennung der Begriffe ‚normales‘, ‚pathologisches‘ oder ‚optimales‘ Altern sind mehrdeutig und problematisch (vgl. 1992, S. 357f).

Normal altert, wer die durchschnittliche Lebenserwartung bei gleichzeitigem Auftreten altersbedingter Beeinträchtigungen im organischen oder psychischen Bereich erreicht. Die Streubreite innerhalb altersgleicher Gruppen ist sehr groß. Allgemein gilt derzeit bei Männern eine mittlere Lebenserwartung von 74 Jahren, bei Frauen von 80 Jahren. Das bisher verlässlich dokumentierte höchste Alter wird in der Literatur mit 114 Jahren angegeben und gilt als die maximale menschliche Lebensspanne (vgl. Kap.1).

'Normal' ist die verminderte Leistungsfähigkeit in vielen Funktionsbereichen, die sich an statistischen Mittelwerten orientiert. Leistungsminderungen treten häufig erst dann auf, wenn bestimmte Organe oder Funktionsbereiche besonders beansprucht oder belastet werden. Ein gutes Beispiel hierfür ist der Anstieg des Blutdrucks mit zunehmendem Alter. Neben schlechterer Anpassung an Belastungssituationen ist mit dem Alter auch das verlangsamte Wiedererreichen eines unbelasteten Niveaus verbunden (vgl. Kap. 2.4 und 2.5).

Pathologisches Altern impliziert dagegen das Auftreten (eventuell die dauerhafte Anwesenheit) spezifischer Krankheiten, Leistungsbeschränkungen oder Funktionsminderungen. Gleichzeitig kommen zu diesen objektiv messbaren Indikatoren von Krankheit subjektive Einschätzungen, die sehr stark divergieren können. Die bei BIRREN/SLOANE/COHEN verwendeten Begriffe ‚eugenic‘ bzw. ‚pathogenic‘ spiegeln die Unterscheidung zwischen normalem und pathologischem Altern wider (vgl. 1992, S. 25f).

Obwohl eindeutig ist, dass mit zunehmendem Alter auch vermehrt Krankheiten auftreten, muss zwischen durchschnittlichem Vorkommen und außergewöhnlichen Häufungen von Krankheiten oder chronischen Krankheitsbildern differenziert werden. Als Folge dieser Beeinträchtigungen resultieren aller Wahrscheinlichkeit nach verkürzte Lebensdauer und eingeschränkte Lebensqualität.

GEROK/BRANDTSTÄTTER weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass eine Gesundheitsprophylaxe und –stärkung unumgänglich ist. Dazu gehören die Reduktion von Risikofaktoren (z.B. mangelnde körperliche Bewegung, schlechte Ernährung, Alkohol- und

Nikotingenuss, Belastungssituationen etc.) sowie das Training körperlicher Fitness, unterstützt durch positive psychische und soziale Einstellungen (1992, S. 365ff).

Diese Gesundheitsvorsorge erscheint auch im Hinblick auf die teilweise massiven morphologischen und funktionellen Veränderungen und Verschlechterungen im Altersverlauf notwendig. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung ist vorrangig die Atmung zu nennen, die sich im Brust-/Bauchraum abspielt.

Mit zunehmendem Alter wird die Beweglichkeit des Brustkorbs durch die Verknöcherung der Rippenknorpel langsam geringer, die Bronchialknorpel werden unelastischer, die elastischen Fasern der Lunge verlieren an Dehnbarkeit und Reaktionsvermögen.

Damit reduziert sich auch die Dehnbarkeit und Anpassungsfähigkeit der Lunge (Compliance) an den Thorax.

Schließlich kommt es zu einer Erweiterung der Alveolen und Verringerung ihrer Zahl im Sinne eines Emphysems.

Damit nimmt die Vitalkapazität mit dem dritten Lebensjahrzehnt fast linear ab und sinkt im siebten Lebensjahrzehnt etwa auf die Hälfte ihres Höchstwertes.

Die Zahl der Atemzüge wächst mit zunehmendem Alter durch die geringere Sauerstoffaufnahme. Die Frequenzzunahme liegt bei etwa 5/min, wobei die einzelnen Atemzüge oberflächlicher und ungleichmäßiger werden.

Somit nimmt auch die Anpassungsfähigkeit auf Belastungen im Laufe des Lebens ab, die Lungenventilation erreicht im höheren Alter kaum mehr als die Hälfte des Höchstwertes und damit ändert sich im gleichen Ausmaß die Sauerstoffaufnahme bei submaximaler und maximaler Arbeit.

Die maximale Ventilation geht etwa parallel zum Alternsprozess der maximalen O₂-Aufnahme zurück. Die maximale Diffusionskapazität erfährt bei nicht trainierenden Personen schon in der dritten Lebensdekade eine Abnahme. Gleichzeitig verschlechtert sich die Qualität der Distribution und der Perfusion in der Lunge. Ausdruck aller funktionellen Lungenveränderungen ist der Rückgang des arteriellen O₂-Partialdrucks. Ursachen der altersbedingten pulmonalen Funktionseinbußen sind ein Elastizitätsverlust im knöchernen Thorax sowie im Lungengewebe selbst, verbunden mit einer Verminderung der Alveolenzahl und einer Rarefizierung an Lungenkapillaren. Im Zuge der Alterungsvorgänge nehmen deshalb die Vitalkapazität (VC), der Atemgrenzwert, das bei Arbeit maximal erreichbare Atemminutenvolumen, die maximale Diffusionskapazität, die Qualität der Luftverteilung und der Luftfluss in den Bronchien sowie die Qualität der Blutverteilung in den Lungen ab, dementsprechend auch die maximale expiratorische Stromstärke, während das

Residualvolumen (RV) und die Rigidität der Brustwand linear ansteigen. Durch körperliches Training lässt sich die Plastizität der Lunge nur wenig beeinflussen. So ist es verständlich, dass bei sportlichen Leistungswettkämpfen Älterer die Lunge zu einem teilweise leistungsbegrenzenden Faktor wird (vgl. HOLLMANN/HETTINGER, 2000, S. 517).

Die Ursache für körperliche Altersveränderungen wird aber auch in genetischen Prozessen vermutet. Danach kommt es im Alternsprozess aufgrund der Alterung des Zellkerns zu einer Beeinträchtigung der Eiweißsynthese im Zellplasma. Als Folge nimmt die körperliche Anpassungsfähigkeit insgesamt ab, d.h., dass die körperlichen Kapazitäten immer stärker zur Aufrechterhaltung der basalen Funktionen ausgenutzt werden müssen und kaum mehr in der Lage sind, vermehrte äußere Belastungen abzufangen (vgl. LANG/LANG, 1993, S. 430f). Das bedeutet auch, dass durch die Verkleinerung der Funktionsreserve die Belastbarkeit älterer Menschen durch körperliche Aktivitäten eingeschränkt ist. Insgesamt zeigt sich ein Bild des körperlichen Alternsprozesses, das von einer Verminderung der Leistungsfähigkeit und einer Einschränkung der Adaptationsfähigkeit an Belastungsreize gekennzeichnet ist (vgl. hierzu im besonderen BADTKE/ISRAEL, 1985; HOLLMANN, 1993; HOLLMANN/LIESEN, 1985; HOLLMANN et al., 1978).

Auf der anderen Seite konnte in sportmedizinischen Untersuchungen nachgewiesen werden, dass sich dieser unvermeidliche körperliche Abbauprozess in einem gewissen Spielraum bewegt, der durch verschiedene Umweltfaktoren und die eigene Lebensweise deutlich beeinflusst wird. Ähnlich wie sich innerhalb der Gerontologie eine große Plastizität der kognitiven Funktionen gezeigt hat, gilt auch für den Bereich der körperlichen Funktionen, dass sie bis ins hohe Alter noch trainierbar sind (vgl. zur Trainierbarkeit der einzelnen motorischen Hauptbeanspruchungsformen im Überblick MEUSEL, 1996, S.12ff). Für HOLLMANN/LIESEN weisen ältere Menschen sogar noch im Alter von 55 bis 70 Jahren eine Trainierbarkeit auf, die in qualitativer und quantitativer Hinsicht der eines sehr viel jüngeren Menschen entspricht (1985, S. 345ff).

Die empirischen Belege der Wirkungen von Bewegungsaktivitäten im Alter beziehen sich überwiegend auf die körperliche Leistungs- und Funktionsfähigkeit. Die Erforschung der Entwicklung der Koordination und der motorischen Lernfähigkeit im Alter stecken dagegen noch in den Anfängen (zur Diskussion der widersprüchlichen Befunde vgl. im Überblick KIRCHNER/SCHALLER, 1996; BAUMANN, 1990). Es zeichnet sich ein ähnliches Bild ab, wie es die Gerontologie im Hinblick auf die kognitiven Fähigkeiten aufgezeigt hat. Motorische Fähigkeiten wie die Gleichgewichts-, Differenzierungs-, Reaktions- und Rhyth-

musfähigkeit ebenso wie die Fähigkeit zum Neulernen von Bewegungen sind danach bis ins hohe Alter trainierbar, auch wenn sich bei hohen Anforderungen deutlichere individuelle Grenzen zeigen.

Insgesamt scheint es so, dass ältere Menschen auch in körperlicher Hinsicht über eine Plastizität bzw. über eine Entwicklungskapazität verfügen, die im Einzelnen allerdings noch nicht hinreichend erforscht sind. Die Trainierbarkeit der konditionellen wie koordinativen Fähigkeiten nimmt aufgrund der verminderten Adaptationsfähigkeit im Alternsverlauf zwar ab, bleibt aber auch im hohen Alter grundlegend erhalten (vgl. ISRAEL, 1988, S. 149ff). Das bedeutet, dass im Alter sowohl die Möglichkeit einer Rehabilitation verminderter Funktionen besteht als auch die körperliche Leistungsfähigkeit noch maßgeblich verändert werden kann (vgl. KRUSE, 1992, S. 151f).

Zu diesem Nachweis einer körperlichen Entwicklungsreserve im Alter tritt noch eine andere Beobachtung, die zu einer wesentlichen Grundlage für den Alterssport geworden ist. So fällt auf, dass „der Verlauf der kardiopulmonalen Funktionsgrößen mit dem Alter in hohem Maße der Tendenz der Messgrößen gleicht, wie sie beim Menschen unter Bewegungsmangel gefunden werden“ (LANG, 1975, S. 76). Dieses Phänomen, dass die Folgen eines Bewegungsmangels eine ganze Reihe ähnlicher Merkmale aufweisen wie die Begleiterscheinungen von Alterungsprozessen, wird zur zentralen Basis der weiteren Argumentation. Ähnlich wie durch einen ausgeprägten Bewegungsmangel ein Funktionsabbau hervorgerufen wird, kommt es auch im Verlauf des körperlichen Alterns in Folge der verminderten Adaptationsfähigkeit zu unumkehrbaren Prozessen (vgl. BADTKE/ISRAEL, 1985, S. 529).

Entsprechend wird in der sportmedizinischen und trainingswissenschaftlichen Literatur immer wieder unterstellt, dass Bewegungsaktivitäten eine „Bremswirkung“ auf Alternsprozesse“ (ISRAEL, 1988, S. 5) ausüben bzw. den „Alternsprozess bremsen“ (MEUSEL, 1996, S. 17). Noch häufiger wird von einer Verzögerung von Alternsprozessen (vgl. bei MEUSEL, 1987; ISRAEL, 1988) in physiologischer und sogar in neurophysiologischer Hinsicht (SCHMIDT, 1983) gesprochen. Für BAUMANN ist der wissenschaftliche Beweis schon erbracht: „Dass der biologische Alternsprozess durch sportliche Aktivitäten beeinflusst bzw. verzögert werden kann, ist inzwischen durch zahlreiche empirische Studien belegt“ (1997, S. 8).

Aus diesen Grundvorstellungen werden die wesentlichen Aufgaben des Alterssports konsequent abgeleitet, bei dem nach MEUSEL die „Ausschöpfung vorhandener Kapazitäten und Potenzen für die Gesunderhaltung und die Vermittlung von Vitalität“ (1990, S. 272) im Vordergrund stehen sollten. Die Gesundheit bzw. die Gesundheitserhaltung wird zum

wichtigsten Ziel eines erfolgreichen Alterns erklärt, ohne dass dabei ein Bezug zu den in der Gerontologie entworfenen Theorien eines erfolgreichen Alterns hergestellt würde. Entsprechend muss auch für ISRAEL der Alterssport auf „zentrale Lebensqualitäten wie Gesundheitsstabilität, komplexe Leistungsfähigkeit, Belastungstoleranz, Erholungs- und Entspannungsvermögen, körperliche Unabhängigkeit und Wohlbefinden“ (1988, S. 175) gerichtet sein.

Mit der körperlichen Unabhängigkeit ist noch eine weitere Wertvorstellung angesprochen, die als wesentliche Grundlage der Lebensqualität im Alter angesehen wird, und die der Alterssport vor allem über den Erhalt der motorischen Funktionsfähigkeit unterstützen soll. In allerdings nur äußerlicher Anlehnung an den gerontologischen Begriff der Kompetenz wird erklärt: „Der Mensch sollte so lange als möglich selbständig, unabhängig von der Hilfe anderer, d.h. handlungskompetent bleiben“ (BAUMANN, 1992, S. 13). In ähnlicher Weise äußern sich KIRCHNER/SCHALLER, 1996, S. 15,153,187; LANG/LANG, 1990, S. 145, MEUSEL 1996, S. XI,135. Für HOLLMANN/LIESEN ist eine optimale Lebensqualität „zwangsläufig gebunden an eine hohe Leistungsfähigkeit aller Organe, insbesondere des Herz-Kreislauf-Systems“ (1985, S. 266). „Das Ziel des Alterssports ist vorrangig auf den Erwerb von Fitness gerichtet. Fitness bedeutet die Fähigkeit, die Anforderungen des Alltags ohne stärkere Ermüdung zu erfüllen, die Freizeitinteressen wahrzunehmen und auf unvorhergesehene Situationen erfolgreich zu reagieren. Fitness setzt einen angemessenen persönlichen Handlungsspielraum voraus. Dieser ist durchaus trainierbar, und er kennzeichnet das 'erfolgreiche Altern'“ (ISRAEL, 1988, S. 221).

Die wesentliche Funktion des Alterssports wird in einer individuellen Form der Behandlung bzw. Therapie gesehen, in der physische, psychische und auch soziale Funktionen entweder präventiv oder rehabilitativ trainiert werden (vgl. KRUSE, 1990b, S. 53). Zum Erhalt der Handlungsfähigkeit im Alter wird eine „Bewegungs(be)handlung und Sporttherapie“ (BAUMANN/LEYE, 1997, S. 3) als notwendig erachtet. MEUSEL bezeichnet „den Sport als Medizin, auch als Psychopharmakon“ (1987, S. 41), dem er gegenüber Medikamenten den Vorzug einräumt, kaum Nebenwirkungen zu haben. Der Alterssport wird so in Analogie zur Applikation eines Medikaments bzw. einer Therapie gehandhabt, und es werden entsprechende Empfehlungen zu seiner richtigen Anwendung und zur optimalen Dosierung gegeben. Negativ besetzter Bezugspunkt bleibt eine Vorstellung vom Alter als einem krankhaften, möglichst zu verzögernden oder zu mildernden Endpunkt. Auch bei Zielen wie ‚Lebensfreude wecken‘, ‚Spaß vermitteln‘ oder ‚soziale Kontakte herstellen‘ steht die Vorstellung im Hintergrund, dass ältere Menschen kaum Freude an ihrem Leben haben und

das Netz ihrer sozialen Kontakte dünn ist, so dass sie entsprechende Integrationshilfen benötigen. Hier wird auf eine Altersvorstellung Bezug genommen, die die differentielle Gerontologie in ihrer Pauschalität vielfach widerlegt hat.

Ähnlich wie in LEHRs (1979c) Argumentation in Bezug auf Interventionen wird auch in der sportwissenschaftlichen Literatur zum Alterssport das Bild einer unheilvollen Schonung entworfen, das zu einer selbst verschuldeten Inaktivitätsatrophie als wesentlicher Ursache negativer Altersentwicklungen führt. Schon NEUMANN spricht vom „Teufelskreis von Bewegungsmangel und Altersbeschwerden“ und sucht den wesentlichen Grund für den „vorzeitigen körperlichen Verfall älterer Menschen im Absinken ihrer Lebensgewohnheiten zu einem bewegungsverarmten Hockerdasein. [...] Werden nämlich Muskeln, Bänder, Sehnen, Herz und Lunge einer ausreichenden Funktion entwöhnt, so antwortet der Organismus mit einem Anpassungsvorgang: er entartet“ (1976, S. 68). Etwas weniger drastisch sieht ISRAEL den Zustand des älteren „bewegungsverarmten Menschen“ (1988, S. 148) als Ergebnis eigener körperlicher Bequemlichkeit, eine Haltung, die nach MEUSEL in eine sich immer weiter verstärkende Spirale führt: „Bequemlichkeit lässt die Leistungsfähigkeit sinken, mangelnde Leistungsfähigkeit untergräbt das Selbstvertrauen und verstärkt die Bequemlichkeit“ (1996, S.67). In jedem Fall wird davon ausgegangen, dass der „größte Teil des mit dem Alternsprozess eintretenden Leistungsrückgangs selbst verschuldet und vermeidbar“ (ebd.) ist. (Vgl. hierzu auch SHEPHARD 1997; ROWE/KAHN 1998; SPIRDUSO 1995; HARRIS/HARRIS 1989; PAFFENBARGER/LEE 2001). Folgerichtig ist es in Analogie zur gerontologischen Aktivitätstheorie wesentliche Aufgabe, ältere Menschen zu aktivieren und ihre körperliche Funktionsfähigkeit zu erhalten.

Die Gerontologie war von Beginn ihrer Entwicklung an durch das Bemühen gekennzeichnet, nicht nur Veränderungen des Erlebens und Verhaltens im Alternsverlauf zu beschreiben, sondern sie verfolgte mit den Interventionen auch immer das Anliegen, Alternsprozesse positiv zu beeinflussen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Möglichkeit von Interventionen bildet die Erkenntnis der Gerontologie, dass Menschen bis ins hohe Alter veränderungs- und bildungsfähig bleiben. Erst der Nachweis der bis ins hohe Alter vorhandenen Kapazitätsreserven hat die theoretischen Voraussetzungen dafür geschaffen, dass Eingriffe in den Alternsprozess überhaupt denkbar sind. Psychogerontologische Interventionen können als geplante Versuche angesehen werden, den psychologischen Alternsverlauf zu verändern (vgl. BALTES/DANISH, 1979, S. 121f).

Die Gesellschaft hat sich darauf einzustellen, hat alles zu tun, damit die zusätzlichen Lebensjahre nicht eine Verlängerung des Dahinsiechens und Sterbens bedeuten, sondern zu

'gewonnenen Jahren' werden. Altwerden bei psychophysischem Wohlbefinden, bei Erhalt der Selbstständigkeit und größtmöglicher Unabhängigkeit ist im Interesse aller: der Älteren selbst, ihrer Familien, der jüngeren Generationen und der ganzen Gesellschaft.

Altern muss nicht mit Pflegebedürftigkeit gleichgesetzt werden. Selbst das Erreichen von 90 oder gar 100 Jahren muss nicht Pflegebedürftigkeit bedeuten. LEHR sieht im gesunden Altwerden die Herausforderung unserer Zeit. Wichtig sei aber ein Ausbau der Prävention und Rehabilitation. „Wir müssen alles tun, um eine Pflegebedürftigkeit zu vermeiden! Das ist nicht nur kostensparender, sondern erhöht auch die Lebensqualität der Senioren und ihrer Familien. Gesundes Altwerden ist eine Aufgabe für uns alle, die schon in Kindheit und Jugend beginnt und dann im mittleren und höheren Erwachsenenalter von ganz großer Bedeutung ist“ (2000, S. 15f).

Ein gesundes Altwerden ist mit körperlicher, geistiger und sozialer Aktivität möglich. Die Bedeutung der Aktivität für ein Altwerden bei psychophysischem Wohlbefinden wurde in der Wissenschaft schon lange erkannt. Spätestens seit Anfang der 70er Jahre betonen Medizin, Psychologie, Sportwissenschaften und andere Disziplinen: Körperliche, geistige und soziale Aktivität ist den Erkenntnissen der neueren gerontologischen Forschung zufolge die Voraussetzung für eine Lebensqualität in der dritten (oder vierten) Lebensphase.

Über positive Auswirkungen von körperlichen Aktivitäten gerade älterer Menschen berichten zahlreiche sportmedizinische Untersuchungen und Desiderate der letzten Jahrzehnte. (Vgl. hierzu ausführlicher: HOLLMANN/HETTINGER, 2000, S.512ff; ebenso bei DIEM, 1974; HOLLMANN, 1963, 1973, 1993, 2001; HOLLMANN et al., 1978; HOLLMANN/LIESEN, 1985; ISRAEL, 1982, 1988, 1998; KARVONEN/BARRY, 1967; KENN, 2001; KRUSE, 1990b; LANG/LANG, 1990, 1993; LETZELTER et al., 1986; MECHLING, 1998; MEUSEL, 1999; NIINIMAA/SHEPHARD, 1978; PAFFENBARGER/LEE 2001; PAFFENBARGER, 1996; POSNER et al. 1992; RIEDER, 1999; ROST/-HOLLMANN, 1977; SCHMIDT, 1972, 1983; SCHNEITER, 1973; SHEPHARD, 1987, 1997; WEINECK, 1988). Bezogen auf die Atmung und die Lunge wurde festgestellt, dass auch bei geringer Kondition der Probanden beziehungsweise Patienten ein gezieltes Ausdauertraining einmal pro Woche langfristig die Leistungsfähigkeit der Atmungsorgane nicht nur erhält, sondern steigert (vgl. WORTH, 2000, S.2032f; auch bei BRÜCKNER, 2001; KENN, 2001; BÖSL, 2001; HOLLE, 2001; HAAS, 2001).

In diesem Zusammenhang erwähnenswert erscheint ein kurzer historischer Exkurs, da die Grundzüge solcher Erkenntnisse gar nicht so neu sind. Ein hohes Lebensalter bei psychophysischem Wohlbefinden zu erreichen war von jeher der Wunsch der Menschheit.

Schon vor mehr als 2000 Jahren empfahl bereits Hippokrates (470-377 v. Chr.) als Regel für eine gesunde Lebensführung, die ein hohes Alter garantiere:

„Alle Teile des Körpers, die zu einer Funktion bestimmt sind, bleiben gesund, wachsen und haben ein gutes Alter, wenn sie mit Maß gebraucht werden und in den Arbeiten, an die jeder Teil gewöhnt ist, geübt werden. Wenn man sie aber nicht braucht, neigen sie eher zu Krankheiten, nehmen nicht zu und altern vorzeitig“ (HIPPOKRATES, de articulis reponendis 56; zit. bei: MÜRI, 1962, S. 361).

Ähnliche Empfehlungen bezüglich körperlicher Bewegung und Gymnastik finden sich u.a. auch bei Galen v. Pergamon (129-199 n. Chr.), van Swieten (1700-1772), Hufeland (1762-1836) und anderen. Frühe Hinweise auf eine notwendige Aktivität im Alter, eine lebenslange Vorbereitung auf das Alter, eine Gerontoprophylaxe, die schon in Kindheit und Jugend beginnen sollte und neben dem physischen Bereich auch einen geistigen umfassen muss, findet man auch bei Plato (427-347 v.Chr.) in seiner ‚Politeia‘ und auch bei Cicero (106-43 v.Chr.) in seiner Schrift ‚Cator maior de senectute‘. Sie preisen die lebenslange körperliche Aktivität, die richtige Ernährung, weisen aber auch auf die Notwendigkeit geistiger Aktivität und entsprechender Sozialkontakte, sozialer Zuwendung hin, die während des ganzen Lebens geübt werden müssten: Nichtaufhören, Weitermachen, ständiges Üben in allem, das sei die Maxime. Im diesem Sinne wird Aktivität seit der Antike zu den wesentlichsten Voraussetzungen für ein erfolgreiches Altern genannt. Methodisch abgesichert waren diese Aussagen damals freilich nicht; sie beruhten auf Einzelerfahrungen und Einzelbeispielen. Heute haben wir durch neuere Forschungen hinreichend Belege für das Zutreffen dieser alten Einsichten (vgl. hierzu: NÜHLEN-GRAAB, 1990, S. 134ff).

2.3.1 Altern ist keine Krankheit

Der Alternsprozess stellt sich in strukturellen und funktionellen Veränderungen dar, die im Laufe des Lebens an allen Organsystemen des Menschen auftreten. Dabei geht die Beschreibung des Alternsprozesses von untrainierten Normalpersonen aus. Während die Erhöhung des Blutdrucks im Alternsprozess in der Regel auf falsche Ernährung zurückgeht oder genetisch bedingt ist, sind beim Nachlassen der Muskelkraft die Anteile der Inaktivität und des physiologischen Alternsprozesses nur schwer zu trennen. Der Alternsprozess ist keine Krankheit, insofern als die eintretenden Leistungsbegrenzungen in der Regel harmonisch verlaufen und alle Organe in einem abgestimmten Umfang betreffen. Altern, Bewegungsmangel und Krankheit zeigen aber eine Reihe gemeinsamer Merkmale (vgl. ISRAEL/WEIDNER, 1988 S. 25f). Treten die Merkmale des Alterns etwa gleichzeitig bei der

Mehrheit der normalgesunden Bevölkerung auf, dann wird dies als 'normales' Altern bezeichnet. 'Voralterung' heißt, dass die Merkmale im früheren Lebensalter auftreten. Merkmale des Alterns können sich als sichtbare Veränderungen darstellen, z.B. Runzeln der Haut, als Veränderung der Leistungsfähigkeit wie geringere Muskelkraft oder als Veränderung der Anpassungsfähigkeit, z.B. bei erhöhter Anfälligkeit gegen Infektionen. Merkmale, die sich nur bei älteren Menschen zeigen, sind sehr selten. Die meisten Merkmale, die allgemein als Zeichen des Alterns gelten, treten im Zusammenhang mit Erkrankungen oder Risikoverhalten auch schon bei Jüngeren auf (vgl. ebd.; auch bei SHEPHARD 1997; ROWE/KAHN 1998).

2.3.2 Die Notwendigkeit körperlicher Aktivität für eine Lebensqualität im Alter

Als primäres Ziel hat sich insbesondere in den Veröffentlichungen von LEHR, die die Interventionen in der Gerontologie über Jahre hinweg vertreten hat, die Vorbeugung gegen einen Altersabbau im Sinne einer Geroprophylaxe drohender psychischer und physischer Abbauerscheinungen herauskristallisiert. Sie folgt dabei Grundvorstellungen der Aktivitätstheorie, im physischen Bereich konkret dem Modell einer 'Inaktivitätsatrophie', und im geistigen sowie sozialen Bereich der 'Disuse-Hypothese', die in vielfachen Wiederholungen auf die zentralen Formeln gebracht werden: „Funktionen, die nicht gebraucht werden, verkümmern! [...] ‚Fördern durch Fordern‘[...] Aktiv älter werden ist eine Voraussetzung für eine erfüllte, positiv erlebte Lebenszeit. Der ‚Ruhestand‘ ist nicht zum Ausruhen da!“ (LEHR, 1997, S. 144f).

Das Vordringen der virtuellen Realität, die zunehmende Bedeutung des Bildschirms, führt durch langes Sitzen zu Bewegungsmangel; die Körperfunktionen werden nicht mehr in gleicher Weise wie früher beansprucht. „Offensichtlich befinden wir uns in einer Phase des Menschseins, in der das Sitzfleisch zum wichtigsten Körperteil wird. In nur zwei Generationen sind wir vom Spiel auf der Straße zum Spiel am Computer übergegangen. - Hier könnte durch den Sport ein Gegengewicht gebildet werden, eine unmittelbare Erlebniswelt, in der jedermann - ob mit oder ohne Talent - sinnliche Erfahrungen real machen kann“ (PALM, 1999, S. 58).

Die Frage müsste gestellt werden: Wie könnte uns der Computer wieder verstärkt in Bewegung bringen?

2.4 Auswirkungen sportlicher Aktivität

Welche Wirkungen erzielt werden können, zeigt eine Zusammenfassung von BAUMANN: „Verbesserung der sozialen Situation durch Geselligkeit, Gemeinsamkeit, Kommunikation, Kooperation, soziale Integration in eine Gruppe, Entgegenwirken negativer Veränderungen durch altersbedingten Rollenwechsel, Stärkung der sozialen Identität (roll-taking), Stärkung der persönlichen Identität (roll-making), Stärkung des Selbstbildes (Erfolgserebnisse), Verbesserung subjektiv erlebter Kompetenz, Zeitstrukturierung durch regelmäßige Teilnahme am Sport, erlebte Sinnhaftigkeit des Lebens, positive Effekte auf die geistige Leistungsfähigkeit (Kurzzeitgedächtnis), Verbesserung der Alltagskompetenz“ (1992b, S.18; vgl. hierzu ausführlicher MEUSEL, 1996, S. 42ff).

Angesichts der mit Bewegungs- und Sportaktivitäten für Ältere verknüpften Wirkungen könnte der Eindruck entstehen, Bewegung, Sport und Spiel seien ohne Abstriche das Mittel und Medium gegen das Alter mit seinen typischen Mangelerscheinungen und Garant für vielfältige positive Wirkungen auf die physische, psychische und soziale Lebenssituation der Älteren. So formulieren BREHM/ABELE: „Wegen seiner spezifischen Handlungsstruktur ist sportliche Aktivität vielleicht die einzige Aktivierungsform, bei der das Befinden in seinen psychischen, physischen und sozialen Aspekten umfassend angesprochen werden kann“ (1992, S. 110).

2.4.1 Sportliche Betätigung und Psyche

Die eigene Alterseinschätzung orientiert sich sehr stark daran, wie alt sich jemand fühlt, und nicht so sehr daran, wie alt jemand kalendarisch gesehen wird. Die Unterschiede zwischen subjektivem und aktuellem Alter werden mit zunehmendem chronologischem Alter ausgeprägter.

Heute wird die Selbsteinschätzung als 'alt' hinausgezögert; die Alten empfinden sich heute jünger als früher. Erst ab ca. dem 70. Lebensjahr schätzt sich die Mehrheit als alt ein. Nach LEHR/THOMAE fühlen sich 'alt' oder 'sehr alt':

Männer, 60-65 Jahre: 6%; Frauen, 60-65 Jahre: 12%

Männer, 70-75 Jahre: 31% Frauen, 70-75 Jahre: 23% (2000, S. 61).

BALTES/ CARSTENSEN meinen, dass es *das* Altersbild oder *die* Alten nicht gibt. Individuelle Gegebenheiten zu berücksichtigen und sowohl die Bedingungen für deren Entstehung als auch Möglichkeiten zur Beeinflussung zu suchen, wird heute als Aufgabe der modernen gerontologischen Forschung betrachtet. Menschen sollten Altern als Zeit der Weiterentwicklung und fortdauernder Produktivität erleben (vgl.1996).

Obwohl immer noch überwiegend negative Beschreibungen vorherrschen, nimmt das negative Altersstereotyp in seiner Verbreitung ab und wird „positiver, neutraler, situativer, differenzierter“ (TEWS, 1991, S. 55). Einstellungen dem Alter gegenüber haben folgenden Hintergrund:

Wissen und Kenntnisse über Alterungsprozesse, die nur zum Teil korrekt angewendet werden. So wird von der Mehrzahl der älteren Menschen angenommen, sie lebe in Heimen; tatsächlich sind es aber nur 4-5%. Ebenso herrscht der Eindruck vor, ältere Menschen seien generell hilfsbedürftig und krank; tatsächlich sind es 20-30%, mit eingerechnet Behinderte und über 70-Jährige (vgl. ebd.).

Altersvorstellungen werden gespeist durch Erwartungen. Negative Erwartungen führen meist zu negativen Einstellungen. Jüngere Menschen verbinden mit dem Alter zahlreiche negative Aspekte, die erst langsam, nämlich mit dem eigenen Älterwerden, eine Relativierung erfahren. Im Gegenzug baut sich eine Vorstellung davon auf, ob nicht die 'Gewinne' des Alters seine 'Verluste' übersteigen könnten; eine Perspektive, die bisher noch nicht übermäßig, wenn überhaupt berücksichtigt wurde (vgl. ebd.).

Altersvorstellungen sind stark abhängig von den Erfahrungen mit alten Menschen. Erleben die Jüngeren die Älteren mit positiver oder negativer Einstellung gegenüber ihrem Alter? Welche emotionale Struktur wird den Jüngeren vorgelebt? Bemerkenswert ist die Anmerkung TEWS, dass auch bei alten Menschen sehr häufig ein negatives Altenbild anzutreffen ist, begründet durch die projektive Haltung 'die Alten sind immer die anderen'. Negative Charakterisierung für die eigene Person ist meist in weit geringerem Maße gegeben (vgl. 1991, S. 56).

RILEY/ RILEY kritisieren dagegen noch im Jahre 1992, dass sich die Vorstellungen vom zwangsläufigen Altersabbau sogar bei führenden Persönlichkeiten der Gerontologie und der Sozialpolitik hartnäckig hält. Personen, bei denen dieser Altersabbau nicht oder kaum merkbar stattfindet, werden häufig automatisch als Sonderfälle betrachtet (vgl. 1992, S. 445f)

2.4.1.1 Stabilität und Variabilität von Selbstbildern

Da in der Ergebnisdarstellung auch auf mögliche Veränderungen des Selbstbildes der Probanden aufgrund ihres Ausdauertrainings eingegangen wird, soll an dieser Stelle auf bisherige Untersuchungen und Feststellungen zu der Thematik ‚Verändert bzw. beeinflusst besonders Ausdauersport das Selbstbild?‘ hingewiesen werden.

Das Individuum besitzt im Normalfall im Zuge des Sozialisationsprozesses ein verhältnismäßig stabiles, überdauerndes Selbstkonzept. Dieses 'Kern-Konzept' bleibt während

seines ganzen Lebens erhalten, bestimmt seine Handlungen, vermittelt ihm das notwendige Erlebnis der personalen Kontinuität und Identität. So vertritt beispielsweise MEAD die Auffassung, dass ein Individuum seine Identität dadurch erwirbt, dass es sich in die Rolle anderer Personen sich selbst gegenüber versetzt. Das Individuum nehme jedoch nicht alle Perspektiven ein, sondern nur die einiger 'signifikanter Anderer', deren Sichtweisen allmählich verschmelzen zu dem Konzept des 'generalisierten Anderen'. Dadurch werde das Selbstkonzept mit zunehmendem Alter immer in sich geschlossener und stabiler (vgl. 1934).

Von ERIKSON wird dieser Aufbauprozess anders beschrieben; er führt jedoch zum gleichen Ziel. Der wichtigste Aspekt einer erfolgreichen Bewältigung des Jugendalters ist nach seiner Meinung der Erwerb eines stabilen 'Identitätsgefühls'. Er glaubt, dass das Individuum ohne dieses Identitätsgefühl massiver Angst oder sozialer Anomie ausgesetzt wäre (vgl. 1968).

Ähnlich argumentiert ROGERS, wenn er sagt, dass die Grundlage der Selbstwertschätzung einer Person die Summe ihrer evaluativen Erfahrungen ist. Eine 'defekte' Sozialisation, bei der die bedingte Wertschätzung durch andere dominiert, führt zu einem geringen Selbstwertgefühl im Erwachsenenalter. In der Regel bedarf es vieler therapeutischer Sitzungen, um eine solche Grundhaltung zu verändern. Auch von psycho-analytischen Theoretikern wird die Dauerhaftigkeit des Selbstwertgefühls betont. Ob man von 'Ego-Struktur', 'Selbst-System' oder 'Selbst-Wertgefühl' spricht, immer liegt die Annahme zugrunde, dass Sozialisationserfahrungen des Individuums zu überdauernden Kognitionen und/oder Bewertungen der eigenen Person führen, die ohne physio/psychotherapeutische Intervention nur schwer zu verändern sind (vgl. 1959).

Zwar hat JAMES von den vielen ‚sozialen Selbsten‘ gesprochen, die man für jede bedeutsame soziale Bezugsgruppe annimmt (vgl. 1890, S. 33). Hier scheint sich JAMES jedoch primär auf das offene Verhalten bezogen zu haben, das man in unterschiedlichen sozialen Konstellationen zeigt, und nicht auf ein grundlegendes Gefühl der persönlichen Identität. Auch GOFFMAN hat im Detail beschrieben, wie ein Individuum sein Verhalten beim Wechsel von einer ‚Bühne‘ zur anderen, mit unterschiedlichem ‚Publikum‘ und unterschiedlichen ‚Rollen‘ ändert. Es scheint hier, dass der Wechsel sozialer Rollen von Veränderungen auf einem tiefer liegenden psychischen Niveau begleitet sein könnte (vgl. 1959, S. 54).

Dem Prozess der sozialen Bewertung wurde in der Literatur zum Aufbau von Selbstbildern besondere Beachtung geschenkt. Der Aufbau von Selbstbildern unterliegt einer Reihe zusätzlicher Einflüsse, sowohl in der frühen Kindheit wie auch in späteren Jahren. Zum einen scheint es offensichtlich, dass Selbstbilder stark über Prozesse der Selbstbeobachtung

aufgebaut werden. Die meisten unserer Verhaltensweisen scheinen spontan von einem Augenblick zum anderen aufzutreten, d.h. wir denken vor unserem Handeln nicht über die Gründe unseres Verhaltens nach. Es scheint sich fast so zu vollziehen, als folgte es eigenen Gesetzen. Wie NISBETT/WILSON demonstrieren, bleiben uns im Allgemeinen die kognitiven Vorgänge, welche unserem Verhalten zugrunde liegen, verschlossen. Wir sind so gewissermaßen Beobachter unseres eigenen Verhaltens und erschließen daraus, wer wir sind (vgl. 1977, S. 236f). Wir nehmen soziale Rollen ein und lassen uns davon überzeugen, was für ein Mensch wir sind. Es gibt inzwischen zahlreiche Belege dafür, wie durch die Technik des Rollenspiels Einstellungen verändert und Einsichten in der Therapie vermittelt werden können (vgl. KELLY, 1955). Aus diesen Arbeiten lässt sich ableiten, dass auch Selbstbilder über Rollenspiele stark beeinflussbar sind.

