

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

Fakultät Life Sciences

Department Gesundheitswissenschaften

Studiengang Gesundheit

**Literaturanalyse bewegungstherapeutischer Programme  
unter methodischen Gesichtspunkten  
exemplarisch dargestellt am Krankheitsbild der arteriellen Hypertonie**

Diplomarbeit

Tag der Abgabe: 08.08.2011

Vorgelegt von: Julia Leitzke

Betreuende Prüfende: Prof. Dr. Gabriele Perger

Zweiter Prüfender: Prof. Dr. Klaus-Michael Braumann

# I. Inhaltsverzeichnis

<b>I. Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>II. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>III. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>IV. Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Hintergrund .....</b>	<b>3</b>
2.1 arterielle Hypertonie .....	3
2.1.1 Blutdruck und Blutdruckregulation.....	3
2.1.2 Definition und Stadieneinteilung .....	4
2.1.3 Diagnostik .....	6
2.1.4 Epidemiologie .....	7
2.1.5 Therapieansätze .....	7
2.1.6 Effekte körperlicher Aktivität auf den Blutdruck.....	8
2.1.6.1 Akuteffekte.....	9
2.1.6.2 Chronische Effekte .....	9
2.2 Bewegung als Therapieoption .....	10
2.2.1 Bewegungstherapie bei arterieller Hypertonie .....	11
2.2.2 Auswahl, Dosierung und Steuerung .....	12
2.2.3 Kontraindikationen und Komplikationen .....	13
2.2.4 Akzeptanz des Einsatzes der Bewegungstherapie .....	14
<b>3 Hypothese .....</b>	<b>16</b>
<b>4 Methodik.....</b>	<b>17</b>
4.1 Literaturrecherche .....	17
4.2 Ein- und Ausschlusskriterien .....	19
4.3 Bewertungsgrundlagen .....	19
<b>5 Ergebnisse .....</b>	<b>23</b>
5.1 Literaturrecherche .....	24
5.2 Übersicht der eingeschlossenen Studien.....	25
5.3 Studienbeschreibung und Resultate.....	26
5.3.1 Ausdauertraining.....	26
5.3.1.1 Andersen et al. (2010). Football as a treatment for hypertension in untrained 30-55-year-old men: a prospective randomized study.....	26
5.3.1.2 Knoepfli-Lenzin et al. (2010). Effects of a 12-week intervention period with football and running for habitually active men with mild hypertension.	28
5.3.1.3 Westhoff et al. (2008). The cardiovascular effects of upper-limb aerobic exercise in hypertensive patients.....	31
5.3.1.4 Tsai et al. (2004). The beneficial effect of regular endurance exercise training on blood pressure and quality of life in patients with hypertension.....	33
5.3.1.5 Hinderliter et al. (2002). Reduction of left ventricular hypertrophy after exercise and weight loss in overweight patients with mild hypertension.....	35
5.3.2 Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining .....	37
5.3.2.1 Guimarães et al. (2010). Effects of continuous versus interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension....	37
5.3.2.2 Stewart et al. (2005). Effect of exercise on blood pressure in older persons.....	39
5.3.3 Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining.....	41

5.3.3.1	Collier et al. (2009). Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with pre-hypertension + .....	41
5.3.3.2	Collier et al. (2008). Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood pressure in pre-and stage-1 hypertensives .....	41
5.3.3.3	Madden et al. (2009). Short-term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia .....	44
5.4	Vergleich der Studien .....	46
5.4.1	Ausdauertraining.....	46
5.4.2	Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining .....	50
5.4.3	Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining.....	52
<b>6</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>54</b>
6.1	Diskussion der Ergebnisse .....	54
6.2	Methodenkritik.....	69
<b>7</b>	<b>Schlussbetrachtung .....</b>	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>74</b>
<b>9</b>	<b>Eidesstattliche Erklärung.....</b>	<b>81</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>82</b>
10.1	Übersicht der nach der Volltextsichtung nicht den Einschlusskriterien entsprechenden Studien mit Begründung.....	82
10.2	Das CONSORT-Statement: Checkliste zur Publikation randomisierter Studien.....	83
10.3	CD- ROM .....	84

## II. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Flussdiagramm Literaturrecherche <i>Quelle:</i> Eigene Darstellung	S. 24
<b>Abbildung 2:</b> SBP, DBP und mittlerer arterieller Blutdruck einer Fußballtrainings- und Kontrollgruppe vor und nach dreimonatigem Interventionszeitraum bei untrainierten 30-55-jährigen Männern mit leichter bis mittelschwerer arterieller Hypertonie <i>Quelle:</i> Andersen et al., 2010, S. 100	S. 27
<b>Abbildung 3:</b> Prozentanteil der relativen Herzfrequenzen während des Trainings einer Fußball- und Lauftrainingsgruppe klassifiziert in drei verschiedene Intensitäten <i>Quelle:</i> Knoepfli-Lenzin et al., 2010, S. 74	S. 29
<b>Abbildung 4:</b> SBP und DBP vor und nach der Intervention in einer Fußball-, Lauftrainings- und Kontrollgruppe <i>Quelle:</i> Knoepfli-Lenzin et al., 2010, S. 75	S. 30
<b>Abbildung 5:</b> Echokardiografische Variablen nach der Intervention angeglichen an Ausgangswerte vor der Intervention <i>Quelle:</i> Hinderliter et al., 2002, S. 1336	S. 36
<b>Abbildung 6:</b> Pulswellengeschwindigkeit vor und nach der Intervention in beiden Trainingsgruppen <i>Quelle:</i> Collier et al., 2008, S. 682	S. 43
<b>Abbildung 7:</b> Darstellung der prozentualen Veränderung der PWV nach Ausdauertraining <i>Quelle:</i> Madden et al., 2009, S. 1533	S. 45

### III. Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Definitionen und Klassifikationen der Blutdruckwerte (mmHg) <i>Quelle:</i> Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008. Stand 23.01.2011, S. 10	S. 5
<b>Tabelle 2:</b> Übersicht Suchterminologien <i>Quelle:</i> Eigene Darstellung	S. 18
<b>Tabelle 3:</b> Risikostratifikation und Behandlung <i>Quelle:</i> Modifiziert nach Pescatello et al., 2004, S. 534	S. 21
<b>Tabelle 4:</b> SBP, DBP, vaskuläre Funktionsgrößen und maximale Leistungsfähigkeit einer Handkurbelergometrie in einer Trainings- und Kontrollgruppe <i>Quelle:</i> Modifiziert nach Westhoff et al., 2008, S. 1339	S. 32
<b>Tabelle 5:</b> Vergleich von Blutdruckwerten zwischen Kontroll- und Trainingsgruppe vor der Intervention, nach sechs und zehn Wochen Training <i>Quelle:</i> Modifiziert nach Tsai et al., 2004, S. 260	S. 34
<b>Tabelle 6:</b> ambulante RR-Werte vor und nach 16-wöchiger Intervention <i>Quelle:</i> Modifiziert nach Guimarães et al., 2010, S. 629	S. 38
<b>Tabelle 7:</b> Veränderungen des Blutdrucks, der Fitness, der Körperzusammensetzung und Gefäßsteifigkeit im Vergleich zur Ausgangsuntersuchung <i>Quelle:</i> Stewart et al., 2005, S. 759	S. 40
<b>Tabelle 8:</b> Hämodynamische Kenngrößen <i>Quelle:</i> Collier et al., 2008, S. 681	S. 42
<b>Tabelle 9:</b> HRV, RR-Variabilität und Baroreflex-Sensitivität <i>Quelle:</i> Modifiziert nach Collier et al., 2009, S. 343	S. 44
<b>Tabelle 10:</b> Ausdauertraining <i>Quelle:</i> Eigene Darstellung	S. 46
<b>Tabelle 11:</b> Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining <i>Quelle:</i> Eigene Darstellung	S. 50
<b>Tabelle 12:</b> Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining <i>Quelle:</i> Eigene Darstellung	S. 52
<b>Tabelle 13:</b> Checkliste zur Publikation randomisierter Studien <i>Quelle:</i> Moher, Schulz, Altman, 2004, S. T19	S. 83

#### IV. Abkürzungsverzeichnis

ABPM	ambulatory blood pressure measurement
ACE-Hemmer	Angiotensin converting enzyme (Angiotensinkonversionsenzym-Hemmer)
ACSM	American College of Sports Medicine
AHA	American Heart Association
AT	aerobic training (Training mit Ausdauerkomponente)
AT1-Antagonisten	Angiotensin1- Antagonisten
BMI	body mass index
BP	blood pressure (Blutdruck)
BPV	blood pressure variability (Blutdruckvariabilität)
BRS	baroreflex sensitivity (Baroreflex Sensitivität)
bzw.	beziehungsweise
C/ C2	Controls (Kontrollgruppe)
C1	Continuos (Trainingsgruppe mit kontinuierlicher Belastung)
ca.	circa
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CONSORT	Consolidated Standard of Reporting Trials
DAG	doctoral advice group (Gruppe mit Erhalt ärztlicher Empfehlungen)
DHL	Deutsche Hochdruckliga e.V.
DSP	diastolic blood pressure (diastolischer Blutdruck)
DXA-Scans	Dual-energy X-ray absorptiometry (Körperfettanalyse)
E	exercise group (Trainingsgruppe)
EKG	Elektrokardiogramm
EO	exercise only (Trainingsgruppe ohne Gewichtsmanagement)
et al.	et alii (lateinisch = und Andere)
etc.	et cetera (lateinisch = und die Übrigen)
F	Football (Fußballtrainingsgruppe)
ff.	fortfolgende
FMD	Flow-mediated dilation (strömungsvermittelte Gefäßausdehnung)
fPWV	femoral pulse wave velocity (zentrale PWV)
FTG	football training group (Fußballtrainingsgruppe)
ggf.	gegebenenfalls
HDL-C	High-Density-Lipoprotein-Cholesterin
HF	Herzfrequenz
hf	high frequency (hochfrequent)
HF <sub>max</sub>	maximale Herzfrequenz
HMV	Herzminutenvolumen
HRV	heart rate variability (Herzfrequenzvariabilität)
hs-CRP	hoch sensitives c-reaktives Protein
HSV	Herzschlagvolumen
HZV	Herzzeitvolumen
I	Interval (Trainingsgruppe mit Intervallbelastung)
IAAS	individuelle aerob-anaerobe Schwelle
KHK	koronare Herzkrankheit
kPa	Kilopascal
LDL-C	Low-Density-Lipoprotein-Cholesterin
LEARN	5 Elemente: lifestyle, exercise, attitudes, relationship, nutrition (verhaltensorientiertes Abnehmprogramm)

L	Lauftrainingsgruppe
lf	low frequency (niederfrequent)
Lfb.	Laufband
LV	linksventrikulär
MET	metabolisches Äquivalent
min	Minuten
mmHg	millimeter Quecksilbersäule
na	non-aerobic (Trainingsgruppe ohne Ausdauerkomponente)
PAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PWV	pulse wave velocity (Pulswellengeschwindigkeit)
PWVc-f	carotid to femoral arteries (zentrale PWV)
PWVf-dp	femoral to dorsalis pedia arteries (periphere PWV)
QoL	Quality of Life (Lebensqualität)
R	Running (Lauftrainingsgruppe)
RCT	randomized controlled trial (randomisierte kontrollierte Studie)
rPWV	radial pulse wave velocity (periphere PWV)
RR	Blutdruck nach Riva- Rocci
SBP	systolic blood pressure (diastolischer Blutdruck)
SD	standard deviation (Standardabweichung)
sec	Sekunden
SEM	standard error of mean (Standardfehler des arithmetischen Mittelwertes)
SF-36	Short-Form 36-item Health Survey (Kurzform des Fragebogens zur Erfassung des allgemeinen Gesundheitszustands)
T	Training (Trainingsgruppe)
Tf	transfer function (Übertragungsfunktion)
TP	total power (Gesamtleistung)
u. a.	unter anderem
VC	vascular conductance (vasculäre Leitfähigkeit)
VO <sub>2max</sub>	höchstmögliche Sauerstoffaufnahmefähigkeit (maximale)
VO <sub>2peak</sub>	höchste Sauerstoffaufnahmefähigkeit
VO <sub>2R</sub>	VO <sub>2</sub> -Reserve
w	Watt
WHR	waist-to-hip-ratio (Bauch zu Hüfte-Verhältnis)
WM	weight maintenance group (Gewichtsmanagementgruppe)
z. B.	zum Beispiel

# 1 Einleitung

Im Laufe der letzten 50 Jahre ist durch eine Vielzahl epidemiologischer Studien belegt worden, dass körperlicher Aktivität hinsichtlich der Prävention, Therapie und Rehabilitation verschiedenster Krankheitsbilder bedeutende gesundheitsförderliche Effekte zugeschrieben werden können (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.; Fagard, 2001, S. 484 ff.; Cornelissen, Fagard, 2005a, S. 251; 2005b, S. 667 ff.; Dickinson et al., 2006, S. 215 ff. ). Doch obwohl sich in den letzten Jahren Bemühungen um eine körperliche Aktivierung der Bevölkerung verstärkt haben, gehört Bewegungsmangel laut nationaler Gesundheitssurveys in Deutschland mit zu den führenden Risikofaktoren, die für einen Großteil der Krankheitsbelastung der Bevölkerung verantwortlich sind (Lange, 2006, S. 19 ff). Global betrachtet, identifizieren aktuelle Zahlen der World Health Organization Bewegungsmangel als Risikofaktor Nummer vier bezogen auf die weltweite Gesamtmortalität. Vor allem in Anbetracht der durch den demographischen Wandel zu erwartenden Zunahme der Krankheitslast, sind vermehrte Anstrengungen zur Etablierung von Bewegung als Mittel der Therapie im klinischen Alltag notwendig (World Health Organization, 2010, S. 10; 2009, S. 11; Lange, 2006, S. 13). Insbesondere, da sich trotz der vielfach nachgewiesenen gesundheitlichen Effekte körperlicher Aktivität bisher nur eine zurückhaltende Akzeptanz in der „scientific community“ zeigt (Braumann, 2009, S. 20) und folgend bei niedergelassenen Medizinern, was bisher nur eine zögerliche regelhafte Verordnung von Bewegung als erweiternde oder gar grundlegende Therapieoption in der täglichen Praxis zur Folge hat (Braumann, Reer, Schumacher, 2001, S. 175ff.).