Zusätzliche Veränderungen in Selbstbildern können durch sozialen Vergleich bedingt sein. Wie bereits FESTINGER argumentierte, erscheint die Welt häufig vieldeutig, und Ereignisse sind von daher nur schwer interpretierbar. Deshalb vergleichen wir uns selbst oft mit anderen Menschen. Soziale Vergleiche helfen uns, die eigene Position klarer zu erkennen und ihre Gültigkeit abzuschätzen. Ähnlich verhält es sich mit Selbstkonzepten. Menschen wissen oft nicht, welche Attribute sie sich selbst zuschreiben sollen - herzlich und aufrichtig, klug oder tief sinnig - und finden darauf nur schwer Antworten. Unter solchen Bedingungen schauen sie umher und vergleichen ihr Verhalten mit dem anderer Personen (1954, S. 126f).

Neben Prozessen der sozialen Bewertung, des Rollenspiels und des sozialen Vergleichs tragen noch weitere Prozesse zum Wandel von Selbstkonzepten bei. Der vielleicht wichtigste ist die Rückerinnerung. Indem das Individuum bestimmte Ereignisse bezüglich seiner Person erinnert, zieht es daraus Schlüsse über seine charakterlichen Eigenschaften. So wird man sich auf die Frage nach der eigenen Ehrlichkeit an Situationen erinnern, in denen man starken Versuchungen zu unehrlichem Verhalten widerstanden und vielleicht nur einmal einer schwächeren nachgegeben hat. Als Schlussfolgerung mag dabei herauskommen, man sei im Allgemeinen ein ehrlicher Mensch. Obgleich dies leicht einsichtig ist, liegt der interessantere Aspekt dieses Vorgangs darin, dass sein Resultat praktisch in jeder Richtung liegen kann. Da im Gedächtnis eine ungeheure Menge von Informationen gespeichert ist, lässt sich praktisch die Selbstzuschreibung jedes Merkmals stützen. Hält man sich für einen im Allgemeinen 'ehrlichen' Menschen, so wird man hierfür sicher Belege in seiner Erinnerung finden. Es scheint jedoch, dass schon ein geringer Anstoß der Erinnerungsprozesse auch überzeugende gegenteilige Belege liefern könnte. Dies gilt vermutlich für viele Merkmale, die Menschen

sich zuschreiben. Wesentlich wird es davon abhängen, in welcher Weise sie ihre Gedächtnisinhalte abrufen (vgl. FILIPP, 1984, S. 92ff).

2.4.1.2 Das Selbstbild des Sporttreibenden

Um den Zusammenhang von Selbstbild und Einstellungsfindung bzw. -änderung zu klären, unterscheidet BAUMANN zwischen spezifischem und globalem Selbstbild. Das Selbstbild des Sportlers bezieht sich auf Aussagen des ‚ich bin ...‘ oder ‚ich kann ...‘. Je nach Sportsituation oder sportlichen Beziehungen entwickeln sich unterschiedliche Fähigkeitskonzepte in Bezug auf sportliche Leistungen. Ein Fähigkeitskonzept kann als spezifische Erlebniserwartung umschrieben werden, die dafür verantwortlich ist, welche subjektive Bedeutung künftigen Ereignissen beigemessen wird (vgl. 1988, S. 25f). Für einen Sportler, der bestimmte Dinge nicht zu können glaubt oder der in ihn gesetzte Erwartungen nicht erfüllen kann, entstehen daraus weit reichende Probleme in Bezug auf Motivation und Leistung. Es sollten Aussagen zum Selbstbild berücksichtigt und nach verschiedenen Gesichtspunkten beurteilt werden, vor allem nach der Spezifität oder der globalen Bedeutung des Selbstbildes:

1. Die Spezifität des Selbstbildes:

Selbstbilder können sehr spezifisch sein und sich nur auf bestimmte Fähigkeiten beziehen, z.B. ‚ich kann nicht turnen‘, ‚im Spiel bin ich schlechter als die anderen‘ oder ‚wenn jemand zuschaut, kann ich das nicht‘. Diese Konzepte können sehr stark sein, der Sportler sieht die Unfähigkeit als kaum veränderbar an, woraus sich eine entsprechende Einstellung gegenüber ähnlichen Anforderungssituationen entwickelt.

2. Das globale Selbstbild:

Selbstbilder können sich auch auf weite Fähigkeitsbereiche erstrecken, z.B. ‚ich bin ein schlechter Sportler‘. Globalität oder Spezifität bestimmt somit den Geltungsbereich des Selbstbildes. Ein schlechter Sportler zu sein kann für einen Menschen zu einer großen psychischen Belastung werden, während das gleiche Selbstbild für einen anderen nur eine untergeordnete Rolle spielt, da andere Fähigkeitskonzepte überwiegen (vgl. BAUMANN, 1988, S. 27f).

2.4.1.3 Änderung des Selbstbildes des Sporttreibenden

Eine Reihe von Untersuchungen führte zu dem Ergebnis, dass sich das Selbstbild nach der Teilnahme an einem Konditionstraining in positiver Weise verändert (vgl. hierzu die Feststellungen von: BROWN et al., (1995); MIHALKO/McAULEY, (1996); OVERBECK,

(1993); TSUTSUMI et al., (1998); STRÜDER et al., (1999)). Es ist jedoch nicht klar, ob diese Veränderung eine Folge der Vorstellung ist, es habe sich die körperliche Kondition und Gesundheit verbessert, oder ob die Ursache eine tatsächliche körperliche Verbesserung sei. Dass Fitness als solche nicht der entscheidende Faktor ist, berichten BAKKER et al. (1992). Sie zeigen, dass das Selbstbild und andere Einstellungen zum eigenen Selbst bei jungen Balletttänzern und –tänzerinnen beträchtlich und signifikant weniger positiv waren als in der Kontrollgruppe (vgl. 1992, S. 154f).

Diese Befunde stehen im Widerspruch zur weit verbreiteten und intuitiven Vorstellung, dass sportliche Betätigung und Körpererziehung günstige Auswirkungen auf die Persönlichkeitsmerkmale einer Person haben. Eine mögliche Erklärung für diese Diskrepanz zwischen Intuition und Forschungsbefunden könnte in den methodologischen Unzulänglichkeiten der Forschungsarbeiten zu suchen sein, etwa in der allgemeinen Unvollkommenheit der experimentellen Forschungsdesigns. Einen Mangel an Längsschnittstudien, wie ihn BIERHOFF/ALFERMANN (1975) attestierten, gibt es seit den Arbeiten von CONZELMANN (2001), OKONEK (1997 und 2000) nicht mehr. Diese zeigen sehr wohl einen Zusammenhang zwischen sportlicher Betätigung (unter anderem Ausdauersport) und festzustellenden Veränderungen der Persönlichkeit (vgl. OKONEK, 2000, S. 159ff).

In neueren Untersuchungen wird zur Interpretation der Einflüsse sportlicher Betätigung auf das Individuum immer wieder auf das Selbstbild des Menschen Bezug genommen. Das Selbstbild ist ein aktuelles Konzept der Persönlichkeitsforschung und gibt Auskunft darüber, wie sich ein Individuum im Hinblick auf seine Stellung, Aufgaben, Handlungsmöglichkeiten und die Einschätzung seiner Person durch andere in seinem sozialen Umfeld sieht. Es bildet sich aus den lebenslang erworbenen selbstbezogenen Informationen. Die Altersforschung ist sich noch nicht darüber einig, ob sich das Selbstbild generell in Abhängigkeit vom Alter verändert und in der Regel beim älteren oder alten Menschen negative Züge annimmt. Vielmehr scheinen Altersunterschiede in der Selbstbeschreibung zurückzutreten, Veränderungen des Selbstbildes weniger vom chronologischen Alter als von der ‚Identifikation eines Individuums mit einer bestimmten Altersgruppe‘ abzuhängen (vgl. THOMAE, 1991, S. 502f). Geschlechtsunterschiede sind dagegen eher festzustellen: THOMAE weist darauf hin, dass bei vor 1920 Geborenen Männer sich als unabhängiger erlebten als Frauen, bei denen sich ein größeres Gefühl der Abhängigkeit auch erhalten habe, nachdem die Berufstätigkeit beendet und die Elternrolle in den Hintergrund getreten sei (vgl. 1991, S. 503). Andere Untersuchungen bemerken, dass für die Frau im mittleren Alter die

Familienrolle, im höheren Alter persönliche Werte und erreichte Erfolge das Selbstbild prägen. Zwei Aspekte, die für die Männer schon im mittleren Alter wichtige Bezugspunkte des Selbstbildes seien. Aus den Ergebnissen der Bonner Gerontologischen Längsschnittstudie ist zu entnehmen, dass die älteren Frauen sich deutlich ungünstiger charakterisierten als die älteren Männer. Männer wie Frauen unter stärkeren ökonomischen Belastungen schreiben sich weniger positive Qualitäten zu als ökonomisch geringer belastete. Ähnlich ist der Einfluss des Gesundheitszustands auf das Selbstbild. „Je ungünstiger die Gesundheit beurteilt wird, desto ungünstiger ist auch die ‚Tönung‘ des Selbstbildes“ (THOMAE, 1991, S.502f).

Einigkeit besteht darin, es sei erforderlich, das Selbstbild, das der älter werdende Mensch von sich hat, den Veränderungen der Lebenssituation immer wieder neu anzupassen. Dabei geht es nicht nur darum, positiv überzeichnete Selbsteinschätzung an der Realität zu messen und entsprechend zu korrigieren. Allzu oft identifizieren wir uns mit dem Altersbild, das die Umwelt uns vermittelt (Fremdeinschätzung), wenn Ältere z.B. ihre Aktivitäten einschränken, „weil ihre Kinder, Enkel oder Nachbarn dies nicht für altersgemäß, für ‚schicklich‘ halten“ (LEHR/NIEDERFRANKE, 1991, S.146f). Hier ist es dringend erforderlich, beratend aufzuklären und älteren Menschen zu helfen, das zu tun, was sie können und wollen, unabhängig davon, was andere von ihnen erwarten.

Regelmäßige sportliche Betätigung und professionell angeleitete Bewegungsaktivität in einer Gruppe können Älteren zu einem positiven Selbstbild verhelfen (vgl. SHEPHARD, 1987; 1997). In einem Leben, das stark von Erfahrungen ‚aus dritter Hand‘ im Fernsehsessel bestimmt ist, verkümmern die Sinne. In einer Sportgruppe bei Seniorengymnastik oder -tanz werden die Sinne wieder aktiviert, materiale Erfahrungen in der Auseinandersetzung mit Handgeräten vermittelt, Körpererfahrung, Bewegungsgefühl und Bewegungserfahrung, Anpassung an den Rhythmus der Musik, sinnliche Eindrücke über Auge, Ohr und Tastsinn wiederbelebt oder oft genug erstmals bewusst erfahren. Positiv gewertete Lernerfahrungen werden gespeichert und wecken das Bedürfnis nach Wiederholung. Bewegungsaktivitäten werden Grundlage einer Selbsterfahrung, die uns nicht nur detailliertere Kenntnisse über unser Handlungspotential vermittelt, sondern auch bei entsprechender Anleitung Möglichkeiten der Selbstkontrolle bietet. Die ständige Rückmeldung aus der körperlichen Betätigung über die eigene Leistungsfähigkeit kann da, wo sie bewusst aufgenommen und verarbeitet wird, eine große Hilfe für die realistische Einschätzung der persönlichen Möglichkeiten sein. Wenn nicht falscher Ehrgeiz die Oberhand gewinnt, ist die Erfahrung aus der Bewegungspraxis der beste Schutz gegen Überforderung, aber auch gegen falsche Schonung und unbegründeten Rückzug in Passivität. Regelmäßige Bewegungsaktivitäten sind

für Ältere eine hilfreiche Meßlatte für die im Lebensverlauf immer wieder erforderliche Anpassung des Selbstbildes an unabwiesbare Veränderungen der Realität. Dies kann sich als Erfahrung der eigenen Leistungsfähigkeit durchaus auch zum Positiven wenden. So scheint die sportliche Betätigung bis ins hohe Alter die Anpassung der Selbsteinschätzung an das übliche Altersbild zu bremsen. Die Selbsteinschätzung alter sportaktiver Personen liegt wertmäßig zwischen der junger Sporttreibender und alter Nichtsporttreibender (vgl. SOKOLL/BENTZ/SCHMIDT, 1974). Ausführlich bestätigt OERTER die Bedeutung sportlicher Betätigung für die Entwicklung des Selbstbewusstseins (vgl. 1977). Eine Steigerung des Selbstwertgefühls, des Selbstvertrauens und des Selbstbewusstseins wird in Verbindung mit verminderter Angst und Depression auch im Zusammenhang mit dem Alterssport immer wieder hervorgehoben (vgl. hierzu: HOLLMANN, 1965; STEINBACH, 1972; SHEPHARD, 1987; HUBER, 1992). Das Selbstwertgefühl als emotionale Komponente und das Selbstkonzept als kognitive Komponente spielen für die positiven Auswirkungen sportlicher Betätigung auf das Selbstbild des älteren Menschen eine wichtige Rolle. Das Selbstkonzept meint dabei die Gesamtheit der Auffassungen und Überzeugungen, die jemand in Bezug auf die eigene Person hat. Selbstwertgefühl und Selbstkonzept werden positiv beeinflusst, wenn man Leistungen vollbringt, die man angestrebt, aber sich doch nicht ganz zugetraut hat, wie z.B. die Aufnahme regelmäßiger körperlicher Aktivität. Psychologen sprechen auch von Stolz, wenn man etwas leistet, das andere nicht erwartet haben, gegen deren Absichten man sich vielleicht sogar durchsetzen musste, das einem aber wertvoll und wichtig erscheint und schließlich auch die Anerkennung anderer findet, wenn Engagement und erbrachte Leistungen anerkannt werden. In diesem Sinne ist bei älteren und vor allem bei alten Menschen die regelmäßige Teilnahme an Bewegungsaktivitäten eine anerkanntswerte Leistung (vgl. SHEPHARD, 1987, S. 94f).

Selbst wenn eine ‚Sozialisation durch Sport‘ kritisch hinterfragt werden muss, so kann doch der Wert sportlicher Betätigung für das psychische Wohlbefinden aufgezeigt werden und auch hier die Bedeutung des Sports im Rahmen einer Geroprophylaxe aufgrund empirischer Daten diskutiert werden.

Es ist belegt, dass richtiger, d.h. auf die individuellen Bedürfnisse abgestimmter Sport gesundheitsfördernd ist und das Wohlbefinden positiv beeinflusst. Ebenso bewiesen ist aber auch (vgl. dazu BIRREN et al., 1963; BIRREN/SCHAIE, 2001; THOMAE, 1976; LEHR/SCHMITZ-SCHERZER, 1976), dass der Gesundheitszustand die Veränderungen der geistigen Leistungsfähigkeit im Alter mitbestimmt. So wirken sich z.B. Abweichungen des Blutdrucks vom Normbereich auf Aufmerksamkeit, Konzentrationsfähigkeit und

Durchhaltefähigkeit aus. Auch BOCK äußerte: „Die Beinkraft ernährt das Gehirn“ (1977, S. 74). Je elastischer der Spannungszustand der Beinmuskeln das Transportsystem für den Kreislauf unterstützt, desto besser wird auch das Gehirn mit Sauerstoff versorgt (Sauerstoffmangel ist gleichbedeutend mit nachlassender Konzentration; geistig Arbeitende brauchen 15% mehr Sauerstoff).

Die Bonner Gerontologische Längsschnittstudie macht diesen Zusammenhang zwischen ‚objektivem Gesundheitszustand‘ (vom Arzt erhobene Daten bezüglich Vitalkapazität, Blutdruck, Arteriosklerosezeichen u.a.m.) und intellektuellen Fähigkeiten, Lernfähigkeit (Gedächtnis), psychomotorischen Fähigkeiten und Stressbelastungsfähigkeit deutlich (vgl. THOMAE, 1976).

Darüber hinaus konnte die Bonner Längsschnittstudie auch zeigen, dass der sog. ‚subjektive Gesundheitszustand‘ (d.h. das subjektive Wohlfühl, das keineswegs immer mit dem Arzturneil übereinstimmt) einen engen Zusammenhang zwar nicht zur intellektuellen Leistung, aber zur Aktivität, zur Interessensbreite, zur Stimmungslage, zum Selbstbild und zum Zukunftsbezug (Dauer und positive Tönung) erkennen lässt. Mit anderen Worten: Der subjektive Gesundheitszustand ist für alle jene Bereiche ‚zuständig‘, die für psychisches Wohlbefinden im Alter verantwortlich zu machen sind (vgl. LEHR/SCHMITZ-SCHERZER/THOMAE, 1972, S. 4397f).

Durch Sportuntersuchungen weiß man, dass die Menschen sich bei sportlicher Betätigung körperlich wohler fühlen, dass sie glauben, sich leichter entspannen zu können, besser durchschlafen können u.a.m. (vgl. NEUMANN, 1976, S. 126), dass also das Sporttreiben den subjektiven Gesundheitszustand positiv beeinflusst.

Ebenso haben die ersten Erfahrungen mit Alterssportlern - vor allem auch beim Altersschwimmen und Seniorentanz - den Sport als generell aktivierendes Moment herausgestellt.

Wenn man bedenkt, dass Aktivität - im körperlichen und im psychischen Bereich, das bedeutet auch die Bereitschaft, sich mit seiner Lebenssituation aktiv auseinander zu setzen - die stärkste Korrelation zur Langlebigkeit erkennen lässt (vgl. LEHR, 1977, S. 349f), dann muss man im Rahmen der Interventionen dem Sport eine dominante Rolle zuschreiben (vgl. LEHR, 1979a, S. 75).

Als weiterer Punkt sei hervorgehoben, dass viele Sportarten die Möglichkeit bieten, mit anderen Menschen zusammenzutreffen und somit für Einzelne einen Weg bedeuten, die Einsamkeitsgefühle zu überwinden. Man sollte sich allerdings davor hüten, generalisierend festzustellen, alte Menschen seien einsam und der Sport verhindere die Einsamkeit.

Wichtig ist darüber hinaus zweifellos der Sport als `zeitstrukturierender` Faktor - ob allein als Gymnastik betrieben, oder in der Gruppe, in einem Verein. Mit der Berufsaufgabe verläuft das Leben ungegliedert, und deswegen kommt oft Langeweile auf (und im Gefolge davon auch Einsamkeit); der Sport kann in geradezu idealer Weise helfen, die Langeweile zu bekämpfen. Er vermag es, sowohl eine Mikrorhythmik (tägliche Aktivitäten) wie auch eine Makrorhythmik (wöchentliche Aktivitäten) zu schaffen, und damit eine Ausrichtung auf die Zukunft herbeizuführen: Der Ältere hat Ziele, er hat etwas vor, er plant - und verharnt nicht in depressiven Gedanken um die Gegenwartssituation.

Zweifellos können manche Sportarten auch für manche Menschen zur Selbstbestätigung führen, vorausgesetzt, Sport vermittelt Erfolgserlebnisse. Hier kommt es allerdings manchmal darauf an, auch auf kleine Erfolge aufmerksam zu machen (z.B. eine Bahn, die man jetzt zusätzlich schwimmen kann); indem man sich mit seinen eigenen Leistungen von gestern oder vorgestern vergleicht - und nicht unbedingt an einen Wettkampf mit anderen denkt. Es kommt darauf an, die Forderungen so zu stellen, dass dosierte Diskrepanzerlebnisse vermittelt werden: Überforderung schadet, aber auch Unterforderung vermittelt keine Erfolgserlebnisse; Wettkämpfe vermitteln auch Misserfolgserlebnisse. Hier gilt es zu berücksichtigen, wie die einzelne Persönlichkeit darauf reagiert. Ängstliche Ältere können eher entmutigt werden und geben dann ganz auf; sehr leistungsmotivierte könnten zu Anstrengungen kommen, die ihrer Gesundheit schaden. Gerade im sportlichen Wettkampf liegen Gefahr und Chance des Sports sehr nahe beieinander.

Bestimmte Sportarten in bestimmter Weise betrieben, bedeuten außerdem für den Älteren Stimulation, Anregung, ein Herauskommen aus dem eigenen Wohnbereich (oder dem Altersheim, wenn es z.B. wie beim Modell Mönchengladbach zum Schwimmen in ein Nachbarheim geht (vgl. STROETGES, 1978), wenn man durch die Stadt gefahren wird, etwas Neues sieht, neue Erfahrungen sammelt). Die Rolle der Stimulation für den sonst an einen bestimmten Ort Gebundenen ist wichtig und kann Institutionalisierungseffekten vorbeugen.

Eine gewisse Gefahr liegt in der Überforderung, in einem zu hoch gestellten Anspruchsniveau, das dann zu Misserfolgserlebnissen führt und somit das Selbsterleben, das Selbstbild negativ beeinflusst. Eine weitere Gefahr liegt in der Einseitigkeit, vor der bereits DIEM warnte (vgl. 1974, S. 34); es kommt darauf an, durch verschiedene Anforderungen in verschiedenen Situationen ein möglichst breites Training zu erreichen.

2.4.2 Sportliche Betätigung und Physis

Der Nachweis, dass sportliche Aktivität in richtiger Form und richtiger Dosierung - von HOLLMANN auf die Formel gebracht: nicht zu intensiv, nicht zu schnell, nicht zu oft, nicht zu lange (vgl. 2000, S. 14) - eine Formel, über die sich sicher diskutieren lässt bzw. die besagt, dass je nach den Zielen betagter Mitbürger zu differenzieren ist - das physische Wohlbefinden steigt bzw. die relevanten physiologischen Werte verbessert, ist mehrfach seitens der Sportmediziner erbracht worden (vgl. hierzu HOLLMANN/HETTINGER, 2000; HOLLMANN/ KURZ/MESTER, 2001; SHEPHARD, (1997); SPIRDUSO, (1995); BAUMANN/LEYE, (1997)), wobei allerdings seitens der Experten immer wieder auf das enge Nebeneinander von Verlust und Gewinn, von Risiko und Chance, hingewiesen wird. Eine solche Gefahr droht bei Überdosierung, bei falscher Anwendung.

Der Gewinn ‚richtig dosierter‘ sportlicher Tätigkeit ist vielfach nachgewiesen (vgl. dazu Kap.2.2). Erinnert sei nur an Veränderungen im Bereich des Bewegungsapparates (Neigung zu Arthrosen), an Veränderungen der Muskulatur (Verlust an Gewicht, an Wasser, an Kalium und Kalzium und damit an Elastizität; sie wird anfälliger für Risse und Zerrungen; mit zunehmendem Alter nimmt nicht allein die Kraft, sondern auch die Trainierbarkeit der Muskulatur ab), an Veränderungen in Bezug auf den Stoffwechsel, auf Kreislauf und Atmungsorgane (die Vitalkapazität sinkt, die maximal mögliche Pulsfrequenz sinkt u.a.m.). Freilich zeigt sich eine große interindividuelle Variabilität im Hinblick auf den Zeitpunkt des Einsetzens und im Hinblick auf das Ausmaß dieser Veränderungen bei den einzelnen Individuen. Dabei ist das kalendarische Alter bestimmt kein Markierungspunkt. Diese Altersveränderungen aber ähneln den Erscheinungen, die auch ein Mangel an Bewegung im Gefolge hat, ganz gleich, zu welchem Zeitpunkt diese Veränderungen beim Einzelnen auftreten. Ein vermehrter Anspruch vermehrt die Funktionen und erhält sie aktiv; ein verminderter Anspruch vermindert sie. Wir haben es hier mit einem ‚circulus vitiosus‘ zu tun und einer gegenseitigen Verstärkung: Die im Alter auftretenden ungünstigen Veränderungen am aktiven und passiven Bewegungsapparat verstärken und rechtfertigen die Bewegungsunlust; diese aber erzeugt geringe Bewegung, und geringe Bewegung wiederum bewirkt einen fortschreitenden Schrumpfprozess. Es findet sich dann das Bild des vorzeitig Verbrauchten, das oft zu speziellem ‚Schon-Verhalten‘ führt: Man fordert nicht mehr heraus - und vergisst offenbar die Devise einer jeden Geroprophylaxe: ‚Fördern durch Fordern!‘

Immer wieder wird auf die Funktion des Sports als die die physiologische Leistung verbessernde und lebensverlängernde hingewiesen (vgl. unter anderen: BAUMANN/LEYE, 1997; ISRAEL, 1995; SHEPHARD, 1997). Angesichts der zuvor aufgezeigten

Methodenprobleme sind allerdings derartige Feststellungen mit Vorsicht zu verwerfen. Durch Sport kann man danach nicht nur dem Leben Jahre, sondern den Jahren Leben hinzufügen.

HOLLMANN et al. (2000) und HOLLMANN (1993) haben durch systematische Trainingsversuche nachgewiesen, dass sportliche Betätigung zu einer Beeinflussung von Vitalkapazität, Atemgrenzwert, maximaler Sauerstoffaufnahme und Normalisierung des Blutdrucks führen kann, ebenso zu einer Verbesserung der Ausdauerleistung, zu einer Trainierbarkeit des Bewegungs- und Haltungsapparates mit seinen Knochen, Bändern, Gelenken, Muskeln. In diesem Zusammenhang sei auf Erfahrungen im Rahmen des Mönchengladbacher Modells (vgl. DIEM/SCHMITZ-SCHERZER/ROST/WINKLER, 1989) hingewiesen. Es ließe sich noch eine Vielzahl von Belegen anführen über Sport als Optimierung und Prävention im Rahmen einer Gerointervention (vgl. unter anderen dazu: HARRIS/HARRIS, 1989; PAFFENBARGER/LEE, 2001; PAFFENBARGER, 1996; SHEPHARD, 1997).

Doch es ist auch auf die Gefahr und das Risiko hinzuweisen, welche in einer für den Einzelnen nicht sinnvollen sportlichen Betätigung liegen können. Eine Reihe von Richtlinien, die es beim Alterssport zu beachten gilt, sind erarbeitet und zusammengestellt worden, wobei man differenziert zwischen:

1. jenen, die durchgehend ihr Leben lang aktiv Sport getrieben haben,
2. jenen, die nach einer aktiven Zeit im Sport dann aufgehört haben und für mehrere Jahre oder Jahrzehnte unterbrochen haben, und
3. schließlich jenen älteren Menschen, die Zeit ihres Lebens nie aktive Sportler waren (eine Gruppe, die bei den heutigen 60-, 65-Jährigen und Älteren erschreckend groß ist, besonders unter den Frauen) (vgl. PACHE/GEHNEN, 1995, S. 98ff).

Während man bei der erstgenannten Gruppe kaum Probleme sieht (höchstens das des vorzeitigen bzw. des plötzlichen Abbruchs), benötigt die zweite Gruppe genau wie die dritte ein allmähliches Eingewöhnen. Besonders problematisch ist jedoch gerade bei der zweiten Gruppe die Tatsache, dass viele ehemalige Sportler ihre Altersleistung an den zuvor erbrachten Leistungen messen, ihre eigene Leistungsfähigkeit überschätzen, d.h. sehr hohe eigene Leistungserwartungen haben, und dann bei Nichterreichen sehr unzufrieden mit sich selbst sind. Gerade hier ist vor allzu großem Ehrgeiz zu warnen. Die Diskrepanz zwischen sehr hoher Einsatzbereitschaft und geringem Organleistungsvermögen ist zu beachten, dem Einzelnen zu erklären und persönliche Hilfe anzubieten (vgl. ebd.). Die ärztliche Untersuchung vor Aufnahme des sportlichen Trainings wird als unbedingt notwendig

gefordert (vgl. HOLLMANN/HETTINGER, 2000, S. 613ff). Dabei kommt es auf den richtigen Reiz, in der richtigen Dosierung, zur rechten Zeit an (vgl. ebd.).

2.5 Ausdauer

Die Ausdauer hat auf die Gesundheit den größten Einfluss (vgl. HOLLMANN/ HETTINGER, 2000, S. 512ff), und sie nimmt aus gesundheitsstrategischer Sicht nach wie vor eine Sonderstellung unter den körperlichen Fähigkeiten ein. Es ist bei dieser Position allerdings in Rechnung zu stellen, dass Sportformen mit anderen Inhalten und Orientierungen zumeist über eine Ausdauerkomponente verfügen; diese sollte gegebenenfalls bewusst eingebaut bzw. erweitert werden.

Die Durchführung von Ausdauerübungen löst eine innere Resonanz im Körper aus; es bleibt kein Bereich unberührt. Die Ausdauer ist ausgezeichnet durch eine gesetzmäßige Kopplung zwischen Muskulatur und inneren Organen. Herz, Atmung, Stoffwechsel usw. werden als vegetativ kontrollierte Versorgungssysteme an die Ansprüche der Muskulatur adaptiert. Diese Adaptation, die im Gefolge regelmäßiger körperlicher Aktivität eintritt, ist durch eine Verbesserung der Funktionstüchtigkeit charakterisiert. Nicht nur der Muskel selbst wird trainingspezifisch gekräftigt; insbesondere solche Organe, die für den Muskel gewissermaßen Dienstleistungen verrichten, reagieren auf das Training adaptiv mit der Ausprägung von Reserven (vgl. ANDERSON, (1995); EHRSAM, (1991,1997).

Unter den vielfältigen Adaptationen an regelmäßige Ausdaueranforderungen spielt die Verbesserung von Sauerstoffaufnahme, -transport und -verwertung eine abgehobene Rolle. Die Sauerstoffbilanz verschlechtert sich gesetzmäßig mit ansteigendem Alter. Die ausdauerinduzierten Adaptationen verzögern und mildern diesen Prozess. Anforderungen an die Ausdauer steigern nicht nur die Lungen- sowie die Herz- und Kreislauffunktion, sondern sie erhöhen auch die Fähigkeit der Körpergewebe, den antransportierten Sauerstoff aufzunehmen und bedarfsgerecht zu verwerten. Derartige sauerstoffbezogene Ausdaueradaptationen sind auch insofern von besonderer Konsequenz, weil eine altersbedingte gedrosselte Sauerstoffzufuhr Schrittmacherdienste für die weitere Gewebeerholung leistet und erkrankungsanfällig macht (vgl. DENIS/CHATARD, 1994; KUJALA et al., 1999; LACROIX et al., 1996). Kein Medikament und keine medizinische Technik vermag den Sauerstoffgehalt des Körpers im Alter so nachhaltig zu verbessern wie ein ausdauerbetontes Konditionstraining. Die ausdauerbegründeten Adaptationen im Bereich des Stoffwechsels wirken präventiv bzw. mildernd im Hinblick auf eine Reihe chronischer Erkrankungen, die gegenwärtig die Morbidität in den hochindustrialisierten Ländern

bestimmen (Arteriosklerose mit potentiell Bluthochdruck, Herzmuskelinfarkt, Schlaganfall und periphere Durchblutungsstörungen, Diabetes mellitus u.a.) (vgl. zu einzelnen Krankheitsbildern und sportlicher Betätigung: COGGAN et al., (1993); CONONIE et al., (1991); TAKESHIMA et al., (1993); WILLIAMSON et al., (1996).

Durch ein aerobes Ausdauertraining ist es möglich, altersbedingten Organbeeinträchtigungen in hohem Maße entgegenzuwirken. Empfohlen werden Ausdauerbeanspruchungen im Sinne von Gehen, Wandern, Treppensteigen, langsamem Dauerlauf, Radfahren, Schwimmen, Skilanglauf. Die Trainingshäufigkeit sollte optimalerweise dreimal wöchentlich betragen, die Dauer in Abhängigkeit von der jeweiligen sportlichen Betätigungsform zwischen 30 und 90 Minuten liegen. Die Belastungsintensität sollte bei gesunden Personen der Faustregel folgen: 180 minus Lebensalter in Jahren gleich Pulsfrequenz im Training. Eine Fülle von biochemischen und biophysikalischen Adaptationen kann hierdurch erzielt werden, die sowohl der Gesundheitserhaltung als auch der Leistungsförderung dienen. Nach Untersuchungsergebnissen können sogar arteriosklerotische Veränderungen hierdurch in unterschiedlichem Maße in sofern als reversibel eingestuft werden, als Training eine noch vorhandene, wenn auch verringerte Anpassungsreserve mobilisiert (vgl. HOLLMANN/HETTINGER, 2000, S. 513). Voraussetzung ist ein wöchentlicher zusätzlicher Kalorienverbrauch, ausgelöst durch körperliche Aktivität, von wenigstens 2000 kcal (vgl. HOLLMANN, 2000, S. 15).

Die meisten körperlichen Altersveränderungen in Bezug auf die Muskulatur, die Atmungsorgane und sonstige Funktionen, die zwar - je nach Individuum - in sehr unterschiedlichem Lebensalter eintreten können, „ähneln denen, die auch ein Mangel an Bewegung im Gefolge hat“ (SCHMIDT, 1972, S. 191). Der junge, bewegungsarme, wenig aktive Mensch wirkt alt - wohingegen der alte, sehr bewegungsreiche, aktive Mensch eher jung wirkt.

„Was bisher als Altersprozess verstanden wurde, ist in hohem Maße Auswirkung mangelnden Trainings. Deshalb kann sportliche Betätigung und Bewegungsaktivität überhaupt helfen, die Leistungsfähigkeit in allen motorischen Fähigkeiten bis ins hohe Alter zu erhalten. Hochtrainierte Personen können sich im Bereich einzelner Fähigkeiten das Leistungsniveau 20 bis 40 Jahre jüngerer Untrainierter bewahren. Die Stabilität des erreichten Leistungsniveaus gegenüber Rückbildungsprozessen ist umso höher, je länger sich das Training im Altersverlauf erstreckt. Dies bedeutet, lebenslange Aktivität auf einem breiteren Betätigungsspektrum ist die wirkungsvollste Maßnahme gegen vorzeitiges Altern“ (MEUSEL, 1996, S.119).

Jede körperliche Tätigkeit hat ihren unverwechselbaren und nicht austauschbaren Gesundheits- und Befindenswert für alte Menschen.

Das Übergewicht, das unter älteren und alten Menschen weit verbreitet ist, bleibt auch im Alter ein Risikofaktor für die Gesundheit; es geht vielfach mit körperlicher Inaktivität einher. Die Korpulenz ist nicht allein eine Angelegenheit von Kalorienzufuhr und -verbrauch; motorische Aktivität führt adaptiv zu relativ stabilen Wirkungen im Fettstoffwechsel, die die Ablagerung von Depotfett erschweren und die Fettmobilisation begünstigen. Regelmäßiges Sporttreiben erhöht zudem den Grundumsatz. Es ist erwiesen, dass Sport treibende ältere Menschen ein besonderes Interesse an Ernährungsfragen entwickeln.

Das Altern geht mit einer Verringerung des Wassergehalts des Körpers einher; alte Menschen wirken oftmals ‚nahezu ausgetrocknet‘. Diese Dehydrierung hat u.a. eine mangelhafte Elastizität der Gelenkstrukturen oder eine Störung der Fließeigenschaften des Blutes im Gefolge. Die regelmäßige sportliche Aktivität erhöht den Sollwert für den Wasserbestand des Körpers. So fand sich folgender Wassergehalt bei unterschiedlich alten Läufern (vgl. ISRAEL, 1998, S. 54):

untrainierte 25-Jährige: 62%	untrainierte 65-Jährige: 53%
untrainierte 45-Jährige: 56%	70-jähriger Läufer: 63%

Da alte Menschen eine heraufgesetzte Durstschwelle haben, ist die Feststellung wichtig, dass das Sporttreiben im Alter die Durstwahrnehmung sensibilisiert. Ausdauer ist von einer positiven Kreuzadaption begleitet. Man versteht darunter das Phänomen, dass Ausdaueradaptationen auch für die Bewältigung von Störungen, die mit dem Sport nichts unmittelbar zu tun haben, ausgenutzt werden, oder dass auch Adaptationen eintreten, die nicht direkt mit dem Training in Verbindung gebracht werden können. In folgenden Bereichen stellt sich eine Kreuzadaptation ein: Zuverlässige Temperaturregelung, gestärktes Immunsystem, verbesserte Heilungsprozesse, vertiefte Erholungsvorgänge, erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber Giften, gesteigerte Sauerstoffmangeltoleranz, Resistenz gegenüber freien Sauerstoffradikalen, psychische Stabilität (vgl. ausführliche Studien hierzu bei: SAGIV, (1997); SHELDAHL et al., (1994); STENSEL et al., (1994)).

Die Frage, ob die Ausdauer im Alterssport nach dem Grundsatz ‚kurz und intensiv‘ oder ‚langdauernd und weniger intensiv‘ erworben werden soll, ist eindeutig beantwortet. Es gilt das physiologisch und gerontologisch begründbare Prinzip: lang und langsam. Diese Ansicht vertreten auch ARNDT, (1991), MEUSEL, (1996) und ISRAEL, (1998).

2.5.1 Bedeutung des Ausdauertrainings für Ältere

Die Bedeutung der allgemeinen dynamischen aeroben Ausdauer, im Folgenden kurz Ausdauer genannt, liegt in den günstigen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems und anderer Organsysteme:

- Durch Ökonomisierung der Herzarbeit führt Ausdauertraining zu einer Verminderung der Herzfrequenz in Ruhe (Bradykardie). Dadurch senkt sich der Sauerstoffbedarf des Herzens. Durch regelmäßiges Ausdauertraining kann das Herz im ‚Schongang‘ arbeiten. Während die Herzfrequenz gesenkt wird, steigen gleichzeitig das Schlagvolumen (die geförderte Blutmenge pro Kontraktion erhöht sich) und die Kontraktionskraft des Herzmuskels (= Ökonomisierung der Herzarbeit). Schlägt das Herz 80-mal in der Minute, dann steht innerhalb von 24 Stunden eine Arbeitszeit von 11:12 Stunden einer Erholungszeit von 12:48 Stunden gegenüber. Das entspricht einem Verhältnis von 47 % : 53 %. Bei einer Herzfrequenz von 60 Schlägen/min arbeitet das Herz nur noch 9:12 Stunden; für die Erholung bleiben 14:48 Stunden. Damit hat sich das Verhältnis von Arbeit und Erholung auf 38 % : 62 % verbessert (vgl. die Untersuchungen von: POEHLMANN et al., (1992); MORONI et al., (1993); PICKERING et al., (1997); PROCTOR et al., (1998)). Wer seinen Ruhepuls auf 60 Schläge/min. reduziert, gönnt seinem Herzen gegenüber dem Untrainierten, der einen Ruhepuls von 80 Schlägen/min. hat, gewissermaßen einen Urlaub von 18 Tagen im Jahr. Auf diesen Zeitraum summiert sich insgesamt die bei 60 Schlägen/min. zusätzlich zwischen zwei Herzschlägen gewonnene Erholungszeit (vgl. ebd.).

- Auch unter Belastung verringert sich beim Trainierten die Herzfrequenz. Er leistet die gleiche Arbeit mit reduzierter Herzfrequenz und weist gegenüber dem Untrainierten immer noch eine Leistungsreserve auf (vgl. hierzu unter anderen: HAGBERG et al., (1998); KOHRT et al., (1991); McLAREN et al., (1997) .

- Ausdauertraining führt zur Bildung neuer, kleinster Blutgefäße (Kapillarisation), verbessert dadurch die Sauerstoffversorgung, erhöht die Sauerstoffausnutzung in der Muskulatur, vermindert damit den Sauerstoffbedarf und entlastet das Herz (vgl. AHMAIDI et al., (1998)).

- Meist wird im Verlauf des Ausdauertrainings auch der systolische Blutdruck reduziert (vgl. REJESKI et al., (1995)).

- Der Gehalt des Blutes an HDL-Cholesterin nimmt zu und damit das Risiko arteriosklerotischer Veränderungen in den Arterien ab (vgl. MOTOYAMA et al., (1994)).

- Schließlich kommt es bei leichten bis mittleren Belastungen im Ausdauertraining zu einer Umstellung des vegetativen Nervensystems von der aktivierenden Wirkung

(Sympathikotonie) zu einer Verbesserung der Erholungsprozesse (Vagotonie) (vgl. hierzu: NG et al., (1994) und BOUTCHER et al., (1998)).

Die Ausdauerleistungsfähigkeit wird im Feldversuch oder in der Sportpraxis u.a. mit dem 6-Minuten-Lauf überprüft, d.h. mit der Strecke, die eine Person innerhalb 6 Minuten zurücklegen kann. Dieser Test ist jedoch für ältere Ungeübte ungeeignet, weil sie oft nicht über die ausreichende Kräftigung des Stütz- und Bewegungsapparates und eine angemessene Lauftechnik verfügen. So sind nach eigenen Untersuchungen an 10 Männern und 27 Frauen zwischen 59 und 88 Jahren bei ungeübten Personen allein durch systematische Kräftigung, Verbesserung der Koordination und Gelenkigkeit im 6-Minuten-Lauf Leistungssteigerungen von 70% ohne signifikante Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme möglich. Im Laborversuch wird die allgemeine Ausdauer auf dem Fahrradergometer durch die Spiroergometrie festgestellt. Dabei werden während einer dosierten Arbeitsbelastung zugleich u.a. Herzfrequenz, Atemvolumen und Sauerstoffaufnahme gemessen (vgl. zu diesen Untersuchungen: MEUSEL, 1996, 1999; HOLLMANN/HETTINGER, 2000; ISRAEL, 1998).

2.5.2 Ausdauer im Alternsverlauf

Die Entwicklung der maximalen Sauerstoffaufnahme im Alternsverlauf gibt einen Eindruck davon, wie sich die biologischen Grundlagen für ausdauernde Tätigkeiten herausbilden. Für die Umsetzung in länger dauernde Bewegungshandlungen muss man allerdings noch zwei wichtige Faktoren beachten:

- Körpergewicht und
- Willensqualitäten oder Motivation.

Auf gegebenen submaximalen Belastungsstufen bleibt die Sauerstoffaufnahme unabhängig vom Alter konstant. Das Atemminutenvolumen aber steigt speziell jenseits des 50. Lebensjahres an. Dementsprechend fällt im Alter der Atem-Äquivalentwert erhöht aus, ein Ausdruck der verschlechterten Atemökonomie.

Für ergometrische Untersuchungen ist es wichtig zu wissen, dass die Pulsfrequenz bei gegebenen Belastungsstufen vom Alternseinfluss unberührt bleibt. Hierdurch entsteht bei Benutzung der PWC (Physical working capacity) 170 oder 150 fälschlicherweise das Bild einer Leistungsreserve, die gar nicht mehr existiert. Aus diesem Grund eignet sich die ergometrische Bestimmungsfähigkeit unter Benutzung des Parameters PWC 170 nicht mehr für Personen jenseits des 50. bis 60. Lebensjahres (vgl. HOLLMANN/HETTINGER, 2000, S. 513).

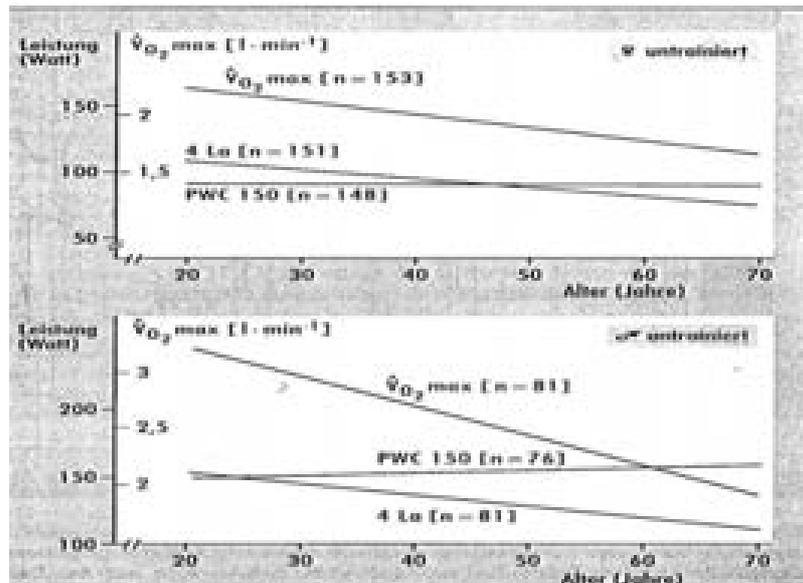


Abb. 11 : Die maximal erreichte Leistung (W), die maximale O₂-Aufnahme (V_{O₂}max) und die erreichte Wattstufe bei einer Herzschlagfrequenz von 150/min bei untrainierten weiblichen (oben) und männlichen Personen (unten) vom 20. bis 70. Lebensjahr. Man beachte die weitgehend horizontal verlaufende PWC 150 sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen (vgl.

HOLLMANN/HETTINGER, 2000; HOLLMANN/LIESEN, 1985; HOLLMANN et al. 1978).

Aus: HOLLMANN/HETTINGER, 2000, S. 519.

2.5.3 Ausdauer bei Trainierten und Untrainierten

Die Bedeutung der körperlichen Aktivität, insbesondere eines systematischen Trainings für die Verbesserung der Ausdauer, zeigen die Leistungen von Ausdauersportlern, aber auch schon von sportlich aktiven Personen ohne spezielles Ausdauertraining. HOLLMANN hat bei 2.834 Personen auf dem Fahrradergometer in einer Querschnittsuntersuchung die Entwicklung der maximalen Sauerstoffaufnahme im Altersverlauf bei Untrainierten ermittelt und durch einige Werte für Sportler im dritten, sechsten und siebten Lebensjahrzehnt ergänzt. Daraus ergibt sich, dass Ausdauersportler im dritten Lebensjahrzehnt gegenüber Normalpersonen mit 61 nahezu die doppelte maximale Sauerstoffaufnahme zeigen. Ausdauersportlerinnen ab dem 30. Lebensjahr erreichen eine um mehr als 50% und Alterssportler ohne spezielles Ausdauertraining eine um etwa 40% höhere Kapazität gegenüber gleichaltrigen Normalpersonen (vgl. 1963). Auf diese Weise können sich ausdauertrainierte Alterssportler eine Leistungsfähigkeit der Herz-Kreislauf- und Atemfunktionen erhalten, die der 40 Jahre Jüngerer untrainierter Personen entspricht (vgl. MEUSEL, 1996, S. 75f). Bei allgemein sportlich Aktiven kann die Differenz immer noch 20 Jahre betragen.

Aus zahlreichen Untersuchungen zur Trainierbarkeit geht hervor, dass Normalpersonen bis ins hohe Alter ihre Ausdauerfähigkeit durch individuell dosierte Belastungen erhöhen können (vgl. CONZELMANN, 1994). Selbst ein Beginn Ausdauer fördernder Betätigung nach dem 70. Lebensjahr zeitigt noch signifikante Verbesserungen. Ein Gesichtspunkt, dessen Bedeutung für die Erhaltung der Gesundheit, der Leistungsfähigkeit und der Mobilität im Alter kaum hoch genug einzuschätzen ist. Spitzenleistungen Älterer im Ausdauersport unterstreichen die mögliche Anpassungsfähigkeit an Ausdauerbelastungen auch im Alter.

In anderen Ausdauersportarten wie Skilanglauf und Schwimmen werden vergleichbar hohe Leistungen Älterer ausgewiesen (vgl. hierzu: SCHNEITER, 1973; LETZELTER et al., 1986). Für ältere und insbesondere alte Menschen bergen so intensive Belastungen, wie sie für das Erreichen hoher Leistungen erforderlich sind, allerdings erhebliche Risiken. In der Regel lässt der Stütz- und Bewegungsapparat im höheren Alter solche Belastungen nicht mehr zu. Sie sind auch nicht erforderlich, wirken sich bei Normalpersonen doch schon leichte bis mittlere Belastungen positiv auf die Gesundheit aus, indem sie die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems verbessern bzw. auf einem höheren Niveau erhalten (vgl. PAFFENBARGER, 1996).

Während man früher in der Diskussion über die Gesundheitsvorsorge und die Erhaltung der Leistungsfähigkeit im Alter fast nur das Ausdauertraining anerkannt und die dafür erforderlichen Belastungen überschätzt hat, ist heute ein ausgewogeneres Urteil schon nahezu allgemein verbreitet. Insbesondere wird heute der Wert einer vielseitigen Kräftigung der Muskulatur anerkannt.

Bewegungsreize in vielfältiger Form führen in jedem Alter zum Erhalt der Leistungsfähigkeit und dienen der Gesundheitsvorsorge. Die bewegungsinduzierten Adaptationen stellen sich im Alter als Verjünglichung dar; sie signalisieren ein niedriges biologisches Alter, und sie leisten zweifellos einen überzeugenden Beitrag zur Erhaltung der Unabhängigkeit im Alter (vgl. ISRAEL, 1998, S. 53f).

3 Die Studie

Um die vorliegende Untersuchung in den Kontext des Themas einordnen zu können, werden zunächst die Begründungen für diese Studie dargelegt.

3.1 Begründung der Studie

Aus dem unter Kapitel 2 ‚Gerointervention‘ Gesagten folgt trotz der dort geäußerten Einwände, Bedenken und Vorbehalte:

a) Alle Organsysteme 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 gelingt deshalb vornehmlich mit Hilfe körperlicher Aktivitäten und einem adäquaten Lebenswandel, wie dies u.a. MEUSEL, (1999), PAFFENBARGER, (1996), PAFFENBARGER/LEE, (2001), ROWE/KAHN, (1998), SPIRDUSO, (1995) nachwiesen.

b) DENK/PACHE stellten in der Bonner Alterssportstudie zur Einstellung und Motivation älterer Menschen zu Sport- und Bewegungsaktivitäten fest, dass „weniger als 10% der 60+-Älteren regelmäßig Sport betreiben“ (1999, S. 324). Deshalb ging und geht es darum, eine größere Zahl älterer Menschen in einer immer älter werdenden Gesellschaft zu regelmäßiger körperlicher Aktivität zu bewegen, herauszuholen aus der weit verbreiteten `Bewegungsunlust`. Und dies nach Möglichkeit über ein halbes oder ein Jahr hinaus andauernd, um für sie erfahrbar zu machen, dass sich dieser körperliche Einsatz lohnt, ein Tatbestand, der sich möglicherweise in Veränderungen des Selbstbildes und der Alltagskompetenz äußert.

c) Ein moderates, auf die jeweilige körperliche individuelle Leistungsfähigkeit abgestimmtes Ausdauertraining (hier auf einem Fahrradergometer) sollte die Sauerstoffversorgung des Körpers verbessern helfen, welche unter anderem die Vitalkapazität (VC) verbessert. Deshalb ging und geht es darum nachzuweisen, dass sich die VC bei älteren Menschen, die bislang keinen regelmäßigen Ausdauersport in ihren vergangenen Lebensjahrzehnten betrieben haben, durch ein Ausdauertraining verbessern lässt.

Die Kernhypothese der durchgeführten Untersuchung lautet: Die Vitalkapazität lässt sich trainieren, d.h. die Abnahme der VC kann jeder ältere Mensch (hier im Alter von 60-70 Jahren), gleich welcher Geschlechtszugehörigkeit, unabhängig von seinem Körpergewicht, durch Aufnahme eines moderaten Ausdauertrainings verhindern bzw. die Abnahme reduzieren.

3.2 Wissensstand zur Vitalkapazität

Um die nachfolgende Darstellung besser nachvollziehen zu können, erfolgt zunächst die Erläuterung wichtiger Parameter und Definitionen.

Die gebräuchlichen Abkürzungen in der Lungenfunktionsprüfung sind in Tabelle 1 im Anhang zu finden.

Statische Lungenvolumina

Volumeneinteilung

Totalkapazität (ca. 6 l)	Vitalkapazität (ca. 4,5 l)	inspiratorisches Reservevolumen (ca. 2,5 l)
		Atemzugvolumen (ca. 0,5 l)
	expiratorisches Reservevolumen (ca. 1,5 l)	
	Residualvolumen (ca. 1,5 l)	

Abb. 12 : Aufteilung der wichtigsten Lungenvolumina im Überblick. Unter: www.m-ww.de/krankheiten/atemwegserkrankungen/grundlagen.

Das Volumen des einzelnen Atemzuges ist bei der Ruheatmung verhältnismäßig klein, verglichen mit dem in der gesamten Lunge enthaltenen Gasvolumen. Über das normale Atemzugvolumen hinaus können also sowohl bei der Inspiration als auch bei der Expiration erhebliche Zusatzvolumina aufgenommen bzw. abgegeben werden. Aber auch bei tiefster Ausatmung ist es nicht möglich, alle Luft aus der Lunge zu entfernen; ein bestimmtes Restvolumen bleibt immer in den Alveolen und den zuleitenden Luftwegen zurück. Für die quantitative Erfassung dieser Verhältnisse wurden die im Folgenden beschriebenen Volumeneinteilungen vorgenommen, wobei zusammengesetzte Volumina als Kapazitäten gekennzeichnet werden.

Teilvolumina und Kapazitäten:

Nach Ulmer et al. (1991) werden als Teilvolumina der Vitalkapazität bezeichnet: das Atemzugvolumen (V_T), das inspiratorische (IRV) und expiratorische Reservevolumen (ERV). Die Summe von IRV und V_T ergibt die inspiratorische Kapazität (IC). Die funktionelle Residualkapazität (FRC) gibt das endexpiratorische Gasvolumen in Lunge und Atemwegen an. Es handelt sich um die Summe von expiratorischem Reservevolumen und Residualvolumen (RV). Die Summe aus Residualvolumen und Vitalkapazität ergibt die totale Lungenskapazität (TLC).

Die Vitalkapazität (VC) stellt ein Maß für die Ausdehnfähigkeit von Lunge und Thorax dar. Die Vitalkapazität beschreibt das Volumen zwischen maximaler Inspiration und maximaler Expiration. Sie kann auf folgende Arten bestimmt werden:

Inspiratorische Vitalkapazität (IVC): Ohne Hast, aber auch ohne Verzögerung wird hierbei nach kompletter Expiration maximal eingeatmet.

Expiratorische Vitalkapazität (EVC): Das Manöver erfolgt umgekehrt, nach kompletter Inspiration wird maximal ausgeatmet.

Forcierte Vitalkapazität (FVC): Hier wird die Vitalkapazität bei einem forcierten expiratorischen Manöver von kompletter Inspiration zu maximaler Expiration gemessen.

Zwei-Stufen-Vitalkapazität: die Vitalkapazität wird als Summe von IC und ERV in zwei Stufen ermittelt.

Bei gesunden Probanden differieren die Ergebnisse der einzelnen Manöver nur minimal. Bei obstruktiven Ventilationsstörungen jedoch ergibt das expiratorische - und noch deutlicher das forcierte expiratorische Manöver - häufig geringere Vitalkapazitäten. Es wird daher die Verwendung der inspiratorischen Vitalkapazität empfohlen. Bei massiv dyspnoitischen Patienten kann auch die zweistufige VC zum Einsatz kommen.

Der Anteil der Vitalkapazität an der Totalkapazität beträgt beim gesunden Menschen etwa 74%, der Anteil des Residualvolumens 26%.

Expiratorisches Reservevolumen (ERV): Es handelt sich um jenes Volumen, welches vom Niveau der FRC noch maximal ausgeatmet werden kann. Es ist im Liegen geringer als im Sitzen, und nimmt auch bei Adipositas ab. Die Angabe eines ‚Normalwertes‘ für die Vitalkapazität ist kaum möglich, da sie von verschiedenen Parametern wie Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körperposition und Trainingszustand abhängig ist. Die Vitalkapazität nimmt mit dem Alter, insbesondere nach dem 40. Lebensjahr, ab. Dies ist auch auf den Elastizitätsverlust der Lunge und die zunehmende Einschränkung der Thoraxbeweglichkeit zurückzuführen. Die Abhängigkeit vom Geschlecht kommt darin zum Ausdruck, dass die VC-Werte für Frauen um etwa 25% kleiner sind als für Männer. Der Einfluss der Körpergröße ist evident, wenn man die unterschiedlichen Thoraxgrößen berücksichtigt. Als empirische Regel gilt für den jüngeren Mann:

$VC (l) = 2,5 \times \text{Körpergröße (m)}$ (vgl. ULMER et al., 1991, S. 3).

Für einen 180 cm großen Mann ergibt sich somit eine Vitalkapazität von etwa 4,5 Liter. Die Körperposition hat insofern eine Bedeutung, als die Vitalkapazität stehend gemessen etwas größer ist als liegend gemessen, weil in der aufrechten Position die Blutfülle der Lunge geringer ist. Die VC-Angaben beziehen sich meist auf den liegenden Probanden. Schließlich hängt die Vitalkapazität vom Trainingszustand ab. Ausdauertrainierte Sportler haben eine erheblich größere Vitalkapazität als untrainierte Personen. Besonders große VC-Werte (bis zu 8 Liter) findet man bei Schwimmern und Ruderern, bei denen die auxiliären Atemmuskeln

(Mm. Pectoralis major und minor) besonders stark ausgeprägt sind. Die Bedeutung der Vitalkapazität liegt vor allem auf diagnostischem Gebiet (vgl. SCHMIDT-THEWS-LANG, 2000, S. 569f).

Inspiratorisches Reservevolumen (IRV): Es handelt sich um jenes Volumen, welches vom durchschnittlichen endinspiratorischen Niveau maximal eingeatmet werden kann.

Atemzugvolumen (V_T): Es handelt sich um ein dynamisches Lungenvolumen, welches stark variieren kann. In Ruhe beträgt das Atemzugvolumen beim Gesunden ca. 0,5-0,8 Liter. Das Atemzugvolumen ist auch deutlich lageabhängig.

Inspiratorische Kapazität (IC): Die inspiratorische Kapazität ist jenes Volumen, das vom Niveau der funktionellen Residualkapazität maximal eingeatmet werden kann. Es ist daher gleich der Summe von $V_T + IRV$. Im Liegen und im Sitzen zeigen sich keine Unterschiede.

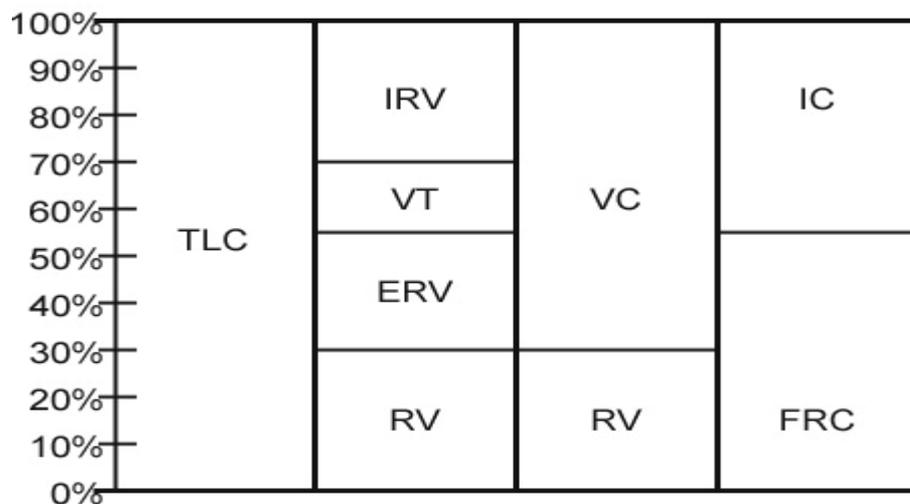


Abb. 13: Lungenvolumina beschreiben den Zustand der Lunge in Abwesenheit von Flussbewegungen. Die Summe von vier Teilvolumina beschreibt den maximalen Füllungsstatus. Zur weiteren Beschreibung dienen auch Kapazitäten, die sich aus der Summe von zwei oder mehreren Teilvolumina ergeben. Aus: Lungenfunktion ZAN-Body, Doc.-Nr. BrFV5G03/C: VK-11-00-CDR7.

Funktionelle Residualkapazität (FRC): Die funktionelle Residualkapazität ist jenes Volumen, welches auf durchschnittlichem endexpiratorischen Niveau in Lunge und Atemwegen verbleibt. Es ist gleich der Summe von expiratorischem Reservevolumen und Residualvolumen. Das Residualvolumen kann nur indirekt gemessen werden. Die FRC wird mittels Gasverdünnungsmethode oder Ganzkörper-Plethysmographie bestimmt.

Der Gasverdünnungsmethode liegt die physikalische Gesetzmäßigkeit zugrunde, dass das Konzentrations-Volumenprodukt in einem geschlossenen Raum bei gleichbleibender Temperatur konstant ist. Das Prinzip basiert daher auf der Verdünnung einer bekannten

Testgaskonzentration in einem bekannten Ausgangsvolumen. Die Verdünnung des Testgases ist umso größer, je größer das unbekannte, zu messende Lungenvolumen ist. In den meisten Geräten dient Helium als Testgas, da es als Inertgas nicht am Gasaustausch teilnimmt. Die Methode ist relativ preiswert und einfach durchzuführen.

Der Ganzkörper-Plethysmographie liegt das Boyle-Mariott'sche Gesetz zugrunde, dem zufolge das Produkt aus Druck und Volumen konstant ist. Das intrathorakale Gasvolumen (TGV, ITGV) wird zum Zeitpunkt eines Verschlusses bestimmt. Legt man den Verschluss an das Ende einer normalen Ausatmung, so kann das TGV bestimmt werden. Durch den Verschluss am Mundstück führen in- und expiratorische Atemexkursionen zur Kompression und Dekompression der intrathorakalen Luft. Die dabei auftretenden alveolaren Druckschwankungen können als Druckänderungen am Mund registriert werden. Werden so gleichzeitig die in- und expiratorischen Druckschwankungen in der Kammer gemessen, so lässt sich aus der Neigung der Verschlussdruckkurve das intrathorakale Gasvolumen (ITGV) zum Zeitpunkt des Verschlusses bestimmen.

Das plethysmographisch gemessene ITGV beinhaltet neben ventilierten natürlich auch nicht ventilierte Lungenareale. Bei Patienten mit Lungenzysten ergeben sich daher größere Volumina als bei der Verdünnungsmethode. Die Differenz zwischen beiden Methoden informiert dann über das Ausmaß von nicht ventilierten Arealen.

Die FRC variiert deutlich mit der Körperposition. Sie ist im Liegen kleiner als im Sitzen oder Stehen. Auch bei Adipositas sind ERV und FRC vermindert.

Totale Lungkapazität (TLC): Die Totalkapazität ist jenes Volumen, welches sich nach einer maximalen Inspiration in der Lunge befindet. Sie wird entweder als Summe von funktioneller Residualkapazität und inspiratorischer Kapazität ($TLC = FRC + IC$) oder als Summe von Residualvolumen und Vitalkapazität ($TLC = RV + IVC$) bestimmt (vgl. SCHMIDT-THEWS-LANG, 2000, S. 569ff; auch bei: PETRO/KONIETZKO, 1989; ULMER et al., 1991).

3.2.1 Atmung und Lungenvolumina

Die Lunge (Pulmo) ist das Atmungsorgan aller Luft atmenden Wirbeltiere. Es handelt sich dabei um ein in 24 Generationen verzweigtes Röhrensystem in Form zweier durch das Brustfell eingeschlossener Flügel, die wiederum rechts in drei und links in zwei Lappen unterteilt werden.

Die funktionell wichtigsten Teile der Lunge sind die sich am Ende des Röhrensystems befindlichen Lungenbläschen, auch Alveolen genannt. In denen findet der tatsächliche

Gasaustausch statt, bei dem Kohlendioxid (CO₂) aus dem Blut abgeführt und Sauerstoff (O₂) dem Blut zugeführt wird.

Die Lunge erfüllt die folgenden funktionellen Aufgaben:

Ventilation: Das mechanische Hinein- und Hinauspressen der Luft, sowohl in der Ruheatmung (unbewusster Automatismus) als auch unter Belastung (physisch forcierte Atmung). Man spricht bei der Ausatmung von der Expiration und bei der Einatmung von der Inspiration als den Atem-Manövern schlechthin (vgl. FERLINZ, 1994, S. 32f.).

Distribution: Die gleichmäßige Verteilung der eingeatmeten Luft im 24-mal verzweigten Röhrensystem bis hin zu den am Ende der Ästchen sitzenden Alveolen

Diffusion: Das Ein- und Ausdiffundieren des in dem Lungenbläschen befindlichen Gases durch die hauchdünne Wand der die Alveolen umschließenden Blutgefäße (vgl. ebd., S. 38f).

Perfusion: Die Ab- und Zutransportgeschwindigkeit des durch die Blutgefäße des Alveolarnetzes fließenden Blutes, innerhalb des Lungenkreislaufes (vgl. ebd., S.15).

Für den Energiegewinn aus den Grundnahrungsstoffen Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett benötigt der Organismus molekularen Sauerstoff. Als Endprodukt des Stoffwechselgeschehens fallen u.a. Wasser und Kohlendioxid an. Die Sauerstoffaufnahme in der Lunge, die Sauerstoffabgabe im Gewebe, die Kohlendioxidaufnahme im Gewebe und die Kohlendioxidabgabe durch die Lunge bezeichnen wir als Atmung. Der Austausch der Atemgase vollzieht sich in der Lunge. Sie besteht aus einer großen Anzahl von Lungenbläschen, die in ihrer Gesamtheit eine Oberfläche von ca. 100 m² bilden. Die uns umgebende Luft gelangt bei der Einatmung durch den Nasen-Rachen-Raum über die Luftröhre und den Bronchialraum in die Lungenbläschen. Den Raum vor den Lungenbläschen bezeichnet man auch als Totraum. Er beträgt ca. 150 ml. In ihm wird die Luft gereinigt, angewärmt und befeuchtet. Damit die Luft in die Lunge eindringen kann, ist es notwendig, einen Unterdruck zu erzeugen. Dieses geschieht durch Senken des Zwerchfells bzw. durch Heben der Rippen. In beiden Fällen wird der Brustraum erweitert. Die Lunge, die über das Lungenfell mit dem Zwerchfell und der Brustwand verbunden ist, dehnt sich dabei aus. Einatmung ist stets ein aktiver Vorgang. Die normale Ausatmung erfolgt passiv. Das Atemzugvolumen beträgt im Mittel 500 ml. Aus der Mittellage der Atmung heraus lassen sich noch etwa 2000 ml Luft ein- (inspiratorisches Reservevolumen) und eine gleiche Menge ausatmen (expiratorisches Reservevolumen). Auch nach maximaler Ausatmung verbleiben noch ca. 800-1700 ml Luft in der Lunge, das sogenannte Residualvolumen (vgl. FERLINZ, 1994, S. 28,48f).

In Ruhe schwankt die Zahl der Atemzüge zwischen 12 und 20/min. Vom normalen Atemvolumen verbleiben ca. 150 ml im Totraum. Die restlichen 350 ml vermischen sich mit ca. 3.200 ml Luft, die in der Lunge vorhanden sind (expiratorisches Reservevolumen und Residualvolumen). Da es sich bei den zuletzt genannten Volumina um sauerstoffausgenutzte Luft handelt, ist der prozentuale Sauerstoffgehalt in den Lungenbläschen stets geringer als in der Einatemluft. Je tiefer die Atmung, desto höher der prozentuale Sauerstoffanteil in den Lungenbläschen (vgl. SCHMIDT-THEWS-LANG, 2000, S. 569f)

Der Austausch der Atemgase in der Lunge und im Gewebe läuft nach den Gesetzen der Diffusion ab. Die Atemgase diffundieren vom Ort höherer Konzentration zum Ort niedriger Konzentration. Da nach den Gasgesetzen der Partialdruck eines Gases seinem prozentualen Anteil an einem Gasgemisch entspricht, ist das Druckgefälle die treibende Kraft für den Austausch. Der Sauerstoffgehalt der Luft beträgt ca. 21 Vol.% bei 760 Torr Luftdruck. Danach ergibt sich der Partialdruck des Sauerstoffs (pO_2) in der Einatemluft von ca. 160 Torr. Durch Vermischung mit der Totraumluft und nach Abzug der Wasserdampfsättigung der Luft bleibt in den Alveolen ein Partialdruck von 100 Torr übrig. Das venöse Blut weist einen Sauerstoffdruck (pO_2) von ca. 40 Torr auf. Der Sauerstoff bewegt sich demnach von den Lungenalveolen in das Blut. Im Gewebe liegt der Sauerstoffdruck unter demjenigen des arteriellen Blutes. Folglich wird entsprechend dem Druckgefälle Sauerstoff in das Gewebe diffundieren. Der umgekehrte Vorgang spielt sich beim Austausch von Kohlendioxid ab. Hier ist der Partialdruck des Kohlendioxids im Gewebe höher als im Blut und im Lungenarterienblut höher als in den Lungenbläschen. Folglich besteht ein Diffusionsgefälle vom Gewebe zum Blut und von diesem zu den Lungenbläschen. Auf eine kurze Formel gebracht: Der Austausch von Sauerstoff bzw. Kohlendioxid geschieht in gegenläufiger Richtung; dabei bestimmt das jeweilige Partialdruckgefälle in der Lunge bzw. im Muskelgewebe die Diffusionsrichtung.

Die Atemgase werden im Blut von der Lunge zum Gewebe und zurück transportiert. Blut besteht aus flüssigen (Blutplasma) und festen Bestandteilen (rote und weiße Blutkörperchen und Blutplättchen). Im Plasma sind verschiedenste Eiweißstoffe und Elektrolyte gelöst; Kohlenhydrate und Fette werden im Plasma transportiert.

Sauerstoff wird zu einem geringen Anteil (0,3 Vol. %) physikalisch im Plasma gelöst. Der überwiegende Anteil wird in den roten Blutkörperchen am Blutfarbstoff (Hämoglobin) locker gebunden. Die prozentuale Sättigung des Hämoglobins mit Sauerstoff ist vom Partialdruck des Sauerstoffs abhängig. Bei dem in den Lungenbläschen herrschenden Sauerstoffpartialdruck ist das Hämoglobin nahezu hundertprozentig mit Sauerstoff gesättigt.

Im Bereich der Sauerstoffdrücke, die im Gewebe herrschen, verläuft die Sättigungskurve relativ steil. Das bedeutet, dass bei geringer Änderung des Sauerstoffpartialdrucks eine große Menge Sauerstoff abgegeben werden kann.

Der Anteil des physikalisch im Blutplasma gelösten Kohlendioxids beträgt etwa 5%. 80% dieses Gases werden als Bicarbonat im Plasma (NaHCO_3) und in den roten Blutkörperchen (KHCO_3) gebunden. 10-15% des Kohlendioxids gehen eine Verbindung mit dem Hämoglobin ein. Der Vorgang der Bicarbonatbindung wird durch ein Ferment (Karboanhydrase) beschleunigt. Sauerstoffarmes Blut kann eine größere Menge Kohlendioxid als sauerstoffreiches transportieren.

Atemtiefe und Atemfrequenz werden unter normalen Bedingungen nicht willkürlich gesteuert. Zunahme des CO_2 -Gehalts im Blut bzw. eine Verminderung des pH-Wertes führen zu einer Steigerung der Atmung. Durch willkürlich oder nicht willkürlich (z.B.: infolge von Aufregung) gesteigerte Atmung (Hyperventilation) lässt sich der Gehalt an CO_2 im Blut vermindern. Beim Tauchsport muss man berücksichtigen, dass sich mit zunehmender Wassertiefe der auf dem Körper lastende Druck erhöht (1 atm. pro 10m Wassertiefe). Damit nimmt auch der Partialdruck der Atemgase zu. Dadurch wird auch bei geringerer Menge Sauerstoff das Druckgefälle vom arteriellen Gefäß zum Gewebe beibehalten. Beim Auftauchen nimmt aber der Partialdruck ab. Wurde in der Tiefe zu viel Sauerstoff verbraucht, kann der Sauerstoff-Partialdruck an der Wasseroberfläche unter den kritischen Punkt ($< 30\text{-}40$ Torr) absinken und so zur Bewusstlosigkeit führen. Das bedeutet, dass man sich auch beim sog. Apnoe-Streckentauchen 2-3 m unter der Wasseroberfläche nicht voll ausgeben darf.

Beim Tauchen mit einem Schnorchel darf die Schnorchellänge 30 cm nicht überschreiten. Bei längeren Schnorcheln besteht die Gefahr des Lungenödems, da der Gewebeinnendruck der Lunge erheblich größer ist als der Druck in den Lungenbläschen. In den Lungenbläschen beträgt er 760 Torr, im Gewebe je nach Tauchtiefe mehr.

Bei Bergwanderungen oder Klettertouren muss man berücksichtigen, dass mit zunehmender Höhe der Luftdruck und damit der Sauerstoff-Partialdruck abnimmt. Dieser beträgt in Meereshöhe in der Luftröhre ca. 150 Torr, in 1000 m Höhe ca. 131 Torr, in 2000 m Höhe ca. 115 Torr. und in 3000 m Höhe 100 Torr. Im Lungenbläschen beträgt der Sauerstoff-Partialdruck auf gleichen Höhen 100-80-60-50 Torr. Damit würde in Höhen, in denen z.B. Skigebiete liegen, eine vollständige Sättigung des Hämoglobins nicht mehr stattfinden. Der Organismus passt sich dieser Situation durch die Erhöhung der Atem- und Pulsfrequenz unter Ruhe- und Arbeitsbedingungen an. Die Zahl der roten Blutkörperchen nimmt zu.

Der Sauerstoffverbrauch eines Erwachsenen beträgt unter Ruhebedingungen ca. 300 ml/min. Bewegung bedingt eine Zunahme des Sauerstoffbedarfs. Die körperliche Leistungsfähigkeit wird im Wesentlichen durch das Sauerstoff-Transportvermögen des Körpers bestimmt. Dieses ist abhängig von der maximalen Sauerstoffaufnahme und von der maximalen Pumpleistung des Herzens.

Bei gesunden, untrainierten Personen im Alter zwischen 18 und 40 Jahren beträgt die maximale Sauerstoffaufnahme ca. 3.000 ml/min. Unterhalb und oberhalb dieser Altersgrenze ist die maximale Sauerstoffaufnahme geringer. Sie beträgt bei untrainierten Menschen von 60 Jahren nur noch zwei Drittel derjenigen Menge, die mit 20 Jahren erreicht wurde. Für die gleiche äußere Arbeit, z.B. beim Fahrradfahren, benötigt der Trainierte wie der Untrainierte die gleiche Menge Sauerstoff. Die Sauerstoffaufnahme lässt sich durch die Zunahme des Atemminutenvolumens steigern. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Steigerung der Atemfrequenz,
2. Steigerung der Atemtiefe.