Denn obwohl gesicherte Daten in Bezug auf die präventiven und therapeutischen Effekte einer Bewegungstherapie bei einer Hochdruckerkrankung mehrfach vorliegen, muss die Evidenzbasierung in Hinblick auf konkret ableitbare Therapieempfehlungen noch weiter ausgebaut werden bzw. teilweise noch neu geschaffen werden, um eine „Wirksamkeit in Abhängigkeit von Art und Weise der Intervention und der Indikation“ beweisen zu können (Huber, Pfeifer, 2004, S. 164). Schließlich hängt eine weitere Anerkennung der Bewegungstherapie im Gesundheitswesen nicht nur vom wissenschaftlichen Nachweis der Effizienz der Intervention ab, sondern auch davon, inwiefern die vorliegenden Forschungsarbeiten zur Therapieentscheidung und –umsetzung herangezogen werden können (Huber, Pfeifer., 2004, S. 160).

Im Rahmen der Diplomarbeit soll untersucht werden, ob möglicherweise eine suboptimale Datengrundlage auf Grund teils diffuser und heterogener Angaben über Art und Volumen des Trainings eine nötige Transparenz und genauere Spezifizierung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Formen von körperlicher Aktivität und ihren jeweiligen gesundheitlichen Effekten einschränkt, infolgedessen eine breitere Akzeptanz von Bewegung als therapeutisches Element durch die Wissenschaft und folglich der praktizierenden Ärzte verhindert werden könnte (Braumann, 2009, S. 20; Braumann, 2010, S.6).

Zur Klärung dessen wird im Folgenden eine vergleichende Analyse von Original-Arbeiten zum Thema Bewegung als Therapie durchgeführt, mit besonderer Berücksichtigung der Methodik der einzelnen Interventionskonzepte und der Trainingsbeschreibung. Diese Analyse erfolgt exemplarisch am Krankheitsbild der arteriellen Hypertonie, da Bluthochdruck europaweit die am weitesten verbreitete Erkrankung des Herz-Kreislaufsystems ist und somit zu den häufigsten chronischen Erkrankungen zählt, die zudem mitverantwortlich ist für die Entstehung bedeutender kardiovaskulärer Erkrankungen wie Schlaganfall, koronare Herzkrankheit (KHK), Herzinfarkt und Herzinsuffizienz sowie Augen- und Nierenschäden (Predel, Schramm, 2010, S. 90 ff.; Braumann, 2009, S. 18 ).

Im ersten Arbeitsschritt der Bearbeitung des Themas werden im Rahmen des theoretischen Hintergrundes (Punkt 2) der aktuelle Forschungsstand und die darin beinhalteten Problemstellungen mittels Literatursichtung zu den Themenschwerpunkten „arterielle Hypertonie“ und „Bewegung als Therapieoption“ aufgezeigt und nachfolgend als Grundlage für die Ableitung einer Hypothese und der zu deren Klärung dienenden zentralen Fragestellungen genutzt (Punkt 3). Das methodische Vorgehen wird in Punkt 4 aufgezeigt. Im Rahmen des Ergebnisteils erfolgt zunächst eine systematische Literaturrecherche (Punkt 5.1) mit dem Ziel, relevante Studien zu ermitteln, die exemplarisch aktuelle bewegungstherapeutische Konzepte bei arterieller Hypertonie darstellen; gefolgt von einer Übersicht der ein- und ausgeschlossenen Studien (Punkt 5.2). Die für die Auswertung ausgewählten Arbeiten werden anschließend in Punkt 5.3 ausführlich einzeln beschrieben. Auf Grundlage der vom American College of Sports Medicine herausgegebenen Richtlinien bezüglich körperlicher Aktivität bei vorliegender arterieller Hypertonie werden die Forschungsarbeiten in Punkt 5.4 letztlich in Hinblick möglicher Übereinstimmungen und Differenzen in Bezug auf die jeweiligen Bewegungsinterventionen und den erzielten Interventionsergebnissen miteinander verglichen sowie für einen besseren Überblick in Tabellenform dargestellt (Tab. 10, 11, 12). Darauf aufbauend erfolgt im gesonderten Diskussionsteil hinsichtlich der methodischen Gestaltung der Bewegungsinterventionen eine Darstellung identifizierter Schwachstellen und Problembereiche. Dahingehend werden insbesondere Unzulänglichkeiten bezüglich einzuhaltender Standards der Gestaltung, des Umfangs und der Durchführung bewegungstherapeutischer Programme erläutert, um folglich Empfehlungen hinsichtlich einer Standardisierung der methodischen Gestaltung im Rahmen sportmedizinischer Forschungen zu liefern und eine einheitliche Grundlage zur Erleichterung eines Praxistransfers zu gewährleisten (Punkt 6.1). Ergänzt wird dies durch eine Methodenkritik in Punkt 6.2. In der Schlussbetrachtung werden weitere Problembereiche einer Legitimierung und Etablierung einer Bewegungstherapie in Wissenschaft und Klinik aufgezeigt (Punkt 7).

Zielsetzung der Arbeit ist es, auf Basis der beispielhaft ausgewählten Forschungsarbeiten, die verwendeten bewegungstherapeutischen Maßnahmen bei einer Hochdruckerkrankung detailliert zu beschreiben, vielmehr hinsichtlich der Methodik systematisch aufzuarbeiten und dahingehend Problembereiche zu identifizieren. Darauf aufbauend soll geprüft werden, welche generellen Empfehlungen in Bezug auf die methodische Gestaltung einer Bewegungstherapie gegeben werden können.

## 2 Hintergrund

### 2.1 arterielle Hypertonie

#### 2.1.1 Blutdruck und Blutdruckregulation

Der Blutdruck bezeichnet den Druck, der durch die Kontraktion des Herzens und dem damit verbundenen Transport des Blutes im Herzen und in den Gefäßen entsteht. Die Messungen beziehen sich dabei auf den in den peripheren Arterien herrschenden Druck. Der gemessene Wert hat die Einheit mmHg (Millimeter Quecksilbersäule oder Höhe der Quecksilbersäule) oder kPa (Kilopascal) (Gotzen, Lohmann, 2005, S. 1 ff.; Stimpel, 2001, S.4 ff.). Es wird zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck unterschieden. Der erste Wert in der Blutdruckmessung stellt den systolischen Druck dar. Er entsteht, wenn sich das Herz zusammenzieht und dabei sauerstoff- und nährstoffangereichertes Blut aus der linken Herzkammer über die Hauptschlagader (Aorta) in den Körper presst. Der entstandene Druck wird weiter auf die in der Aorta entspringenden Hauptschlagadern (Arterien) übertragen sowie auf die folgenden vielen kleinsten Schlagadern (Arteriolen) und Haargefäße (Kapillaren), wo schließlich Sauerstoffaustausch und Stoffwechsel stattfinden. Der systolische Wert bezeichnet demnach den Druck im Gefäßsystem während der Kontraktion (Systole) des Herzens bzw. das Druckmaximum während des Blutausstosßes des Herzens (Gotzen, Lohmann, 2005, S. 1 ff.; Stimpel, 2001, S.4 ff.). Im Anschluss an die Austreibungsphase erschlafft das Herz wieder (Diastole), was einen Druckabfall in den Gefäßen bewirkt. Dieser diastolische Druck spiegelt sich im zweiten Wert der Blutdruckmessung wider (Gotzen, Lohmann, 2005, S. 1 ff.; Stimpel, 2001, S.4 ff.).

Um eine ausreichende Durchblutung und damit die Versorgung aller Organbereiche mit Nährstoffen und Sauerstoff zu gewährleisten, muss ein bestimmter Druck vorhanden sein. Mit jeder Kontraktion des Herzens steigt der Blutdruck im Normalfall systolisch auf etwa 120-130 mmHg an und fällt anschließend diastolisch auf Werte von ca. 80 mmHg ab (Gotzen, Lohmann, 2005, S. 4).

Reguliert wird der Blutdruck durch Rückkopplung zwischen den im Zwischenhirn, Mittelhirn und verlängertem Rückenmark liegenden Zentren der Blutdruckregulation, in denen ein Sollwert festgelegt wird, und Blutdruckfühlern (Barorezeptoren) im Aortenbogen und den zum Kopf führenden Halsschlagadern. Des Weiteren sind blutdruckwirksame Hormone wie Renin, aus dem das Hormon Angiotensin entsteht, Aldosteron und Vasopressin an der Blutdruckregulation beteiligt. Eine Erhöhung des Blutdrucks ist somit Folge von Störungen, die in den Blutdruckzentren im Gehirn, an den Blutdruckfühlern oder innerhalb der nervösen oder hormonalen Mechanismen auftreten (Gotzen, Lohmann, 2005, S. 3).

Diese genannten Einflüsse verändern den arteriellen Blutdruck an den folgenden Stellgliedern, die wiederum die Blutdruckhöhe bestimmen: Pumpleistung des Herzens und bzw. oder der periphere

Gefäßwiderstand<sup>1</sup>. Demnach werden Veränderungen des Blutdrucks entweder durch eine Veränderung der kardialen Förderleistung des Herzmuskels oder dem Gefäßwiderstand der Arterien oder beider Faktoren bewirkt (Graf, Höher, 2009, S. 182; Stimpel, 2001, S. 5).

Ein Maß für die Förder- bzw. Pumpleistung des Herzens ist das Herzminutenvolumen (HMV) oder auch Herzzeitvolumen (HZV). Das HMV bezeichnet das Volumen, welches in einer Minute von der linken Hauptkammer über die Aorta in den Blutkreislauf ausgeworfen wird. Einflussgröße ist neben der kardialen Kontraktionskraft<sup>2</sup> auch die Herzfrequenz. Bei einem Erwachsenen liegt das HMV in Ruhe bei etwa vier bis fünf Litern pro Minute (Graf, Höher, 2009, S. 108; Stimpel, 2001, S. 5). Der periphere Gefäßwiderstand wird beeinflusst durch den Querschnitt der Blutgefäße, welcher sich durch ringförmig in der Gefäßwand liegende Muskeln variieren lässt, die wiederum über das sympathische Nervensystem gesteuert werden. Dementsprechend wird der Gefäßquerschnitt beim Zusammenziehen der Muskeln enger, was auf Grund des schwerer abfließenden Blutes zu einem Blutdruckanstieg führt. Eine Erschlaffung jener Muskulatur führt hingegen zum Blutdruckabfall (Braumann, 2006, S. 120). Darüber hinaus wird der Gefäßwiderstand durch Arteriosklerose bedingte Ablagerungen in den Gefäßwänden erhöht (Graf, Höher, 2009, S. 27 ff.).

Ein Anstieg des Stellgliedes Herzzeitvolumen und/ oder peripherer Gefäßwiderstand steigert den Blutdruck, wiederum bewirkt eine Abnahme eines oder beider Stellglieder einen Blutdruckabfall. Bei einem Elastizitätsverlust der Aorta und der großen Arterien kommt es zu einer Erhöhung des systolischen und Senkung des diastolischen Blutdrucks (Stimpel, 2001, S. 5).

## 2.1.2 Definition und Stadieneinteilung

Aktuelle europäische Leitlinien sowie die Leitlinien der Deutschen Hochdruckliga e. V. DHL und der Deutschen Hypertonie Gesellschaft definieren dauerhafte Blutdruckwerte von  $\geq 140/90$  mmHg im arteriellen Gefäßsystem als arterielle Hypertonie und klassifizieren darüber liegende Blutdruckwerte in die Hypertoniestufen I-III. Bei differierender Stadienzugehörigkeit von systolischem bzw. diastolischem Blutdruck wird der jeweils höhere Wert zur Klassifizierung herangezogen (Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008, Stand 23.01.2011; Guidelines Committee, 2003, S. 1011 ff.). Des Weiteren erfolgt eine Einteilung von Blutdruckwerten  $< 140/90$  mmHg entsprechend als „optimal“, „normal“ bzw. „hochnormal“ (Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008, Stand 23.01.2011). Abgegrenzt wird eine isolierte systolische Hypertonie, welche hauptsächlich bei älteren Patienten<sup>3</sup> auftritt (Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008, Stand 23.01.2011, S. 10).

---

<sup>1</sup> Summe aller Widerstände, die der Blutfluss auf dem Weg durch die peripheren Gefäße überwinden muss, bedingt durch die Querschnitte der Arteriolen (Graf, Höher, 2009, S. 182; Stimpel, 2001, S. 5).

<sup>2</sup> Maß für die kardiale Kontraktionskraft ist das Herzschlagvolumen, wodurch das Blutvolumen bezeichnet wird, welches bei einem Herzschlag vom Herzen ausgeworfen wird (Graf, Höher, 2009, S. 200).

<sup>3</sup> Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die Ausschreibung der männlichen und weiblichen Form verzichtet. Grundsätzlich sind immer beide Geschlechter angesprochen.

Kategorie	Systolisch		Diastolisch
Optimal	<120	und	<80
Normal	120–129	und/ oder	80–84
Hoch-normal	130–139	und/ oder	85–89
Hypertonie Grad I (leicht)	140–159	und/ oder	90–99
Hypertonie Grad II (mittelschwer)	160–179	und/ oder	100–109
Hypertonie Grad III (schwer)	≥180	und/ oder	≥110
Isolierte systolische Hypertonie	≥140	und	<90
Einteilung der isolierten systolischen Hypertonie ebenfalls Grad I-III, entsprechend des systolischen Blutdruckwertes und solange der diastolische Blutdruck <90 mmHg ist.			