Es ist nicht gleichgültig, welche der zwei Möglichkeiten ausgenutzt werden. Mit zunehmender Atemfrequenz verringert sich das Atemzugvolumen. Das bedeutet, dass die Durchmischung der in der Lunge vorhandenen Luft schlechter wird. Der prozentuale Anteil und damit der Partialdruck des Sauerstoffs wird geringer. Dieses hat im Extremfall eine Untersättigung des Blutes mit Sauerstoff zur Folge. Durch körperliches Ausdauertraining wird die Zahl der Atemzüge unter Ruhe- und Arbeitsbedingungen zugunsten eines größeren Atemzugvolumens verringert. Damit wird der Quotient „Atemminutenvolumen in ml/min. zu Sauerstoffaufnahme in ml/min. (-- Atemäquivalent)“ verkleinert. Untersuchungen an Ausdauertrainierten haben gezeigt, dass das Atemäquivalent gegenüber Untrainierten auf allen Belastungsstufen niedriger ist. Der Trainierte kann deshalb seine vorgegebenen Atemreserven besser ausnutzen. Darüber hinaus bedingt Ausdauertraining auch eine Größenzunahme der Lunge. Dieses lässt sich an der Zunahme der Vitalkapazität ablesen. Damit nimmt auch das Residualvolumen ab.

Eine Vermehrung der roten Blutkörperchen bzw. des Hämoglobins durch Training unter Normalbedingungen konnte nicht bewiesen werden. Durch Training in großen Höhen jedoch, in denen der sinkende Sauerstoffpartialdruck eine Untersättigung des Blutes mit Sauerstoff bedingt, wird die Zahl der roten Blutkörperchen gesteigert. Gleichzeitig nimmt auch die Aktivität der Atmungsfermente zu. Hierdurch lässt sich die Leistungsreserve vorübergehend auch für Ausdauerleistungen steigern, die auf Meereshöhe erbracht werden (vgl. SCHMIDT-

THEWS-LANG, 2000, S. 569ff; zu diesen Ausführungen: KOEPCHEN/PIIPER, 1972; SILBER-NAGEL/DESPOPOULOS, 1988;).

Ventilationsverhalten der Lunge

Der Normalzustand der Lunge ist die so genannte Atemruhelage, bei welcher die Lunge das Gleichgewicht der nach außen ziehenden Rippenmuskulatur und der nach innen ziehenden Lungenelastizität hält, in Form unbewusst gesteuerter ruhiger Ein- und Ausatmung (ca. 0,5-1 Liter). (Atemzugvolumen (AZV) oder auch Tidalvolumen (TV)).

Aus pneumophysiologischen Gründen muss eine nicht zu mobilisierende Luftmenge (ca. 1-4 Liter), permanent in der Lunge verbleiben, um das anstrengungslose Atmen überhaupt ermöglichen zu können (Luftballon-Aufblaswiderstandsprinzip!). Ohne dieses so genannte Residualvolumen (RV) würde die Lunge zusammenklappen wie ein feuchter Gummisack.

Vom tiefsten Punkt der Ruheatmung aus kann oder sollte jeder Mensch durch bewusstes Anstrengen noch zusätzlich Luft (ca. 1,5-2,5 Liter) maximal ausatmen können (expiratorisches Reservevolumen (ERV)). Vom tiefsten Punkt der Ruheatmung aus kann oder sollte jeder Mensch durch bewusstes Anstrengen noch zusätzlich Luft (ca. 2-3 Liter) maximal einatmen können (inspiratorisches Reservevolumen (IRV)).

Werden RV und VC addiert, erhält man die maximal mögliche, in der Lunge befindliche Luftmenge (ca. 4-6 Liter) also das Fassungsvermögen, die totale Lungenkapazität (TLC).

Weitere additive Kenngrößen sind $AZV + IRV$ - inspiratorische Kapazität (IC) und $RV + ERV$, die funktionelle Reservevolumenkapazität (FRC).

Man bezeichnet die oben erwähnten Parameter als die statischen Teilvolumina der Lunge:

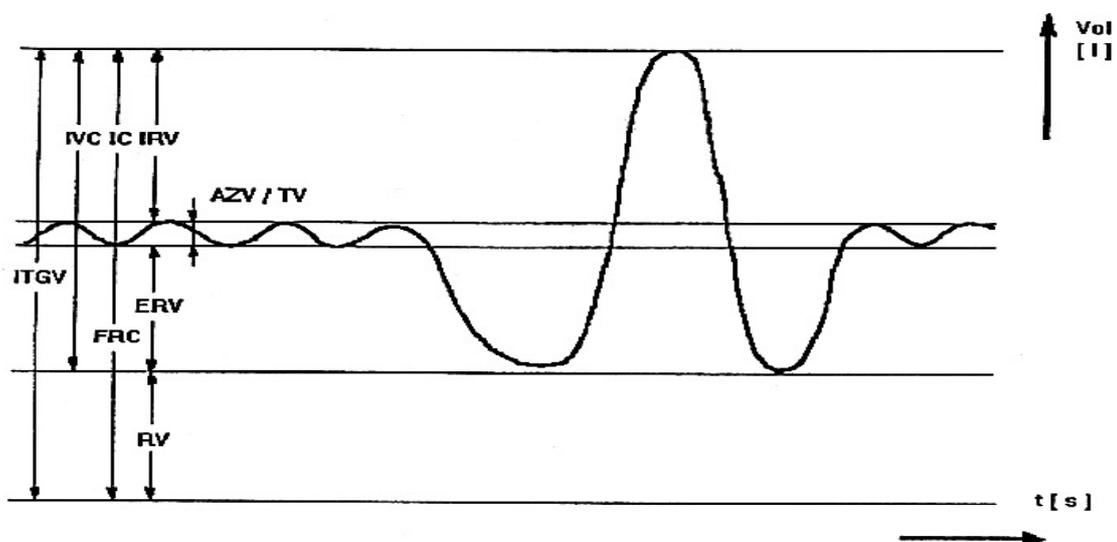


Abb. 14: Statische Lungenvolumina beschreiben den Zustand der Lunge in Abwesenheit von Flussbewegungen. Die Summe von vier Teilvolumina beschreibt den maximalen Füllungszustand.
Aus: LungenFunktion ZAN-Body, Doc.-Nr. BrFV5G03/C: VK-11-00-CDR7.

Die vorhandene Menge dieser Volumina und die Aufteilung untereinander lässt schon Rückschlüsse auf pathologische Fehlfunktionen der Lunge zu. Weit wichtiger für die Diagnose der meisten Lungenfunktionsstörungen ist aber die Betrachtung der Strömungsparameter bei der so genannten forcierten Ein- und Ausatmung, wobei der Proband angewiesen wird, so tief und so schnell es ihm möglich ist, die Luft ein- bzw. auszuatmen. Wegen der diagnostischen Relevanz untersucht man dabei nur das expiratorische Strömungsprofil der Lunge, das folgendermaßen definiert wird:

Das nach einer Sekunde forciert und maximal ausgeatmete Lungenvolumen (ca. 2-6 Liter) bezeichnet man als Tiffeneauwert, Einsekundenkapazität oder als forciertes expiratorisches Volumen nach einer Sekunde (FEV_1). Dies gilt als die Lungenfunktionskenngröße schlechthin, von der durch Vergleichen mit der Probanden-VC bzw. deren Sollwerte, auf fast alle Ventilationsstörungen rückgeschlossen werden kann. Allerdings hängen diese Werte von der Körpergröße, dem Körpergewicht, dem Lebensalter, dem Geschlecht und dem Trainingszustand (bzw. dem betriebenen Ausdauersport) ab (vgl. zu diesen Ausführungen: ULMER et al., 1991, S. 14).

Das nach einer maximalen Einatmung (komplette VC) forciert und maximal ausgeatmete Lungenvolumen nennt man forcierte Vitalkapazität (FVC). Sie ist das dynamische Gegenstück zur klassischen VC des Probanden und müsste theoretisch gleich groß sein. Da die Bronchien aber bei forcierter Atmung besonders in pathologischen Fällen weniger leistungsfähig sind als bei Ruheatmung, ergibt sich eine diagnostisch wertvolle Differenz zwischen VC und FVC.

Vergleicht man das FEV_1 relativ zur FVC, erhält man die relative Sekundenkapazität (FEV_1/FVC), welche Auskunft darüber gibt, wie viel Prozent (ca. 75-85 Prozent) der Proband bei einem forcierten Ausatemmanöver von seiner gesamten FVC bereits nach einer Sekunde ausgeatmet hat. Dies stellt ebenfalls eine der wichtigsten Kenngrößen bei der Lungenfunktionsprüfung dar.

Die maximal auftretende Flussgeschwindigkeit (10-20 Liter/Sek.) während der forcierten Ausatmung definiert man als Spitzenfluss oder als Peak(-Expiratoric)-Flow (PEF). Er beschreibt das Strömungsverhalten in den so genannten großen Atemwegen der Lunge, welches nach ca. 10-15 % des ausgeatmeten FVC zu beobachten ist.

Die so genannten MEF-Werte in Liter/sek. beschreiben die Leistungsfähigkeit während der restlichen forcierten Ausatemzeit, die den maximalen expiratorischen Fluss bei noch verbleibenden 75, 50 und 25 Prozent der auszuatmenden FVC angeben (MEF_{75} , MEF_{50} , MEF_{25}). MEF_{75} beschreibt dabei das Verhalten der ‚Großen‘, MEF_{50} der ‚Mittleren‘ und

MEF₂₅ der ‚Kleinen Atemwege‘, welche den so genannten ‚Raucherknick‘ in der Flussvolumenkurve sehr anschaulich beschreiben.

Man bezeichnet die oben erwähnten Parameter als die dynamischen Teilvolumina der Lunge:

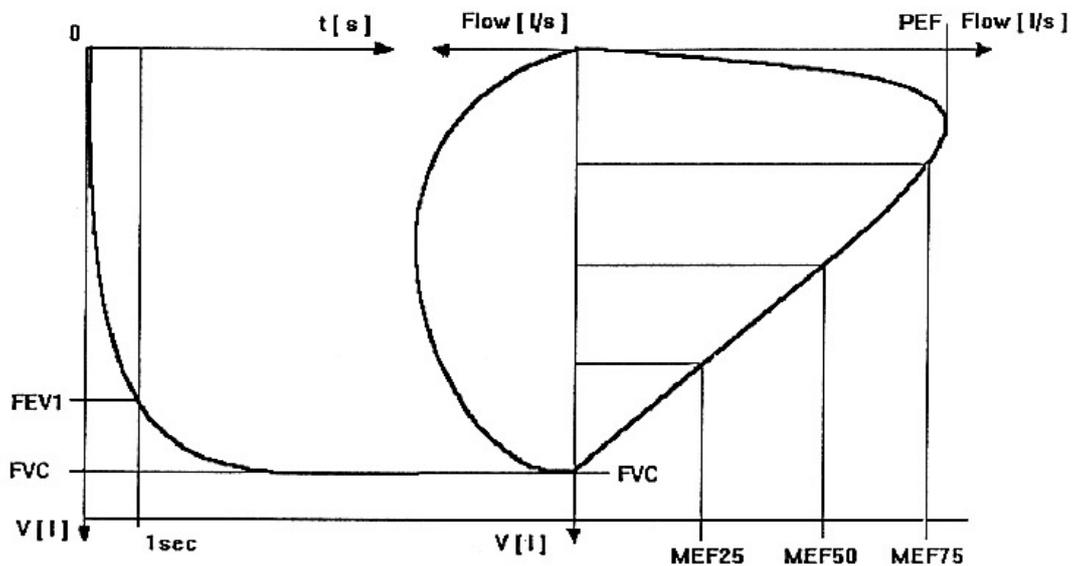


Abb. 15: Die dynamischen Teilvolumina der Lunge. Aus: LungenFunktion ZAN-Body.

Die beschriebenen Parameter werden sowohl bei der ‚Kleinen Lungenfunktionsprüfung‘ als auch bei der ‚Kleinen Spirometrie‘ gemessen. Ergänzt man die Messung um den Atemwiderstandstest, so spricht man von der ‚Erweiterten Kleinen Lungenfunktionsprüfung‘. Der Atemwiderstandstest (RAW) ist, wie der Name schon sagt, der Strömungswiderstand, den die Lunge überwinden muss, um Luft in die Lunge überhaupt ein- bzw. ausatmen zu können und wird in kPascal pro Liter/sek. gemessen (ca. 0,2-0,4 kPasc/l). Liegt eine krankhafte Atemwegs-Beeinträchtigung der Lunge vor, erhöht sich dieser Wert entsprechend. Je nach Art der Messmethode wird er allgemein als Resistance (R_{oc}-Occlusion, R_{os}-Oscillatoric, R_{tot}-total-Body) bezeichnet. Man unterscheidet den Atemwiderstand grundsätzlich vom Atemwegswiderstand, da Letzterer nur das Widerstandsverhalten der bewegten Luft innerhalb des Bronchialsystems beschreibt und nicht wie der Atemwiderstand über die Atemtriebskraft gemessen wird (vgl. ULMER et al., 1991, S. 28ff).

Zusammengefasst lässt sich festhalten:

Die Lungenvolumina sind vom Alter, Geschlecht, der Körpergröße und dem Trainingsgrad abhängig und können aufgliedert werden in:

- inspiratorisches Reservevolumen (etwa 2,5 l)
- Atemzugvolumen (etwa 0,5 l)
- expiratorisches Reservevolumen (etwa 1,5 l) und

- Residualvolumen (etwa 1,5 l).

Das Atemzugvolumen beträgt etwa 0,5 l. Bei Anstrengung können zusätzlich 2,5 l als inspiratorisches Reservevolumen eingeatmet werden. Das expiratorische Reservevolumen von 1,5 l kann aus der Atemruhelage noch zusätzlich ausgeatmet werden. Auch bei maximaler Ausatmung bleibt aber immer ein Restvolumen (Residualvolumen) in der Lunge, das nicht mobilisiert werden kann und ca. 800 - 1700 ml beträgt. Die Summe aller Lungenvolumina ergibt die totale Lungkapazität von etwa 6 l. Die Vitalkapazität beinhaltet das mobilisierbare Volumen, das Atemzugvolumen sowie das in- und expiratorische Residualvolumen. Bei Addition ergibt sich für die Vitalkapazität ein Wert von 4,5 l. Die funktionelle Residualkapazität beschreibt die Summe aus expiratorischem Reservevolumen und Residualkapazität. Die funktionelle Residualkapazität ist also das Volumen, das sich nach normaler Ausatmung noch in der Lunge befindet, das Residualvolumen dagegen verbleibt nach maximaler Ausatmung. (Alle angegebenen Werte sind Richtwerte.) Die Vitalkapazität kann, ohne pathologisch zu sein, 2,5 bis 7 l betragen.

Für Europäer können die Normalwerte der Vitalkapazität mit folgenden Formeln abgeschätzt werden:

- Männer: Vitalkapazität = $5,2 \times \text{Körpergröße} - 0,022 \times \text{Alter} - 3,6$
(+/- 0,58)
- Frauen: Vitalkapazität = $5,2 \times \text{Körpergröße} - 0,018 \times \text{Alter} - 4,36$
(+/- 0,42)

(Der Wert in Klammern gibt die Standardabweichung an.) (vgl. ULMER et al., 1991, S. 5f).

Mit Hilfe eines Spirometers können alle Lungenvolumina bis auf die Residualkapazität bestimmt werden. Die Residualkapazität wird mit Testgasverdünnungsmethoden oder der Ganzkörper-Plethysmographie indirekt bestimmt.

3.2.2 Bedeutung der Vitalkapazität und derzeitiger Forschungsstand

Die wichtigste und älteste – nach Hutchinson 1846 - Messgröße in der Spirometrie ist die Vitalkapazität (VC), das bedeutet dasjenige Luftvolumen, das nach tiefster Ausatmung maximal eingeatmet werden kann (vgl. FERLINZ, 1994, S. 48; HOLLMANN-HETTINGER, 2000, S. 372).

Die absoluten Werte für die VC sind in Abhängigkeit vom Körperbau und Lebensalter starken Schwankungen unterworfen. Außerdem sind tageszeitliche Schwankungen zu berücksichtigen. Diese betragen für den absoluten Wert der VC ca. 3-5 %, da sie u. a. auch

von der Körperhaltung und vom Füllungszustand des Magens abhängig sind (vgl. ULMER et al. 1991, S. 6).

Es gibt kaum eine Lungenerkrankung ohne Reduzierung der Vitalkapazität, eine exakte Diagnose ist aber aus diesem Befund allein nicht möglich. Allerdings gilt als Faustregel, dass eine maximale Sauerstoffaufnahme von 4 l und mehr eine VC von mindestens 4,5 l zur Voraussetzung hat (vgl. HOLLMANN-HETTINGER, 2000, S. 372). Die Vitalkapazität muss bei jedem Probanden mindestens dreimal gemessen werden, wobei die festgestellten Werte höchstens um 10 % differieren dürfen. Die VC ist ein Maximalwert. Deshalb ist nicht der Mittelwert mehrerer Messungen, sondern der Maximalwert (vgl. FERLINZ, 1994, S. 48f.).

Die Schwankung der VC in Bezug auf die kardiopulmonale Kapazität ist unter 4 l etwas geringer als über 5 l. Mit Vergrößerung der maximalen Sauerstoffaufnahme steigt oft die VC an, was allerdings auch durch ein spezifisches Atmungstraining erreicht werden kann. Zwischen den einzelnen Sportarten ergeben sich hochsignifikante Unterschiede für die absolute und die relative Vitalkapazität. Bei Gruppenuntersuchungen zählen die Werte von Wasserballern, Schwimmern und Ruderern zu den höchsten, die z.B. von Marathonläufern und Fußballspielern zu den niedrigsten (vgl. HOLLMANN-HETTINGER, 2000, S. 372).

Die sportmedizinischen Forschungen - speziell mit lungenerkrankten Patienten bzw. Probanden - weisen alle eindeutig positive Effekte aufgrund eines Trainings nach: Angefangen von den Untersuchungen im Zusammenhang mit einem 6-Minuten-Gehtest (vgl. HOLLE, 2001; HAAS, 2001; KENN, 2001; WORTH et al., 2001) bis zu einem mehrwöchigen Intervalltraining bei COPD-Erkrankten (vgl. RODRIGUES/ILOWITE, 1993; MORRIS, 1990; LARSON, 1999; COPPOOLSE et al., 1999; BÖSL, 2001).

3.3 Ergospirometrie und Body-Plethysmographie zur Lungenuntersuchung und Bestimmung der Atemvolumina

Zur Bestimmung der Lungenvolumina werden unter anderem sowohl die Ergospirometrie als auch die Body-Plethysmographie eingesetzt.

3.3.1 Bedeutung der Ergospirometrie

Unter einer Ergospirometrie versteht man einen zu Diagnosezwecken stufenförmig ansteigenden körperlichen Belastungstest auf einem dafür geeigneten und geeichten Testgerät, einem so genannten Ergometer. Für den Laien geläufiger ist der Begriff Belastungs-EKG, da eine Ergospirometrie in der Regel unter EKG-Kontrolle erfolgt. Das EKG (= Elektro-

Kardiogramm) zeichnet die Herzstromkurve auf (vgl. die folgenden Ausführungen bei: ULMER, 1991, S. 127ff).

In der Praxis wird meist das Fahrradergometer verwendet, seltener das Laufbandergometer. Im Hochleistungssport kommen noch andere (sportartspezifische) Ergometer zur Anwendung. Die Ergospirometrie wird nach einem Stufenprotokoll durchgeführt, wobei dieses frei programmierbar ist. Vorgegeben werden die Stufendauer (in Minuten) und die Belastungssteigerung pro Stufe (beim Fahrradergometer in Watt, beim Laufbandergometer in km/h).

Das gängige Stufenprotokoll der Fahrradergometrie beginnt mit einer Belastung von 25 oder 50 Watt mit einer Laststeigerung von 25 Watt alle 2 Minuten. Dies ist das übliche Protokoll, das bei PatientInnen zur Anwendung kommt.

Im (Leistungs-)Sport sollte jedoch eine längere Stufendauer (4 Minuten) gewählt werden, um dem Herz-Kreislauf-System und dem Muskelstoffwechsel ein Fließgleichgewicht (steady state) auf jeder Stufe zu ermöglichen. Ein rasches Einstellen eines solchen Fließgleichgewichts, erkennbar am schnellen Erreichen eines Plateaus der Herzfrequenz, spricht prinzipiell für einen guten Trainingszustand. In diesem Fall wird die der Belastung entsprechende Herzfrequenz rasch (innerhalb einer Minute) erreicht und dann konstant gehalten. Mit zunehmender Belastung dauert es immer länger, bis der „Erfordernispuls“ (FERLINZ, 1992, S. 259) erreicht wird, und ab einer gewissen Intensität (einer bestimmten Wattstufe auf dem Fahrradergometer bzw. einer bestimmten Bandgeschwindigkeit auf dem Laufbandergometer) ist es nicht mehr möglich, innerhalb der Stufendauer ein Plateau der Herzfrequenz zu erreichen. Das ist ein Zeichen dafür, dass die Belastung bereits über der so genannten Dauerleistungsgrenze liegt und vorwiegend anaerob, d.h. unter Sauerstoffschuld erbracht werden muss. Je später dieser Zustand erreicht wird, desto höher ist die Ausdauerleistungsfähigkeit.

Der Test sollte immer bis zur objektiven Ausbelastung, d.h. Ausbelastung des Herz-Kreislauf-Systems erfolgen, was bei guter Motivation der Testperson ihrer subjektiven Erschöpfung entspricht. Zu diesem Zeitpunkt ist die Übersäuerung der Beinmuskulatur durch die zunehmende Milchsäurekonzentration aufgrund des anaeroben Zuckerabbaus so weit fortgeschritten, dass die Muskelarbeit nicht mehr möglich ist und die Belastung abgebrochen werden muss.

Je länger ein Proband imstande ist, die stufenförmig ansteigende Belastung zu bewältigen, desto größer ist seine Leistungsfähigkeit.

Folgende Parameter werden bei der Ergospirometrie kontrolliert bzw. ermittelt:

1. Die (maximale) Leistungsfähigkeit (auf dem Fahrrad in Watt, auf dem Laufband in km/h),

a) absolut (maximale Wattleistung, Watt pro kg Körpergewicht bzw. max. Laufgeschwindigkeit) und

b) relativ in Prozent eines mittels Körperoberfläche und Alter ermittelten Sollwertes.

2. Die Herz-Kreislauf-Parameter Herzfrequenz (on line) und Blutdruck (am Ende jeder Belastungsstufe).

3. Die Herzstromkurve mittels EKG (vgl. FERLINZ, 1992, S. 256ff).

Ein Ausdauertraining sollte immer über die Herzfrequenz gesteuert werden. Es ist aber ungenau, wenn man sich im Training nach Formeln oder Tabellen richtet, wie man sie z.B. in Fitnessstudios vorfindet (z.B. 180 minus Lebensalter). Es ist zwar richtig, sich an der maximalen Herzfrequenz zu orientieren, jedoch entspricht diese oft nicht der Formel 220 minus Alter. Prinzipiell ist zu sagen, dass jeder Mensch seine individuelle Pulskurve hat, die nur mittels einer Ergospirometrie bis zur objektiven Ausbelastung ermittelt werden kann. Abgesehen davon wird bei unterschiedlichen Sportarten je nach Muskeleinsatz eine unterschiedlich hohe maximale Herzfrequenz erreicht (z.B. beim Laufen um ca. 10 höher als beim Radfahren).

Durch die Ergospirometrie mit EDV wird die körperliche Leistung exakt vermessen (maximale Sauerstoffaufnahme, Dauerleistungsfähigkeit, Grenzen der Herz-Lungen-Leistung und individuelle anaerobe Schwelle nach Reiterer 1976/77). Zusätzlich zu den Basisdaten mit Puls, Blutdruck, Watt, EKG-Monitoring werden Messwerte der Atmung und des Gasaustausches (V_{CO_2} , VO_2 , RQ, VE, VT, VD/VT u.a.) ermittelt. Aus dem Atemverhalten wird die individuelle Dauerbelastungsgrenze ermittelt (l/min Sauerstoffaufnahme, relativiert pro kg Körpergewicht, in Relation zum Belastungspuls, in Prozenten der maximalen Sauerstoffaufnahme).

Während bei gesunden Testpersonen und Sportlern die Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung durch Ermittlung der optimalen Trainings-Herzfrequenz im Vordergrund stehen, besteht im Leistungssport die Möglichkeit der Atemgasanalyse mittels der so genannten Ergospirometrie zur Erfassung weiterer Parameter wie der Sauerstoffaufnahme (VO_2 , VO_{2max}), der Ventilation (Liter Atemluft pro Minute), des respiratorischen Quotienten (RQ), des Atemäquivalentes, des Sauerstoffpulses usw., mit denen in Verbindung mit der Laktatanalyse (Bestimmung der Milchsäurekonzentration im Blut) die individuelle anaerobe Schwelle ermittelt werden kann. Bei Patienten mit Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems dient das Blutdruckverhalten unter Belastung einerseits zur Diagnosesicherung bzw.

Diagnosestellung eines Bluthochdrucks, der sich nicht selten erst bei geringgradiger körperlicher Belastung (Alltagsbelastungen!) zeigt, andererseits zur Überprüfung der Wirksamkeit einer medikamentösen Blutdruckeinstellung.

Die laufende Kontrolle der Herzstromkurve (EKG) dient zur Erfassung von Rhythmusstörungen und vor allem zur Erkennung eines durch Herzkranzgefäßverengung mangelndurchbluteten Herzmuskels, der aufgrund des damit verbundenen Sauerstoffmangels meist zu typischen Beschwerden (Angina pectoris) führt. Jeder Muskel, der mangelndurchblutet wird, schmerzt, so auch der Herzmuskel.

Bleibt der Proband trotz sauerstoff-unterversorgtem Herzmuskel beschwerdefrei, spricht man von stummer Ischämie (Ischämie = Blutleere eines Gewebes). In diesem Fall ist die Ergospirometrie besonders wichtig, da sonst die Herzinfarktgefahr nicht fassbar ist.

Nicht nur bei SportlerInnen ist eine genaue Leistungsdiagnostik mit optimaler Trainingssteuerung wichtig. Auch bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen sollte mit Hilfe der Ergospirometrie ein individuell dosiertes Kreislauftraining sozusagen als Medikament verordnet werden. Körperliche Inaktivität stellt nämlich den vermutlich größten kardiovaskulären Risikofaktor unserer Zeit dar. Dabei wird - wie auch im Leistungssport - die Belastungsintensität (die Dosis) über die Herzfrequenz gesteuert.

Zusammenfassung:

Die Ergospirometrie oder Spiroergometrie ist ein diagnostisches Verfahren, mit dem sich das Zusammenspiel von Atmung, Herz-Kreislauf und Stoffwechsel in Ruhe und unter körperlicher Belastung hervorragend untersuchen lässt. Die dabei erfassten Messsignale, Atemstromstärke, Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe und die Herzfrequenz bilden die Grundlage für die Bestimmung des aeroben-anaeroben Übergangs (anaerobe Schwelle).

Die anaerobe Schwelle stellt den Punkt des optimalen Wirkungsgrades der Atmung und Sauerstoffleistungsgrenze dar. Diese Schwelle entspricht in etwa der bekannten metabolischen 4-mmol/l-Laktat-Schwelle. Das Überschreiten dieser Schwelle im Ausdauertraining führt zu einer vermehrten Laktatbildung im Muskel (Übersäuerung) und somit zu einem negativen Trainingseffekt.

Training unter sportmedizinischer Kontrolle

Unter niedriger körperlicher Belastung liegt nur eine geringe Milchsäurebildung vor, die geleistete Arbeit liegt somit im aeroben Bereich (Laktatspiegel unter 2 mmol/l) und kann mindestens über einen Zeitraum von zwei Stunden erbracht werden. Mit ansteigender Belastungsintensität wird letztlich der Bereich des maximalen Laktat-steady-state erreicht (max. Lass, anaerobe Schwelle, Laktat-Elimination und -bildung stellen noch ein

Fließgleichgewicht dar). Diese Zone kann zwischen 2 und 6 mmol/l Laktat liegen - der Trainierte wird diese Belastungsintensität 40 bis 60 Minuten lang tolerieren. Steigt die Belastungsintensität weiter an, wird der anaerobe Belastungsbereich erreicht mit weiterem Anstieg des Laktatwertes. Trainierte sind in der Lage, derart hohe Intensitäten bis zu 10 Minuten zu tolerieren. Die anaerobe Schwelle liegt in einem Bereich von 88 - 93 % der maximalen Herzfrequenz.

Zur Schwellenbestimmung liegen mehrere Methoden vor, wie der Conconi-Test, die Laktat-Bestimmung unter ansteigender Belastung und die Ergospirometrie zur Bestimmung der ventilatorischen Schwelle und der umfassenden Bewertung der kardiopulmonalen Anpassung an ansteigende Belastungsimpulse (VE/VO₂-Diagramm zur Bestimmung der individuellen Dauerbelastungsgrenze vgl. ROST/-HOLLMANN 1977, S. 218f).

Durch die Bestimmung der individuellen maximalen Herzfrequenz können somit Leistungsbereiche für die Trainingsintensität definiert werden, d.h. die Intensitätssteuerung erfolgt über die Herzfrequenz. Für den Breitensport ist die Erstellung einer Herzfrequenz-Leitungs-Kurve von praktischer Bedeutung, beim Hochleistungs-Ausdauersportler ist die Laktat-Leistungs-Kurve (ventilatorische Schwelle) aussagekräftiger. Bezogen auf die Belastungsintensität im Bereich des maximalen Laktat-steady-state wird ein intensiver (2,5–3,5 mmol/l Laktat, 90 - 95 % max. Lass) und ein extensiver (ca. 2,0 mmol/l Laktat, 75 - 85 % max. Lass) Ausdauertrainingsbereich definiert. Ein regeneratives Training (noch kein Anstieg der Katecholamine) liegt im Bereich von 60 - 70 % der individuellen anaeroben Schwelle (bis 1,5 mmol/l Laktat). Bezogen auf die individuell bestimmte maximale Herzfrequenz liegt der intensive Trainingsbereich zur Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit bei 85% und mehr der maximalen Herzfrequenz, der Trainingsbereich zur Verbesserung der Fitness (extensives Training) bei 65 - 85 % der maximalen Herzfrequenz und der regenerative Trainingsbereich zur Aktivierung der Fettverbrennung bei 55 - 65 % der maximalen Herzfrequenz. Die Intensitätssteuerung erfolgt über die Herzfrequenz, wobei nach Zunahme der Leistungsbreite (4-6 Wochen), sofern eine Leistungssteigerung gewünscht und sinnvoll ist, die Trainingsvorgabe neu bestimmt und berechnet werden muss.

Aus praktischen Gründen wird für die medizinische Trainingsgestaltung und Überwachung die Pulskontrolle vorzuziehen sein. Die palpatorische Pulsmessung ist hierfür ungenügend, da geringe Schwankungen der Herzfrequenz bereits einen beträchtlichen Unterschied der Belastungsintensität bedeuten. Praktische Hilfsmittel zum Monitoring der Belastungsintensität sind kostengünstige Geräte zur telemetrischen EKG-Übertragung von einem Brustgurt auf eine Anzeige mit einstellbaren Alarmgrenzen. Für Patienten mit Herzproblemen wird durch

die Pulsbegrenzung einer Überforderung vorbeugt, z.B. Schutz vor Angina pectoris, Rhythmusstörungen, vor zu hohen Blutdruckwerten und vor Auslösung eines Herzschwäche-Anfalles. Fakultativ wird die Belastungsintensität durch Laktatmessungen zu überprüfen sein, ob die Anforderungen an den Trainierenden entsprechend sind (regeneratives, extensives, intensives Training). Bei Patienten mit Übergewicht soll die Trainingsintensität im regenerativen Bereich liegen, um den Fettabbau als primären Energieträger der Muskelarbeit zu forcieren und zu konditionieren. Bei Patienten mit respiratorischer Insuffizienz wird ein Monitoring der transkutan gemessenen O₂-Sättigung, der Blutgaswerte und der Fluss-Volumen-Kurve fallweise zum Einsatz kommen. Je leistungsbegrenzter ein Proband in Bezug auf sein Herz-Kreislauf-System ist, umso sorgfältiger muss er überwacht werden.

Die Trainingseinheiten setzen sich aus einer Aufwärmphase mit Dehnungsübungen, der eigentlichen Trainingsphase (Arbeitspuls nach Vorgabe, z.B. bei Ergometertraining, Gehtraining) und einer Abklingphase zusammen. Bei drei Einheiten pro Woche kann nach 4-6 Wochen mit einer Steigerung der maximalen Leistung um 15% und der Leistung im Ausdauerbereich um 20 - 25% gerechnet werden. Die Zeitdauer der eigentlichen Trainingsphase wird - beginnend mit 8 bis 12 Minuten - dann ca. 14-tägig um 3-5 Minuten erhöht. Bei höhergradig limitierten Probanden liegt das Ziel in der Toleranz einer Dauerbelastung von ca. 30 - 50 Watt, um für die Belastung des Alltags von fremder Hilfe unabhängig zu werden. Die Steigerung der symptom-limitierten maximalen Belastbarkeit steht hier weniger im Vordergrund als die Verlängerung der Toleranz einer Belastungsintensität. Bei schwer leistungslimitierten Probanden kann anfangs das Modell der intermittierenden Belastung mit Erfolg eingesetzt werden, d.h. auf eine Phase mit moderater Belastung über 20-30 Sekunden folgt eine gleich lange Pause mit Leerlauf treten bzw. eine kurze Belastungspause. Durch eine höhere Luftströmung in den oberen Luftwegen mit Weitstellung des Naseneinganges können die Atemarbeit und Kreislaufbelastung reduziert werden.

Bei Ausdehnung der Belastungsdauer (Radfahren, z.B. mehr als 60 Minuten) erhält die Ernährung eine praktische Bedeutung. Zur Aufrechterhaltung der Kohlenhydratversorgung und der Flüssigkeitsbilanz soll eine Vorhydrierung mit periodischer Getränkeinnahme vom Trainierenden eingeplant werden. Nach einer Müsli-Mahlzeit ca. 1 h und einem Getränk ca. 15 min. vor Trainingsbeginn wird sich die weitere Zufuhr nach dem zeitlichen Trainingsaufwand richten. Als Getränke werden isotone Lösungen mit ca. 7%igen Kohlenhydratgehalt empfohlen. Die Konzentration richtet sich nach dem zu erwartenden Flüssigkeitsverlust, abhängig von der Umgebungstemperatur (z.B. bei kalter Umgebung

höhere KH-Zufuhr). Durch Gewichtskontrollen vor und nach Belastung wird der individuelle Wasserverlust abgeschätzt, wobei durch die Vor- und Rehydrierung die Gewichtsveränderung unter 2% des Körpergewichts gehalten werden muss.

Zur Überwachung und Trainingssteuerung bei Dauerleistungssportlern ist das Monitoring von CPK- und Harnsäure-Werten hilfreich, um Muskel- und Bindegewebsschäden vorzubeugen. Bei Übertraining durch überhöhten Trainingsumfang können zwei Hauptgruppen, ein addisonoides (parasympathisches) und ein basedowoides (sympathisches) Überlastungssyndrom auftreten. Die parasympathische Fehlregulation ist gekennzeichnet durch einen niedrigen Ruhepuls, Neigung zu Hypoglykämie, Verminderung des maximalen Laktatspiegels und Rückgang der nächtlichen Katecholaminausscheidung. Auf das sympathische Überlastungssyndrom weisen Veränderungen hin wie höhere Ruhepulswerte, verminderte maximale Leistung, Appetitverlust, Gewichtsabnahme, erhöhter Ruheblutdruck, orthostatische Hypotonie, Infektanfälligkeit und ein verminderter maximaler Laktatspiegel (Bewertung durch Bestimmung der Pulsvariabilität). Der Hobby-Sportler ist eher mit dem Problem der Belastungs-Myopathie (Muskelkater) konfrontiert: Durch schlecht koordinierte und exzentrische Kontraktionen mit überhöhtem Krafteinsatz treten strukturelle Muskelschäden auf (Glykogenverlust im Zytoplasma, interstitielles und intrazelluläres Ödem, myofibrilläre Lyse, Zerreißung von Z-Scheiben in einzelnen Fibrillen, Muskelfasernekrosen). Diese Schäden werden durch ein regelmäßiges und allmählich aufbauendes Training verhindert, wobei einer muskulären Überforderung und Infekten (Entzündungsherde, virale Infekte) vorgebeugt werden soll.

Krafttraining kann eine Vergrößerung der Leistungsfähigkeit von Herz-Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel bewirken. Jede Kontraktionsarbeit löst einen erheblichen Blutdruckanstieg aus, z.B. beim Dehnen eines Expanders 220/120 mm Hg bei Jugendlichen. Wesentlich höhere Werte finden sich bei Patienten mit labiler und manifester Hypertonie. Diese Reaktionen können durch einen isometrischen Belastungstest objektiviert werden. Die Indikation zu gezieltem Krafttraining ergibt sich vorwiegend aus orthopädischer Sicht, um dem Verlust an Muskelmasse (-40% zwischen dem 20. und 70. Lebensjahr) am Halte- und Bewegungsapparat vorzubeugen.

Der letzte Punkt der Indikationsliste für Training aus medizinisch-internistischer Sicht stellt eine Beziehung zwischen Körperübungen und psychologischen Auswirkungen her. Ausdauersport bewirkt Aufmunterung und Entspannung, z.B. bei Patienten mit Myokardinfarkt eine Stimmungsverbesserung, höhere Selbstachtung und verbesserte Arbeitseinstellung. Weiterhin reduziert körperliche Belastung Angstmechanismen, vermindert

depressive Verstimmungen und beeinflusst Angstneurosen günstig. Stresssituationen werden leichter bewältigt. Bei Ausdauersportlern wird eine kürzere Nervenleitgeschwindigkeit gemessen, die visuelle Leistung ist besser und die Reaktionszeit kürzer.

Prinzip des Ergospirometrieverfahrens

Zur Deckung des erhöhten Energiebedarfs der Arbeitsmuskulatur muss die Sauerstoffaufnahme erhöht werden, alle involvierten Systeme müssen sich adaptieren, nämlich

- a) die Arbeitsmuskulatur selbst, einschließlich ihrer Durchblutung,
- b) die Atmung und die Mechanik der ‚Atempumpe‘,
- c) der Kreislauf und die Mechanik der ‚Blutpumpe‘ und
- d) die Regelmechanismen der beteiligten Systeme sowie deren Koordinierung untereinander (vgl. FERLINZ, 1992, S. 256).

Ablauf einer Ergospirometrieuntersuchung

Nach Eichung und Einstellung der Messgeräte wird der Proband, soweit dies für den Vorgang der Belastung von Bedeutung ist, mit der Apparatur vertraut gemacht und die adaptierbaren Systeme werden auf ihn eingestellt. Wenn keine Änderung der Ruhewerte mehr feststellbar ist, werden sie registriert bzw. abgelesen. Die Belastung sollte nicht begonnen werden, bevor das EKG am Monitor nicht technisch einwandfrei wiedergegeben ist. Die Höhe der Belastung richtet sich nach der Fragestellung und der Leistungsfähigkeit des Patienten, ist also immer individuell festzulegen. Angestrebt werden sollte die Steigerung der Pulsfrequenz über 1,67 Hz > 100/min, d.h. mindestens 50% der Soll-Kapazität. Die einfachste Sollwertformel lautet: Soll-Watt = 200 - Alter in Jahren bei Männern bzw. 160 - Alter in Jahren bei Frauen. Die Belastung wird über 5 Minuten durchgeführt, die Messung in der 6. Minute vorgenommen, falls die ablesbaren Parameter der Ventilation und Hämodynamik konstant bleiben. Bei der Entnahme von arteriellem und zentralvenösem Blut ist darauf zu achten, dass dieses simultan und über einen längeren Zeitraum von 30-60 Sekunden erfolgt (‚pooling‘). Für Routinezwecke genügt eine Belastungsstufe, bei speziellen Fragestellungen ist eine zweite Stufe nach einer kurzen Zwischenpause von 2-5 Minuten anzustreben. Durch Verbindung zweier Punkte lässt sich die Grenze des linear arbeitenden kardiopulmonalen Systems so nach oben extrapolieren.

Komplikationen sind möglich durch die Belastung selbst. Durch klinische und funktionsanalytische Voruntersuchungen (EKG, Blutgasanalyse, Spirometrie) und kontinuierliche Beobachtung der wichtigsten hämodynamischen und ventilatorischen

Parameter sowie eine relativ geringe Belastung, wie wir sie bei pneumologischen Untersuchungen brauchen, sind diese jedoch sehr niedrig zu halten. Im Gegensatz zur ‚unsteady state‘-Belastung mit Erreichung weit höherer Wattzahlen in der Kardiologie sind ernste Komplikationen extrem selten. Keine Belastung sollte ohne Arzt durchgeführt werden, die Möglichkeit zur notfallmäßigen Intervention immer vorhanden sein (Defibrillator, Intubationsbesteck, Notfallapotheke) (vgl. hierzu: FERLINZ, 1992, S. 257f).

Befunde

Zur Befundbeurteilung ist die Kenntnis der alters-, größen- und geschlechtsspezifischen Sollgrößen unerlässlich. Es lassen sich die Bedingungen der Ventilation, insbesondere der Totraumventilation, und das Verhalten des Atemzugvolumens unter steigender Belastung exakt festhalten. Die kontinuierliche Atemgasanalyse erleichtert darüber hinaus die Analyse von Verteilungsstörungen, von Ventilation, Perfusion, Diffusion und deren Veränderung unter Belastung. Der als Nebenprodukt abfallende ‚Sauerstoffpuls‘ ist in der Pneumologie aus den oben genannten Gründen von weit geringerer Bedeutung als in der Kardiologie oder Sportmedizin (vgl. hierzu: FERLINZ, 1992, S. 261).

Anhand der auf dem Monitor abgebildeten Fluss-Volumen-Kurve können Aussagen getroffen werden über technische Probleme, wie beispielsweise eine undichte Bodykammer, die Mitarbeit des Probanden sowie über die Atemtechnik: zu schnell, zu tief, zu früh, ungenügender Druckausgleich, Biss aufs Mundstück, stabile Atemmittellage (Drift), gute/schlechte Mitarbeit, Mund geöffnet oder Wangen gebläht.

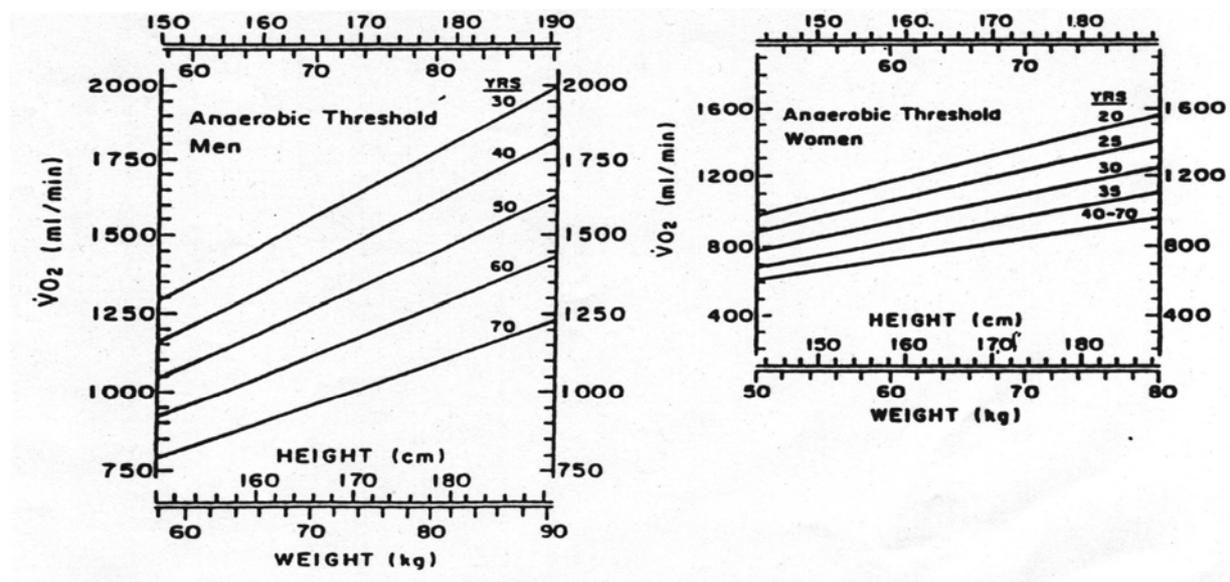


Abb. 16: Die Referenzwerte sind den Normogrammen nach Wasserman entnommen. Aus: RÜHLE/FELDMEYER.

Leistungsfähigkeit des Ergospirometrieverfahrens

In Form der ‚steady state‘-Belastung bei mittelschweren körperlichen Belastungsstufen ist die Ergospirometrie ein Verfahren, welches weniger die Leistungsgrenzen der Probanden aufdecken soll, als vielmehr die Einschränkungen des Wirkungsgrades der dabei beteiligten Systeme, d.h. die Bedingungen des Gasaustausches, der Hämodynamik, der Ventilation und der Atemregulation, unter denen eine vorwählbare Leistung bei einer bestimmten Belastungsstufe erbracht wird. Ein Vorteil bei Untersuchungen unter körperlicher Belastung ist ferner, dass psychische Störgrößen mit zunehmender Arbeit kleiner werden und die große physiologische Streubreite mancher Parameter in Ruhe, erhöht noch durch Faktoren wie Labormilieu (Tachykardie, Hyperventilation) und methodische Artefakte (Totraum von Maske), dabei abnimmt (vgl. FERLINZ, 1992, S. 261).

3.3.2 Bedeutung der Body-Plethysmographie

Zur Definition und zum kurzen Überblick

Die Body-Plethysmographie (Ganzkörper-Plethysmographie) ist ein Verfahren zur Lungenfunktionsprüfung. Die Wortteile ‚plethys‘ und ‚graphie‘ leiten sich beide aus dem Griechischen ab. Dabei kann ‚plethys‘ mit Fülle oder Menge übersetzt werden und ‚graphie‘ bedeutet Aufzeichnungsverfahren (vgl.: PSCHYREMBEL, 1998, S. 221); bei der Body-Plethysmographie befindet sich der Proband in einer luftdichten Kammer und atmet über ein Mundstück in einen separaten Raum. In der Kammer entstehen atmungsbedingt Druckschwankungen. Daraus wird mit Hilfe eines Eichverfahrens der Druck in den Lungenbläschen (Alveolardruck) ermittelt. Durch gleichzeitige Messung des Atemstroms am Mund kann unter Anwendung des Ohm-Gesetzes ($R=U/I$) der Atemwegswiderstand ‚R‘ (Resistance) bestimmt werden. Dieser Atemwegswiderstand erlaubt Rückschlüsse darauf, wie stark die Atemwege blockiert oder verengt sind.

Eine zweidimensionale Aufzeichnung der Messwerte mittels eines x-y-Schreibers ergibt ein Druck-Volumen-Diagramm, die Atemschleife. Die Form dieser Schleife ist für bestimmte Lungenerkrankungen charakteristisch.

Die Body-Plethysmographie kann auch Luftmengen ermitteln, die der Mensch gar nicht ausatmen kann. Diese Luftvolumina sind bei einigen Erkrankungen der Lunge erhöht.

Mit der Untersuchung werden die mechanischen Eigenschaften und die Luftvolumina der Lunge überprüft. Damit will der Arzt feststellen, wie gut die Lunge arbeitet.

Folgende Messgrößen des Verfahrens gibt es:

- Atemwegswiderstand (Resistance), also der Strömungswiderstand in den Atemwegen.

- Lungenvolumina

Als Besonderheit der Body-Plethysmographie wird zusätzlich erfasst:

- Residualvolumen (RV).

Die Ganzkörper-Plethysmographie ist ein elegantes, wenig zeitaufwendiges und objektives Verfahren zur Bestimmung des intrathorakalen Gasvolumens und des Atemwegswiderstandes. Zusätzlich liefert sie qualitative Informationen bei der Analyse der Druck-Fluss-Kurve; diese gibt differentialdiagnostische Aufschlüsse, vergleichbar dem Kurvenbild des EKG in der Kardiologie. Ergänzt man die Untersuchung um die Bestimmung der Lungenvolumina, erhält man innerhalb von 3-5 Minuten ein umfassendes Bild von der Dimension der Lunge und der Mechanik der Atemwege des Probanden (vgl. zu diesen Ausführungen FERLINZ, 1992, S. 235ff).

Messprinzip

Man unterscheidet druckkonstante („volume displacement“) und volumenkonstante Ganzkörper-Plethysmographen. Beim druckkonstanten Ganzkörper-Plethysmographen werden die atembedingten Kompressions- und Dekompressionsvorgänge als Volumenschwankungen (ΔV) registriert, beim volumenkonstanten Gerät als Druckschwankungen (Δp). Die im Handel befindlichen Geräte erfüllen die Anforderungen der Klinik an amplitudentreuem Frequenzgang, Messung auch schneller Atemvorgänge (forcierter Expirationsstoß!), rasche thermische Stabilisierung, geringe Störanfälligkeit durch Druckschwankungen im Messlabor und einfache Registrierung (vgl. FERLINZ, 1992, S. 235ff).

Allgemeine Vorbedingungen

Vor der Untersuchung sollte der Proband 15 Minuten unter Ruhebedingungen verbringen. Der Ablauf sollte erklärt werden, mit besonderer Betonung der erforderlichen Mitarbeit. Falls notwendig, sollen Manöver auch vorgeführt werden. Eine Stunde vor der Messung sollte nicht mehr geraucht werden. Die Untersuchung sollte auch nicht unmittelbar nach einer Mahlzeit erfolgen. Beengende Kleidung (z.B. Krawatte) ist zu vermeiden.

Eine Nasenklammer ist für alle Manöver mit Ruheatmung und beim MVV-Manöver erforderlich. Obwohl bei forcierten expiratorischen Manövern durch die Nase kaum Luft entweicht, wird die Verwendung von Nasenklemmen auch hier empfohlen, insbesondere wenn verlängerte Expirationszeiten vorliegen.

Das Mundstück wird zwischen Zähnen und Lippen fixiert, und in der richtigen Höhe justiert. Auf Leaks ist zu achten.

Die Manöver werden in stehender oder sitzender Position durchgeführt. Lungenvolumina sind von der Körperposition abhängig. Die Vitalkapazität ist im Sitzen durchschnittlich um 70 ml/l geringer als im Stehen. Im Falle von Phrenicuspareesen können sich deutliche Unterschiede zwischen liegender und sitzender Position ergeben.

Rauchgewohnheiten und laufende Medikation sollten dokumentiert werden (vgl. FERLINZ, 1992, S. 235ff).

Standardisierung der Versuche

Bei der Messung von forcierten Flussraten ist eine Standardisierung der Volumenschiebung erforderlich, da z.B. das inspiratorische Manöver selbst einen Einfluss auf die Atemwege ausübt (Bronchodilatation). Des Weiteren ist die Relaxation von visköselastischen Elementen zeitabhängig. So ergeben forcierte Expirationen, sofort nach maximaler Inspiration durchgeführt, höhere Werte, als wenn eine kurze Pause eingelegt wird. Zur Messung forcierter expiratorischer Flussraten und des FEV₁ wird daher eine langsame maximale Inspiration bis zur TLC mit nachfolgender Pause von zwei Sekunden empfohlen. Darauf folgt ohne weitere Verzögerung die forcierte und maximale Expiration.

Eine forcierte Expiration verursacht eine Kompression des Alveolargases und damit ein vermindertes Volumen, einhergehend mit einer Verminderung der elastischen Rückstellkräfte. Dieser Einfluss auf die Entleerung der Lunge ist bei obstruktiven Patienten besonders ausgeprägt. Umgekehrt sorgt submaximale Anstrengung für eine geringere Gaskompression, so dass forcierte Flussraten fälschlicherweise zu hoch gemessen werden können. In diesem Zusammenhang soll betont werden, dass Standards hier weniger für einen optimalen ‚höchsten‘ oder ‚wahren‘ Wert sorgen sollen, sondern vielmehr um reproduzierbare und zwischen den einzelnen Probanden vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Anzahl der Manöver, Akzeptierbarkeit, Reproduzierbarkeit

Jeder Proband sollte zwei beziehungsweise drei Atemversuche durchführen. Ist einer nicht zufrieden stellend durchgeführt, so wird er wiederholt. Es sollten maximal acht Versuche durchgeführt werden. Werden dann nicht drei akzeptierbare und reproduzierbare geschafft, ist eine weitere Untersuchung sinnlos und wird entsprechend dokumentiert. Akzeptierbar ist ein Versuch, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: Die Kriterien für den Start und das Ende

des Tests sind erfüllt, es erfolgte eine maximale Inspiration bis zur TLC, es erfolgte eine kontinuierliche Expiration mit maximaler Anstrengung bis zum Residualvolumen.

Reproduzierbar sind die Versuche, wenn das größte und zweitgrößte FEV_1 nicht um mehr als 5 % oder 100 ml variieren. Dasselbe gilt für die FVC. Bei manchen Probanden wird durch die forcierten Versuche eine Obstruktion ausgelöst, so dass diese Kriterien der Reproduzierbarkeit nicht erfüllt werden können. Dies sollte dann auf dem Untersuchungsblatt vermerkt werden (vgl. FERLINZ, 1992, S. 235ff).

Beginn des Tests

Werden FEV_1 oder FIV_1 gemessen, ist das Ergebnis von einem exakten Start des Manövers abhängig. Man erhält einen exakten Startpunkt des forcierten Manövers durch lineare Extrapolation des steilsten Stückes der Volumen-Zeit-Kurve. Das extrapolierte Volumen sollte jedoch nicht größer sein als 5 % der FVC oder 100 ml (welches auch immer größer ist) (vgl. FERLINZ, 1992, S. 235ff).

Ende des Tests

Hierfür gibt es in internationalen Standardisierungen unterschiedliche Vorschläge:

- 1) Die Volumenänderung beträgt während 0,5 s maximal 25 ml.
- 2) Plateau in der Volumen-Zeit-Kurve (keine Volumenänderung während 2 s), und eine minimale Ausatemzeit von 6 s wurde eingehalten.

Kurven-Kriterien (Fluss-Volumen-Kurve)

Der initiale Anteil der expiratorischen Kurve muss kontinuierlich steil ansteigen. Der PEF liegt ohne Plateau, außer bei Flussbehinderung im Bereich großer Atemwege, nach etwa 10 jedoch spätestens vor etwa 25 % der ausgeatmeten FVC. Nach dem PEF zeigt die Kurve einen kontinuierlichen Abfall ohne Hustenverzerrung und ohne abrupten Abbruch (vgl. FERLINZ, 1992, S. 235ff).

Testresultate

Für VC und FEV_1 wird jeweils der größte Wert von 3 akzeptablen Manövern genommen. Das bedeutet, dass FVC und FEV_1 durchaus auch von verschiedenen Manövern stammen können. Der gewählte Wert sollte um nicht mehr als 5 % oder 100 ml größer als der nächstliegende Wert sein.

Fluss-Volumen-Parameter werden von drei technisch sauberen FVC-Manövern erhalten. Dazu sind zwei Möglichkeiten denkbar: Bei der Hüll-Methode werden die FVC-Kurven

übereinander gelegt, um eine zusammengesetzte Maximalkurve zu erhalten. Alternativ kann auch der höchste Wert von drei vergleichbaren und akzeptablen Kurven genommen werden. Die FVC der verwendeten Kurven soll sich jedoch um nicht mehr als 5 % unterscheiden. Der PEF soll um nicht mehr als 5-7 % differieren.

Die ATS-Standardisierung (Ambientetemperatur und Druck und Sättigung mit Wasserdampf unter diesen Bedingungen) schlägt vor, dass maximale Flussraten von einem Manöver stammen sollten, wofür der beste Test herangezogen wird. Dieser ‚beste Test‘ ist als die größte Summe von FVC und FEV₁ definiert (vgl. hierzu: ULMER et al., 1991, S. 125f).

Messung des Atemwegswiderstandes

Bei der Untersuchung sitzt der Proband im geschlossenen Ganzkörper-Plethysmographen und atmet Luft unter Körperbedingungen (d.h. wasserdampfgesättigt und auf 37° C aufgewärmt). Die bei der Atmung auftretenden Exkursionen des Brustkorbs bedingen im volumenkonstanten Ganzkörper-Plethysmographen Druckschwankungen, welche über ein empfindliches Manometer registriert werden. Diese Druckschwankungen (Δp_{box}) entsprechen der Differenz zwischen Mund- und Alveolardruck.

Im druckkonstanten Ganzkörper-Plethysmographen wird analog zur Bestimmung des intrathorakalen Gasvolumens nicht die Druckschwankung, sondern die Volumenschwankung als Maß der Druckdifferenz zwischen Mund und Alveole gemessen (vgl. ULMER et al., 1991, S. 125f; FERLINZ, 1992, S. 235).

Messung des intrathorakalen Gasvolumens (TGV)

Nach dem Gesetz von Boyle-Mariotte ist das Produkt aus Druck (p) und Volumen (V) unter isothermen Bedingungen konstant ($p \times V = \text{const}$). Darauf beruht die Messung des intrathorakalen Gasvolumens. Man bedient sich dabei eines Tricks: Am Ende einer ruhigen Expiration wird das Atemrohr direkt hinter dem Mundstück durch einen ‚shutter‘ verschlossen, und der Proband führt in- und expiratorische Atembewegungen mit dem Brustkorb durch, welche die intrathorakale Luft komprimieren und dekomprimieren. Die dabei auftretenden alveolären Druckschwankungen (Δp_A) können im System der kommunizierenden Atemwege bei einer Atemstromstärke von 0 ($V = 0$) als Druckänderungen am Mund diesseits des ‚shutters‘ registriert werden (vgl. ULMER et al., 1991, S. 125f; FERLINZ, 1992, S. 235f).

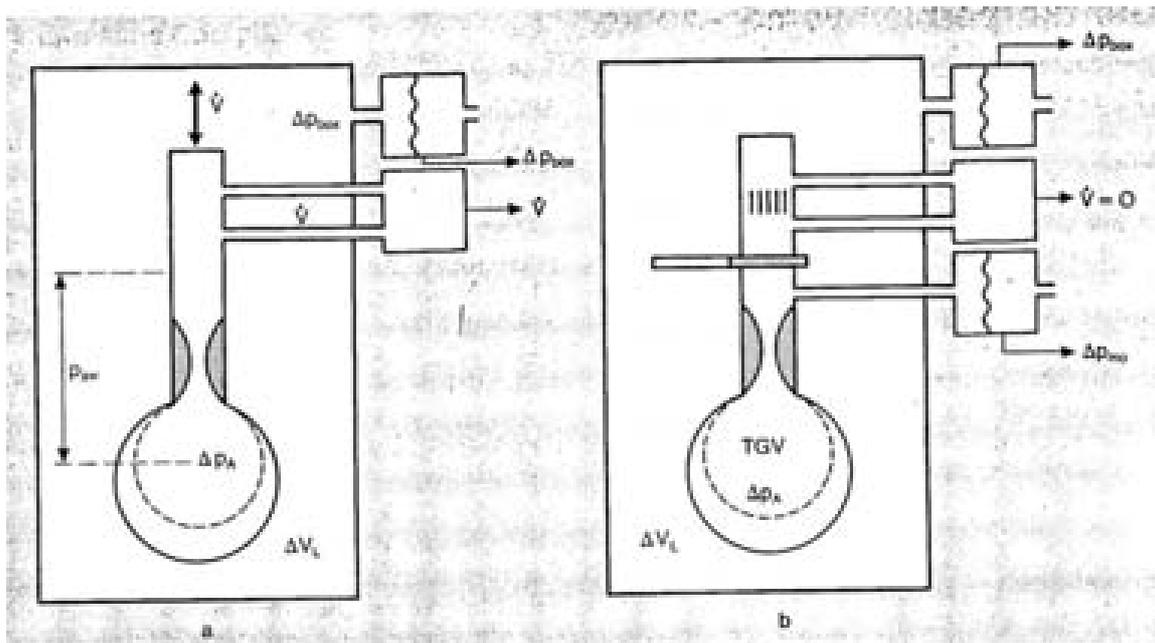


Abb. 17: Schematische Darstellung der Messung des Atemwegwiderstandes (a) und des intrathorakalen Gasvolumens TGV (b). Aus: FERLINZ, 1992, S. 236.

Untersuchungsablauf

Der Proband atmet spontan im geschlossenen Ganzkörper-Plethysmographen Luft aus der Kammer, bis die thermischen Verhältnisse stabilisiert sind, d.h. bis keine Abweichung des Drucks mehr infolge Aufwärmung der Kammerluft durch den Probanden registriert werden kann. Bei ruhiger Atmung werden dann mehrere ‚Resistance-Schleifen‘ registriert. Atmet der Proband zu langsam, fordert man ihn auf, die Frequenz zu beschleunigen. Damit wird, metronomisch gesteuert, meist ein Fluss von $> 0,5\text{l/s}$ in- und expiratorisch erreicht, welcher für die Auswertung wichtig ist. Der Proband sollte möglichst nicht hecheln. Es schließt sich die Messung der Lungenvolumina an. Dazu wird zunächst das Spirogramm durch Integration des Flusses am Mund pneumotachographisch gemessen. Am Ende einer normalen Expiration wird das Atemrohr durch den ‚shutter‘ verschlossen und der Atemstrom unterbrochen. Durch die darauf folgende, vom Probanden mehr oder minder automatisch vorgenommene Kompression und Dekompression gegen das geschlossene Mundstück wird das aktuelle intrathorakale Gasvolumen ($\text{TGV} = \text{FRC}$) bestimmt. Unmittelbar daran schließt sich die Bestimmung der inspiratorischen Vitalkapazität nach langsamer Ausatmung und maximaler Einatmung, gefolgt vom Atemstoß, an. Damit ist die Messung beendet. Die Reihenfolge sollte nicht verändert werden, da die Bronchomotorik bei forciertem Atemmanöver und maximaler Expiration bei Hyperreagibilität verändert werden kann. Schwerwiegende Komplikationen gibt es bei der Messung nicht. Klaustrophobe Reaktionen, wie sie gelegentlich vorkommen,

lassen sich durch vorherige Instruktion des Patienten vermeiden, insbesondere sollte ihm vorher mitgeteilt werden, dass er die Messung jederzeit selbst durch Dekonnektion des Mundstückes oder Öffnen der Tür unterbrechen kann. Seit ein Großteil der ganzkörperplethysmographischen Kammern transparent gestaltet ist, wird diese Komplikation nur selten gesehen (vgl. FERLINZ, 1992, S. 236ff).

Hygiene

Feuchte Umgebung stellt einen guten Nährboden für das Wachstum von Bakterien, Viren und Pilzen dar. Das Instrumentarium - inklusive aller Verbindungsstücke - und insbesondere die Mundstücke sind daher regelmäßig von allen Verunreinigungen und Sekretionen zu befreien und trocken zu halten. Die Mundstücke werden natürlich nach jedem Probanden gewechselt (wenn es wiederverwendbare sind), mechanisch gereinigt, mit einer entsprechenden Desinfektionslösung weiterbehandelt und getrocknet. Das Ansatzstück zur Apparatur wird mit Desinfektionsmittel nach jedem Probanden gereinigt. Wo sich Kondenswasser ansammelt, wird dies zwischen einzelnen Probanden entfernt. Spirometer werden am Ende des Tages geöffnet, mechanisch und mit Desinfektionsmittel gereinigt, und getrocknet (vgl. ebd.).

Befunde

Sowohl eine Lungenüberblähung als auch eine Instabilität der Atemwege lassen sich ganzkörperplethysmographisch in einem frühen Stadium gut erfassen und quantifizieren: Die Lungenüberblähung zeigt sich durch eine Erhöhung des Residualvolumens ($RV\uparrow$), die Erhöhung des Quotienten Residualvolumen/ Totalkapazität ($RV/TLC\uparrow$) und in ausgeprägten Fällen auch durch eine Erhöhung der Totalkapazität ($TLC\uparrow$).

Bei den rein restriktiven Ventilationsstörungen ist die Ganzkörper-Plethysmographie ohne wesentlichen Aussagewert, außer, dass die funktionelle Residualkapazität und die Totalkapazität erniedrigt sind. Wohl aber ist sie bedeutsam zur weiteren Differenzierung der sehr häufigen, so genannten ‚kombiniert restriktiv-obstruktiven Ventilationsstörungen‘. Man muss hier unterscheiden zwischen den echten kombinierten Ventilationsstörungen, die Ausdruck zweier unterschiedlicher, pathogenetischer Mechanismen einer Erkrankung (z.B. Asthma bronchiale mit Atelektase durch ‚mucoid impaction‘) oder der Kombination von zwei Erkrankungen mit verschiedenen Resultanten sein können (z.B. Bronchiektasen, Mucoviszidose, fibrosierenden Lungenerkrankungen, Silikose, Tuberkulose, Kyphoskoliose) und den so genannten kombiniert obstruktiv-restriktiven Ventilationsstörungen, bei denen spirometrisch eine Erniedrigung der Vitalkapazität und des Verhältnisses von Atemstoß zur

Vitalkapazität (FEV_1/VC) gefunden wird, ohne dass durch weiter gehende Untersuchungen differenziert wird, ob die Erniedrigung der Vitalkapazität durch eine Erhöhung des Residualvolumens bedingt ist ($RV\uparrow + VC\downarrow = TLC$) oder ob zusätzlich eine echte Restriktion vorliegt ($RV\downarrow + VC\downarrow = TLC\downarrow$) (vgl. FERLINZ, 1992, S. 238ff).

Leistungsfähigkeit des Plethysmographieverfahrens

Die Vorteile der Ganzkörper-Plethysmographie liegen in der raschen und objektiven, d.h. von der Mitarbeit des Patienten weitgehend unabhängigen Erstellung des Atemwegwiderstandes und der funktionellen Residualkapazität. Die Untersuchung ist zeitsparend (3-5 Minuten), gut reproduzierbar ($\pm 5\%$) und deswegen in spezialisierten Kliniken mit großem Durchgang (mehr als 5 Patienten täglich) als Basistest der Lungenfunktionsdiagnostik unverzichtbar. Durch Ausbau sind Messungen der Diffusionskapazität, der Lungendehnbarkeit (Compliance), der Lungendurchblutung (N_2O) und differenzierte atemmechanische Analysen (visköse und elastische Atemarbeit, ‚small airways‘) möglich. Nachteile bei der Methode sind die nicht unbeträchtlichen Investitionskosten und der hohe Stand technischer und physiologischer Kenntnisse, der zur Durchführung und Interpretation der Messungen erforderlich ist (vgl. FERLINZ, 1992, S. 242).

3.4 Methodik der Studie

Die meisten Lungenvolumina verändern sich ab dem 35.-40. Lebensjahr mehr oder weniger deutlich. Nach Durchsicht der Vorüberlegungen, dass für die hier in Frage stehende Untersuchung Alterskohorten der 40-50-Jährigen, der 50-60-Jährigen, der 60-70-Jährigen, der 70-80-Jährigen und der Hochbetagten gebildet werden müssten, wurde entschieden, dass als erste Gruppe die 60-70-Jährigen untersucht werden sollten, und zwar deshalb, weil in dieser Altersstufe wahrscheinlich viele Ältere zu finden sein sollten, die entweder schon pensioniert bzw. verrentet sind oder zumindest kurz vor Erreichen der Altersgrenze stünden und beruflich nicht mehr derart eingebunden sind, wie dies bei den davor liegenden Alterskohorten der Fall ist, so dass also die Probanden auch genügend Zeit und Muße mitbringen könnten, um sich an dem geplanten Vorhaben über längere Zeit zu beteiligen. Hinzu kamen Gedanken darüber, dass diese Altersgruppe im Großen und Ganzen noch eine derartige, auch geistige und körperliche Regsamkeit mitbrächte, sich auf eigentlich ganz neue Betätigungen in ihrem Alltag einlassen zu können.

Wesentlich war in den Vorüberlegungen auch, dass es sich in jedem Fall um männliche und weibliche Probanden etwa gleich großer Zahl handeln sollte, da vor allem ältere Frauen in der Forschung bislang zu wenig Berücksichtigung gefunden haben.

Eine genauso wichtige, wenn auch auf einer ganz anderen Ebene liegende Frage musste vorab geklärt werden. Woher sowohl ein komplettes Ergospirometer als auch ein Body-Plethysmograph zumindest leihweise zu beschaffen sei, da weder im Sportinstitut noch an der Universität Bonn solche Geräte für eine derart aufwendige Untersuchung keinesfalls zeit- und ortsgleich zur Verfügung standen. Es wurden mehrere führende deutsche Hersteller dieser Geräte angeschrieben, ihnen wurde teilweise in persönlichen Gesprächen das Ansinnen der Studie unterbreitet, und sie wurden gebeten, diese Forschung mit der Leihgabe ihrer Geräte zu unterstützen. Es war dann die Firma ZAN-Gerätetechnik, die es in exakter Planung und Absprache ermöglichte, zu den avisierten Untersuchungsterminen im sportwissenschaftlichen Institut ihre Geräte mit dem gesamten notwendigen Equipment inklusive eines versierten freien Mitarbeiters zur Verfügung zu stellen.

3.4.1 Probandensuche, -screening und -auswahl

In einzelnen Vorgesprächen mit einigen kurz vor der Pensionierung stehenden Personen wurde klar, dass es wohl nicht so leicht werden würde, Probanden aus dieser Altersgruppe dazu bewegen zu können, als bisherige Nichtsportler nun mit einem länger andauernden Ausdauertraining beginnen zu sollen bzw. wollen. Das häufigste Gegenargument lautete:

‘Ich bin nun kurz vor Erreichen der Altersgrenze, ich bin gesund und mir geht es vor dem Fernseher bestens. Warum soll ich dann noch mit Sport anfangen?’

Dennoch wurde beschlossen, zunächst zwei Vorträge in zwei Bonner Seniorenheimen über die Gesamtthematik ‘Sinnhaftigkeit eines moderaten Ausdauertrainingsbeginns auch und gerade im Seniorenalter’ sowie über das konkrete Vorhaben der geplanten Studie zu halten.

Enttäuschend war die Resonanz: Lediglich zehn Seniorinnen und Senioren fanden sich zu den in der Presse und in den beiden in Rede stehenden Einrichtungen öffentlich gemachten Veranstaltungen ein.

Nach diesen eher ernüchternden Erfahrungen wurde eine erweiterte Öffentlichkeit über eine größere Notiz im Bonner General-Anzeiger unter der Rubrik ‘Alma Mater - Universitätsnachrichten’ gesucht. Es wurde das Forschungsprojekt am Sportwissenschaftlichen Institut in allen wichtigen Punkten beschrieben: Gesucht wurden 60-70-Jährige, gesunde, d.h. mit keinen erheblichen kardiovaskulären Einschränkungen versehene Nichtsportlerinnen und Nichtsportler, die bereit sein sollten, sich über wenigstens

acht Wochen, besser noch für ein halbes bzw. mehrere Jahre mit einem 3-mal in der Woche zu absolvierenden Fahrradergometertraining (à 45 Minuten) an dieser Studie zu beteiligen. Telefonisch konnten sich die Interessierten mit Name, Anschrift, Alter, Geschlecht und Telefonnummer registrieren lassen. Über vierzehn Tage nach Erscheinen dieses Aufrufes meldeten sich telefonisch Interessentinnen und Interessenten. Insgesamt wurden 250 Anrufe (140 Frauen, 110 Männer) notiert, und es konnten nach telefonischer Beratung und Befragung der Anrufenden nach deren Gesundheitszustand und/oder den zeitlichen wie möglicherweise den beruflichen Beschränkungen 120 Personen ausgewählt werden, 61 Männer und 59 Frauen, die eine Einladung zu einem ersten Eingangsuntersuchungstermin erhielten. Obwohl die Gruppe aus einer etwa gleich großen Zahl Männer und Frauen bestand, gaben wesentlich mehr Frauen im Studienverlauf ihr Training auf.

Das Einladungsschreiben enthielt neben einem allgemeinen Anschreiben mit dem individuellen Termin detaillierte Hinweise über den Ablauf der anstehenden Untersuchung und ein sechsseitiges Skript über die positiven Auswirkungen eines moderaten, medizinisch begleiteten Ausdauertrainings. Nachdrücklich hingewiesen wurde auf folgende Unterlagen, die mitzubringen waren:

Ein Belastungs-EKG, eine ärztliche Unbedenklichkeitsbescheinigung zur Ausdauersporteignung sowie eine Auflistung der regelmäßigen Medikamenteneinnahme, eine Bescheinigung über eventuelle orthopädische Einschränkungen. Mitzubringen waren Sportkleidung sowie ein Handtuch. Die TeilnehmerInnen sollten alle ausgeruht und ausreichend gefrühstückt bzw. nicht zu üppig zu Mittag gegessen haben.

Der Eingangsuntersuchungstermin wurde für alle Probanden in eine Woche gelegt, und zwar deshalb, weil der Gerätehersteller die kostenfreie Nutzung in Bonn mit einem anschließenden Demonstrationstermin in Köln verbinden wollte und ein Mitarbeiter der Fa. ZAN für die gesamte Woche zur Verfügung stand und bei technischen und Auswertungsproblemen unmittelbar helfen konnte. Zudem waren immer wenigstens noch zwei weitere Helfer im Untersuchungsraum. Außerdem stand in dieser Zeit ein Sportmediziner bei eventuellen medizinischen Notfällen zur Verfügung. Ein Notfallkoffer sowie ein Defibrillator waren für diesen Fall ebenfalls vor Ort. Täglich wurde ab 7.30 Uhr begonnen und alle 115 Probanden (fünf Eingeladene waren nicht erschienen) wurden im Halbstundentakt auf deren Ist-Zustand hin auf dem Ergospirometer und im Body-Plethysmographen untersucht. Zu Beginn wurden die Probanden gründlich über alle Einzelheiten der bevorstehenden Studie aufgeklärt, sie mussten eine eidesstattliche Versicherung abgeben, keine schwer wiegenden

Gesundheitseinschränkungen verschwiegen zu haben, zumindest in den letzten zehn Jahren keinen regelmäßigen Ausdauersport betrieben zu haben, sowie versichern, an dieser Studie wenigstens acht Wochen, besser ein halbes oder ein Jahr teilnehmen zu wollen. Gleichzeitig wurden mit Hilfe eines Fragebogens Auskünfte eingeholt über bisherige körperliche Betätigungen wie Gartenarbeiten, beruflich bedingte körperliche Arbeiten sowie sportliche Aktivitäten. Bis auf wenige Ausnahmen wurden diese Fragen verneint, d.h. es gab lediglich fünf Probanden, die angaben, einmal in der Woche, meist am Wochenende, für 2-3 Stunden zu wandern.

Zunächst wurden Körpergröße sowie -gewicht bestimmt und das exakte Alter aufgenommen. . Dann wurden zunächst im Body-Plethysmographen bis zu dreimal alle Lungenvolumina bestimmt, darunter auch das Residualvolumen sowohl mit absolutem als auch mit dem entsprechenden Prozentwert. Die Probanden bekamen vor Betreten der Kabine ausführliche Informationen, was in der Folge passiere und was sie selbst zu tun hätten: Normal und ruhig zu atmen, sich nicht durch den Shutter irritieren zu lassen, nach Schließung der Kabine normal weiterzuatmen, dann tief auszuatmen, maximal einzuatmen und normal weiterzuatmen, um damit die Untersuchung zu beenden. Auffallend waren die anfänglichen Schwierigkeiten der Probandinnen, sich an die Atemtechnik zu gewöhnen und sich darauf einzulassen.