**Tabelle 1:** Definitionen und Klassifikationen der Blutdruckwerte (mmHg)

*Quelle:* Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008, Stand 23.01.2011, S. 10

Im Rahmen dieser numerischen Klassifikation des Blutdrucks sollten die Schwellenwerte für die Hypertonie jedoch als flexible Richtwerte verstanden werden und in Abhängigkeit des gesamten kardiovaskulären Risikoprofils<sup>4</sup> des Patienten betrachtet werden (Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008, Stand 23.01.2011, S. 9). So ist ein laut obiger Klassifizierung hoch-normaler Blutdruck bei Patienten mit erhöhtem kardiovaskulärem Risikoprofil als Hypertonie und somit behandlungsdürftig einzuschätzen, bei einem Patienten mit niedrigem kardiovaskulärem Risiko jedoch als akzeptabel zu bewerten.

Der Blutdruck ist eine variable Größe, die neben Lebensalter und Tageszeit belastungs- und situationsabhängigen Schwankungen unterliegt. Zu einer situativen Erhöhung des Blutdrucks können Muskelaktivität, plötzliche Temperatureinwirkungen und psychische Belastungssituationen führen (Gotzen, Lohmann, 2005, S. 2 ff.; Stimpel, M., 2001, S. 13).

---

<sup>4</sup> Neben arterieller Hypertonie sind Diabetes mellitus, Hypercholesterinämie und Rauchen die Hauptrisikofaktoren kardiovaskulärer Ereignisse. Weitere Risikofaktoren sind Aspekte des Lebensstils (körperliche Bewegung, Übergewicht, Alkoholkonsum), psychosoziale und umweltbedingte Einflüsse oder Entzündungsparameter wie das C-reaktive Protein. Jene Risikofaktoren fördern die Entwicklung einer Atherosklerose der Gefäße, welche sich im weiteren Krankheitsverlauf als Herzinfarkt, Schlaganfall, KHK oder periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK) manifestieren kann (Erbel et al., 2008, S. 1).

Die häufigste Bluthochdruckform bildet mit über 90 % aller Hypertonien die primäre Hypertonie, auch essenzielle Hypertonie genannt. Sie ist eine multikausale Erkrankung, welche durch unterschiedlichste Umwelteinflüsse und den Einfluss mehrerer Gene ausgelöst wird (Predel, Schramm, 2008, S. 41). Faktoren wie erbliche Veranlagung, Ernährungseinflüsse mit und ohne Übergewicht bzw. Adipositas, eine erhöhte Kochsalzzufuhr sowie ein übermäßiger Alkoholkonsum, chronischer psychosozialer Stress und Bewegungsmangel können die Entstehung einer primären Hypertonie begünstigen (Gotzen, Lohmann, 2005, S. 21 ff.; Graf, Predel, Rost, S. 2005, S. 163 ff. ).

Sekundäre Hypertonieformen sind dem gegenübergestellt. Sie machen mit ca. 5 % nur einen sehr geringen Prozentsatz der Hochdruckerkrankungen aus und werden meist durch eine Organerkrankung ausgelöst. Dementsprechend ist die primäre Ursache bekannt und der Hochdruck entsteht sekundär. Bei einer überwiegenden Zahl der sekundären Hochdruckerkrankungen sind Störungen der Nierenfunktion (renal) oder des Hormonsystems (endokrin) die Ursache, weiterhin können gefäßbedingte Ursachen, wie mechanische Gefäßeinengungen, Auslöser einer sekundären Hypertonie sein (Graf, Predel, Rost, S. 2005, S. 164 ff. ). Die Therapie einer sekundären Hypertonie richtet sich in erster Linie nach der hochdruckauslösenden Grunderkrankung (Predel, Schramm, 2008, S. 41).

### **2.1.3 Diagnostik**

Entsprechend den Aktuellen Leitlinien der Deutschen Hochdruckliga e. V. DHL und der Deutschen Hypertonie Gesellschaft sollten im Rahmen der Diagnostik der arteriellen Hypertonie neben einer wiederholten, methodisch exakten Blutdruckmessung<sup>5</sup> ein Anamnesegespräch in Verbindung mit einer körperlichen Untersuchung sowie ergänzende laborchemische und apparative Diagnoseverfahren die Einteilung in die in Tabelle 1 genannten Stadien ermöglichen (Predel, Schramm, 2008, S. 42). Diese einzelnen diagnostischen Verfahren sind notwendig, da eine Beurteilung der arteriellen Hypertonie nicht nur auf Grundlage der Blutdruckhöhe erfolgen kann, sondern zur Beurteilung der Dringlichkeit und Art der diagnostischen und therapeutischen Interventionen weitere Gesichtspunkte beachtet werden müssen (Stimpel, 2001, S. 39 ff.). Diesbezüglich ist es unbedingt notwendig, eine sekundäre Hochdruckursache zu identifizieren bzw. deren Vorliegen auszuschließen. Zudem sollten weitere bestehende Risikofaktoren, mögliche Endorganschädigungen sowie Begleit- und Folgeerkrankungen hinsichtlich der Bestimmung des kardiovaskulären Gesamtrisikos untersucht werden (Predel, Schramm, 2008, S. 42).

Dennoch werden, auf Grund einer oft mangelnden diagnostischen Untersuchung und eines bestehenden therapeutischen Defizits hinsichtlich der Blutdruckkontrolle in der Bevölkerung, eine Viel-

---

<sup>5</sup> Neben einer ärztlichen Messung des Blutdrucks bilden eine ambulante 24-h-Blutdruckmessung sowie eine Messung während einer ergometrischen Belastungsuntersuchung wichtige Messmethoden (Predel, Schramm, 2008, S. 42).

zahl der Hochdruckkranken nicht ausreichend behandelt und der Anteil adäquat behandelter Bluthochdruckpatienten wird auf nur etwa 10-15 % geschätzt (Predel, Schramm, 2010, S. 91 ).

Sowohl aus Prognosegründen als auch zur Steuerung der Belastungsintensität im Rahmen einer Bewegungstherapie sowie in der medikamentösen Therapie ist weiterhin die Diagnose einer Belastungshypertonie von Bedeutung. Diese liegt vor, wenn bei 20- bis 50-jährigen Männern und Frauen bei fahrradergometrischen Belastungsuntersuchungen bei 100 Watt der arterielle Blutdruck über 200/ 100 mmHg liegt bzw. wenn bei >50-Jährigen systolische Blutdruckwerte von 215 mmHg überschritten werden (Whelton et al., 2002, 493 ff.; Franz, 2001, S. 303 ff.). Als obere Grenze bei einer Maximalbelastung soll der systolische Blutdruck 250 mmHg nicht übersteigen, konkret müssen ggf. erhöhte Blutdruckwerte jedoch immer in Abhängigkeit des klinischen Gesamtbildes betrachtet werden (Predel, Schramm, 2010, S. 92).

#### **2.1.4 Epidemiologie**

Da bei einer deutlichen Mehrheit betroffener Patienten eine primäre Hypertonie als Ursache für eine dauerhafte Blutdruckerhöhung diagnostiziert wird, werden sich die folgenden Ausführungen auf die primäre arterielle Hypertonie beziehen.

Angaben zur Prävalenz der arteriellen Hypertonie sind auf Grund einer hohen Dunkelziffer nicht wirklich möglich. Für die westlichen Industrienationen wird sie mit ca. 20 % der erwachsenen Bevölkerung angegeben, unter Annahme der Dunkelziffer wird sogar von einer Prävalenz von 40% der Gesamtbevölkerung ausgegangen. Des Weiteren zeigt sich eine steigende Tendenz unter Beobachtung eines linearen Anstiegs mit zunehmendem Lebensalter. Dementsprechend besteht bei etwa 50 % aller über 60-Jährigen eine Hypertonie. (Graf, Predel, Rost, S. 2005, S. 164 ff.).

Europaweit ist die arterielle Hypertonie die am weitesten verbreitete Erkrankung des Herzkreislaufsystems und zählt somit zu den häufigsten chronischen Erkrankungen, die zudem mitverantwortlich ist für die Entstehung bedeutender kardiovaskulärer Erkrankungen wie Schlaganfall, KHK, Herzinfarkt und Herzinsuffizienz sowie Augen- und Nierenschäden. Wenn die arterielle Hypertonie mit weiteren Risikofaktoren wie abdomineller Adipositas, Fettstoffwechselstörungen und gestörtem Glukosemetabolismus assoziiert ist<sup>6</sup>, kommt es zu einer weiteren Erhöhung des kardiovaskulären Risikos (Braumann, 2009, S. 18 ; Predel, 2010, S. 90 ff.).

#### **2.1.5 Therapieansätze**

Übergeordnetes Ziel einer antihypertensiven Therapie ist eine langfristige Blutdruckkontrolle verbunden mit einer maximalen Reduktion kardiovaskulärer Risikofaktoren (siehe Fußnote 4). Dies erfordert in Bezug auf die Behandlungsindikation eine Betrachtung der arteriellen Hypertonie im Ge-

---

<sup>6</sup> In Konstellation bilden diese Risikofaktoren das metabolische Syndrom (Braumann, 2009, S. 18; Predel, 2010, S. 90 ff.).

samtcontext des individuellen kardiovaskulären Risikoprofils. Eine Therapie kann dabei auf medikamentösen Maßnahmen und nichtmedikamentösen Allgemeinmaßnahmen basieren, die sich ggf. ergänzen (Predel, Schramm, 2008, S. 42).

Im Rahmen einer medikamentösen Therapie müssen Lebensalter, Blutdruckhöhe, Begleit- und Folgeerkrankungen der Hochdruckerkrankung sowie mögliche Nebenwirkungen mit beachtet werden. Generell werden von der Deutschen Hochdruckliga e.V. DHL die Medikamentengruppen ACE-Hemmer und AT1-Antagonisten, Diuretika, Beta-Rezeptorenblocker sowie Kalziumantagonisten, einzeln oder in Kombination, empfohlen (Graf, Predel, Rost, 2005, S. 167). Auf die Wirkungsmechanismen der genannten Medikamentengruppen in Bezug auf die Blutdrucksenkung wird nicht eingegangen, da der Schwerpunkt der Arbeit auf der Darstellung blutdrucksenkender Effekte von körperlicher Aktivität bzw. von bewegungstherapeutischen Programmen liegt.

Nichtmedikamentöse Therapien in Form von lebensstilverändernden Maßnahmen stellen im Regelfall die Basis einer Behandlung dar, sei es als alleinstehendes Therapieverfahren oder in Kombination mit pharmakologischen Maßnahmen (Auer et al., 2008, S. 66). Für die Indikation einer begleitenden pharmakologischen Hochdrucktherapie sind Blutdruckhöhe sowie Begleit- und Folgeerkrankungen von Bedeutung (Predel, Schramm, 2008, S. 42). Idealerweise können die nichtmedikamentösen Allgemeinmaßnahmen bzw. Maßnahmen einer Lebensstilmodifikation auch einen kompletten Verzicht pharmakologischer Verfahren bewirken; dies insbesondere bei leichteren Hochdruckformen (Graf, Predel, Rost, 2005, S. 166). Im Rahmen einer lebensstilverändernden Therapie gehören die Gewichtsreduktion, eine Erhöhung der körperlichen Aktivität sowie eine Ernährungsumstellung<sup>7</sup> zu den etablierten Maßnahmen mit nachgewiesenem hohem Evidenzniveau (Dickinson et al., 2006, S. 215 ff; Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008. Stand 23.01.2011, S. 25 ff.).

### **2.1.6 Effekte körperlicher Aktivität auf den Blutdruck**

Im Rahmen der lebensstilverändernden Maßnahmen wird der körperlichen Aktivität ein hoher Stellenwert zugeschrieben und mittlerweile wird Bewegung als Therapieoption ein fester Platz in der Hochdruckbehandlung eingeräumt (Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008, S. 26 ff.). Begründet werden kann dies u. a. durch die Ergebnisse verschiedener prospektiver Studien und Metaanalysen, die gezeigt haben, dass regelmäßige körperliche Aktivitäten positive Einflüsse auf die kardiovaskuläre Letalität sowie auf die Gesamtmortalität haben (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.). In Bezug auf grundlegende Reaktionen des Blutdrucks auf körperliche Aktivität wird zwischen akuten und chronischen Effekten unterschieden (Pescatello, 2004, S. 533 ff.).

---

<sup>7</sup> Ernährungsumstellung quantitativer und qualitativer Art, inklusive Einschränkung des Alkoholkonsums und der Kochsalzzufuhr (vgl. Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008, S. 25 ff.).

### 2.1.6.1 Akuteffekte

Bei dynamischen aeroben Belastungen, wie beispielsweise Laufen mit ansteigender Geschwindigkeit, kommt es zu einem linear zur Intensität der Belastung erfolgenden Anstieg des systolischen Blutdruckwertes, während sich der diastolische Blutdruck nicht verändert bzw. nur geringfügig ansteigt. Bedingt wird dies durch eine Erhöhung des Herzminutenvolumens bei parallel abfallendem peripherem Gefäßwiderstand (Predel, Schramm, 2010, S. 92). Bei intensiven statischen Belastungen größerer Muskelgruppen (z.B. beim Kraftsport) kommt es hingegen, vor allem bei gleichzeitiger Pressdrucküberlagerung<sup>8</sup>, zu einem Anstieg des peripheren Gefäßwiderstandes, was einen überschießenden Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdrucks zur Folge hat. Generell zeichnet sich das Blutdruckverhalten des Hochdruckkranken im Vergleich zum nicht Erkrankten durch höher liegende Blutdruckwerte bei vergleichbarer Belastungsintensität aus. Dies kann dementsprechend zu einem exzessiven, überschießenden Blutdruckanstieg führen (Predel, Schramm, 2010, S. 92).