Die Protokolle wurden sofort am Bildschirm auf ihre Verwendbarkeit und hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit überprüft. Hier war es schon möglich, Einblicke in bislang vielleicht noch nicht bekannte oder entdeckte Lungenbeeinträchtigungen zu bekommen. Sechs Probanden fielen hier schon auf, so dass sie gebeten werden mussten, zunächst eine speziellere Diagnose eines Pneumologen einzuholen und abzuwarten.

Hieran schloss sich die ergospirometrische Untersuchung auf dem Fahrrad zur Bestimmung der anaeroben Schwelle mit Hilfe von neun Wasserman-Ableitungen an, aufgrund dieser den einzelnen Probanden dann ihre individuelle Ausdauertrainingsleistungsgrenze von ca. 70-80% in Form eines nicht zu überschreitenden Pulswertes in Verbindung mit der entsprechenden Wattzahl errechnen zu können. Während dieser Leistungsmessung wurde regelmäßig der Blutdruck kontrolliert. Vorab wurde ein eindeutiges Handsignal vereinbart, mit dem der Proband den unmittelbaren Abbruch signalisieren durfte. Aber alle Probanden schafften zumindest das Fahrradfahren bis zu ihrer individuellen anaeroben Schwelle.

Jeder Proband erhielt dann seine persönlichen Daten, eingetragen auf einem Merkblatt zum Ausdauertraining sowie mit den üblichen Trainingszeiten im Institut.

Da die zur Verfügung stehenden Fahrradergometer die getretene Wattzahl anzeigten, war es lediglich noch vonnöten, dass sich jeder Teilnehmer eine Puls-Uhr anschaffen musste.

Darüber hinaus war jeder verpflichtet, ein detailliertes Trainingstagebuch in doppelter Ausfertigung zu führen; eines davon wurde zu den Akten genommen. Darin waren aufzunehmen: Tag, Uhrzeit, Dauer des Trainings, ggf. Zwischenfälle, Besonderheiten und Auffälligkeiten körperlicher und geistiger Art.

3.4.2 Studienprotokoll

Im Protokollablauf der Studie wird als erstes das Trainingsprogramm vorgestellt.

Das Trainingsprogramm

Alle für die Studie ausgewählten Personen - 52 Männer und 55 Frauen im Alter von 60-70 Jahren - bekamen ein Merkblatt mit Hinweisen für ihr Training mit auf den Weg: 3-mal in der Woche, von montags bis samstags, 45 Minuten auf dem Fahrradergometer mit den angegebenen Puls- und Wattzahlen (70-80% der Ausdauerleistungsfähigkeit) zu trainieren, mit einem 5-minütigen Warm-up bei sehr geringer Watt- bzw. Drehzahl, nach dem Training mit einem 5-minütigen Cool-down. Allen Teilnehmern wurden einige Dehn- und Stretchübungen zum Abschluss des Trainings gezeigt, die dann jeder Proband selbstständig absolvieren konnte. Das Fahrradergometer wurde zum einen deshalb gewählt, weil die Ergospirometrie-Untersuchung mit einem derartigen Gerät durchgeführt wurde (und nicht mit einem Laufband, und sich deshalb unerwünschte und zu vermeidende Differenzen in den Untersuchungsergebnissen ergeben konnten); zum anderen war es für bisherige Nichtsportler in dieser Altersgruppe wichtig, zunächst einmal die Beinmuskulatur durch das Fahrradfahren zu stärken, um später auch andere Ausdauersportarten (Walking, Nordic Walking, Jogging) gefahrloser durchführen zu können.

Das Training begann in der darauf folgenden Woche. Die besten Trainingszeiten im Institut wurden jeweils am Vormittag von 8.00-12.00 Uhr empfohlen. Jeder sollte darauf achten, ausgeruht nach ausreichendem Frühstück das Training zu beginnen. Wichtig auch: Ausreichend getrunken und ein einfaches Getränk während des Trainings immer greifbar zu haben. Vorgeschlagen wurde der Trainingsrhythmus: Ein Tag Training, ein Tag frei. Es wurden aber auch Ausnahmen für diejenigen Probanden zugelassen, die entweder selbst ein Fahrradergometer mit den entsprechend notwendigen technischen Einrichtungen besaßen oder die sich in einem Fitnessstudio am Wohnort anmelden wollten. Umso wichtiger war in diesem Zusammenhang die exakte Führung eines Trainingstagebuchs.

Um sicherstellen zu können, dass die Probanden tatsächlich ihr Training regelmäßig ihren Vorgaben und persönlichen Aufzeichnungen gemäß durchgeführt hatten, wurde neben stichprobenartigen Kontrollen während der Trainingsphasen bei allen Probanden die Bestimmung der anaeroben Schwelle im Zuge der halbjährigen Nachuntersuchung nochmals zeitgleich durchgeführt. Da hier durchweg geringfügige Verbesserungen festzustellen waren, konnte davon ausgegangen werden, dass die Probanden ihr Training ordnungsgemäß absolviert hatten.

Zehn Probanden konnten keine ärztliche Unbedenklichkeitsbescheinigung vorlegen; sie wurden deshalb nur im Body-Plethysmographen untersucht mit der Auflage, die notwendigen ärztlichen Vorchecks umgehend durchführen zu lassen, die entsprechenden Bescheinigungen in die angelegten Akten zu geben und die Ergospirometeruntersuchung auf eigene Kosten an der Universitätsklinik Köln durchführen zu lassen. Auf diesem Weg konnten noch fünf Probanden dieser oben genannten zehn mit in die Studie aufgenommen werden.

Ausgeschlossen wurden zwei Probanden mit erheblichen kardiovaskulären und/oder pulmonalen Einschränkungen, Diabetes und extrem hohem Blutdruck und zwei Personen, die schon seit geraumer Zeit ein regelmäßiges Ausdauertraining wie Schwimmen, Radfahren oder Aerobic mehr als einmal in der Woche durchführten.

Die Abschlussuntersuchung fand sechs Monate später ebenfalls in einer Woche unter den gleichen Bedingungen wie zur ersten Untersuchung statt. Die bis dahin ausgefallenen Probanden trugen sehr unterschiedliche Argumente für einen Ausstieg aus dem Training vor: ein geplanter Urlaub, körperliches Unwohlsein, längerer Ausfall wegen Krankheit, orthopädische Probleme an den Knien, der zu hohe Preis für den Pulsmesser, zeitlich aufwendigere Hilfe bei den Kindern bzw. Enkelkindern, um die häufigsten zu nennen. Erstaunlich auf der anderen Seite: Zwei Senioren haben das Trainingsprogramm trotz intensiver nachberuflicher Einbindung in der Politik durchgehalten und beabsichtigen fortzufahren.

Während der beiden Untersuchungstermine gab es keine notfallmedizinischen Zwischenfälle.

3.4.3 Equipment und Messungen

Das Grundprinzip der Body-Plethysmographie ist das Gesetz von Boyle-Mariotte: $pV = \text{const}$ (Druck und Volumen sind zueinander indirekt proportional). Dies gilt für konstante Temperaturen.

Der Patient atmet in einer Kammer, deren Volumen konstant ist. Ändert sich bei der Atmung das Lungenvolumen, (das Teil des Kammervolumens ist), so muss sich auch der Kammerdruck ändern.

Beispiel Ausatmung: Die Lunge wird verkleinert:

- der Alveolardruck steigt,
- der Kammerdruck sinkt.

Somit ist der Kammerdruck eine inverse Funktion des Alveolardruckes, der ja nicht direkt messbar ist.

Die Kabine

Die rundum geschweißte Aluminium-Konstruktion, verklebt mit massiven Scheiben aus Sicherheitsglas, garantiert höchste Mess- und Langzeit-Stabilität. Die gute Wärmeleitfähigkeit von Metall und Glas sorgt auch dafür, dass die vom Patienten in die Kammer eingebrachte Wärmemenge schnell abgeführt wird. Dies verringert Driften und erhöht den Komfort. Die Dreh-Schiebetüre aus Sicherheitsglas wird wartungsfrei durch Elektromagnete verschlossen, kann daher nicht klemmen und jederzeit durch Notschalter geöffnet werden - natürlich auch von innen.

Die Temperaturmessung erfolgt in der Kabine mit einer Genauigkeit von 0,5° C.

Das Stativ

Das 3-D-Stativ ist elektronisch höhenverstellbar. Zur leichteren Desinfektion der Anlage sind Schläuche und Kabel durch die massive Stativsäule geführt. So wird der Patient nicht durch zu viel Technik irritiert, die Kammer wirkt ‚aufgeräumt‘. Die Stativhöhe kann man auch während der Messung elektrisch verstellen und damit die Körperhaltung des Patienten optimieren.

Die NDC-Kompensation

Das neue Verfahren garantiert stabile Kurven bereits kurz nach dem Start der Messung. Das Kompensationsverfahren reduziert zu ca. 95 % Drift und Umgebungsartefakte mit einer geringen Zeitverzögerung. In der Praxis heißt das für den Anwender, dass auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen nahezu artefaktfrei gemessen werden kann. Außerdem kann bei geschlossener Kabine die Messzeit drastisch verkürzt werden, ohne dass die Signale einen spürbaren Qualitätsverlust erkennen lassen. Die NDC-Kompensation ist ein deutlicher Vorteil für Benutzer und Patienten.

Die Mess-Elektronik

Die gesamte Elektronik ist in einem externen Modul untergebracht. Für eine besonders hohe Signalauflösung werden 21 Bit Analog-Digital-Wandler (ADU) eingesetzt, ein Signal ist in über 200.000 Teile zerlegbar.

Auflösungen: Flow: < 5 ml/sek
Volumen: < 1 ml
Kammerdruck: < 0.0006 kPa

Die Body-Kammer und das kleine Kompensationsgefäß sind so gut aufeinander abgestimmt, dass die Untersuchungen auch bei starkem Wind durchgeführt werden könnten.

Das PC-System

Prozessor: Pentium 700 Mhz MMX
RAM-Speicher: 64 MB
Festplatte: 15 Gb
Monitor: 17 Zoll strahlungsarm
Monitorauflösung: min. 1024 x 768 Pixel
Drucker: schneller Farbtintenstrahldrucker

Das Betriebssystem

Das Betriebssystem ist WIN 95/98. Die Programmsoftware wurde als 32 Bit Applikation für WIN 95 bzw. WIN 98 und WINDOWS NT erstellt. Netzwerkfähigkeit ist Standard. Die ZAN-Software kann mit Tastatur, Maus oder auch Touch Screen bedient werden.

Protokolle

Das System bietet eine große Auswahl an Standard-Protokollen. Spezifische Varianten können einfach erstellt werden. Alle Messwerte und Grafiken können am Bildschirm gezeigt werden. Nahezu alle Kurven können durch Tangenten-Adaption manuell vermessen und korrigiert werden. Dies ist auch noch für Messungen im Archiv möglich. Hyperreagibilitätsauswertung und Trend-Protokolle sind Standard.

Der Strömungssensor

Der Strömungssensor funktioniert nach dem seit Jahrzehnten bewährten Prinzip der turbulenten Strömungsmessung. Dazu wird ein elastisches Blendsystem als variabler

Strömungswiderstand benutzt. Da der Sensor keine Siebe enthält, wird er nicht durch Sputumtröpfchen verändert und ist besonders leicht zu reinigen. Der Flow-Sensor ist unempfindlich gegen Feuchte, daher muss er nicht beheizt werden. Da die Blende beim Atemstoßtest weit geöffnet ist, hat sie einen besonders geringen Atemwiderstand. Das Ergebnis dieser Details spürt der Proband: Selbst Probanden mit Atemnot können ohne zusätzliche Beeinflussung am System atmen, ohne spürbare CO₂-Rückatmung und ohne spürbaren Widerstand.

Messprinzip: Variable Blende

Ein elastisches Lamellen-System passt sich dem Atemstrom an: Je größer die Strömung, desto größer die Öffnung.

Folgen: - hohe Genauigkeit und Dynamik,

- sehr niedriger Strömungswiderstand,
- geringe Kontaminierbarkeit durch die beim Atemstoß transportierten Partikel,
- feuchte-unabhängig,
keine Heizung notwendig, daher physiologische Bedingungen,
- hygienisch,
- leichte Reinigung,
- die kalibrierten Atemrohre sind leicht austauschbar,
- langzeitstabil und bewährt.

Der Shutter

Das Unterbrecherventil hat einen so geringen Strömungswiderstand und Totraum, dass Atemstoß-Tests nicht behindert werden. Da der Verschluss quer zur Atemströmung erfolgt, wird die Unterbrechung nicht als unangenehm empfunden.

Die Desinfektion

ZAN-Systeme sind gesteckt aufgebaut. Alle Atem führenden Teile können ohne Werkzeuge demontiert werden. Die Desinfektion erfolgt mit handelsüblichen Desinfektionsmitteln.

Kalibration

Die Kalibration der Kammer erfolgt vollautomatisch durch eine eingebaute Motor-Eichpumpe. Die Atemsensoren sind bei der Fertigung einzeln kalibriert. Sie können ohne ständiges Nachkalibrieren untereinander gewechselt werden.

Parameterliste der ZAN-Body-Plethysmographie

<i>TLC</i>	=	<i>Totale Lungen-Kapazität</i>
ITGV	=	Intrathorakales Gasvolumen
RV	=	Residualvolumen
RAW	=	Resistance der Atemwege
		RAWtot = totale RAW, RAWin, RAWex.
sRAW	=	Spezifische Resistance
	=	RAW x TGV
		sRAWin, sRAWex
GAW	=	Conductance = (1/RAW)
	=	(Kehrwert der Resistance)
		GAWin, GAWex, GAWtot
sGAW	=	Spezifische Conductance
	=	GAW/TGV
		sGAWin, sGAWex, sGAWtot
Abgeleitete Parameter: ITGV, TLC, RV/TLC u.a.		

Technische Daten ZAN 600

Mechanische Daten	Gewicht	2 kg
	Abmessungen	26 x 29 x 11
	Gehäuse	Kunststoffgehäuse innen elektrisch leitend beschichtet
	Farbe	Hellgrau
Elektrische Daten	Klassifikation nach MDD	IIa 93/42/EWG des Rates von 14.06.93 Anhang IX
	Schutzklasse VDE	2
	Typ Anwendungsteil	BF gemäß VDE 0750 (DIN EN 60601-1)
	Spannungsversorgung	24 V DC max. 3 A
	Stromaufnahme während Aufwärmzeit	Max. 3 A
	Aufwärmzeit	Ca. 20 Minuten
	Stromaufnahme im Betriebsfall	1,4 A
	Schnittstelle zum PC	Seriell (RS232)
	Schutzart	IPX0
Fluss	Flussaufnehmer	ZAN ErgoFlowSensor 2a
	Messbereich	± 0,02 l/s bis ± 20 l/s
	Max. Linearitätsfehler	< 2,5 %
	Widerstand	0,05 kPa (< 15 l/s)
	Effektiver Totraum	< 40 ml
	Innendurchmesser	24 mm
	Gewicht mit Maske	65 kg
	Temperatur-	0,5 %/°C, wird durch SW kompensiert

	Feuchte-Empfindlichkeit	< 2 % bei 0-99 % Feuchte
	Fluss-Auflösung	< 1 ml/s
	Genauigkeit	0,05 - 15 l/s ± 2 %
	Druckwandler Flow-Messung Druckbereich Genauigkeit	Halbleiter (Differenzdruck) ± 0,25 kPa 0,05 % FS (Full Scale)
	Auflösung	21 Bit, ADU 16 Bit Signalauflösung und 5 Bit Offset
Volumen	Volumen	0 - 20 l
	Volumenauflösung	< 5 ml
	Genauigkeit	2,5 %
	Rückdruck	< 0,4 kPa bei 12 l/s
Gasanalyse O₂	Prinzip:	Optisches Spektrometer
	Bereich	5 % - 100 % O ₂
	Auflösung:	0,02 % O ₂
	Linearität:	0,2 % O ₂
	Genauigkeit:	0.1 % O ₂
	Zero-Drift / Stabilität	0.5 % O ₂ / 24 h
	Aufwärm-Zeit	15 min.
	Anstiegszeit	T ₁₀₋₉₀ < 90 ms
	Feuchtigkeit	0 - 90 %, nicht kondensierend
	Betriebstemperatur	10 - 55° C
	O ₂ -Aufnahme	0 - 8 l/min

	Genauigkeit O ₂ -Aufnahme	3 %
Gasanalyse CO₂	Prinzip:	Infrarot-Absorption
	Bereich	0 - 10 % CO ₂
	Auflösung:	0.1 % CO ₂
	Genauigkeit	0.1 % CO₂
	Wiederholbarkeit	< 0,03 % CO ₂
	Nullpunktstabilität / Stabilität	0.1 % CO ₂ / 24 h
	Aufwärm-Zeit	15 min.
	Anstiegszeit	T10-90 < 90ms
	Feuchtigkeit	0 - 90 %, nicht kondensierend
	Betriebstemperatur	10 - 45° C
	CO ₂ -Abgabe	0 - 8 l/min
	Genauigkeit CO ₂ -Abgabe	3,00%
Umgebungsbedin- gungen	Betriebsumgebung	Temperatur: + 10°C bis + 35°C Luftfeuchtigkeit: 20% bis 80% (keine Kondensation) Luftdruck: Zwischen 900 und 1060 hPa
	Lager- und Transportbedingungen	Temperatur: 0°C bis * 35°C Luftfeuchtigkeit: 20% bis 80% (keine Kondensation)
	Explosive Atmosphäre	Das Gerät darf nicht in explosiver oder brennbarer Atmosphäre betrieben werden
	Tropf-/Spritzwasser	Das Gerät darf keinem Tropf- /Spritzwasser ausgesetzt werden

Der Flow-Sensor

Er zeichnet sich aus durch einen besonders kleinen Strömungswiderstand ($< 0.03 \text{ kPa/(l/s)}$) und ist nicht feuchtigkeitsempfindlich. (Prinzip der ‚Variablen Blende.‘) Der leichte Sensor kann mit Maske oder Mundstück verwendet werden. Da er keine rotierenden Teile hat, gibt es auch keinen Nachlauf-Effekt wie bei den Turbinen-Rezeptoren. Er ist verschmutzungsunempfindlich, leicht zu reinigen und einfach zu desinfizieren.

Die Öffnung der Lamellen garantiert Unempfindlichkeit gegen Feuchte und Verschmutzung. Die Atmung wird praktisch nicht behindert. Keine Turbine, daher keine Nachlauf-Fehler.

Offenes System: Für jeden Atemzug werden O_2 -Aufnahme und CO_2 -Abgabe exakt berechnet. Exzellente Artefakt-Unterdrückung (NDC-Kompensation), kardiologischer oder pneumologischer Bildschirm.

Frei programmierbar sind: Belastungsverlauf (Stufen, Rampen, Conconi), Blutdruckmessungen, Atemstoß-Tests, EKG-Speicherung, Blutabnahme, anaerobe Schwelle (AT) mit V-Slope-Methode, auch nach Archivierung noch editierbar. Die anaerobe Schwelle wird wahlweise nach der V-Slope- und der RQ-Methode automatisch ermittelt. Profis schätzen die Positionierung mit dem Cursor, da dabei auch andere (weitere) Kriterien berücksichtigt werden können.

Die umfassendste Information bieten die 9 Wasserman-Grafiken.

Weitere Systemkennzeichen:

- Echte Breath-by-Breath-Analyse (BxB)
durch gleich schnelle Gas-Analysatoren (90 ms)
- Intra-Breath-Analyse
 O_2 - CO_2 - und Volumen-Signale sind direkt sichtbar und geben wichtige diagnostische Informationen
- Vollautomatische Gas-Kalibration
- Kalorimetrische Messungen
mit Maske oder Haube (optional)
- Manuelle Blutdruck-Eingabe
auch neben der automatischen Messung möglich
- Editor für neue Last-Protokolle

Die Phasen (Ruhe, Aufwärmen, Last, Erholung) sind damit sehr einfach programmierbar, auch mit EKG-Speicherung. Blutdruck-Messung und Blutabnahme. Für Fahrräder wird die Leistung programmiert.

Technische Daten

Flow-Sensor:	
Prinzip:	Variable Blende
Flow Resistance:	< 0,03 kPa / (l/s)
Effektiver Totraum:	< 40 ml
Max. Linearitätsfehler:	< 2,5 %
Gewicht:	65 g + Maske
Druckwandler:	± 0,25 kPa oder 2,5 mbar
Genauigkeit:	0,05 % FSO
ADU:	21 Bit (Signal = 16 Bit, Offset = 5 Bit)
Volumen-Auflösung:	< 5 ml
Flow-Auflösung:	< 1 ml/s

Gas Analyse:		
	O ₂ -Analysator	CO ₂ -Analysator
Prinzip:	Optisches Spektrometer	IR-Absorption
Bereich:	5 % - 100 % O ₂	0 - 10 % CO ₂
Auflösung:	0,02 % O ₂	0,1 % CO ₂
Linearität:	0,2 % O ₂	0,1 % CO ₂
Genauigkeit:	0,1 % O ₂	0,1 % CO ₂

Zero-Drift:	0,5 % O ₂ / 24 Std.	0,1 % CO ₂ / 24 Std. 0,2 % CO ₂ / 7 Tage
Aufwärmzeit (typ.):	15 min. @ 20°C	15 min. @ 20°C
Reaktionszeit:	< 90 ms @ 200 ml/ min.	< 90 ms @ 200 ml/ min.
Feuchtigkeit:	0 - 90 %, nicht kondensierend	0 - 90 %, nicht kondensierend
Betriebstemperatur:	10 - 55°C	10 - 45°C

Parameterliste der Ergospirometrie

Expiratorisch		Inspiratorisch	
V _{ce}	expiratorische Vitalkapazität	V _{ci}	inspiratorische Vitalkapazität
ERV	expiratorisches Reserve-Volumen	IRV	inspiratorisches Reservevolumen
TV	Atemzug-Volumen		
FEV ₁	forciertes expiratorisches Volumen in der 1. Sekunde	FIV ₁	forciertes inspiratorisches Volumen in der 1. Sekunde
MEF ₂₅	Mittl.-Expirat. Fluss bei 25 % VC	MIF ₂₅	Mittl.-Inspirat. Fluss bei 25 %VC
MEF ₅₀	" " " bei 50 % VC	MIF ₅₀	" " " bei 50 % VC
MEF ₇₅	" " " bei 75 % VC	MIF ₇₅	" " " bei 75 % VC
MEF ₂₅₋₇₅	" " " zw. 25-75 % VC		
MEF ₇₅₋₈₅	" " " zw. 75-85 % VC		

PEF	maximaler expiratorischer Fluss	PIF	maximaler inspiratorischer Fluss
FVCex	forcierte expiratorische VC	FVCin	forcierte inspiratorische VC
Aex	Fläche der exp. F-V-Kurve (FEV1-Ersatzwert bei Kindern)	Ain	Fläche der insp. F-V-Kurve
Rocc	Resistance (Occlusions-Methode)		
Abgeleitete Parameter:			
FEV ₁ *30, FEV ₁ / IVC,		MEF ₂₅ / FVCex, MEF ₅₀ / FVCex,	
MEF ₇₅ / FVCex, PEF, FVCex,		FEV ₁ / FVCex u.a.	

3.4.4 Statistische Verfahren

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 (Residualvolumen) 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 Ausdauertrainings gemessen, dann nach acht Wochen und nach einem halben Jahr. 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 des Residualvolumens 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 sei (vgl. hierzu: BORTZ, 1999, S. 114; WILLIMCZIK, 1993, S. 93ff).

Zur Überprüfung einer signifikanten Unterscheidung von null wird der T-Test verwendet.

Das Prüfverfahren

Die Verteilung der Differenzen (d) zwischen den Messreihen VC0 und VC1, 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 der Messreihe VC0/VC1 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.

3.5 Ergebnisse

3.5.1 Ergebnisse der Frauen

3.5.1.1 Deskriptive Statistik der Frauen

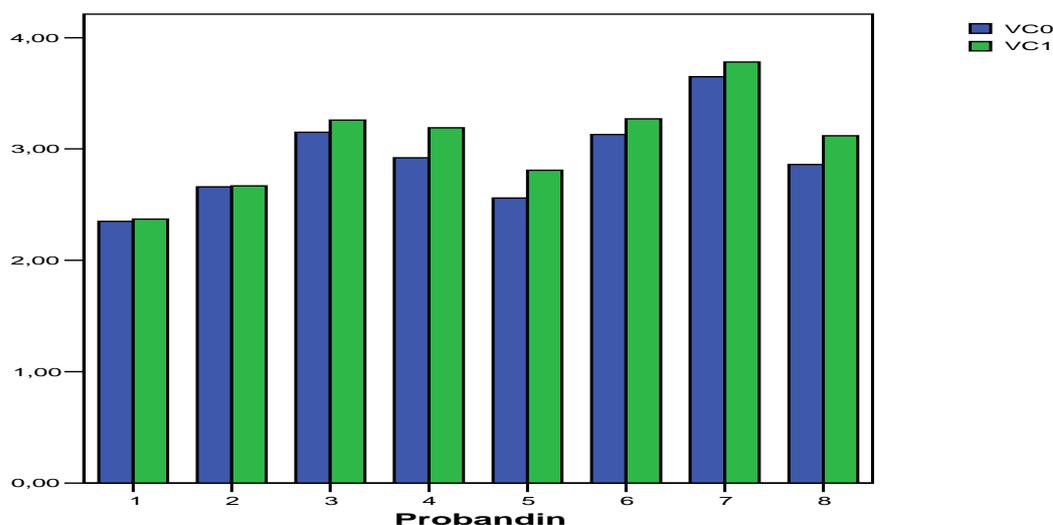


Abb. 18: Vitalkapazitätmessergebnisse aller Frauen, am Anfang (VC0, blau) und nach einem halben Jahr (VC1, grün) (Angaben in Liter)

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
VC0	8	2,35	3,65	2,9100	,40617
VC1	8	2,37	3,78	3,0588	,43321

3.5.1.2 T-Test

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
VC0	2,9100	8	,40617	,14360
VC1	3,0588	8	,43321	,15316

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
VC0-VC1	-,14875	,10357	,03662	-,23534	-,06216	-4,062	7	,005

3.5.1.3 Korrelationen

Korrelationen

		VC0	VC1
VC0	Korrelation nach Pearson	1	,972**
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N	8	8
VC1	Korrelation nach Pearson	**	1
	N		8

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

3.5.2 Ergebnisse aller Männer

3.5.2.1 Deskriptiv Statistik

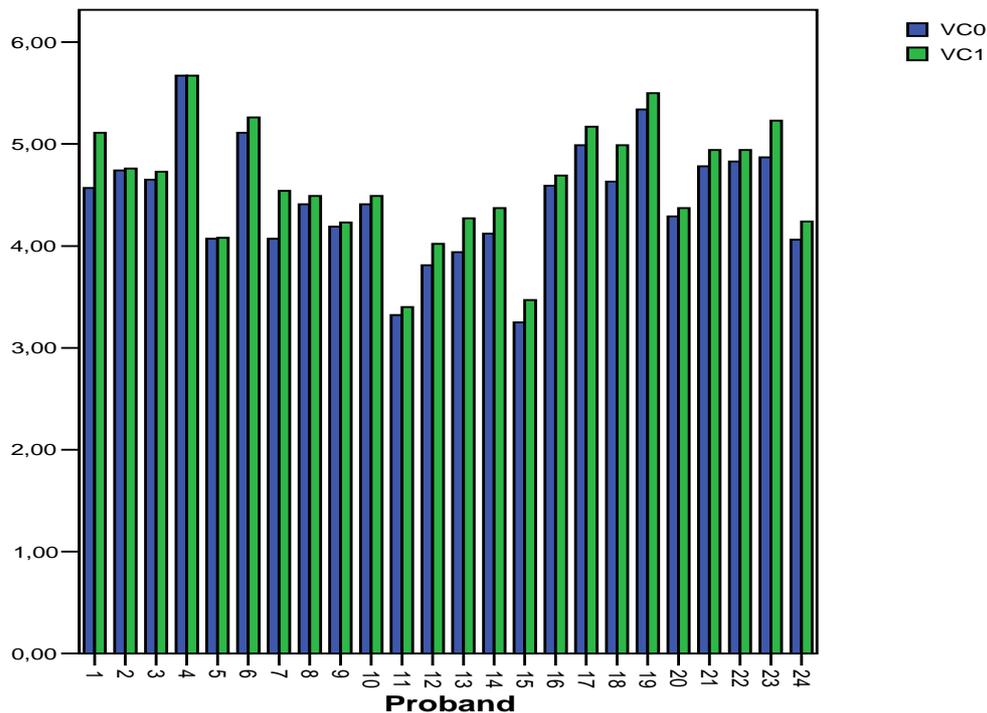


Abb.19: Vitalkapazitätsmessergebnisse aller Männer, am Anfang (VCO, blau) und nach einem halben Jahr (VC1, grün)

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
VC0	24	3,25	5,67	4,4463	,57711
VC1	24	3,40	5,67	4,6233	,57581

3.5.2.2 T-Test

Statistik bei gepaarten Stichproben

	Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren VC0	4,4463	24	,57711	,11780
1 VC1	4,6233	24	,57581	,11754

Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	5% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Paaren VC0-VC1	-,17708	,14412	,02942	-,23794	-,11623	-6,020	23	,000

3.5.2.3 Korrelationen

Korrelationen

		VC0	VC1
VC0	Korrelation nach Pearson	1	,969**
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N	24	24
VC1	Korrelation nach Pearson	**	1
	N		24

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

3.5.3 Weitere medizinische Auswirkungen

In der Anfangsbefragung der Probanden war schon aufgefallen, dass die Frauen weit weniger regelmäßig Medikamente einnehmen mussten als die Männer.

Nach Auswertung der Schlussbefragung nach einem halben Jahr ergibt sich folgendes Bild:

1. Bis auf eine Probandin nahmen und nehmen alle anderen bislang keine Medikamente regelmäßig ein.

2. Eine Probandin konnte nach etwa fünf Monaten Ausdauertraining ihre täglich zu spritzende Insulinmenge um die Hälfte reduzieren.

3. Bei den Männern fiel auf, dass acht Probanden mehr als vier verschiedene Medikamente aufgelistet hatten, die sie täglich einnehmen mussten und teilweise weiterhin einnehmen müssen. Nach Rücksprache mit den jeweiligen Hausärzten konnte nachfolgend aufgelistete Medikation reduziert werden:

ASS 100 zur Blutverdünnung von einmal täglich einer Tablette auf eine halbe Tablette täglich (bei zwei Probanden);

Allopurinol (zur Regulierung eines erhöhten Harnsäurespiegels) konnte ein Proband von täglich 2 Tabletten nach 4 Monaten auf eine Tablette/Tag reduzieren;

Ergo-Sanol gegen Kopfschmerzen von 2 Tabletten täglich auf eine halbe Tablette täglich;

drei Probanden konnten ihre Blutdruckmedikamente (Escor, Nitrendipin, Atehexal) bei einer Dosis von einer Tablette täglich vollkommen absetzen. In diesem Zusammenhang berichtete ein Proband: Nach acht Wochen habe er bereits seine Blutdruckmedikation von einer Tablette täglich auf eine halbe Tablette reduzieren können. Seitdem er sich bemühe, regelmäßig das Ausdauertraining morgens vor Dienstbeginn zu absolvieren, benötige er überhaupt kein Blutdruckmittel mehr.

3.5.4 Auswirkungen auf das Selbstbild der Probanden

Obwohl übertrieben hohe Erwartungen bezüglich der Persönlichkeitsveränderungen sowie der Änderung des Selbstbildes (Selbstkonzeptes) aufgrund sportlicher Aktivitäten nach BAKKER (1992) nicht angebracht erscheinen (vgl. Kap. 2.4.1.3), andererseits nach ALLMER (1998), CONZELMANN (2001) und OKONEK (1997 u. 2000) sehr wohl derartige Veränderungen zu beobachten sind, so können einige bemerkenswerte Wandlungen bei den meisten Probandinnen und Probanden konstatiert werden.

20 der 24 Männer und acht Frauen, die das halbjährige Ausdauertraining absolvierten, beantworteten einen zweiseitigen Fragebogen zu Verbesserungen der Physis und Psyche.

Subjektiv wahrgenommene	Zustimmung in %
körperliche Verbesserung	
im Hinblick auf	
Abgespanntheit	28
Atmung	43
Ausgeglichenheit	21
Balance	21
Belastbarkeit	43
Gedächtnis	18
Gelenkschmerzen	15
Kopfschmerzen	15
Morgendliches Aufstehen	18
Motorik	37
Reaktionsschnelligkeit	21
Rückenschmerzen	37

Tabelle 4: Subjektiv wahrgenommene körperliche Verbesserungen (von –auf)

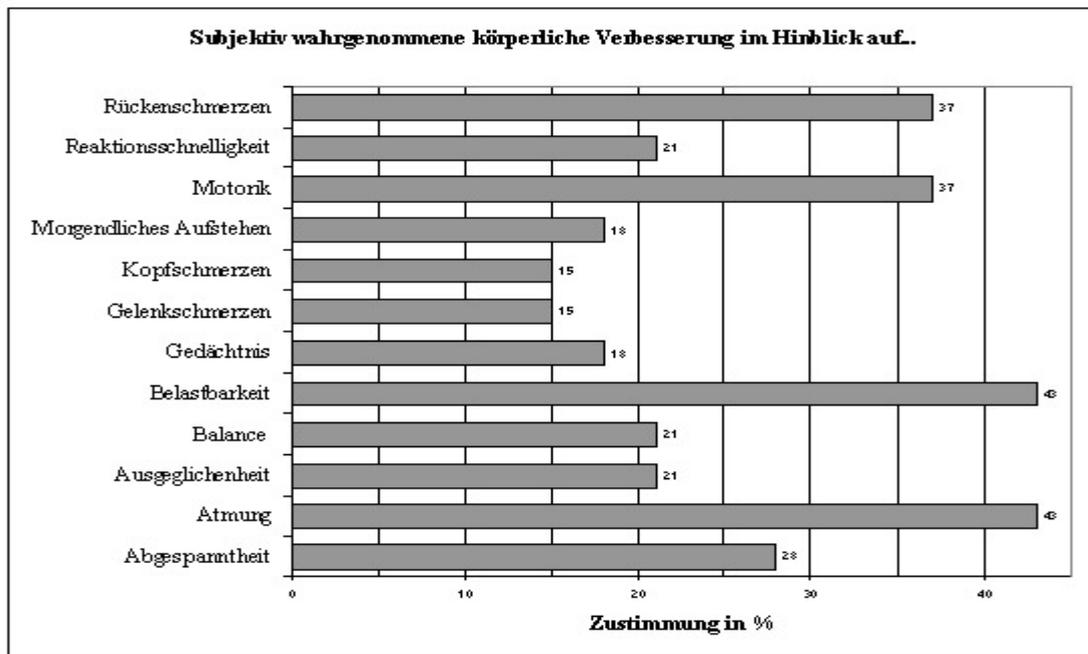


Abb. 20: Subjektiv wahrgenommene körperliche Verbesserungen (von –auf)

Subjektiv wahrgenommene psychische Verbesserung im Hinblick auf ...

Angst	12
Ausgeglichenheit	38
Belastbarkeit	34
Bewegungswillen	37
Entspanntheit	25
Gelassenheit	28
Gereiztheit	15
Gesundheitsbedürfnis	43
Glücksgefühl	22
Großzügigkeit	34
Harmoniebedürfnis	22
Ideen	38
Kontaktfreudigkeit	22
Konzentration	25
Lebenseinstellung	41
Lebensfreude	41
Selbstwertgefühl	47
Stimmung	38
Stressanfälligkeit	34

Tabelle 5: Subjektiv wahrgenommene psychische Verbesserungen (von –auf)

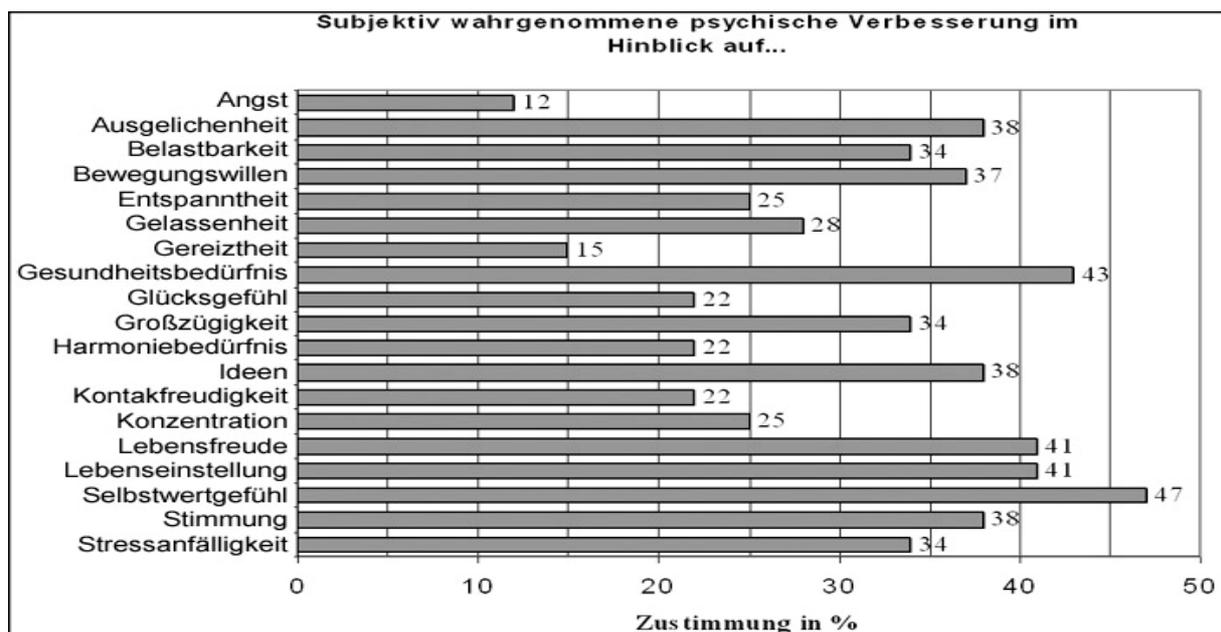


Abb. 21: Subjektiv wahrgenommene psychische Verbesserungen (von – auf)

Zehn Probanden teilten darüber hinaus mit, in zukünftige Urlaubsplanungen Aspekte sportlicher Betätigungsmöglichkeiten mit einbeziehen zu wollen.