Direkt nach einem Belastungsintervall lassen sich über mehrere Stunden anhaltende Blutdruckabfälle von systolisch bis zu 20 mmHg und diastolisch bis zu 10 mmHg verzeichnen. Bei Hochdruckkranken ist dieser Abfall ausgeprägter im Vergleich zu Normotonikern (Fagard, 2001, S. 484 ff.).

### 2.1.6.2 Chronische Effekte

Wissenschaftliche und epidemiologische Hinweise zeigen, dass regelmäßige, insbesondere ausdauerorientierte körperliche Aktivität, eine eigenständige Senkung des systolischen und diastolischen Blutdrucks erzielen kann (Pescatello et al., 2004, S. 533 ff.). Folgende Mechanismen sind dabei nach Predel und Schramm wirksam (Predel, Schramm, 2010, S. 92):

- Verringerung des peripheren Gefäßwiderstandes
- Positive Beeinflussung einer endothelialen Dysfunktion
- Zunahme der Insulinsensitivität der arbeitenden Skelettmuskulatur
- Verschiebung des Lipidprofils (u.a. HDL-C: ↑, Triglyceride: ↓)
- Ökonomisierung der vegetativen Balance bezüglich des parasympathischen Tonus
- Regulierung der Barorezeptorensensitivität
- Antithrombogene Effekte
- Optimierung der täglichen Kalorienbilanz als Unterstützung einer Gewichtsreduktion
- Vermehrter Kochsalzverlust in Folge erhöhter Schweißbildung

Zurückzuführen sind diese Mechanismen u. a. auf die vermehrte Ausbildung roter Muskelfasern durch körperliche Aktivität. Gleichzeitig führt dies zu einer Vermehrung der Muskelfasern versor-

---

<sup>8</sup> Pressdruck als physiologisches Phänomen setzt bei Beanspruchungen von mehr als 70-80 % der jeweiligen individuellen Maximalkraft ein. Durch Schließen der Stimmritze, Anspannung der Ausatemmuskulatur und Einsetzen der Bauchpresse wird eine Stabilisierung des Rumpfes erreicht. Hinsichtlich des Blutdrucks führt dies zu wellenartigen Druckspitzen während und nach der Belastung (Völker, 2004, S. 171).

genden Gefäße, was wiederum zu einer Senkung des Gefäßwiderstandes führt. Die vermehrte Bildung roter Muskelfasern ist zudem im Zusammenhang mit einer positiven Beeinflussung des metabolischen Syndroms zu betrachten, da bei diesem Krankheitsbild eine vermehrte Verschiebung zu weißen Muskelfasern vorliegt. Bewegung kann demnach die im Rahmen des metabolischen Syndroms bestehende zu hohe Konzentration von Insulin im Blut (Hyperinsulinämie) vermindern. Da die Hyperinsulinämie einen Manifestationsfaktor für die arterielle Hypertonie darstellt, kann körperliche Aktivität in diesem Zusammenhang wie ein direkter Drucksenkungsmechanismus angesehen werden (Graf, Predel, Rost, S. 2005, S. 167). Weiterhin führt regelmäßige ausdauerorientierte Bewegung zu einer Verbesserung der aeroben Energiebereitstellung, da durch eine erhöhte Enzymkapazität verstärkt Mitochondrien gebildet werden, in denen die Verbrennung stattfindet. Insgesamt verbessern sich die Stoffwechselprozesse im Muskel, was ein Absinken des sympathischen Antriebs auf das Herz bei Belastung bewirkt. Das Herz arbeitet ökonomischer, da bei gleicher Belastung eine niedrigere Herzfrequenz erreicht wird (Graf, Rost, 2005, S. 18 ff.). Weiterer wichtiger Aspekt ist die Verbesserung des HDL-/ LDL-Quotienten, was wiederum eine Verbesserung des Risikoprofils hinsichtlich der Entstehung arteriosklerotischer Herz-Kreislauf-Erkrankungen bewirkt sowie eine positive Beeinflussung weiterer Risikofaktoren wie Fettstoffwechselstörungen oder einen bereits vorhandenen Diabetes mellitus (Graf, Predel, Rost, S. 2005, S. 167). Insgesamt liegen bisher allerdings nur vage Kenntnisse hinsichtlich der Ursachen einer Beeinflussung der arteriellen Hypertonie durch Bewegung vor und es bedarf diesbezüglich weiterer Untersuchungen und Daten zur Erarbeitung der präzisen pathologischen Wirkungsmechanismen von Bewegung auf den Organismus (Braumann, 2009, S. 20).

Zusammenfassend können die Effekte von Bewegung auf eine positive Beeinflussung der Ökonomisierung des Herz-Kreislaufsystems, der Gefäßelastizität, der Muskelzusammensetzung, des Körpergewichts, des Salzhaushaltes und weiterer Risikofaktoren zurückgeführt werden (Graf, Predel, Rost, 2005, S. 167).

## **2.2 Bewegung als Therapieoption**

Auch wenn die im vorangegangenen Gliederungspunkt herausgestellten gesundheitlichen Effekte von Bewegung aus evidenzbasierter Sicht mehrfach nachgewiesen worden sind (Pescatello, 2004, S. 533 ff.), ist dennoch festzuhalten, dass nicht jede Form von körperlicher Aktivität an sich geeignet ist, spezifische gesundheitliche Wirkungen zu erzielen. Insbesondere ist das Volumen der körperlichen Aktivität (Häufigkeit, Dauer, Intensität) in Bezug auf ihre Wirksamkeit von Bedeutung. Dies umfasst neben der Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche auch die Länge der Einheiten sowie den Anstrengungsgrad der körperlichen Aktivität (Rütten, Abu-Omar, 2003, S. 234 ff.).

Laut der Arbeitsgruppe „Bewegungstherapie“ der Deutschen Gesellschaft für Rehabilitationswissenschaften (DGRW) können unter der Begrifflichkeit *Bewegungstherapie* unterschiedliche Verfahren zusammengefasst werden, die körperliche Aktivität als Therapie einsetzen. Demnach versteht man unter Bewegungstherapie, eine „ärztlich indizierte und verordnete Bewegung, die vom Fachtherapeuten bzw. der Fachtherapeutin geplant und dosiert, gemeinsam mit dem Arzt/ der Ärztin

kontrolliert und mit dem Patienten/ der Patientin alleine oder in der Gruppe durchgeführt wird“ (Arbeitsgruppe „Bewegungstherapie“, 2009, S. 252).

### **2.2.1 Bewegungstherapie bei arterieller Hypertonie**

Die in Punkt 2.1.6.1 genannten blutdrucksenkenden Effekte körperlicher Aktivität können erst in hohem Maße erreicht werden, wenn die körperliche Aktivierung im Sinne eines bewegungstherapeutischen Programms stattfindet, das heißt: „wenn sie strukturiert, adäquat geplant und dauerhaft stattfindet“ (Predel, Schramm, 2010, S. 93). Sind diese Voraussetzungen erfüllt, können klinisch bedeutsame blutdrucksenkende Effekte schon nach vier bis sechs Wochen erreicht werden, dies auch unabhängig vom Lebensalter. Des Weiteren zeigen sich diese Effekte teilweise auch bei Normotonikern, was zu einer Abnahme des Erkrankungsrisikos hinsichtlich der Entwicklung einer arteriellen Hypertonie beiträgt (Hu et al., 2004, S. 25 ff.).

Das Potential einer durch bewegungstherapeutische Maßnahmen erzielbaren Blutdrucksenkung ist interindividuell sehr unterschiedlich und kann zwischen Blutdrucksenkungen von 25/15 mmHg (systolisch/ diastolisch) und „non-Response“ schwanken. Keine genauen Angaben können in Bezug auf geschlechtsspezifische Effektunterschiede gemacht werden, da einige Daten auf eine bessere Blutdrucksenkung durch körperliche Aktivität bei Frauen hinweisen, andere Untersuchungen jedoch keine signifikanten Geschlechtsunterschiede herausstellen konnten (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.). Die in diesem Bereich am häufigsten angeführte Metaanalyse kontrollierter klinischer Studien von Fagard (2001) zeigte im Mittel Blutdrucksenkungen von systolisch 7-10 mmHg und diastolisch 5-7 mmHg, bei in der Regel ausdauerorientierter körperlicher Aktivität über 30-60 min an minimal zwei bis drei Tagen in der Woche und einer Belastungsintensität von 40-70% der maximalen Sauerstoffaufnahme (Fagard, 2001, S. 484 ff.). Dementsprechend ist die Größenordnung einer durch Bewegungstherapie erreichbaren Blutdrucksenkung mit einer pharmazeutischen antihypertensiven Therapie (Monotherapie) vergleichbar, zumal die Blutdrucksenkung bei höherer Blutdruckausgangslage umso ausgeprägter ist. Des Weiteren zeigen die Studienergebnisse positive Effekte hinsichtlich eines Belastungshochdrucks (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.; Fagard, 2001, S. 484 ff.).

Hinsichtlich der oben genannten blutdrucksenkenden Effekte, haben insbesondere Ausdauerbelastungen als Form körperlicher Aktivität einen hohen Stellenwert im Rahmen der nichtmedikamentösen Maßnahmen (Cornelissen, Fagard, 2005b, S. 667; Dickinson et al., 2006, S. 215 ff.) und konnten sich, reflektierend aus den aktuellen Leitlinien und Empfehlungen verschiedener nationaler und internationaler Fachgesellschaften, als wesentliches Therapeutikum der arteriellen Hypertonie etablieren (Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft, 2008. Stand 23.01.2011, S. 26 ff.; Erdine, Ari, 2006, S. 334ff.; Pescatello et al., 2004, S. 533 ff.). Dabei konnte nachgewiesen werden, dass ausdauerorientierte körperliche Aktivitäten eine Korrektur des Blutdrucks nach unten bewirken und diesbezüglich die gemessenen Blutdruckwerte an Trainingstagen niedriger waren, als an trainingsfreien Tagen (Pescatello et al., 2004, S. 533 ff.). Neben einer Blut-

drucksenkung in Ruhe sowie bei mittleren und hohen Belastungsintensitäten ist auch die u. a. durch arterielle Hypertonie verursachte Linksherzhypertrophie durch eine Normalisierung der verdickten Herzwand nach mehrmonatigen Ausdauerbelastungen reversibel (Kokkinos et al., 1995, S. 1462 ff.).

Zunehmend konnten in den vergangenen Jahren jedoch auch positive blutdrucksenkende Effekte von Kräftigungsübungen insuffizienter Muskelgruppen nachgewiesen werden (Braith, Stewart, 2006, S. 2642 ff.; Cornelissen, Fagard, 2005b, S. 667 ff.), wobei sogar durch Beanspruchungen einer nur kleinen Muskelgruppe in Form eines isometrischen, isolierten Handkrafttrainings blutdrucksenkende Effekte erzielt werden konnten (Taylor, 2003, S. 251 ff.). Insgesamt kann hinsichtlich kraftorientierter Belastungsformen auf deutlich weniger wissenschaftlich basierte Studien zurückgegriffen werden, dennoch zeigen verschiedene kleine Untersuchungen positive Effekte bei einem ergänzenden, dosierten Krafttraining von niedriger Intensität, vor allem bei zusätzlich vorliegendem metabolischen Syndrom. Jedoch nur unter der Voraussetzung einer korrekten Durchführung der Trainingsintervention unter begleitender sportmedizinischer Betreuung (Kelley, 1997, S. 1559 ff.).

### **2.2.2 Auswahl, Dosierung und Steuerung**

Hinsichtlich der Konzeption und Steuerung einer Bewegungstherapie bei arterieller Hypertonie sollten Ärzte und Bewegungstherapeuten kooperativ zusammenarbeiten. Grundvoraussetzung für die Durchführung und den Erfolg eines bewegungstherapeutischen Programms ist eine vorab diagnostisch abgesicherte körperliche Mindestbelastbarkeit sowie die Beachtung des klinischen Gesamtbildes wie z.B. bestehende Begleiterkrankungen (Predel, Schramm, 2010, S. 91). Unter Rücksichtnahme des Schweregrades der vorliegenden Hypertonie ist dahingehend zu entscheiden, ob vor Einleitung einer Bewegungstherapie eine pharmakologische Blutdruckeinstellung erforderlich ist, um darauf aufbauend schrittweise nichtmedikamentöse Maßnahmen, wie vermehrte körperliche Bewegung folgen zu lassen<sup>9</sup> bzw. ob sofort mit einem bewegungstherapeutischen Programm begonnen werden kann, ggf. in Kombination mit einer medikamentösen Behandlung<sup>10</sup> (Graf, Predel, Rost, 2005, S. 169; Predel, Schramm, 2010, S. 92).

Bei der Gestaltung der Bewegungstherapie sollten Kriterien wie Motivation, koordinative und motorische Fähigkeiten sowie Vorerfahrungen des Hochdruckkranken mit beachtet werden. Zudem sind das sozioökonomische Umfeld des Patienten sowie infrastrukturelle Voraussetzungen weitere Kriterien in Bezug auf das Gelingen einer Bewegungstherapie (Predel, H.-G., Schramm, T., 2008, S. 44). Im Allgemeinen sollte die gewählte Belastungsform positive Trainingseffekte auf das Herz-Kreislauf-System bewirken, ohne dabei einen überschießenden Blutdruckanstieg zu provozieren

---

<sup>9</sup> Diese Vorgehensweise trifft auf Hypertonieformen des Grades III zu (Blutdruck  $\geq 180/110$  mmHg), bzw. wenn Begleit- und Folgeerkrankungen des Hochdrucks diagnostiziert sind.