Weiterhin berichteten zwei Probanden, nun endlich den Mut gefunden zu haben, um in nächster Zukunft das Deutsche und das Bayerische Sportabzeichen abzulegen sowie das Schwimmen und die Wassergewöhnung neu erfahren zu wollen, um in Kürze ihre Schwimmprüfungen wiederholen zu können.

3.6 Ergebnisdiskussion

In der Diskussion der Studienergebnisse werden zunächst die Stichproben analysiert.

3.6.1 Stichprobenanalyse

Die bisherigen nicht Sport treibenden Probanden zeigen teilweise deutliche Verbesserungen der VC. Ebenso deutet die Steigerung der VC auf eine größer gewordene Beweglichkeit des Brustkorbs sowie eine Zunahme an Dehnbarkeit und Reaktionsvermögen der elastischen Lungenfasern hin. Somit haben die Versuchspersonen einen bedeutenden Schritt hin zu mehr Bewegung, zu größerer geistiger Unversehrtheit und weitestgehender Selbstständigkeit, gegen altersbedingte körperliche und geistige negative Veränderungen und zur Verbesserung ihrer Alltagskompetenz, verbunden mit einem größeren psychophysischen Wohlbefinden, getan. Ob sich diese zusätzlichen Veränderungen aufgrund des Zuwendungs-, Aktivitäts- oder Trainingseffektes ergeben, müsste näher untersucht werden.

Die Verbesserung der VC weist außerdem darauf hin, dass die vorgegebenen Trainingsparameter (dreimal wöchentlich Fahrradergometertraining à 45 Minuten bei 70-80% der Ausdauerleistungsfähigkeit, zusätzlich zweimal 5 Minuten Warm up und Cool down) ausreichten.

Das Fahrradergometer wurde zum einen deshalb gewählt, weil die Ergospirometrieuntersuchung mit einem derartigen Gerät durchgeführt wurde (und nicht mit einem Laufband), so dass sich deshalb unerwünschte und zu vermeidende Differenzen in den Untersuchungsergebnissen hätten ergeben können. Nach HOLLMANN/LIESEN sollten derartige Untersuchungen mit sportartgleichen bzw. -spezifischen Belastungsstrukturen/-geräten durchgeführt werden (vgl. 1986, S. 313f). Zum anderen war es für die bisherigen Nichtsportler in dieser Altersgruppe wichtig, zunächst die Beinmuskulatur durch das Fahrradfahren zu stärken, um später auch andere Ausdauersportarten wie Walking oder Jogging gefahrloser betreiben zu können.

Die erhobenen Daten lassen weiterhin folgende Beobachtungen erkennen:

1. Die durchschnittliche Verbesserung der VC bei den Frauen liegt bei knapp 5,44 %, im Absolutwert bei 0,14 l.
2. Die durchschnittliche Verbesserung der VC bei den Männern liegt bei 4,02 %, im Absolutwert bei 0,17 l.
3. Ein Vergleich der durchschnittlichen Verbesserung von Männern und Frauen zeigt, dass die Verbesserung bei den Männern im Prozentwert um mehr als 1 % niedriger liegt, im Absolutwert allerdings um 0,03 l höher ausgefallen ist als bei den Frauen.
4. Weder fielen die Probanden, die angegeben hatten, in der Woche 2-3 Stunden zu wandern, noch diejenigen mit regelmäßiger Medikation durch abweichende Werte auf.

Allerdings: Die Nachmessungen erfolgten meist nicht zum gleichen Wochentag, nicht zur gleichen Uhrzeit, zwangsläufig nicht zur gleichen Jahreszeit, wie dies in der Eingangsuntersuchung für die einzelnen Probanden der Fall war. Insofern liegen nicht exakt die gleichen Bedingungen in den Nachmessungen wie zur Eingangsuntersuchung vor. Allerdings wurde darauf geachtet, dass die Geräte am gleichen Ort mit den gleichen Raumtemperaturen aufgestellt wurden wie bei der Eingangsuntersuchung.

Zum Problem der Mitarbeit der Probanden während der Lungenfunktionsmessung:

Die Bestimmung der VC ist von der Mitarbeit des Probanden abhängig. Gerade dann, wenn mehrere Folgeuntersuchung stattfinden, besteht die Gefahr der Gewöhnung: Die Probanden

wussten bei der Nachuntersuchung, was auf sie zukam und wie sie sich während der Messung zu verhalten hatten; sie wussten, dass es wichtig war, exakt und intensiv ein- und auszuatmen. 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 wenigstens drei Messungen vorgenommen. Waren die Ergebnisse nicht zufrieden stellend – was sich unmittelbar in den abgebildeten Kurvenverläufen auf dem Bildschirm zeigte – wurde eine weitere Messung durchgeführt, um nahezu auszuschließen, dass der Proband zu lange, zu kurz, zu intensiv oder zu wenig mitarbeitete. Im Übrigen wurde jeder Atmungsvorgang von drei Verschlüssen des Shutters begleitet.

Seit mehr als drei Jahrzehnten haben die European Respiratory Society (ERS) und die American Thoracic Society (ATS) Kriterien für die Richtlinien einer Lungenfunktionsmessung erarbeitet, um das Problem der Mitarbeit der Probanden weitestgehend in den Griff zu bekommen. Diese Richtlinien wurden in die zur Verfügung stehenden PC-Programme aufgenommen, ohne dass allerdings die Möglichkeit besteht, dass das verwendete Programm einen definitiven Warnhinweis gibt, sollte die erfolgte VK-Messung wegen der Mitarbeit des Probanden fehlerhaft sein.

In den persönlichen Einzelgesprächen bemerkten einige Teilnehmer eine Abnahme ihrer Stressanfälligkeit, die nicht nur die bereits pensionierten Probanden bei sich beobachteten, sondern auch die noch berufstätigen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass LINNEWEH in diesem Zusammenhang bei Berufstätigen, die mit der Aufnahme eines regelmäßiges Ausdauertrainings begonnen haben, auf teilweise deutliche Verbesserungen der Konfliktlösungs-, Durchsetzungs- und Stresskompetenz in ihren jeweiligen Betrieben bzw. an ihren Arbeitsstellen hinweist. (vgl. 2002, S.110ff). Diese Veränderungen berichteten auch in ähnlicher Weise sechs der zehn noch berufstätigen Probanden. Bereits empirisch nachgewiesen wurden diese Zusammenhänge von ERNST (2000, S. 20ff) und LAWS/TREIXLER (1997, S. 39ff).

3.6.2 Einzelfallanalyse

Die deutlichsten Verbesserungen in der Gruppe der Frauen zeigte Probandin Nr. 5 mit 0,25 l, die geringsten Verbesserungen zeigten sich bei Probandin Nr. 2 mit 0,01 l.

In der Gruppe der Männer fiel Proband Nr. 1 mit 0,54 l somit mit dem höchsten Messwert auf, dagegen Proband Nr. 4 mit keinerlei Verbesserung.

3.7 Zusammenfassung

Eine ausreichende Bewegungsaktivität ist für die Erhaltung der Gesundheits- und Lebensqualität unverzichtbar, um wachsenden Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit im Alltag bei immer mehr gerade auch älteren Menschen vorzubeugen. Die vorliegende Untersuchung befasst sich mit der Verbesserung der Alltagskompetenz 60-70-jähriger Seniorinnen und Senioren, der möglichen Beitragsfähigkeit eines gezielten Ausdauertrainings dazu und der damit verbundenen Verbesserung der VC der Lunge nach Aufnahme dieses moderaten (70-80% der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit) Trainings von bisherigen Nichtsportlern über ein halbes Jahr. In der Probandengruppe, die nach einem halben Jahr untersucht wurde, betrug das Durchschnittsalter der acht Probandinnen 62,9 Jahre, in der Gruppe der 24 Männer 64,7 Jahre.

Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich in fünf Punkten zusammenfassen:

1. Die halbjährige Untersuchung zur Verbesserung der VC der Lunge hat eindeutig ergeben, dass ein moderates Ausdauertraining, welches durch 60-70-jährige männliche und weibliche, zum allergrößten Teil gesunde Nichtsportler, absolviert wurde, in der Tat zu einer signifikanten Verbesserung beiträgt.

2. Die Korrelation zwischen den Werten in der Eingangsuntersuchung und denen nach einem halben Jahr ist signifikant.

3. Die Prüfverfahren für alle einzelnen dargestellten statistischen Erhebungen lassen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% die Behauptung zu, dass diese Verbesserungen für die Altersgruppe der 60-70-jährigen Männer und Frauen signifikant und damit übertragbar auf die Allgemeinheit sind.

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

4. Die Äußerungen der Trainingsabsolventen und -innen bezüglich ihrer an sich selbst bemerkten Veränderungen bzw. Verbesserungen der Psyche und der Physis zeigen deutlich: Hervorgehoben werden vor allem die Verbesserungen der allgemeinen körperlichen Verfassung, die körperliche Ausdauer und Belastbarkeit, die deutlich spürbare Zunahme an Selbstwertgefühl, Lebensfreude, -einstellung und -stimmung sowie an Bewegungswillen und Gesundheitsbedürfnis.

5. Auch wenn ein Zusammenhang mit der Aufnahme eines Ausdauertrainings und der beobachteten Medikationsreduzierung bislang nicht empirisch nachgewiesen wurde, so erscheinen diese Feststellungen zumindest bemerkenswert und sollten eingehender untersucht werden.

4 Literaturverzeichnis

ALLMER, H. (1998):

‘*Mens sana in corpore sano*’ -Zauberformel für Bewegungs- und Sportaktivitäten mit Älteren?, in: MECHLING, H. (Hrsg.) (1998): *Training im Alterssport. Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alternsprozess*. S. 39-50. Schorndorf: Hofmann.

AHMAIDI, S., MASSE-BIRON, J., ADAM, B., CHOQUET, D., FREVILLE, M., LIBERT, J.P. & PREFAUT, C. (1998):

Effects of interval training at the ventilatory threshold on clinical and cardiorespiratory responses in elderly humans. *European Journal of applied physiology* 78. S. 170-176.

AMREIN, R., KELLER, R., JOOS, H. & HERZOG, H. (1969):

Neue Normalwerte für die Lungenfunktionsprüfung mit der Ganzkörper-Plethysmographie. *Deutsche medizinische Wochenschrift* 94. S. 1785.

ANDERSON, O. (1995):

Älter werden – aktiv bleiben. Mit 50 so fit wie andere mit 30. *Runners World*. S. 54-57.

ARNDT, S. (1991):

Langsam länger laufen. Sinnvolle Trainingsmodifikationen im Seniorensport. *Conditio*. S. 74f.

BABCOCK, M.A., PATERSON, D.H. & CUNNINGHAM, D.A. (1994):

Effects of aerobic endurance training on gas exchange kinetics of older men. *Medicine and Science in sports and exercises* 26. S. 447-452.

BADTKE, G. & ISRAEL, S. (1985):

Sportliche Belastbarkeit im höheren Lebensalter. *Wissenschaftliche Zeitschrift der pädagogischen Hochschule Potsdam* 29. S. 527-537.

BAKKER, F.C., WHITING, H.T.A. & BURG, H. van der (1992):

Sportpsychologie. Grundlagen und Anwendungen, Bern-Göttingen-Toronto: Huber.

BALTES, P.B. & BALTES, M.M. (1986):

The psychology of control and aging, London: Erlbaum.

BALTES, P.B. & CARSTENSEN, L.L. (1996):

Gutes Leben im Alter. *Psychologische Rundschau* 47. S. 199-215.

BALTES, P.B. & DANISH, S. J. (1979):

Gerontologische Intervention auf der Grundlage einer Entwicklungspsychologie des Lebenslaufs. Probleme und Konzepte. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie* 11. S. 112-140.

- BALTES, P.B. & MITTELSTRASS, J. (1992):
Zukunft des Alterns und gesellschaftliche Entwicklung, Berlin: de Gruyter.
- BALTES, M.B., KOHLI, M. & SAMES, K. (Hrsg.) (1989): *Erfolgreiches Altern. Bedingungen und Variationen*, Bern-Stuttgart-Toronto: Huber.
- BAUMANN, H. (Hrsg.) (1988):
Älter werden - fit bleiben I. Aktuelle theoretische Beiträge und Tipps für sportliche Aktivitäten, Ahrensburg: Czwilina.
- BAUMANN, H. (1990):
Älter werden - Fit bleiben II. Aktuelle theoretische und praktische Beiträge, Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg.
- BAUMANN, H. (Hrsg.) (1992a):
Altern und körperliches Training. Angewandte Alterskunde Bd. 1, Bern-Göttingen-Toronto: Huber.
- BAUMANN, H. (1992b):
Ziele und Wirkungen des Sports im höheren Lebensalter, in: BAUMANN, H. (Hrsg.) (1992a): *Altern und körperliches Training. Angewandte Alterskunde Bd. 1*. S. 104-116. Bern-Göttingen-Toronto: Huber.
- BAUMANN, H. (1996):
Fitness im Alter durch Bewegung, in: DENK, H. (Hrsg.) (1996): *Alterssport. Aktuelle Forschungsergebnisse*. S. 104-116. Schorndorf: Hofmann
- BAUMANN, H. (1997):
Beeinflussungsmöglichkeiten altersbedingter psychomotorischer Verhaltensänderungen durch geeignete Bewegungsangebote, in: BAUMANN, H. & LEYE, M. (Hrsg.) (1992): *Älter werden. Kompetent bleiben. Eine Herausforderung für den Sport?* S. 92-112. Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg.
- BAUMANN, H. & LEYE, M. (Hrsg.) (1992):
Älter werden. Kompetent bleiben. Eine Herausforderung für den Sport? Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg.
- BAUMANN, H. & LEYE, M. (Hrsg.) (1997):
Bewegung und Sport mit älteren Menschen. Wie-Was-Warum? Sport im Dialog, Bd. 2, Aachen: Meyer&Meyer.
- BAUMANN, H. (1998):
Kompetenztraining im hohen Lebensalter - Ein Beispiel für interdisziplinäre Forschung, in: MECHLING, H. (Hrsg.) (1998): *Training im Alterssport. Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alternsprozess*. S. 68-72. Schorndorf: Hofmann.
- BAUMANN, S. (1986):
Praxis der Sportpsychologie. Unterricht - Training- Wettkampf. BLV Sportwissen 411, München-Wien-Zürich: BLV.

- BAUR, J., BÖS, K. & SINGER, R. (Hrsg.): *Motorische Entwicklung . Ein Handbuch.* Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport Bd. 106, Schorndorf: Hofmann,
- BAUSS, R. & ROTH, K. (Hrsg.) (1977):
Motorische Entwicklung- Probleme und Ergebnisse von Längsschnittuntersuchungen. Beiträge zum 4. Internationalen Motorik-Symposium, Darmstadt 22.-24. Mai 1977, Darmstadt: Steinkopff.
- BECERRO, J.F., FRONTERA, W. & GOMES, R.S. (1995):
Slud y la actividad física en las personas mayores, Madrid: Ed. R. Santonja.
- BEERS, M.H. & BERKOW, R. (Hrsg.) (2000):
Das MSD Manual der Diagnostik und Therapie; dt. von Christl Kiener, 6. Auflage, München-Jena: RM-Buch-und-Medienvertrieb.
- BERG, F. van den (Hrsg.) (2001):
Angewandte Physiologie, Bd. 3: Therapie, Training, Tests, Stuttgart-New York: Thieme.
- BIERHOFF-ALFERMANN, D. (1975):
Sport und Persönlichkeit, in: SCHMITZ-SCHERZER, R. (Hrsg.) (1975):
Freizeit und Alter. S. 390-405. Stuttgart: Kohlhammer.
- BIRREN, J.E., BUTLER, R.N., GREENHOUSE, S.W., SOKOLOW, L. & YARROW, M.R. (1963):
Human aging. A biological and behavioral study, im Auftrag des National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland.
- BIRREN, J.E. & SCHAIE, K.W. (2001):
Handbook of the psychology of aging, 5. Auflage, San Diego-San Francisco-New York-Boston-London-Sydney-Tokyo:Academic Press.
- BIRREN, J.E., SLOANE, B. & COHEN, G.R. (1992):
Handbook of mental health and aging, San Diego: Academic Press.
- BIZZINI, L., CHANTRAINE, A., JEANNERET, O. & PERRIN, E. (1991):
Sport et ages de la vie adulte, Genf: GISS.
- BOCK, H.E. (1977):
Altern und Arbeit. 9. Bad Sodener Geriatisches Gespräch, 6. Mai 1977, Stuttgart: Schattauer.
- BÖHLAU, V. (Hrsg.) (1970):
Alter und Physiotherapie. Zweites Bad Sodener Geriatisches Gespräch (8. Mai 1970), Stuttgart: Schattauer.
- BÖSL, Th. (2001):
Der Wert körperlichen Trainings nach Lungenoperationen - verdeutlicht am Beispiel von Patienten nach Lungen-Volumen-Reduktion (LVR).
Krankengymnast 53. S. 1136-1144.

- BORTZ, J. (1999):
Statistik für Sozialwissenschaftler, Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- BOUTCHER, S.H. MEYER, B.J., CRAIG, G.A. & ASTHEIMER, L. (1998):
 Resting autonomic function in aerobically trained and untrained postmenopausal Women. *Journal of aging and physical activity* 6. S. 310-316.
- BRANDSTÄTTER, J. & BALTES-GÖTZ, B. (1986):
Personal control over development and quality of life perspectives in adulthood, in:
 BALTES, P.B. & BALTES, M.M. (1986): *The psychology of control and aging*. S. 197-224. London: Erlbaum.
- BREHM, W. & ABELE, A. (1992):
Auswirkungen sportlicher Aktivität in: BAUMANN, H. (1992a): *Altern und körperliches Training*. Angewandte Alterskunde Bd. 1. S. 93-113. Bern-Göttingen-Toronto: Huber.
- BRENGELMANN, J.C. (Hrsg.) (1990):
Vorträge zur Verhaltenskompetenz und -inkompetenz, Frankfurt a.M.: Peter Lang.
- BRENGELMANN, J.C. (1993):
Erfolg und Stress, Weinheim-Basel: Beltz.
- BRENGELMANN, J.C. (1997):
 Persönlichkeit und Erfahrung von der Jugend bis zum Ruhestand. *Fundamenta Psychiatrica* 11. S. 54-63.
- BRETTSCHNEIDER, W.D. , BAUR, J. & BRÄUTIGAM, M . (1989):
Bewegungswelt von Kindern und Jugendlichen, Schorndorf: Hofmann.
- BRINKMANN, A., RODER, A. (Hrsg.) (1985):
Freizeitsport mit Senioren. Modelle für den Vereinssport und Altenarbeit, Reinbek: Rowolt.
- BROWN, D.R., WANG, Y., WARD, A., EBBELING, C.B., FORTLAGE, L., PULEO, E., BENSON, H. & RIPPE, J.M. (1995):
 Chronic psychological effects of exercise and exercise plus cognitive strategies. *Medicine and science in sports and exercise* 27. S. 765-775.
- BRUCE, R.A. (1984):
 Exercise, functional aerobic capacity, and aging - another viewpoint. *Medicine and Science in sports and exercises* 16. S. 8-13.
- BRÜCKNER, U. (2001):
 Atemtherapie beim Erwachsenen in der Praxis. *Krankengymnast* 53. S. 1766-1769.
- BUBOLZ-LUTZ, E. (1984):
Bildung im Alter. Eine Analyse geragogischer und psychologisch-pragmatischer Grundmodelle, 2. Auflage, Freiburg.

- BUNDESINSTITUT für Bevölkerungsforschung (Hrsg.) (2001):
Bevölkerung: Fakten - Trends - Ursachen - Erwartungen, Wiesbaden.
- BUNDESINSTITUT für Bevölkerungsforschung (2002):
Demographische Lage; im Internet unter www.bib-demographie.de/demolage.htm
- BUNDESREGIERUNG (Hrsg.) (1993):
Der erste Altenbericht der Bundesregierung, Bonn: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend.
- BUNDESREGIERUNG (Hrsg.) (1998):
Zweiter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Wohnen im Alter, Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend.
- BUNDESREGIERUNG (Hrsg.) (2001):
Dritter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Alter und Gesellschaft, Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend.
- BUNDESREGIERUNG (Hrsg.) (2002):
Vierter Altenbericht der Bundesregierung. Dazu Vorabpresseinfo Januar 2002, Berlin.
- CANDER, L. & MOYER, J. (Hrsg.) (1964) :
Aging of the lung, New York: Harper&Row.
- CARROLL, J.F., CONVERTINO, V.A., WOOD, C.E., GRAVES, J.E.,
 LOWENTHAL, D.T. & POLLOCK, M.L. (1995):
 Effect of training blood volume and hormone concentrations in the elderly.
Medicine and Science in sports and exercise 27. S. 79-84.
- CASSEL, C.K., COHEN, H.J., LARSON, E.B., MEIER, D.E., ROSNICK, N.M. &
 RUBENSTEIN, L.Z. (Hrsg.) 1990):
Geriatric Medicine, 2. Auflage, New York-Berlin-Heidelberg-London-Paris-Tokio-Hongkong: Springer.
- CHALKE, H.D., DEWHURST, J.R. & WARD, M.P. (1957):
 Loss of sense of smell in old people. *Public health* 72. S. 223-230.
- CHAPMAN, C.M. & JONES, C.M. (1994):
 Variations in cutaneous and visceral pain sensitivity in normal subjects. *Journal of clinical investigations* 23. S. 81-91.
- COGGAN, A. R., ABDULJALIL, A.M., SWANSON, S.C., EARLE, M.S., FARRIS, J.W., MENDENHALL, L.A. & ROBITAILLE, P.-M. (1993):
 Muscle metabolism during exercise in young and older untrained and endurance-trained men. *Journal of applied physiology* 75. S. 2125-2133.

- CONONIE, C.C., GRAVES, J.E., POLLOCK, M.L., PHILLIPS, M.I., SUMNERS, C. & HAGBERG, J.M. (1991):
Effect of exercise training on blood pressure in 70- to 79-yr-old men and women. *Medicine science in sports exercise* 23. S. 505-511.
- CONRAD, C. & KONDRATOWITZ, H.-J. von (Hrsg.) (1993):
Zur Kulturgeschichte des Alterns, Berlin: DZA.
- CONRAD, C. & KONDRATOWITZ, H.-J. von (1993):
Repräsentation des Alters vor und nach der Moderne, in: CONRAD, C. & KONDRATOWITZ, H.-J. von (Hrsg.) (1993): *Zur Kulturgeschichte des Alterns*. S. 1-16. Berlin: DZA.
- CONZELMANN, A. (1994):
Entwicklung der Ausdauer, in: BAUR, J., BÖS, K. & SINGER, R. (Hrsg.): *Motorische Entwicklung. Ein Handbuch*. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport Bd. 106. S. 151-180. Schorndorf: Hofmann.
- CONZELMANN, A. (2001):
Sport und Persönlichkeitsentwicklung. Möglichkeiten und Grenzen von Lebenslaufanalysen. Reihe Sportwissenschaft. Ansätze und Ergebnisse, Bd. 29, Schorndorf : Hofmann.
- COPPOOLSE, R., SCHOLS, A.M., BAARDENDS, E.M., MOSTERT, R., AKKERMANS, M.A., JANSSEN, P.P. & WOUTERS, E.F. (1999):
Interval versus continuous training in patients with severe COPD: a randomized clinical trial. *The European Respiratory Journal* 14. S. 258-263.
- CORDAIN, L., RODE, E.J., GOTSHALL, R.W. & TUCKER, A. (1994):
Residual lung volume and ventilatory muscle strength changes following maximal and submaximal exercise. *International Journal of Sports Medicine* 15. S. 158-161.
- CUNNINGHAM, W.R. & BROOKBANK, J.W. (1988):
Gerontology. The psychology, biology and sociology of aging, New York: Harper&Row.
- DANISH, S. J. & D' AUGELLI, A.R. (1990):
Kompetenzerhöhung als Ziel der Intervention in Entwicklungsverläufe über die Lebensspanne, in: FILIPP, S.-H. (Hrsg.) (1990): *Kritische Lebensereignisse*, 2. Auflage. S. 156-173. München: Urban&Schwarzenberg.
- DENIS, C. & CHATARD, J.C. (1994):
Adaptabilité du sujet agé à l'entraînement à l'exercice d'endurance. *Science et Sports* 9. S. 209-213.
- DENK, H. (Hrsg.) (1996):
Alterssport. Aktuelle Forschungsergebnisse, Schorndorf: Hofmann.

- DENK, H. & PACHE, D. (1999):
Die Bonner Alterssportstudie – Eine Untersuchung der Motivation und Einstellung Älterer zu Sport- und Bewegungsaktivitäten. *Sportwissenschaft* 29. S. 324-342.
- DIEM, L. (1974):
Aktiv bleiben. Lebenstechnik ab 40, Stuttgart: DVA.
- DIEM, L. (1978):
Umwelt und Bewegungsspiel als notwendige Herausforderung im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie* 11. S. 300-311.
- DIEM, L., SCHMITZ-SCHERZER, R., ROST, R. & WINKLER, J. (1989):
Das Alterssportzentrum 'Sport für betagte Bürger' Mönchengladbach.
Bd. 237, Stuttgart-Berlin-Köln: Schriftenreihe des Bundesministers für Jugend, Familie, Frauen und Gesundheit.
- DORDEL, S. (1993):
Bewegungsförderung in der Schule, 3. unveränd. Auflage, Dortmund: Modernes Lernen.
- DORFMAN, R.A. & WASH, K.E. (1996):
Theoretical dimensions of successful aging. *Journal of aging and identity* 1. S. 165-176.
- DOUGLAS, P.S. & O'TOOLE, M. (1992):
Aging and physical activity determine cardiac structure and function in the older Athlete. *Journal of applied physiology* 72. S. 1969-1973.
- EHRMANN, R. (1997):
Training und Trainierbarkeit der aeroben Kapazität im Alter. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 45. S. 75-82.
- EHRMANN, R., GULDIMANN, J., MERZ, J. & SCHERER, A. (1991):
Untersuchungen zum Herzfrequenzverhalten von Seniorinnen und Senioren während Läufen im Dauerleistungsbereich, in: BIZZINI, L., CHANTRAINE, A., JEANNERET, O. & PERRIN, E. (1991): *Sport et ages de la vie adulte*. S. 35-40. Genf: GISS.
- EIRMBTER, E. (1979):
Altenbildung, Paderborn-München: Schöningh.
- ERIKSON, E.H. (1963):
Childhood and society, New York: Norton.
- ERNST, H. (2000):
Das Stressparadox. *Psychologie heute* 6. S. 20-27.
- FEATHERMAN, D.L., SMITH, J. & PETERSON, J.G. (1986):
Successful aging in a postretired society, in: BALTES, P.B. & BALTES, M.M. (1986): *The psychology of control and aging*. S. 50-87. London: Erlbaum.

- FERLINZ, R. (Hrsg.) (1992):
Diagnostik in der Pneumologie. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart-New York: Thieme.
- FERLINZ, R. (1994):
Pneumologie in Praxis und Klinik, Stuttgart-New York 1994: Thieme.
- FESTINGER, L. (1954):
 A theory of social comparison processes. *Human relations* 7. S. 117-140.
- FILIPP, S.-H. (Hrsg.) (1984):
Selbstkonzeptforschung. Probleme, Befunde, Perspektiven, 2. Auflage, Stuttgart: Klett-Cotta.
- FILIPP, S.-H. (1987):
Intervention in der Gerontopsychologie, in: OERTER, R. & MONTADA, L. (Hrsg.) (1987): *Entwicklungspsychologie*, 2. Auflage. S. 934-970. München-Weinheim: Beltz,
- FILIPP, S.-H. (Hrsg.) (1990):
Kritische Lebensereignisse, 2. Auflage, München: Urban&Schwarzenberg.
- FILIPP, S.-H. & FERRING, D. (1992):
Lebensqualität und das Problem ihrer Messung, in: SEIFERT, G. (1992): *Lebensqualität in unserer Zeit. Modebegriff oder neues Denken?* S. 89-111. Hamburg: Veröffentlichung der Joachim-Jungius-Gesellschaft der Wissenschaften.
- FLEG, J.L., SCHULMAN, St. P., O'CONNOR, F.C., GERSTENBLITH, G., BECKER, L., FORTNEY, S., GOLDBERG, A. P. & LAKATTA, E.G. (1994):
 Cardiovascular responses to exhaustive upright cycle exercise in highly trained older men. *Journal of applied physiology* 75. S. 1500-1506.
- FORTNEY, S., TANKERSLEY, C., LIGHTFOOT, J.T., DRINKWATER, D., CLULOW, J., GERSTENBLITH, G., O'CONNOR, F., BECKER, L., LAKATTA, E. & FLEG, J. (1992):
 Cardiovascular responses to lower body negative pressure in trained and untrained older men. *Journal of applied physiology* 73. S. 2693-2700.
- FÜSGEN, I. (1995):
Der ältere Patient. Problemorientierte Diagnostik und Therapie, München-Wien-Baltimore: Urban&Fischer.
- GEISSLER, E. (Hrsg.) (1990):
Bildung für das Alter. Bildung im Alter, Bonn: Bouvier.
- GEROK, B. & BRANDTSTÄTTER, J.W. (1992):
Normales, krankhaftes und optimales Altern, in: BALTES, P.B. & MITTELSTRASS, J. (1992): *Zukunft des Alterns und gesellschaftliche Entwicklung*. S. 356-386. Berlin: de Gruyter.

- GOFFMAN, E. (1959):
The presentation of self in everyday life, New York: Doubleday.
- GREEN, J.S. & CROUSE, S.F. (1995):
 The effects of endurance training on functional capacity in the elderly: a Metaanalysis. *Medicine and science in sports and exercise* 27. S. 920-926.
- GRONEMEYER, R. (1989):
Integration und Segregation. Spezielle und altersübergreifende Maßnahmen in Einrichtungen für alte Menschen, in: BALTES, M.B., KOHLI, M. & SAMES, K. (Hrsg.) (1989): *Erfolgreiches Altern. Bedingungen und Variationen*. S. 113-117. Bern-Stuttgart-Toronto: Huber.
- GRUPE, O. (1968):
Studien zur pädagogischen Theorie der Leibeserziehung, 2. Auflage, Schorndorf: Hofmann.
- GRUPE, O. (Hrsg.) (1973):
Sport in unserer Welt. Chancen und Probleme, Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- HAAS, H.-J. (2001):
Ausdauertraining in der Rehabilitation, in: BERG, F. van den (Hrsg.) (2001): *Angewandte Physiologie*, Bd. 3: *Therapie, Training, Tests*. S. 94-102. Stuttgart-New York: Thieme.
- HAGBERG, J.M., YERG, J.E. & SEALS, D.R. (1988):
 Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *Journal of Applied Physiology* 65. S. 101-105.
- HAGBERG, J.M., GOLDBERG, A.P., LAKATTA, L., O'CONNOR, F.C., BECKER, L.C., LAKATTA, E.G. & FLEG, J.L. (1998):
 Expanded blood volumes contribute to the increased cardiovascular performance of endurance-trained older men. *Journal of applied physiology* 85. S. 484-489.
- HAINBUCH, F. (2004):
Die Beitragsfähigkeit eines gezielten Ausdauertrainings zur Steigerung der Alltags-Kompetenz 60-70-jähriger Menschen. Eine halbjährige Studie zur Geroprophylaxe unter besonderer Berücksichtigung des Residualvolumens der Lunge, Göttingen: Cuvillier.
- HAINBUCH, F. (2005):
Verbesserung des forcierten expiratorischen Volumens in der 1. Sekunde (FEV1) der Lunge in Folge eines gezielten moderaten, halbjährigen Ausdauertrainings. Zugleich ein Beitrag zur Geroprophylaxe zur Steigerung der Alltagskompetenz 60-70-jähriger bislang untrainierter Menschen, Köln: BOD.
- HARICHAUX, P., ROUGIER, G. & PALIS, M. (1982):
Physiques et troisième âge, Paris : Chiron.

- HARRIS, R. & HARRIS, S. (Hrsg.) (1989):
Physical activity, aging and sports, Bd. 1: Scientific and medical research, New York: Center for the study of aging.
- HOFMANN, L.M., LINNEWEH, K. & STREICH, R. K. (Hrsg.) (1997):
Erfolgsfaktor Persönlichkeit. Managementenerfolg durch Persönlichkeitsentwicklung, München: Beck.
- HOLLE, D. (2001):
 Der 6-Minuten-Gehtest. *Krankengymnast* 53. S. 1146-1149.
- HOLLMANN, W. (1963):
Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers. Spiroergometrische Beurteilung und Untersuchungsergebnisse von männlichen und weiblichen Personen des 1. bis 8. Lebensjahrzehnts. Wissenschaftliche Reihe des DSB Bd. 5, München: Barth.
- HOLLMANN, W. (1965):
Bewegungsarmut als Krankheitsursache. Das kranke Herz. Eine Vortragsreihe. Das Heidelberger Studio Bd. 32, München: Piper.
- HOLLMANN, W. (Hrsg.) (1972):
Zentrale Themen der Sportmedizin, Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- HOLLMANN, W. (1973):
Der Einfluss von Ausdauertraining auf kardio-pulmonale und metabolische Parameter im Alter, in: GRUPE, O. (Hrsg.) (1973): *Sport in unserer Welt. Chancen und Probleme*. S. 238-245. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- HOLLMANN, W. (1993):
 Altern, Beweglichkeit, Training. *Zeitschrift für Gerontologie* 26. S. 8-12.
- HOLLMANN, W. (2000):
Altern, Leistungsfähigkeit, Gesundheit, in: MECHLING, H., SCHALLER, H.-J., JANSEN, R., PACHE, D., WEISSER, B. & GOEBEL, S. (2000):
Symposium `bewegt altern`. Zum gesellschaftlichen Nutzen von körperlicher Aktivität und Sport. 75 Jahre Sportwissenschaft an der Universität Bonn, S. 14f. Bonn: Institut für Sportwissenschaft und Sport der Universität Bonn.
- HOLLMANN, W. & HETTINGER, Th. (2000):
Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin, Stuttgart-New York: Schattauer.
- HOLLMANN, W., KURZ, D. & MESTER, J. (Hrsg.) (2001):
Current results on health and physical activity. Club of Cologne Bd.2, Schorndorf-Stuttgart-New York: Hofmann-Schattauer.
- HOLLMANN, W. & LIESEN, H. (1985):
 Altern und körperliches Training. *Medizinische Klinik* 80. S. 82-90

- HOLLMANN, W., LIESEN, H., ROST, R. & KAWAHATS, K. (1978):
Über das Leistungsverhalten und die Trainierbarkeit im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie* 11. S. 312-324.
- HOLLMANN, W., ROTH, H.O. & WOLF, N. (1975):
Sport und Spiel für Ältere. DSB (Hrsg.): Breitensport Bd. 5, 5. Auflage, Frankfurt: Limpert.
- HUBER, G. (1992):
Depression und Sport bei älteren Menschen, in: BAUMANN, H. & LEYE, M. (Hrsg.) (1992): *Älter werden. Kompetent bleiben. Eine Herausforderung für den Sport?* S. 165-180. Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg.
- HURRLEMANN, K. (1989):
Entwicklung, Sozialisation und Gesundheit - Überlegungen zu einer integrativen Theoriebildung, in: BRETTSCHEIDER, W.D. , BAUR, J. & BRÄUTIGAM, M. (1989): *Bewegungswelt von Kindern und Jugendlichen*. S. 18-30. Schorndorf: Hofmann.
- IRIBERRI, M., GALDIZ, J.B., GOROSTIZA, A., ANSOLA, P. & JACA, C. (2002):
Comparison of the distances covered during 3 and 6 min walking tests. *Respiratory Medicine* 96. S. 812-816.
- IMHOF, A.E. (1996):
Die Zunahme unserer Lebensspanne seit 300 Jahren und ihre Folgen, Stuttgart: Kohlhammer.
- ISRAEL, S. (1988):
Der Einfluss des Sporttreibens auf körperliche Alternsprozesse. *Zeitschrift für Alternsforschung* 43. S. 147-156.
- ISRAEL, S. (1990):
Belastungsprinzipien im Alterssport. *Zeitschrift für Alternsforschung* 45. S. 21-26.
- ISRAEL, S. (1995):
Sport mit Senioren, Heidelberg: Barth.
- ISRAEL, S. (1998):
Sportmedizinische Ansätze für einen effektiven Alterssport, in: MECHLING, H. (Hrsg.): *Training im Alterssport. Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alternsprozess*. S. 51-61. Schorndorf: Hofmann.
- ISRAEL, S. & WEIDNER, A. (1982):
Körperliche Leistungsfähigkeit und organismische Funktionstüchtigkeit im Alternsgang. *Medizin und Sport* 22. S. 289-300,322-326,353-361.
- ISRAEL, S. & WEIDNER, A. (1988):
Körperliche Aktivität und Altern, Leipzig: Barth.