<sup>10</sup> Bei Hypertonieformen der Stadien I und II induziert.

und dementsprechend eine Gefährdung möglichst gering zu halten (Graf, Predel, Rost, 2005, S. 169). Doch in Hinblick auf die Sicherung der Therapietreue (Compliance), insbesondere in der Initialphase und dem damit zusammenhängenden Therapieerfolg, erfordert die Auswahl einer geeigneten Bewegungsform ein individualisiertes Vorgehen (Predel, Schramm, 2010, S.94).

Gut geeignete Belastungsformen bei arterieller Hypertonie sind Ausdaueraktivitäten von geringer bis mittlerer Kraftintensität wie Walking, Laufen, Radfahren, Inlineskating, Skilanglauf und Schwimmen sowie fachkundig angeleitetes Kräftigungstraining ohne Pressatmung beispielsweise mit dem Theraband (Predel, Schramm, 2010, S.94). Hingegen als ungeeignet gelten Krafttraining und Kampfsportarten mit großen muskulären Beanspruchungen, gleichermaßen wie Einzel- und Mannschaftsspiele von hoher Belastungsintensität wie Leichtathletik und Squash oder Eishockey und Basketball. In Abhängigkeit vom Schweregrad der vorliegenden Hochdruckerkrankung, ggf. bestehenden Begleiterkrankungen und den sportlichen Vorerfahrungen sind Kraft- und Kampfsportarten sowie Einzel- und Mannschaftsspiele von niedriger bis mittlerer körperlicher Belastungsintensität (z.B. Tennis und Tischtennis), ebenso wie Ausdauersportarten mit höherem Krafteinsatz (z.B. Rudern), bedingt bei arterieller Hypertonie geeignet (Predel, Schramm, 2010, S. 94).

Bezüglich eines Therapieerfolgs ist weiterhin eine adäquate Dosierung der oberhalb genannten Bewegungsformen erforderlich. Die allgemein in diesem Bereich anerkannten Empfehlungen seitens des American College of Sports Medicine (ACSM) liegen bei drei bis fünf Trainingseinheiten/Woche für jeweils ca. 30-60 min bei einer Belastungsintensität im aeroben Stoffwechselbereich, entsprechend etwa 40-70 % der maximalen Leistung. Neben diesen ausdauerorientierten Trainingseinheiten sollte auch ein kompetent angeleitetes moderates Kräftigungstraining bzw. Fitnessgymnastik von etwa 30-45 min den Trainingsplan ergänzen (Pescatello et al., 2004, S. 541; Predel, Schramm, 2008, S.45).

Zum Erreichen der optimalen hämodynamischen und metabolischen Trainingseffekte bedarf es zur Festlegung der individuellen Trainingsherzfrequenzen idealerweise einer Ermittlung der individuellen Belastungsintensität an Hand einer spiroergometrischen, ggf. laktatgestützten fahrradergometrischen Belastungsuntersuchung, inklusive kontinuierlicher Blutdruck- und EKG-Kontrolle (Predel, Schramm, 2006, S.528 ). Insbesondere ist dies vor Einleitung einer Bewegungstherapie anzuraten, wenn herzfrequenzbeeinflussende Medikamente, wie  $\beta$ -Rezeptoren-Blocker, eingenommen werden oder bereits Begleit- und Folgeerkrankungen, wie die koronare Herzkrankheit bestehen (Predel, Schramm, 2006, S. 528).

### **2.2.3 Kontraindikationen und Komplikationen**

Generelle Überlegungen hinsichtlich der Durchführung einer Bewegungstherapie sind im Vorfeld vom Ausgangsblutdruck sowie der klinischen Gesamtsituation abhängig. Wie bereits in Punkt 2.2.2 angeführt, sollten Hypertonieformen ab Schweregrad III vorab ausreichend pharmakologisch kon-

trolliert sein, bevor bewegungstherapeutische Maßnahmen eingeleitet werden können. Des Weiteren bestehen mögliche Komplikationen und Kontraindikationen in Abhängigkeit zur Bewegungsform, Trainingsintensität und –dauer (Predel, Schramm, 2005, S.47). Liegen möglicherweise weitere schwerwiegende internistische und/ oder orthopädische Begleit- und Folgeerkrankungen vor, die nicht adäquat kontrollierbar sind, ergeben sich Einschränkungen hinsichtlich einer Bewegungstherapie. Dies kann u. a. der Fall sein bei Sehbeeinträchtigungen, die Verletzungsrisiken nach sich ziehen können, bei myokardialen Durchblutungsstörungen oder Arrhythmien sowie bei Überlastungsschäden der unteren Extremitäten, wie degenerativen Gelenkerkrankungen (Predel, Schramm, 2010, S.96).

#### **2.2.4 Akzeptanz des Einsatzes der Bewegungstherapie**

Bewegungstherapeutische Programme unterliegen nicht nur im Rahmen der Hochdrucktherapie besonderem Legitimationsdruck einer Evidenzbasierung, da eine Etablierung von Bewegung als Therapiekonzept im System der Gesundheitsversorgung erst allmählich erfolgt. Unter diesem Gesichtspunkt muss die Bewegungstherapie neben dem wissenschaftlichen Nachweis der Unschädlichkeit und der grundsätzlichen Wirksamkeit auch die „Wirksamkeit in Abhängigkeit von Art und Weise der Intervention und der Indikation“ erbringen (Huber, Pfeifer, 2004, S. 164). Wie in den vorangegangenen Ausführungen dargestellt werden konnte, liegen in Form diverser Studien bzw. Meta-Analysen und systematischer Übersichtsarbeiten, beispielsweise aus den USA und Belgien, Befunde vor, die die Effizienz einer Bewegungstherapie bei arterieller Hypertonie aufzeigen (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.; Fagard, 2001, S. 484 ff.; Cornelissen, Fagard, 2005a, S. 251; 2005b, S. 667 ff.; Dickinson et al., 2006, S. 215 ff.).

Dennoch zeigt sich trotz gesicherter Wirksamkeit einer Bewegungstherapie bisher nur eine zurückhaltende Akzeptanz in der „scientific community“ (Braumann, 2009, S. 20) und folgend bei niedergelassenen Medizinern, was eine nur zögerliche regelhafte Verordnung von Bewegung als Therapieoption in der täglichen Praxis zur Folge hat (Braumann, Reer, Schumacher, 2001, S. 175ff.). Denn obwohl gesicherte Daten in Bezug auf die präventiven und therapeutischen Effekte einer Bewegungstherapie bei einer Hochdruckerkrankung vielfach vorliegen, muss eine Evidenzbasierung, auch in Hinblick auf konkret ableitbare Therapieempfehlungen, noch weiter ausgebaut werden bzw. teilweise noch neu geschaffen werden, um somit die oberhalb genannte Forderung nach Belegen der „Wirksamkeit in Abhängigkeit von Art und Weise der Intervention und der Indikation“ erbringen zu können (Huber, Pfeifer, 2004, S. 164). Schließlich hängt eine weitere Anerkennung der Bewegungstherapie im Gesundheitswesen nicht nur vom wissenschaftlichen Nachweis der Effizienz der Intervention ab, sondern auch davon, inwiefern die vorliegenden Forschungsarbeiten zur Therapieentscheidung und –umsetzung herangezogen werden können (Huber, Pfeifer, 2004, S. 160).

Demnach kann einer der Gründe, warum Bewegung als therapeutisches Element nur mit gewisser Zurückhaltung betrachtet wird, eine suboptimale Datenlage sein, da teils diffuse und heterogene Angaben über Art und Volumen des Trainings die breite Akzeptanz durch die Wissenschaft und infolgedessen der praktizierenden Ärzte verhindern (Braumann, 2009, S. 20; Braumann, 2010, S.6). Insbesondere einige der in den häufig zitierten Meta-Analysen von Fagard, R. H. (2001) und Whelton, S.P. (2002) untersuchten Originalarbeiten weisen undetaillierte Beschreibungen der durchgeführten Bewegungsinterventionen auf und bilden somit nur eine unzureichende Grundlage im Hinblick auf eine Akzeptanzerweiterung und zudem hinsichtlich einer praktischen Anwendung von Bewegung als Therapiekonzept. Angesichts dessen können die niedergelassenen Ärzte als diejenigen, die die bewegungstherapeutischen Konzepte initiieren und umsetzen müssen, auf nur unzureichende Informationen zurückgreifen, was die geeignete Belastungsform, Trainingsintensität und Trainingshäufigkeit im Hinblick auf optimale Therapieerfolge betrifft. Zu vermuten ist demnach, dass auf Grund heterogener und teilweise mangelhafter Studiendesigns nur wenige Daten vorliegen, die eine individuelle und indikationsbezogene Ableitung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen einer Bewegungstherapie ermöglichen (Braumann, 2010, S.6; Braumann, Reer, Schumacher 2001, S. 176).

Überdies werden durch die nachgewiesenen Adaptationsmechanismen des Organismus bei zielgerichteter Bewegung zunehmend Fragen generiert, für deren Beantwortung es weiterer Forschungsarbeiten bedarf (Huber, Pfeifer, 2004, S. 164). Dies betrifft u. a. die teilweise noch unklaren Wirkungsmechanismen von Bewegung, insbesondere den Aktivitätstyp und das Aktivitätsvolumen (Häufigkeit, Dauer, Intensität, Dosierung), da eine Spezifizierung der gesundheitlichen Effekte eine differenzierte Betrachtung voraussetzt (Bös, Brehm, 2006, S.17; Rütten, Abu- Omar, 2003, S. 234).

### 3 Hypothese

Ausgehend von den im vorangegangenen Gliederungspunkt aufgeführten Akzeptanzproblemen hinsichtlich einer Legitimierung und Etablierung bewegungstherapeutischer Interventionsprogramme ergibt sich folgende Hypothese:

*Eine breitere Akzeptanz von Bewegung als Therapieoption in der „scientific community“ wird durch eine suboptimale Datenlage in veröffentlichten Studien, bedingt durch teils diffuse und heterogene Angaben über Art und Volumen der Trainingsintervention, verhindert!*

Um dieser Annahme auf den Grund zu gehen, wird im Folgenden eine vergleichende Analyse von Original-Arbeiten zum Thema Bewegung als Therapie durchgeführt, mit besonderer Berücksichtigung der Methodik der einzelnen Interventionskonzepte. Diese Analyse erfolgt exemplarisch am Krankheitsbild der arteriellen Hypertonie, da Bluthochdruck europaweit die am weitesten verbreitete Erkrankung des Herz-Kreislaufsystems ist und somit zu den häufigsten chronischen Erkrankungen zählt, die zudem mitverantwortlich ist für die Entstehung bedeutender kardiovaskulärer Erkrankungen wie Schlaganfall, koronare Herzkrankheit (KHK), Herzinfarkt und Herzinsuffizienz sowie Augen- und Nierenschäden (Predel, Schramm, 2010, S. 90 ff; Braumann, 2009, S. 18 ). Zudem ist das Potential einer durch bewegungstherapeutische Maßnahmen erzielbaren Blutdrucksenkung in zahlreichen Studien und Meta-Analysen nachgewiesen worden (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.; Fagard, 2001, S. 484 ff.; Cornelissen, Fagard, 2005a, S. 251; 2005b, S. 667 ff.; Dickinson et al., 2006, S. 215 ff.). Weiterhin finden die nachstehenden abgeleiteten Fragestellungen zur Bestätigung oder Widerlegung der These Bearbeitung:

1. *Bewegungstherapie und arterielle Hypertonie: State of the art?*
2. *Inwieweit bestehen bei den jeweiligen durchgeführten Trainingsinterventionen methodische Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie diesbezüglich gegebenenfalls Probleme einer Vergleichbarkeit?*
3. *Welche Schlussfolgerungen lassen sich auf Grundlage identifizierter methodischer Schwächen in Hinblick auf eine Standardisierung der methodischen Gestaltung bewegungstherapeutischer Interventionsprogramme im Sinne eines „guten Studiendesigns“<sup>11</sup> finden?*

---

<sup>11</sup> Das Studiendesign wird dabei als „Gesamtkonzept aller Vorgehensweisen im Rahmen einer Studie“ verstanden (Röhrig, du Prel, Blettner, 2009, S. 184).

## 4 Methodik

In einem ersten Arbeitsschritt erfolgt eine systematische Literaturrecherche mit dem Ziel, relevante Literatur zu ermitteln, die exemplarisch aktuelle bewegungstherapeutische Konzepte bei arterieller Hypertonie darstellen. Die ausgewählten Arbeiten werden zunächst einzeln inhaltlich beschrieben, sowie folgend miteinander verglichen. Im Rahmen der Studienübersicht wird neben der Darstellung der Bewegungsprogramme, insbesondere die Bewegungsintervention als Grundlage und Voraussetzung einer Analyse und vergleichenden Bewertung hinsichtlich möglicher Schwachstellen ausführlich veranschaulicht, um gegebenenfalls den Bedarf einer Konzeptionalisierung entsprechender Interventionen zu ermitteln. Dies erfolgt für eine bessere Übersicht ergänzend in tabellarischer Darstellung.

Zielsetzung ist es, auf Basis der beispielhaft ausgewählten Forschungsarbeiten, die verwendeten bzw. empfohlenen bewegungstherapeutischen Maßnahmen bei einer Hochdruckerkrankung detailliert zu beschreiben, vielmehr hinsichtlich der Methodik systematisch aufzuarbeiten und dahingehend Problembereiche zu identifizieren. Darauf aufbauend soll geprüft werden, welche generellen Empfehlungen in Bezug auf die methodische Gestaltung einer Bewegungstherapie gegeben werden können und wohlmöglich Qualitätsmerkmale bzw. Leitlinien angesichts eines einheitlichen und optimalen Studiendesigns in Bezug auf die Bewegungsintervention zu definieren.

### 4.1 Literaturrecherche

Zur Bearbeitung der in Punkt 3 aufgeführten Hypothese bzw. der einzelnen Fragestellungen, erfolgte eine strukturierte Online-Literaturdatenbankanalyse, einschließlich einer Handrecherche. Dabei wurden relevante Literaturquellen einerseits über die bibliografische Datenbank *PubMed* ([www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez), Stand 01/2011) gesucht, über deren Benutzeroberfläche auch ein Zugriff auf die Literaturdatenbank *Medline* möglich ist, andererseits über das Datenbankportal des Deutschen Instituts für Medizinische Dokumentation und Information *DIMDI* (<http://www.dimdi.de/static/de/db/index.htm>, Stand 01/2011), welches Zugriffsmöglichkeiten auf weitere diverse Recherchequellen bietet, unter anderem auf die Datenbanken *Embase*, *Cochrane Library* und gleichfalls *Medline*. Zur Vermeidung eines Publikationsbias wurden über eine Handrecherche in den Literaturverzeichnissen schon vorliegender Forschungsarbeiten und Bücher zusätzliche mögliche relevante Fachartikel identifiziert. Weiterhin wurden folgende medizinische Fachzeitschriften nach bedeutsamer Literatur durchsucht: *Springer Fachzeitschriften*, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, *Deutsches Ärzteblatt*. Unter Anwendung der in nachstehender Abbildung aufgeführten Suchschlagworte und ihrer Verknüpfung mit AND-/ OR- und NOT- Operatoren wurde die Datenbankrecherche durchgeführt.

Mit Hilfe der Suchfilter wurden dabei folgende Voreinstellungen gewählt:

- Zeitpunkt der Veröffentlichung: letzten fünf Jahre
- Limits: RCT, Meta-Analysen
- Sprache: englisch, deutsch
- Spezies: Menschen
- Suchbegriffe: Titel/ Abstract

Konnten die „Limits-Funktionen“ nicht voreingestellt werden, wurde die Suche durch einen weiteren AND-Operator und den in der Abbildung aufgeführten Publikationstypen erweitert.

→ **AND-** Begriffe →

	<b>Krankheit</b>	<b>Intervention</b>	<b>Publikationstyp</b>	
	Oberbegriffe	Arterielle Hypertonie, Bluthochdruck	Bewegungstherapie	randomisierte kontrollierte Studie*
↓	Synonyme	Hypertonie, Hypertonus, Hypertension, Hypert*	Bewegung*, bewegungstherapeutisch* Programm, körperlich* Aktivität, Training	Primärstudie*, klinische Studie*, systematische Übersichtsarbeit*
<b>OR-</b> Be- griffe	Englische Übersetzung	arterial hypertension, high blood pressure, raised blood pressure, hypertension, hypertensiv*, hypertens*	Kinesiatrics, kinesitherapy, movement therapy, exercise therapy, exercise training, exercise, training, activity, physical activity, physical training, resistance training, endurance training, isometric training, strength training, treatment,	RCT, randomized controlled trial* , review, systematic review, meta-analysis,
↓				
	<b>NOT-</b> Begriffe	pulmonar*, metabolic*, vascular*	Medikament, medikament*, drug therapy	

→ Die durch das Trunkierungs-Symbol (\*) gekennzeichneten Worte, ermöglichen beliebig viele und unterschiedliche Zeichen als Endungsmöglichkeiten nach dem Wortstamm

**Tabelle 2:** Übersicht Suchterminologien  
Quelle: Eigene Darstellung

## 4.2 Ein- und Ausschlusskriterien

In die Auswertung einbezogen wurden folgende Publikationstypen: Originalarbeiten in Form von Randomized Controlled Trials (RCT) sowie case studies in deutscher oder englischer Sprache, die im Zeitraum von 2011-2002 publiziert worden sind. Dabei wurde die Suche nach relevanter Literatur zunächst mittels der „Limits-Funktion“ auf einen Publikationszeitpunkt innerhalb der letzten fünf Jahre begrenzt, im weiteren Verlauf jedoch unter Zuhilfenahme der Handrecherche durch Forschungsarbeiten innerhalb der letzten zehn Jahre erweitert. Hinsichtlich der Intervention wurden Studien ausgewählt, die bewegungstherapeutische Programme im Sinne von mehrmaliger, langfristiger und dosierter körperlicher Aktivierung im Umfang von mindestens zwölf Trainingseinheiten bzw. vier Wochen im Vergleich zu anderen Interventionen oder Kontrollen untersuchen. Weiterhin wurde bezogen auf die Studienteilnehmer eine Altersbegrenzung von mindestens 15 Jahren festgelegt sowie eine diagnostizierte Hypertonieerkrankung als Voraussetzung zum Einschluss der Studie erklärt, unabhängig vom Krankheitsstadium und ggf. bestehender pharmakologischer Therapie. Die Fallzahl (n) musste wenigstens  $n > 20$  Teilnehmer betragen. Ausgeschlossen wurden demnach Forschungsarbeiten, die den oben genannten Einschlusskriterien nicht entsprachen und Literaturquellen, deren Volltexte nicht bestellbar waren sowie Duplikate bzw. Mehrfachnennungen. In einem letzten Arbeitsschritt im Rahmen der Literaturrecherche wurden schließlich zehn Studien selektiert, die exemplarisch weitere Bearbeitung finden.

## 4.3 Bewertungsgrundlagen

Im Folgenden werden die vom American College of Sports Medicine (ACSM), der American Heart Association (AHA) und den Centers for Disease Control and Prevention (CDC) herausgegebenen Empfehlungen hinsichtlich einzuhaltender Standards in Bezug auf notwendige Vor-, Zwischen- und Nachuntersuchungen sowie betreffs der Gestaltung, des Umfangs und der Durchführung bewegungstherapeutischer Programme, erläutert (American College of Sports Medicine, 2009, S. 53 ff.; Haskell, 2007, S. 1082 ff.; Pescatello et al., 2004, S. 533 ff). Diese stellen die inhaltliche Bewertungsgrundlage der jeweiligen Methodik in Bezug auf die Trainingsinterventionen weiterer Ausführungen dar. In dem 2004 von der internationalen Public Health Organisation American College of Sports Medicine erstellten Positionspapier „Exercise and Hypertension“ werden folgende Angaben bezüglich der Trainingsform, Intensität, Häufigkeit und Dauer einer Bewegungstherapie bei vorliegender arterieller Hypertonie gemacht, welche allgemein und als Grundlage einer Vielzahl von Studien in diesem Bereich gelten (Rütten et al., 2005, S. 13; Pescatello et al., 2004, S. 541 f.):

Häufigkeit: An den meisten, bevorzugt an allen Tagen der Woche.  
Trainingsfrequenzen zwischen drei und fünf Tagen/ Woche gelten als effektiv bezogen auf eine Blutdrucksenkung.

Intensität:	Moderate Intensität (40-<60 % der $VO_2R$ <sup>12</sup> ), ungefähr entsprechend Borg Skala 12-13 bzw. „ein wenig anstrengend“ <sup>13</sup> .
Dauer:	≥ 30 min kontinuierliche oder akkumulierte körperliche Aktivität von jeweils minimal 10 min aufsummiert zu einer Gesamtzeit von 30-60 min/ Tag.
Bewegungsform:	Primär ausdauerspezifische körperliche Aktivitäten zyklischen Charakters jeglicher Art, deren Belastungsintensitäten kontinuierlich steuerbar sind in Ergänzung eines Krafttrainings; jeweils mit Beanspruchung großer Muskelgruppen

Die 1995 vom ACSM und den CDC veröffentlichten bzw. 2007 nochmals überarbeiteten, nationalen Leitlinien für körperliche Aktivität und Public Health geben ähnliche Aktivitäts- und Umfangsvorgaben hinsichtlich einer körperlichen Aktivierung vor. Diese richten sich jedoch nicht speziell an Hypertoniker, sondern primär an gesunde Erwachsene im Alter von 18-65 Jahren und sind daher zweitrangig zu betrachten. Angeraten werden ausdauerspezifische Übungen von moderater Intensität über eine Dauer von 30 Minuten an fünf Tagen/ Woche oder schwere Intensitäten über 20 min an drei Tagen/ Woche, wobei alternativ auch eine Kombination der Intensitäten möglich ist. Zudem sollten mindestens zweimal pro Woche acht bis zehn Kräftigungsübungen der Hauptmuskelgruppen das Training ergänzen (Haskell, 2007, S. 1090). Beispielhaft werden Walking, Badminton oder Golf als moderate Aktivitäten mit einem Umsatz von ca. 3-6 METs klassifiziert, wohingegen Jogging, Fußball oder Einzeltennis starken Beanspruchungen von >6 METs zugeordnet werden (Ainsworth et al., 1993, S. 71 ff.; 2000, S. 498ff.; Haskell, 2007, S. 1086).

Im Zusammenhang mit einer körperlichen Aktivierung bzw. mit der Durchführung bewegungstherapeutischer Programme sind zudem bestimmte diagnostische Untersuchungen und Tests erforderlich, die einerseits eine optimale Dosierung der Trainingsintensitäten und dementsprechend das Erreichen größtmöglicher gesundheitlicher Effekte gewährleisten sollen, andererseits sind mögliche gesundheitliche Gefährdungen durch eine körperliche Aktivierung unabdingbar auszuschließen (Braumann, 2010, S. 7). Nach Angaben des zur arteriellen Hypertonie vom ACSM veröffentlichten Positionspapieres sollten bei Bluthochdruckpatienten routinemäßig folgende Untersuchungen durchgeführt werden: Erhebung der individuellen- und Familienanamnese, körperliche Untersuchung, Ausschluss einer sekundären Hochdruckursache sowie eine Bewertung vorliegender Hauptrisikofaktoren, Zielorganschädigungen und kardiovaskulärer Erkrankungen, wohingehend eine Klassifizierung nach den Risikogruppen A, B und C mit entsprechend induzierter Behandlung erfolgen sollte. Unabhängig von Stadieneinteilung und Risikogruppe ist bei der Empfehlung einer medikamentösen Behandlung eine Lebensstilmodifikation als Begleittherapie möglich. Der Risikogruppe A sind Patienten ohne vorliegende Risikofaktoren zugehörig, bei denen weiterhin keine

<sup>12</sup>  $VO_2R$  ( $VO_2$ Reserve): Differenz zwischen maximaler Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffaufnahme in Ruhe (Swain, Franklin, 2002, S. 152)

<sup>13</sup> Borg-Skala: Bewertungsinstrument von 1-10 oder 6-20 zur Einschätzung des subjektiven Anstrengungsempfindens bei Belastungsuntersuchungen (Fletcher et al., 2001, S. 1700 f.)

Hinweise auf eine Zielorganschädigung oder bestehende klinische kardiovaskuläre Erkrankungen, einschließlich Herzerkrankungen bestehen. Bei Gruppe B muss mindestens ein Risikofaktor, außer Diabetes, vorliegen, jedoch wie bei Gruppe A deuten keine Hinweise auf eine Zielorganschädigung oder bestehende klinische kardiovaskuläre Erkrankungen, einschließlich Herzerkrankungen, hin. Das Risikoprofil der Patienten der Gruppe C ist unabhängig von weiteren Risikofaktoren durch das Vorliegen einer Zielorganerkrankung, einer klinischen kardiovaskulären Erkrankung (beispielsweise einer transitorisch-ischämischen Attacke, Neuropathie, peripheren arteriellen Verschlusskrankung oder Retinopathie) oder einer Herzerkrankung wie der Linksherzhypertrophie oder Angina Pectoris, gekennzeichnet (Pescatello et al., 2004, S. 540).

Stadieneinteilung RR (mmHg)	Risikogruppe A	Risikogruppe B	Risikogruppe C
Hoch-normal (130-139/ 85-89)	Lebensstilmodifikation	Lebensstilmodifikation	Medikamentöse Therapie <sup>-</sup>
Hypertonie Grad I (140-159/ 90-99)	Lebensstilmodifikation (bis zu 12 Monate)	Lebensstilmodifikation <sup>~^</sup> (bis zu 6 Monate)	Medikamentöse Therapie
Hypertonie Grad II+III (≥160/ ≥100)	Medikamentöse Therapie	Medikamentöse Therapie	Medikamentöse Therapie

<sup>^</sup> Bei Patienten mit multiplen Risikofaktoren, sollte eine medikamentöse Behandlung als Initialtherapie einer Lebensstilmodifikation eingesetzt werden. Hauptrisikofaktoren sind Rauchen, Dyslipidämie, Diabetes mellitus, >60 Jahre, Geschlecht (Männer und postmenopausale Frauen), Familienanamnese kardiovaskulärer Erkrankungen (Frauen <65 Jahre oder Männer <55 Jahre).

<sup>-</sup>Bei Patienten mit vorliegendem Herzfehler, Niereninsuffizienz oder Diabetes.