- JAMES, W. (1890):
The principles of psychology, New York: Holt, Rinehart and Winston.
- JOKL, E. (1970):
Alter und Leistung, in: BÖHLAU, V. (Hrsg.) (1970): *Alter und Physiotherapie*.
 Zweites Bad Sodener Geriatisches Gespräch (8. Mai 1970). S. 31-44.
 Stuttgart: Schattauer.
- KAISER, H.J. (1989):
*Handlungs- und Lebensorientierungen alter Menschen. Entwurf einer
 interpretativen Gerontopsychologie*, Bern-Stuttgart-Toronto: Huber.
- KARVONEN, M. & BARRY, A.J. (Hg.) (1967):
Physical activity and the heart, Springfield: Thomas.
- KAUFMANN, D.A. & SWENSON, E.W. (1981):
 Pulmonary changes during marathon training: a longitudinal study. *Respiration*
 41. S. 217-223.
- KAUSLER, D.H. (1982):
Experimental psychology and human aging, New York: Springer.
- KELLY, G. (1955):
The psychology of personal constructs, New York: Norton.
- KELLY, J.R. (1993):
Activity and aging, London: Sage Publications.
- KENN, K. (2001):
 Sport- und Physiotherapie im Rahmen einer stationären pneumologischen
 Rehabilitation bei Patienten mit schwergradiger COPD. Chancen und
 Möglichkeiten. *Krankengymnast* 53. S. 1131-1134.
- KIRCHNER, G. (1997):
Motorisches Lernen im Alter. Ergebnisse, Fragestellungen, Ziele, in:
 BAUMANN, H. & LEYE, M. (Hrsg.) (1997): *Bewegung und Sport mit älteren
 Menschen. Wie-Was-Warum? Sport im Dialog*, Bd. 2. S. 183-198. Aachen:
 Meyer&Meyer.
- KLOSE, H.U. (1993):
 Die Zukunft hat schon begonnen, in: KLOSE, H.U. (1993): *Altern der Gesellschaft*.
 S. 7-21. Köln: Bund Verlag.
- KLOSE, H.U. (1993):
Altern der Gesellschaft, Köln: Bund Verlag.
- KOCH, S. (Hrsg.) (1959):
Psychology. A study of science, New York: McGraw-Hill.
- KÖNIG, J. (1957):
 Pitch discrimination and age. *Acta oto-laryngologica* 48. S. 473-489.

- KOEPCHEN, H.P. & PIIPER, J. (1972):
Atmung. Physiologie des Menschen Bd. 6, München-Berlin-Wien: Urban&Schwarzenberg.
- KOLB, Michael (1999):
Bewegtes Altern. Grundlagen und Perspektiven einer Sportpädagogik. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport Bd. 123, Schorndorf: Hofmann.
- KOVRT, W.M., MALLEY, M.T., COGGAN, A. R., SPINA, R.J., OGAWA, T., EHSANI, A.A., BOUREY, R.E., MASRTIN, W.H. & HOLLOSZY, J.O. (1991):
 Effects of gender, age, and fitness level on response of VO²max to training in 60-71yr olds. *Journal of applied physiology* 71. S. 2004-2011.
- KRUSE, A. (1990a):
 Potentiale im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie* 23. S. 235-245.
- KRUSE, A. (1990b):
Sport im Alter. Beiträge aus Psychologie und Gerontologie, in: BAUMANN, H. (1990): *Älter werden - Fit bleiben II. Aktuelle theoretische und praktische Beiträge*. S. 48-61. Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg.
- KRUSE, A. (1992):
Rehabilitation und Sport im Dialog, in: BAUMANN, H. & LEYE, M. (Hrsg.) (1992): *Älter werden. Kompetent bleiben. Eine Herausforderung für den Sport?* S. 146-160. Erlangen: Universität Erlangen-Nürnberg.
- KRUSE, A. & SCHMITZ-SCHERZER, R. (Hrsg.) (1995):
Psychologie der Lebensalter, Darmstadt: Steinkopff.
- KUJALA, U.M., SARNA, S., KAPRIO, J., KOSKENVUO, N. & KARJALAINEN, J. (1999) :
 Herzanfälle und Funktion der unteren Extremität bei Ausdauer-Alterssportlern. *Medicine and science in sports and exercise* 31. S. 1041-1046.
- LACROIX, A.Z., LEVEILLE, S.G., HECHT, J.A., GROTHAUS, L.C. & WAGNER, E.H. (1996):
 Does walking decrease the risk of cardiovascular disease hospitalizations and death in older adults. *Journal of the American geriatric Society* 44. S. 113-120.
- LANG, E. (1975):
 Sport und präklinische Geriatrie. *Sportarzt und Sportmedizin* 26. S. 76-80.
- LANG, E. (1978):
 Sport im Alter aus internistischer Sicht. *Zeitschrift für Gerontologie* 11. S. 325-334.
- LANG, E. & ARNOLD, K. (1979):
 Untersuchungen zur Lungenfunktion an untrainierten und körperlich trainierten alten Männern. *Aktuelle Gerontologie* 9. S. 393-398.

- LANG, E. & LANG, B.M. (1990):
Die Bedeutung von körperlicher Aktivität und Sport in den verschiedenen Lebensphasen, in: SCHMITZ-SCHERZER, R., KRUSE, A. & OLBRICH, E. (Hrsg.) (1990): *Altern. Ein lebenslanger Prozess der sozialen Interaktion*. S. 139-146. Darmstadt: Steinkopff.
- LANG, E. & LANG, B.M. (1993):
 Bewegung als Prävention vor Krankheit im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie* 26. S. 429-435.
- LARSON, J.L., COVEY, M.K., WIRTZ, S.E., BERRY, J.K., ALEX, C.G., LANGBEIN, W.E. & EDWARDS, L. (1999):
 Cycle ergometer and inspiratory muscle training in chronic obstructive pulmonary Disease. *American Journal of respiratory and Critical Care Medicine* 160. S. 500-507.
- LAWS, J. & TREIXLER, M. (1997):
Fitness – ein Baustein zum persönlichen Wohlbefinden und zum beruflichen Erfolg, in: HOFMANN, L.M., LINNEWEH, K. & STREICH, R. K. (Hrsg.) (1997): *Erfolgsfaktor Persönlichkeit. Managementenerfolg durch Persönlichkeitsentwicklung*. S. 139-146. München: Beck.
- LEHR, U. (1977):
 Die Thematik der Bildung in der Gerontologie. *Aktuelle Gerontologie* 7. S. 343-361.
- LEHR, U. (Hrsg.) (1979a):
Interventionsgerontologie, Darmstadt: Steinkopff.
- LEHR, U. (1979b):
Gero-Intervention - das Ingesamt der Bemühungen, bei psycho-physischem Wohlbefinden ein hohes Lebensalter zu erreichen, in: LEHR, U. (Hrsg.) (1979a): *Interventionsgerontologie*. S. 1-49. Darmstadt: Steinkopff.
- LEHR, U. (1979c):
Die Bedeutung des Sports im Rahmen der Interventionsgerontologie, in: MÜLLER, N., RÖSCH, H.-E. & WISCHMANN, B. (Hrsg.) (1979): *Alter und Leistung*. S. 99-118. Hochheim a.M.: Schors.
- LEHR, U. (2000):
Langlebigkeit verpflichtet – den Einzelnen und die Gesellschaft, in: MECHLING, H., SCHALLER, H.-J., JANSEN, R., PACHE, D., WEISSER, B. & GOEBEL, S. (2000): *Symposium `bewegt altern`. Zum gesellschaftlichen Nutzen von körperlicher Aktivität und Sport. 75 Jahre Sportwissenschaft an der Universität Bonn*. S. 15f. Bonn: Institut für Sportwissenschaft und Sport der Universität Bonn.
- LEHR, U. & NIEDERFRANKE, A. (1991):
Altersbilder und Altersstereotype, in: OSWALD, W.D. (Hrsg.) (1991): *Gerontologie. Medizinische, psychologische und sozialwissenschaftliche Grundbegriffe*, 2. erw. und überarb. Auflage. S. 38-46. Stuttgart: Kohlhammer.

- LEHR, U. & SCHMITZ-SCHERZER, R. (1976):
Survivors and nonsurvivors. Two fundamental patterns of aging, in: THOMAE, H. (Hrsg.) (1976): *Patterns of aging*. S. 137-146. Basel: Karger.
- LEHR, U., SCHMITZ-SCHERZER, R. & THOMAE, H. (1972):
 Psychologischer Befund, subjektiver Gesundheitszustand, internistischer Befund.
Ärztliche Praxis 90. S. 4393-4401.
- LEHR, U. & THOMAE, H. (Bearb.) (2000):
Psychologie des Alterns. UTB 55, 9. neu bearbeitete Auflage, Wiebelsheim: Quelle&Meyer.
- LETZELTER, M., JUNGERMANN, C. & FREITAG, W. (1986):
 Schwimmleistungen im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie* 19. S. 389-395.
- LINKE, D.B. (1990):
Kompetenz zwischen Prophylaxe und Rehabilitation, in: GEISSLER, E. (Hrsg.) (1990): *Bildung für das Alter. Bildung im Alter*. S. 187-195. Bonn: Bouvier.
- LINNEWEH, K. (2002):
Stresskompetenz. Der erfolgreiche Umgang mit Belastungssituationen in Beruf und Alltag, Weinheim-Basel: Beltz.
- MANIDI, M.-J. & MICHEL, J.-P. (1998):
Activité physique pour l'adulte de plus 55 ans, Paris-Mailand-Barcelona : Masson.
- MANNELL, R.C. (1993):
High-investment activity and life satisfaction among older adults, in: KELLY, J.R. (1993): *Activity and aging*. S. 125-146. London: Sage Publications.
- MARQUES, A. (Hg.) & EUROPEAN GROUP for Research into Elderly and Physical Aging(1993):
Physical activity and health in the elderly:Proceedings of the 1st conference of Egrepa – Oeiras, Portugal 26-30 October 1993, Porto : Universität von Porto, Fakultät für Sportwissenschaften.
- McCLARAN, S.R., BABCOCK, M.A., PEGELOW, D. F., REDDAN, W.G. & DEMPSEY, J.A. (1995):
 Longitudinal effects of aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *Journal of Applied Physiology* 78. S. 1957-1968.
- McLAREN, P.F., NURHAYATI, Y. & BOUTCHER, S.H. (1997):
 Stroke volume response to cycle ergometry in trained and untrained older men. *European Journal of applied physiology* 75. S. 537-542.
- MEAD, G.H. (1934):
Mind, self, and society from the standpoint of a social behaviorist, Chicago: Univerity of Chicago Press.

- MECHLING, H. (Hrsg.) (1998):
Training im Alterssport. Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alternsprozess, Schorndorf: Hofmann.
- MECHLING, H., SCHALLER, H.-J., JANSEN, R., PACHE, D., WEISSER, B. & GOEBEL, S. (2000):
Symposium `bewegt altern`. Zum gesellschaftlichen Nutzen von körperlicher Aktivität und Sport. 75 Jahre Sportwissenschaft an der Universität Bonn, Bonn: Institut für Sportwissenschaft und Sport der Universität Bonn.
- MEUSEL, H. (1987):
Sport, Spiel, Gymnastik in der zweiten Lebenshälfte. Ziele, Training, Unterricht, Organisation, 2. Auflage, Bad Homburg-Frankfurt a.M.: Limpert.
- MEUSEL, H. (1990):
 Motorische Aktivität - Gesunde Entwicklung - Erfolgreiches Altern? *Zeitschrift für Gerontologie* 23. S. 267-274.
- MEUSEL, H. (1996):
Bewegung, Sport und Gesundheit im Alter, Wiesbaden: Quelle&Meyer.
- MEUSEL, H. (1999):
Sport für Ältere. Bewegung-Sportarten-Training. Handbuch für Ärzte, Therapeuten, Sportlehrer und Sportler, Stuttgart-New York: Schattauer.
- MIHALKO, S.L. & McAULEY, E. (1996):
 Strength training effects on subjective well-being and physical function in the Elderly. *Journal of aging and physical activity* 4. S. 56-68.
- MONORU, I. (1976):
Die Effektivität des körperlichen Trainings auf die aerobe Leistungsfähigkeit, Quebec.
- MORGAN, T., SHORT, F. A. & COBB, L. (1969):
Alteractions in human skeletal muscle lipid composition and metabolism induced by physical conditioning. Biochemics of exercise, Basel-New York: Karger.
- MORONI, S., CONTI, E., CAMA, G., CIANNI, P., METALLO, A., COSTANTINI, A., & SCARDIA, P. (1993):
Change in VO₂max in the elderly after a training program, in: MARQUES, A. (Hrsg.) & EUROPEAN GROUP for Research into Elderly and Physical Aging(1993): *Physical activity and health in the elderly: Proceedings of the 1st conference of Egrepa – Oeiras, Portugal 26-30 October 1993*. S. 158-162. Porto : Universität von Porto, Fakultät für Sportwissenschaften.
- MORRIS, J. (1990):
Pulmonary diseases, in: CASSEL, C.K., COHEN, H.J., LARSON, E.B., MEIER, D.E., ROSNICK, N.M. & RUBENSTEIN, L.Z. (Hrsg.) (1990): *Geriatric Medicine*, 2. Auflage. S. 150-182. New York-Berlin-Heidelberg-London-Paris-Tokio-Hong Kong: Springer.

- MOTOYAMA, M., SUNAMI, Y., KINOSHITA, H., IRIE, T., SASAKI, J., KIYONAGA, A., TANAKA, H. & SHINDO, M. (1994):
The effects of long-term low intensity aerobic training and the cessation of training on the serum lipid and lipoprotein concentrations in older patients. *Japanese Journal of physical fitness and sports medicine* 43. S. 434-442.
- MÜLLER, N., RÖSCH, H.-E. & WISCHMANN, B. (Hrsg.) (1979):
Alter und Leistung, Hochheim a.M.: Schors.
- MÜRI, W. (1962):
Der Arzt im Altertum, München: Heimeran.
- NEUMANN, O. (1976):
Art, Maß und Methode von Bewegung und Sport bei älteren Menschen, Stuttgart-Berlin-Köln-Mainz: Kohlhammer.
- NG, A.V., A.V., CALLISTER, R., JOHNSON, D.G. & SEALS, D.R. (1994) :
Endurance exercise training is associated with elevated basal sympathetic nerve activity in healthy older humans. *Journal of applied physiology* 77. S. 1366-1374.
- NIINIMAA, V. & SHEPHARD, R.J. (1978):
Training and oxygen conductance in the elderly. I. The respiratory system. *Journal of Gerontology* 33. S. 354-361.
- NISBETT, R.E. & WILSON, T. (1977):
Telling more than we can know. Verbal reports on mental processes. *Psychological review* 84. S. 231-259.
- NÖCKER, J. (1974):
Bedeutung des Sports für die Vorbereitung auf das Alter, in: SCHUBERT, R. & STÖRMER, A. (Hrsg.) (1974): *Vorbereitung auf das Alter*. S. 89-94. München: Werk-Verlag.
- NORRIS, A., MITTMAN, Ch. & SHOCK, N. (1964):
Lung function in relation to age. Changes in ventilation with age, in: CANDER, L. & MOYER, J. (Hrsg.) (1964) : *Aging of the lung*. S. 36-58. New York: Harper&Row.
- NÜHLEN-GRAAB, M. (1990):
Philosophische Grundlagen der Gerontologie, Heidelberg-Wiesbaden: Quelle&Meyer.
- OBERBECK, H. (1993):
Schnellkrafttraining im Seniorenalter mit einem Minimalprogramm – eine 20 Jahre umfassende Langzeitstudie. *Sportpraxis* 34. S. 35-37.
- OERTER, R. (1977):
Zur Rolle von Motorik und Handlung in der psychischen Entwicklung des Menschen, in: BAUSS, R. & ROTH, K. (Hrsg.) (1977): *Motorische Entwicklung – Probleme und Ergebnisse von Längsschnittuntersuchungen*. Beiträge zum 4. Internationalen Motorik-Symposium, Darmstadt 22.-24. Mai 1977. S. 9-19.

- OERTER, R. & MONTADA, L. (Hrsg.) (1987):
Entwicklungspsychologie, 2. Auflage, München-Weinheim: Beltz.
- OKONEK, C. C. (1997):
Persönlichkeit und Kontrollüberzeugungen bei Frauen im Alter zwischen 46 und 75 Jahren in Bezug zu Längsschnittparametern der sportlichen Leistungsveränderung, in: BAUMANN, H. & LEYE, M. (Hrsg.) (1997): *Bewegung und Sport mit älteren Menschen. Wie-Was-Warum? Sport im Dialog*, Bd. 2. S. 295-306. Aachen: Meyer&Meyer.
- OKONEK, C.C. (2000):
Längsschnittanalysen und Kausalmodelle zur sportlichen Leistungsentwicklung im Erwachsenenalter, Habilitationsschrift der Universität Bonn.
- OSWALD, W.D. (Hrsg.) (1991):
Gerontologie. Medizinische, psychologische und sozialwissenschaftliche Grundbegriffe, 2. erw. und überarb. Auflage, Stuttgart: Kohlhammer.
- PACHE, D. & GEHNEN, W. (1995):
Alterssport - Eine Aufgabe der Sportpädagogik?, in: SCHALLER, H.J. & PACHE, D. (Hrsg.) (1995): *Sport als Bildungschance und Lebensform*. S. 98-109. Schorndorf: Hofmann.
- PAFFENBARGER, R.S.(1996):
Beeinflussung der Lebenserwartung durch Änderung der körperlichen Aktivität und anderer Lebensstilfaktoren. The Club of Cologne – HOLLMANN, W. (Hrsg.): *Gesundheitsförderung und körperliche Aktivität*, Bd. 1, Schorndorf-Stuttgart-New York: Hofmann-Schattauer.
- PAFFENBARGER, R.S. & LEE, I-M. (2001):
Age-specific physical activities and other lifeway patterns influencing health and longevity, in: HOLLMANN, W., KURZ, D. & MESTER, J. (Hrsg.) (2001): *Current results on health and physical activity*. Club of Cologne Bd.2. S. 13-25. Schorndorf-Stuttgart-New York: Hofmann-Schattauer.
- PALM, J. (1999):
 Welche Wertigkeit hat der Sport? 114. Sitzung des Bergedorfers Gesprächskreises. Bergedorf. Im Internet unter www.bagso.de 889/01.
- PETRO, W. & KONIETZKO, N. (1989):
Atlas der pulmonalen Funktionsdiagnostik, Darmstadt: Steinkopff.
- PICKERING, G.P., FELLMANN, N., MORIO, B., RITZ, P., AMONCHOT, A., VERMOREL, M. & COUDERT, M. (1997):
 Effects of endurance training on the cardiovascular system and water compartments in elderly subjects. *Journal of applied physiology* 83. S. 1300-1306.

- POEHLMANN, E.T., GARDNER, A.W. & GORAN, M.I. (1992):
Influence of endurance training on energy intake, norepinephrine kinetics, and metabolic rate in older individuals. *Metabolism* 41. S. 941-948.
- POSNER, J.D., GORMAN, K.M., WINDSOR-LANDSBERG, L., LARSEN, J., BLEIMAN, M., SHAW, C., ROSENBERG, B. & KNEBL, J. (1992):
Low to moderate intensity endurance training in healthy older adults. Physiological responses after four months. *Journal of the American Geriatrics Society* 40. S. 1-7.
- PROCTOR, D.N., BECK, K.C., SHEN, P.H., EICKHOFF, T.J., HALLIWILL, J.R. & JOYNER, M.J. (1998):
Influence of age and gender on cardiac output-VO² relationship during submaximal cycle ergometry. *Journal of applied physiology* 84. S. 599-605.
- PSCHYREMBEL, W. (1998):
Klinisches Wörterbuch. Bearbeitet von Helmut Hildebrandt. 258. Neuauflage, Berlin: de Gruyter.
- PUSCH, H. & PUSCH, M. (1974):
Die Bedeutung körperlicher Aktivität und sinnvolle Programme im Alter. *Zeitschrift für Allgemein-Medizin* 50. S. 1134-1137.
- REJESKI, W.J., NEAL, K. M., WURST, M.E., BRUBAKER, P.H. & ETTINGER, W.H. (1995) :
Walking, but not weight lifting, acutely reduces systolic blood pressure in older, sedentary men and women. *Journal of aging and physical activity* 3. S. 163-177.
- RIEDER, H. (Hrsg.) (1999):
Gesundes Altern, Aktivität und Sport. Reihe Sport 10, Schorndorf: Hofmann.
- RIGGIO, R.E., WATRING, K.P. & THROCKMORTON, B. (1993):
Social skills, social support and psychosocial adjustment. *Personal individual differences* 15. S. 275-280.
- RILEY, M.W. & RILEY, J.W. (1992):
Individuelles und gesellschaftliches Potential des Alterns, in: BALTES, P.B. & MITTELSTRASS, J. (1992): *Zukunft des Alterns und gesellschaftliche Entwicklung*. S. 437-461. Berlin: de Gruyter.
- RODRIGUES, J.C. & ILOWITE, J.S. (1993):
Pulmonary rehabilitation in the elderly patient. *Clinical Chest Medicine* 14. S. 429-436.
- ROGERS, C. (1959):
A theory of therapy, personality, and interpersonal relationships, as developed in the client-centered framework, in: KOCH, S. (Hrsg.) (1959): *Psychology. A study of scienc*. S. 184-256. New York: McGraw-Hill.

- ROGERS, M.A., WERNICKI, P.G. & SHAMOO, R.E. (2000):
Older individuals and athletes over 50. Sports medicine for Coaches and athletes, Bd. 3, Amsterdam: Dunitz
- ROST, R. & HOLLMANN, W. (1977):
 Die Leistungsfähigkeit des `gesunden` älteren Menschen und des Patienten mit koronarer Herzkrankheit. *Geriatric* 7. S. 217-220.
- ROWE, J.W. & KAHN, R.L. (1998):
Successful aging, New York: Avg. Customer.
- RÜHLE, K.-H. & FELDMEYER, F. (o.J.):
Ergospirometrie-Kurs an der Klinik Ambrock. Kooperierende Klinik der Universität Witten/Herdecke, o.O. Unveröffentlichtes Manuskript.
- SAGIV, M. (1997):
Kardiopulmonale Funktionen im Alter: Die Rolle sportlicher Aktivität. Bewegung und Sport mit älteren Menschen. Wie-Was-Warum? Sport im Dialog Bd. 2, Aachen: Meyer&Meyer.
- SCHALLER, H.J. (1995):
Anthropologische Aspekte einer künftigen Sportgerontagogik, in: SCHALLER, H.J. & PACHE, D. (Hrsg.) (1995): *Sport als Bildungschance und Lebensform*. S. 110-119. Schorndorf: Hofmann.
- SCHALLER, H.J. & PACHE, D. (Hrsg.) (1995):
Sport als Bildungschance und Lebensform, Schorndorf: Hofmann.
- SCHIERZ, M. (1993):
 Sport als Kompensationsinstanz für Sinndefizite. *Sportwissenschaft* 23. S. 35-48.
- SCHMIDT, D. (1983):
 Reaktionsfähigkeit bei älteren Sportlern und Nichtsportlern. *Motorik* 6. S. 109-115.
- SCHMIDT, J. (1972):
Höheres Alter und Sport, in: HOLLMANN, W. (Hrsg.) (1972): *Zentrale Themen der Sportmedizin*. S. 188-198. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- SCHMIDT, R.F., THEWS, G. & LANG, F. (2000):
Physiologie des Menschen, 28. korrigierte und aktualisierte Auflage, Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- SCHMITZ-SCHERZER, R. (Hrsg.) (1975):
Freizeit und Alter, Stuttgart: Kohlhammer.
- SCHMITZ-SCHERZER, R. (1978):
 Wissenschaftliche Erkenntnisse und praktische Konsequenzen, aufgefasst am Beispiel des Altersports. *Zeitschrift für Gerontologie* 11. S. 287-289.

- SCHMITZ-SCHERZER, R., KRUSE, A. & OLBRICH, E. (Hrsg.) (1990):
Altern. Ein lebenslanger Prozess der sozialen Interaktion, Darmstadt: Steinkopff.
- SCHNEIDER, H.-D. (1979):
 Ressourcen im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie* 12. S. 426-438.
- SCHNEITER, C. (1973):
 Ausdauerleistung und Alter. *Jugend und Sport* 30. S. 57-61.
- SCHUBERT, R. & STÖRMER, A. (Hrsg.) (1974):
Vorbereitung auf das Alter, München: Werk-Verlag.
- SEIFERT, G. (1992):
Lebensqualität in unserer Zeit. Modebegriff oder neues Denken?
 Hamburg: Veröffentlichung der Joachim-Jungius-Gesellschaft der Wissenschaften.
- SHELDAHL, L.M., EBERT, T.J., COX, B. & TRISTANI, F.E.(1994) :
 Effect of aerobic training on baroreflex regulation of cardiac and sympathetic
 Function. *Journal of physiology* 76. S. 158-165.
- SHEPHARD, R.J. (1987):
Physical activity and aging, 2. Auflage, Rockville: Aspen.
- SHEPARD, R.J. (1997):
Aging, Physical Activity and Health, Champaign: Human Kinetics .
- SILBERNAGEL, S. & DESPOPOULOS, A. (1988):
Taschenatlas der Physiologie, Bd. 6: Atmung, 3. überarbeitete und erweiterte
 Auflage, Stuttgart-New York: Thieme.
- SOKOLL, U., BENTZ, K. & SCHMIDT, J. (1974):
 Selbsteinschätzung sporttreibender Männer im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie* 7.
 S. 255-257.
- SPIRDUSO, W. (1995):
Physical dimensions of aging, Champaign: Human Kinetics.
- STAMFORD, B.A. (1988):
 Exercise and the elderly. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 16. S. 341-379.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2000):
Mitteilung für die Presse vom 19.7.2000, Wiesbaden.
- STEINBACH, M. (1972):
 Alter und Sport. *Therapiewoche* 34. S. 638-641.
- STENSEL, D.J., BROOKE-WAVELL, K., HARDMANN, A.E., JONES, P.R.M. &
 NORGAN, N.G. (1994):
 The influence of a 1-year programme of brisk walking on endurance fitness and
 body composition in previously sedentary men aged 42-59 years. *European
 Journal of applied physiology* 68. S. 531-537.

- STROETGES, K. (1978):
Sport für betagte Bürger. Praxiserfahrungen und Probleme. *Zeitschrift für Gerontologie* 11. S. 335-342.
- STRÜDER, H.K., HOLLMANN, W., PLATEN, P., ROST, R., WEICKER, H., KIRCHHOF, O. & WEBER, K. (1999):
Neuroendocrine system and mental function in sedentary and endurance-trained elderly males. *International journal of sports medicine* 20. S. 159-166.
- SWOAP, R.A., NORVELL, N., GRAVES, J.E. & POLLOCK, M.L. (1994) :
High versus moderate intensity aerobic exercise in older adults: Psychological and physiological effects. *Journal of aging and physical activity* 2. S. 293-303.
- TAKESHIMA, N., TANAKA, K., KOBAYASHI, F., WATANABE, T. & KATO, T. (1993) :
Effects of aerobic exercise conditioning at intensities corresponding to lactate threshold in the elderly. *European Journal of applied physiology* 67. S. 138-143.
- TAKESHIMA, N., ROGERS, M.E., WATANABE, E., BRECHUE, W.F., OKADA, A., YAMADA, T., ISLAM, M.M. & HAYANO, J. (2002):
Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34. S. 544-551.
- TEWS, H.P. (1991):
Altensbilder. Über Wandel und Beeinflussung von Vorstellungen vom und Einstellungen zum Alter. Köln: Veröffentlichung des Kuratoriums Deutsche Altenhilfe.
- THIELE, J. (1996):
Körpererfahrung – Bewegungserfahrung – Leibliche Erfahrung. Sportpädagogischer Leitideen der Zukunft?, Sankt Augustin: Richartz.
- THIELE, J. (1997):
Skeptische Sportpädagogik – Überlegungen zu den pädagogischen Herausforderungen der Postmoderne. *Spektrum der Wissenschaft* 9. S. 6-21.
- THOMAE, H. (Hrsg.) (1976):
Patterns of aging, Basel: Karger.
- THOMAE, H. (1983):
Altenstile und Altersschicksale, Bern: Huber.
- THOMAE, H. (1991):
Selbstbild, in: OSWALD, W.D. (Hrsg.) (1991):
Gerontologie. Medizinische, psychologische und sozialwissenschaftliche Grundbegriffe, 2. erw. und überarb. Auflage. S. 501-503. Stuttgart: Kohlhammer.

- THOMAS, S.G., CUNNINGHAM, D.A., RECHNITZER, P.A., DONNER, A.P. & HOWARD, J.H. (1985):
 Determinants of the training response in elderly men. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17. S. 667-672.
- TIFFANY, D.W. & TIFFANY, P.G. (1996):
 Control across the life span. A model for understanding self-direction. *Journal of adult development* 3,2. S. 93-107.
- TSUTSUMI, T.; DON, B.M., ZAICHKOWSKY, L.D., TAKENAKA, K. OKA, K. & OHNO, T. (1998):
 Comparison of high and moderate intensity of strength training on mood and anxiety in older adults. *Perception and motoric skills* 87. S. 1003-1011.
- ULMER, W. T., REICHEL, G., NOLTE, D. & ISLAM, M.S. (1991):
Die Lungenfunktion. Physiologie und Pathophysiologie, Methodik. 5. überarbeitete Auflage, Stuttgart-New York: Thieme.
- WEINECK, J. (1988):
Wer rastet, der rostet. Die Notwendigkeit lebenslänglicher geistig-körperlicher Aktivität zur Verzögerung des Abbaus der psychophysischen Leistungsfähigkeit im Alter, in: BAUMANN, H. (Hrsg.) (1988): *Älter werden - fit bleiben I. Aktuelle theoretische Beiträge und Tipps für sportliche Aktivitäten.* S. 82-110. Ahrensburg: Czwalina.
- WEINERT, F.E. (1994):
 Was man will und was man kann. Fähigkeiten und Überforderungen im höheren Lebensalter. *Universitas* 49. S. 545-556.
- WIEMEYER, J. (1996):
 'Je mehr ich denke, desto schlechter werde ich!' Bewusstsein - 'Motor' oder 'Bremse' des Bewegungslernens? *Psychologie und Sport* 3. S. 92-108.
- WILLIAMSON, J.R., HOFFMANN, P.L., KOHRT, W.M., SPINA, R.J., COGGAN, A.R. & HOLLOSZY, J.O. (1996):
 Endurance exercise training decreases capillary basement membrane width in older nondiabetic and diabetic adults. *Journal of applied physiology* 80. S. 747-753.
- WILLIMCZIK, K. (1993):
Statistik im Sport. Grundlagen, Verfahren, Anwendungen. Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft Bd. 1, 2. überarb. Auflage, Hamburg: Czwalina.
- WISCHMANN, B. (1977):
Sport nach 35, Berlin-München-Frankfurt a.M.: Barthels&Wernitz.
- WORTH, H., MEYER, A., FOLGERING, H., KIRSTEN, D., LECHELER, J., MAGNUSSEN, H., PLEYER, K., SCHMIDT, S., SCHMITZ, M., TAUBER, K. & WETTENGEL, R. (2001):
 Empfehlungen der Deutschen Atemwegsliga zum Sport und körperlichen Training bei Patienten mit obstruktiven Atemwegserkrankungen. *Krankengymnast* 52. S. 2030-2042.

5 Abbildungen und Tabellen

- Abb. 1: Altersstruktur der Bevölkerung in der Bundesrepublik (Stand 31.12.2001)
- Abb. 2: Altersstruktur der Bevölkerung im Jahre 1950
- Abb. 3: Die Altersstruktur der Bevölkerung im Jahre 1900
- Abb. 4: Anteil der über 80-Jährigen an der Bevölkerung
- Abb. 5: Einzelne Altergruppen im Jahr 2000 und im Jahr 2050
- Abb. 6: Altersaufbau der Bevölkerung Deutschlands am 31.12.2001
- Abbildungen 7, 8, 9: Bevölkerungsentwicklung 1910, 1998 und 2050
- Abb. 10: Entwicklung des Altenanteils in Deutschland
- Abb. 11: Die maximal erreichte Leistung (W), die maximale O₂-Aufnahme (V_{02max}) und die erreichte Wattstufe bei einer Herzschlagfrequenz von 150/min bei untrainierten weiblichen (oben) und männlichen Personen (unten) vom 20. bis 70. Lebensjahr
- Abb. 12: Aufteilung der wichtigsten Lungenvolumina im Überblick
- Abb. 13: Statische Lungenvolumina beschreiben den Zustand der Lunge in Abwesenheit von Flussbewegungen.
- Abb. 14: Statische Lungenvolumina beschreiben den Zustand der Lunge in Abwesenheit von Flussbewegungen.
- Abb. 15: Die dynamischen Teilvolumina der Lunge.
- Abb. 16: Die Referenzwerte sind den Normogrammen nach Wasserman entnommen.
- Abb. 17: Schematische Darstellung der Messung des Atemwegwiderstandes (a) und des intrathorakalen Gasvolumens TGV (b).
- Abb. 18: Vitalkapazitätmessergebnisse aller Frauen, am Anfang (VC0, blau) und nach einem halben Jahr (VC1, grün) (Angaben in Liter)
- Abb. 19: Vitalkapazitätmessergebnisse aller Männer, am Anfang (VC0, blau) und nach einem halben Jahr (VC1, grün)
- Abb. 20: Subjektiv wahrgenommene körperliche Verbesserungen (von – auf)
- Abb. 21: Subjektiv wahrgenommene psychische Verbesserungen (von – auf)

Tabellen

Tabelle 1: Gebräuchliche Abkürzungen in der Lungenfunktionsprüfung

Tabelle 2: VC-Werte aller Frauen am Anfang und nach einem halben Jahr
Angaben in Liter

Tabelle 3: VC-Werte aller Männer am Anfang und nach einem halben Jahr
Angaben in Liter

Tabelle 4: Subjektiv wahrgenommene körperliche Verbesserungen (von –auf)

Tabelle 5: Subjektiv wahrgenommene psychische Verbesserungen (von –auf)

Tabelle 1: Gebräuchliche Abkürzungen in der Lungenfunktionsprüfung

A-aD_{O₂} Alveolo-arterielle O₂-Druckdifferenz

DL_{CO} Diffusionskapazität für CO

ERV Expiratorisches Reservevolumen (l)

FEF_{25-75%} Maximale expiratorische Flussrate während der mittleren FVC

FEV₁ Forciertes expiratorisches Volumen in der 1. Sekunde (l)

FEV_{1%VC} Forciertes expiratorisches Volumen in der 1. Sekunde in Prozent der VC

FI_{O₂} Gasfraktion der inspirierten O₂

FRC Funktionelle Residualkapazität (l)

FVC Forcierte Vitalkapazität (l)

+
[H⁺] Konzentration der Wasserstoffionen (nMol/l)

IC Inspiratorische Kapazität

IRV Inspiratorisches Reservevolumen

MEF_{50%VC} Mittlere expiratorische Flußrate bei 50% der VC

MEP Maximaler expiratorischer Druck (cm H₂O)

MIF_{50%VC} Mittlere inspiratorische Flussrate bei 50% der VC

MIP Maximaler inspiratorischer Druck (cmH₂O)

MVV Maximale willkürliche Ventilation (l/min)

PA_{CO₂} Alveolärer CO₂-Partialdruck

$P_{A_{O_2}}$	Alveolärer O ₂ -Partialdruck
$P_{a_{CO_2}}$	Arterieller CO ₂ -Partialdruck
$P_{a_{O_2}}$	Arterieller O ₂ -Partialdruck
P_B	Barometerdruck
P_{CO_2}	CO ₂ -Partialdruck
PEF	Expiratorischer Spitzenfluss (l/min)
PET_{CO_2}	Endexpiratorischer CO ₂ -Partialdruck
$P_{I_{O_2}}$	Inspiratorischer O ₂ -Partialdruck
P_{O_2}	O ₂ -Partialdruck
P_v	Partialdruck des venösen (pulmonalarteriellen) Mischblutes
$P_{v_{O_2}}$	O ₂ -Partialdruck im venösen Mischblut
$P_{v_{CO_2}}$	CO ₂ -Partialdruck im venösen Mischblut
Q	Perfusion (l/min)
R_{AW}	Atemwegswiderstand (kPa/l/sec)
RV	Residualvolumen (l)
TLC	Totalkapazität der Lunge (l)
VC	Vitalkapazität der Lunge (l)
V	Ventilation (l/min)
V_A	Alveoläre Ventilation (l/min)
V_{CO_2}	CO ₂ -Abgabe (l/min)
V_D	Totraumvolumen
V_{O_2}	O ₂ -Aufnahme (l/min)
V_T	Atemzugvolumen

aus: BEERS-BERKOW (2000), S.640.

Tabelle 2: VC-Werte aller Frauen am Anfang und nach einem halben Jahr**Angaben in Liter**

Probandin Nr.	VC in l am Anfang	VC in l am Ende
1	2,35	2,37
2	2,66	2,67
3	3,15	3,26
4	2,92	3,19
5	2,56	2,81
6	3,13	3,27
7	3,65	3,78
8	2,86	3,12

Tabelle 3: VC-Werte aller Männer am Anfang und nach einem halben Jahr**Angaben in Liter**

Proband Nr.	VC 0 am Anfang in l	VC 1 am Ende in l
1	4,57	5,11
2	4,74	4,76
3	4,65	4,73
4	5,67	5,67
5	4,07	4,08
6	5,11	5,26
7	4,07	4,54
8	4,41	4,49
9	4,19	4,23
10	4,41	4,49
11	3,32	3,40
12	3,81	4,02
13	3,94	4,27
14	4,12	4,37
15	3,25	3,47
16	4,59	4,69
17	4,99	5,17
18	4,63	4,99
19	5,34	5,50
20	4,29	4,37
21	4,78	4,94
22	4,83	4,94
23	4,87	5,23
24	4,06	4,24