**Tabelle 3:** Risikostratifikation und Behandlung

*Quelle:* Modifiziert nach Pescatello et al. 2004, S. 534

Das Ausmaß der Untersuchungen im Vorfeld einer bewegungstherapeutischen Aktivierung basiert dabei auf der voraussichtlichen Trainingsintensität sowie auf den Krankheitssymptomen und möglichen kardiovaskulären Risiken. Ist dementsprechend eine Intensität von  $\geq 60\%$   $VO_2R$  gemäß eines schweren bis sehr schweren Trainings angedacht bzw. bestehen Anzeichen wie Belastungsdyspnoe, Schmerzen im Brustbereich oder Herzrasen, ist ein medizinisch überwachter symptomlimitierter oder maximaler Belastungstest mit EKG-Monitoring erforderlich; ebenso bei diagnostizierten kardiovaskulären Erkrankungen, wie beispielsweise der koronaren Herzkrankheit oder einem Herzfehler. Des Weiteren sind mögliche Begleiterkrankungen wie Diabetes vor Trainingsbeginn angemessen zu kontrollieren. Keine weiteren Tests sind erforderlich bei den Risikogruppen A und B, bei Hypertonieerkrankungen  $\leq$  Grad II sowie bei leichter bis moderater dynamischer körperlicher Aktivität, entsprechend Trainingsintensitäten  $< 60\%$  der  $VO_2R$ . Schließlich sollten systematische Follow-Up-Untersuchungen vorgesehen werden (Pescatello et al., 2004, S. 540). Spezielle Überlegungen und Vorkehrungen bezogen auf eine körperliche Aktivierung bei arterieller Hypertonie sind

zu treffen bei der Einnahme von antihypertensiven Medikamenten wie Betarezeptoren-Blockern, Diuretika oder Kalziumantagonisten, bei bestehendem Übergewicht, fortgeschrittenem Alter sowie bei schweren oder unkontrollierbaren Blutdruckerhöhungen bzw. bei Patienten mit erhöhtem Risikoprofil Komorbiditäten betreffend (Pescatello et al., 2004, S. 542). Detailliertere Angaben zu den einzelnen erforderlichen diagnostischen Untersuchungen werden in den ebenfalls vom ACSM herausgegebenen „Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th ed.“ des Erscheinungsjahres 2009 gemacht (American College of Sports Medicine, 2009, S. 53 ff.).

Durch diese angeführten allgemeinen Richtlinien zur körperlichen Aktivierung von Bluthochdruckkranken wird deutlich, dass die inhaltlichen Empfehlungen bezüglich der Grundlagendiagnostik, der Gestaltung, des Umfangs und insbesondere der Steuerung der Trainingsintensitäten im Rahmen einer Bewegungstherapie bei arterieller Hypertonie relativ allgemein gefasst und undetailliert sind. Dahingehend wird die Ableitung und Anpassung individueller Trainingsvorgaben bei erkrankten Patienten auf Grund fehlender Rahmenvorgaben deutlich erschwert, weshalb folgend anhand der aktuellsten Studien die optimalen Belastungsformen, deren Umfang sowie die effektivsten Trainingsbereiche ermittelt werden sollen.

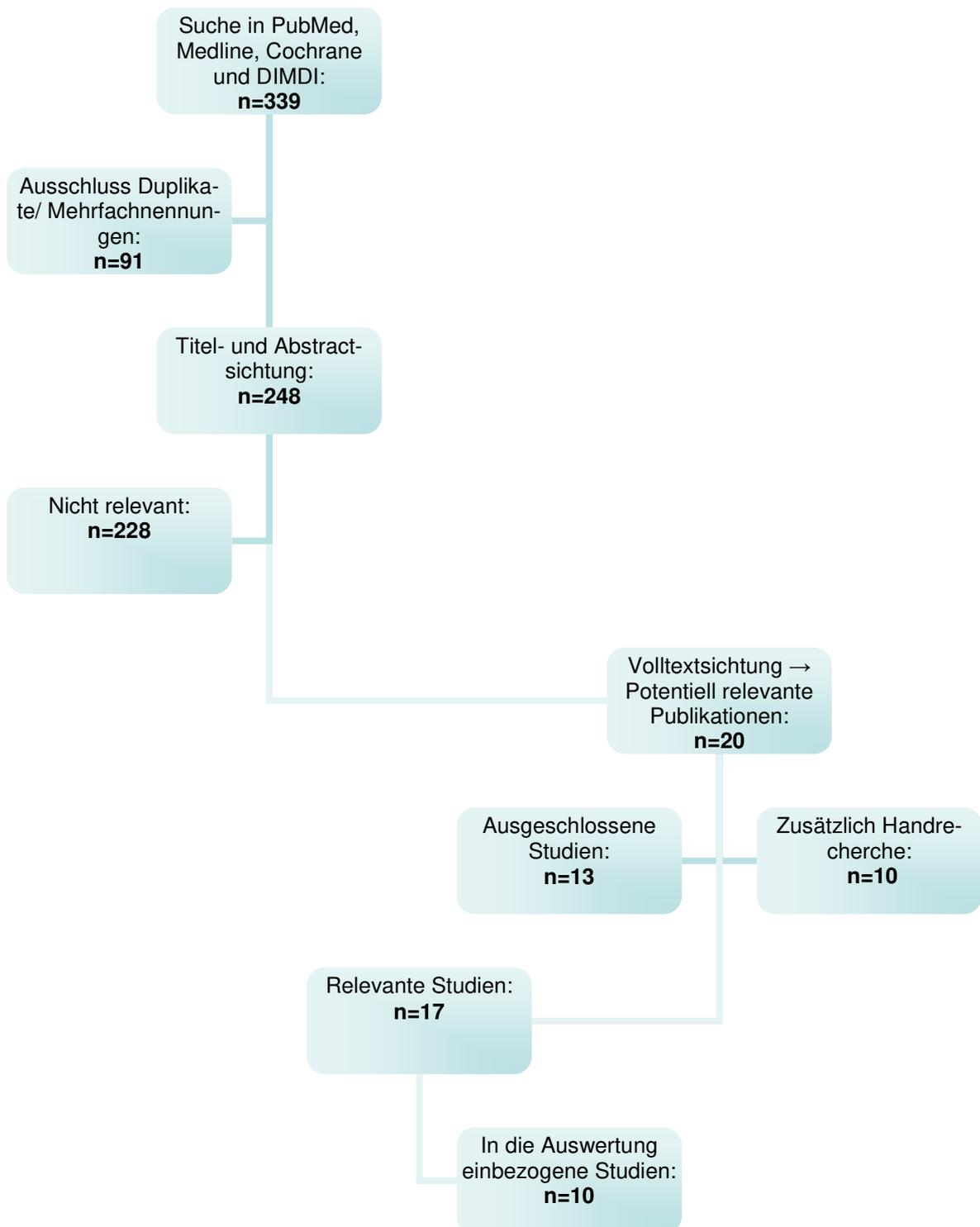
Neben den besten erzielten Ergebnissen in Relation zum Trainingsaufwand der Intervention ist damit einhergehend auch die Methodik im Rahmen des jeweiligen Studiendesigns maßgeblich von Bedeutung. Insbesondere inwieweit Zusammenhänge zwischen mangelnden oder optimalen Studiendesigns und dem Ausmaß der erreichten Resultate erkennbar sind; im Falle der arteriellen Hypertonie in erster Linie entsprechend der erwirkten Blutdrucksenkung. Zur Klärung dessen wäre eine ergänzende Beurteilung der eingeschlossenen Literatur hinsichtlich Ihrer Studienqualität notwendig. Diese erfolgt auf Grund des begrenzten Umfangs einer Diplomarbeit im Zuge der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht in ausführlicher, lückenloser Form durch ein differenziertes Bewertungssystem wie der Verwendung von Qualitäts-Scales oder speziellen Checklisten zur wissenschaftlichen Beurteilung des statistischen Inhalts (Jüni, Egger., 2007, S. 65 ff ). Stattdessen werden im Rahmen der Diskussion auf Grundlage des CONSORT-Statements identifizierte spezifische qualitative Problembereiche der RCTs herausgestellt und im Zusammenhang mit den entsprechenden Behandlungseffekten betrachtet. Das CONSORT- Statement, benannt entsprechend des Consolidated Standard of Reporting Trials, ermöglicht mit Hilfe einer Checkliste und einem Flussdiagramm eine systematische Analyse und dahingehend einheitliche Berichterstattung klinischer Studien. Gleichzeitig soll auf die eigentliche Durchführung und Planung einer randomisierten, kontrollierten Studie eingewirkt werden, sodass diese entsprechend den CONSORT-Empfehlungen verfasst werden und diesbezüglich gewisse Qualitätsstandards gesichert werden (Bassler, Moher, 2007, S. 71 ff.). Die case studies werden, obwohl dieses eigentlich nur der Bewertung von RCTs dient (Moher et al., 2004, S. T16), hinsichtlich der Studienqualität ebenfalls auf Grundlage des CONSORT-Statements analysiert, da lediglich die Intervention methodisch bewertet wurde und nicht das komplette Studiendesign.

## 5 Ergebnisse

Der Ergebnisteil wird in vier Abschnitte unterteilt. Aufeinander aufbauend werden zuallererst die Ergebnisse der Literaturrecherche, schließlich eine Übersicht der ausgewählten Forschungsarbeiten, dann die Ergebnisse der Literaturlauswertung mitsamt einer Bewertung der in den eingeschlossenen Studien beschriebenen Interventionskonzepte und -effekte sowie schließlich die des Vergleichs der einzelnen Originalarbeiten untereinander aufgeführt. Dementsprechend wird vorweg das Gesamtergebnis der Literaturrecherche aufgeführt (Punkt 5.1, Abbildung 1) bzw. die ein- und ausgeschlossenen Studien dargestellt (Punkt 5.2). Die exemplarisch für die Auswertung ausgewählten Arbeiten werden in der anschließenden Literaturlauswertung in Bezug auf das Studiendesign und die Resultate der durchgeführten Bewegungsprogramme in Punkt 5.3 zunächst ausführlich einzeln beschrieben sowie für einen besseren Überblick in Tabellenform dargestellt (Tab. 10, 11, 12) und diesbezüglich auf Grundlage der vom American College of Sports Medicine herausgegebenen Richtlinien vergleichend analysiert (Punkt 5.4). Darauf aufbauend erfolgt eine Ergebniszusammenfassung, insbesondere hinsichtlich des Designs und möglicher Schwachstellen und Problembereiche, mit Darstellung des gegebenenfalls bestehenden Bedarfs einer Konzeptionalisierung entsprechender Interventionen im Rahmen einer abschließenden Diskussion (Punkt 6.1).

## 5.1 Literaturrecherche

Das Ergebnis der Literaturrecherche entsprechend den Ein- und Ausschlusskriterien nach relevanten Forschungsarbeiten in den Online- Datenbanken, einschließlich des weiteren Literaturscreenings mittels Handrecherche, ist in folgender Abbildung dargestellt:



**Abbildung 1:** Flussdiagramm Literaturrecherche  
Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt wurden 339 Treffer in den oben genannten Datenbanken bzw. Portalen gefunden. Nach Ausschluss von Mehrfachnennungen verblieben 248 Einträge, deren Titel und gegebenenfalls Abstracts hinsichtlich ihrer thematischen Relevanz gescreent wurden. Dahingehend konnten 228 Studien ausgeschlossen werden, die inhaltlich auf Grund des Titels oder Abstracts als nicht relevant eingestuft wurden. In einem nächsten Auswahlsschritt wurden die verbliebenen 20 potentiell bedeutsamen Studien einem Volltextscreening unterzogen sowie weitere zehn Original-Arbeiten, die über eine Sichtung der Literaturverzeichnisse bereits vorhandener Forschungsarbeiten, insbesondere ermittelter Meta-Analysen und systematischer Übersichtsarbeiten, in das weitere Ausleseverfahren mit einbezogen. Bei genauerer Betrachtung entsprachen daraufhin 13 Arbeiten nicht den Einschlusskriterien und wurden von einer weiteren Bearbeitung ausgeschlossen. Insgesamt konnten demnach 17 relevante Volltexte gesichtet werden, die den Einschlusskriterien entsprachen. Von diesen 17 Studien werden auf Grund des begrenzten Umfangs einer Diplomarbeit sowie einer Informationssättigung die im folgenden Gliederungspunkt exemplarisch ausgewählten 10 Studien genauer betrachtet, deren Ergebnisse präsentiert und im weiteren Verlauf hinsichtlich der beschriebenen Methodik verglichen. Eine Selektion der Studien erfolgte unter dem Gesichtspunkt einer Abbildung der unterschiedlichen Belastungsformen bzw. der Kombination und eines Vergleichs untereinander. Auf Grund der geringen Studiendichte hinsichtlich der Kombination von Ausdauer- und Krafttraining (n=2,) bzw. eines Vergleichs der unterschiedlichen Trainingsformen (n=3) wurden alle den Einschlusskriterien entsprechenden Studien mit in die Bewertung einbezogen. Lediglich das Ausdauertraining betreffend wurde eine exemplarische Auswahl getroffen (n=12; n=5 ausgewählt). Forschungsarbeiten, die die Effekte eines alleinigen Krafttrainings bei Hypertonie untersuchen, konnten auf Grund der definierten Ausschlusskriterien nicht in die Auswertung mit einbezogen werden. Somit erhebt diese Arbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit der veröffentlichten Literatur im Sinne eines systematischen Reviews, sondern soll lediglich eine beispielhafte, jedoch möglichst authentische Bearbeitung des Themas gewährleisten. Eine Methodenkritik hinsichtlich möglicher Bias erfolgt in Punkt 6.2.

## 5.2 Übersicht der eingeschlossenen Studien

### Ausdauertraining

- **Andersen et al. (2010).** Football as a treatment for hypertension in untrained 30-55 year-old men: a prospective randomized study
- **Knoepfli-Lenzin et al. (2010).** Effects of a 12-week intervention period with football and running for habitually active men with mild hypertension
- **Westhoff et al. (2008).** The cardiovascular effects of upper-limb aerobic exercise in hypertensive patients
- **Tsai et al. (2004).** The beneficial effect of regular endurance exercise training on blood pressure and quality of life in patients with hypertension
- **Hinderliter et al. (2002).** Reduction of left ventricular hypertrophy after exercise and weight loss in overweight patients with mild hypertension

### **Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining**

- **Guimares et al. (2010).** Effects of continuous versus interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension
- **Stewart et al. (2005).** Effect of exercise on blood pressure in older persons

### **Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining**

- **Collier et al. (2009).** Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with pre-hypertension
- **Collier et al. (2008).** Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood pressure in pre-and stage-1 hypertensives
- **Madden et al. (2009).** Short-term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia

## **5.3 Studienbeschreibung und Resultate**

Im Folgenden werden zunächst die exemplarisch ausgewählten Bewegungstherapien bei vorliegender arterieller Hypertonie, respektive die angewandten Methodiken in Bezug auf die Trainingsinterventionen und jeweils erzielten Interventionsergebnisse, inhaltlich vorgestellt. Dabei werden die in die Auswertung einbezogenen Studien entsprechend der Untergliederung in unterschiedliche Belastungs- bzw. Trainingsformen aufgeführt, beginnend mit dem jüngsten Publikationsjahrgang bzw. in alphabetischer Reihenfolge:

### **5.3.1 Ausdauertraining**

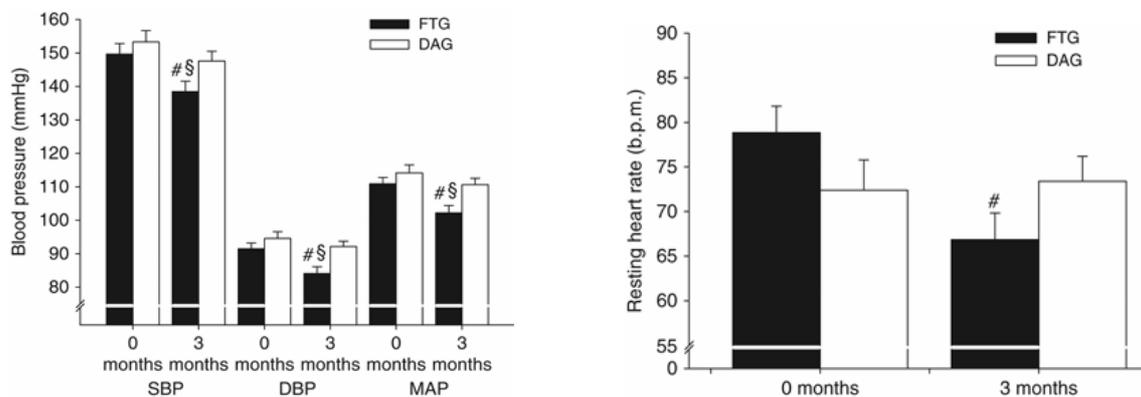
#### **5.3.1.1 Andersen et al. (2010). Football as a treatment for hypertension in untrained 30-55-year-old men: a prospective randomized study**

Die prospektive randomisierte Studie von Andersen et al. (2010) untersuchte den Effekt von Fußballtraining als Therapie bei untrainierten Männern mittleren Alters mit einer vorliegenden arteriellen Hypertonie.

Über einen Zeitraum von zwölf Wochen wurden 25 Männer im Alter von 31-54 Jahren ( $\bar{x}$  47) mit einer leichten oder mittelschweren Form der Hypertonie (Grad I, bzw. II), entweder einer Kleinfeld-Fußballtrainingsgruppe (n=13) oder einer Kontrollgruppe (n=9) per Zufall zugeteilt. Sowohl keine (n=7) als auch eine medikamentöse Behandlung mit bis zu zwei konventionellen Antihypertensiva (n=18),  $\beta$ -Blockern ausgenommen, berechtigten neben keiner Teilnahme an regelmäßigem körperlichen Training innerhalb der zurückliegenden zwei Jahre, zur Studienteilnahme. Vor und nach Abschluss der Intervention durchliefen die Probanden folgende Tests: Echokardiografie, Elektrokardiogramm (EKG), jeweils fünf Blutdruckmessungen pro Arm, Blutanalyse, Gewichts- und BMI-Bestimmung (BMI = Body mass index), Körperfettanalyse mittels DXA-Scans (DXA = Dual-energy

X-ray absorptiometry), standardisierte Fahrradergometrie mit Spirometrie<sup>14</sup> und eine Fahrradergometrie mit Rampenprotokoll<sup>15</sup>. Die Fußballgruppe (FTG = football training group) erhielt auf einem Outdoor-Naturrasenplatz zweimal pro Woche ein etwa einstündiges Training unter Aufsicht des Studienpersonals, inklusive Herzfrequenz-Monitoring (HF-Monitoring) mittels Pulsgurt. Jede Einheit bestand aus einer fünfminütigen Erwärmungsphase, zwei 25-minütigen Spieleinheiten in den Formen fünf gegen fünf, sechs gegen sechs oder sieben gegen sieben mit fünfminütiger Pause und anschließender fünfminütiger Erholungsphase. Die Kontrollen (DAG = doctoral advice group) erhielten traditionelle ärztliche Empfehlungen hinsichtlich kardiovaskulärer Risikofaktorenminimierung im Sinne einer Lebensstilmodifikation. Insgesamt schieden drei Teilnehmer aus der Auswertung aus: zwei aus Krankheitsgründen (FTG, DAG), einer auf Grund einer beim Fußballtraining erlittenen Knieverletzung (FTG), sodass 22 Probanden die Studie komplettierten.

Nach drei Monaten zeigten sich signifikante RR-Senkungen in der Trainingsgruppe ( $p < 0,05$ ). Der systolische Druck (SBP = systolic blood pressure) sank um  $12 \pm 3$  mmHg ( $138 \pm 2$  mmHg gegenüber [vs]  $150 \pm 3$  mmHg), der diastolische Druck (DBP- diastolic blood pressure) um  $7 \pm 1$  mmHg ( $84 \pm 2$  mmHg vs  $91 \pm 2$  mmHg); insgesamt reduzierte sich der mittlere arterielle Blutdruck (mean arterial BP - mean arterial blood pressure) nach drei Monaten Training signifikant ( $p < 0,05$ ) um  $9 \pm 2$  mmHg ( $111 \pm 1$  mmHg vs  $102 \pm 1$  mmHg). Zudem sank in der FTG die Herzfrequenz in Ruhe signifikant ( $p < 0,05$ ) um  $12 \pm 2$  Schläge/ min ( $67 \pm 3$  vs  $79 \pm 3$  Schläge/ min). In der DAG zeigten sich hingegen keine signifikanten Veränderungen des Blutdrucks und der Ruhe-Herzfrequenz (SBP:  $148 \pm 2$  mmHg vs  $153 \pm 3$  mmHg; DBP:  $92 \pm 2$  mmHg vs  $95 \pm 2$  mmHg; mean arterial BP:  $111 \pm 1$  mmHg vs  $114 \pm 2$  mmHg; Ruhe-HF:  $72 \pm 3$  vs  $73 \pm 3$  Schläge/ min).



Daten sind dargestellt durch Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler des arithmetischen Mittelwertes (SEM - Standard error of mean); #signifikanter Unterschied zur Ausgangsuntersuchung; §signifikanter Unterschied der Delta-Werte zur DAG.

**Abbildung 2:** SBP, DBP und mittlerer arterieller Blutdruck einer Fußballtrainings- und Kontrollgruppe vor und nach dreimonatigem Interventionszeitraum bei untrainierten 30-55-jährigen Männern mit leichter bis mittelschwerer arterieller Hypertonie

Quelle: Andersen et al. , 2010, S. 100

<sup>14</sup> Standardisiertes Testprotokoll: 6 Minuten (min) bei 100 Watt (w) + 4 min Erholung

<sup>15</sup> Rampenprotokoll: Start 50 w, Steigerung um 10 w alle 30 Sekunden (sec) bis zur Erschöpfung

Weiterhin zeigte sich in der Trainingsgruppe eine signifikant höhere maximale Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2max</sub>) von 8 ± 2%, bzw. 35,0 ± 1,6 ml/min/kgKG im Vergleich zu 32,5 ± 1,3 ml/min/kgKG vor der Intervention. Bei den Kontrollen ließ sich wiederum keine signifikante Veränderung feststellen (29,6 ± 2,0 ml/min/kgKG vs 30,7 ± ml/min/kgKG. Die durch die Fahrradergometrie ermittelte maximale Leistungsfähigkeit wies in beiden Gruppen keine signifikanten Abweichungen vor und nach der Intervention auf, ebenso zeigten die Blutanalysen keine Veränderungen der Plasma-Lipoproteine (Gesamtcholesterin, LDL- und HDL-Cholesterin [LDL-C, HDL-C], Triglyceride) sowie des hs-CRP und der Plasma- Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin weder in FTG noch DTG. Die Körperfettmasse hingegen nahm in der FTG signifikant (p<0,05) um 1,7 ± 0,6 kg ab (30,8 ± 1,7 kg vs 29,1 ± 1,7 kg), zusätzlich sank der prozentuale Körperfettgehalt signifikant (p<0,05) um 5 ± 2 % von 30,7 ± 1,2 % auf 29,3 ± 1,2. Die Vergleichsmessungen der DAG dokumentieren keine signifikanten Abweichungen der Vor- und Nachher-Messungen des Körperfettgehaltes und der Körperfettmasse.

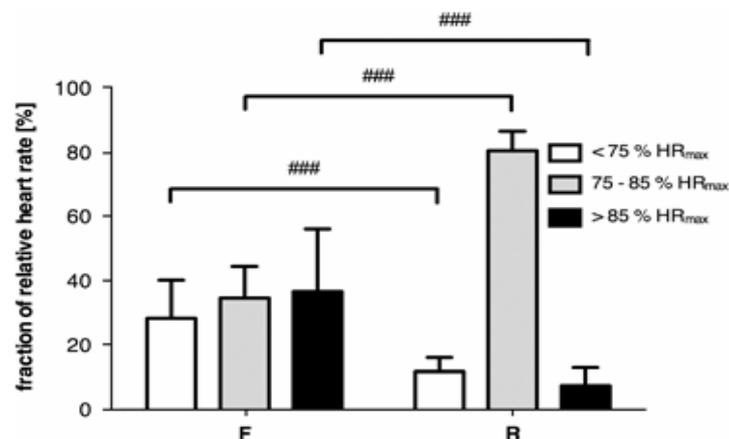
Zusammenfassend konnten durch das durchgeführte Fußballtraining als Form eines Ausdauertrainings neben einer effektiven RR-Senkung von 12 und 7 mmHg weitere kardiovaskuläre Risikofaktoren wie das Körpergewicht, der Körperfettgehalt und die –fettmasse reduziert werden sowie die Ruhe-HF und die VO<sub>2max</sub> als Marker der kardio-pulmonalen Fitness verbessert werden, wobei jedoch keine Auswirkungen des Trainings auf die Plasma-Katecholamine und -Lipoproteine nachgewiesen werden konnte. Obwohl bedingt durch die folgend in Punkt 7 aufgeführten methodischen Mängel keine klare Beziehung zwischen Intensität und Dauer der körperlichen Aktivierung und der erzielten Blutdrucksenkung demonstriert werden konnte, bietet Fußball als Ausdaueraktivitätsart eine effektive Möglichkeit zur Senkung des Blutdrucks bei untrainierten Männern mittleren Alters mit einer leichten und mittelschweren Form der Hypertonie.

### **5.3.1.2 Knoepfli-Lenzin et al. (2010). Effects of a 12-week intervention period with football and running for habitually active men with mild hypertension**

In der randomisierten kontrollierten Studie von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) wurde der Effekt von Fußballtraining auf das Gesundheitsprofil gewohnheitsmäßig aktiver, hypertoniemännlicher Männer mittleren Alters untersucht und mit den Effekten eines Lauftrainings sowie einer Kontrollgruppe ohne zusätzliche körperliche Aktivität verglichen.

Insgesamt komplettierten 47 nicht rauchende Männer im Alter von 20-45 Jahren mit einer medikamentös unbehandelten hoch-normalen oder leichten Form der Hypertonie (Grad I) die Studie, die vorab folgenden Gruppen nach dem Zufallsprinzip zugeteilt worden sind: Fußball (F = football): n=15; Laufen (R = running): n=15; Kontrollen (C = controls): n=17. Insgesamt zählte die Studie zehn Drop-outs: fünf auf Grund mangelnder Zeit (F: n=1, R: n= 1, C: n= 3), weitere fünf Probanden aus Verletzungsgründen (F: n=2, R: n=3), wobei die in der Fußballgruppe aufgeführten Verletzungsausscheidungen auch in direktem Zusammenhang mit der durchgeführten Intervention standen. Die Forschungsarbeit wurde über einen Zeitraum von zwölf Wochen durchgeführt. Das Fuß-

balltraining fand auf einem Kleinfeld statt; durchschnittlich wurde in F und R 2,4 mal pro Woche ca. eine Stunde trainiert, während die Kontrollgruppe ihren vom Sitzen geprägten Lebensstil beibehielt. Die Trainingseinheiten der Fußballgruppe bestanden jeweils aus einer 50-minütigen Spielphase in den Formen drei gegen drei, vier gegen vier oder fünf gegen fünf inklusive zehnmütiger Erwärmung durch nicht ermüdende Geschicklichkeitsübungen. Eine Trainingsanleitung bzw. -steuerung fand durch das Forschungspersonal bzw. mittels HF-Monitoring durch Pulsgurte statt, mit deren Hilfe sichergestellt wurde, dass die Herzfrequenz der Teilnehmer während des Trainings mindestens über 65 % der  $HF_{max}$  lagen. Gruppe R führte ebenfalls eine Erwärmung von 10 min durch und steigerte dann die Laufgeschwindigkeit individuell bis auf 80 % der  $HF_{max}$  ( $\pm 4$  Schläge/min) für insgesamt 50 min. Die Auswertungen zeigten schließlich eine durchschnittliche Trainingsintensität von  $79,9 \pm 4,5$  % der  $HF_{max}$  in der Fußballgruppe und  $79,4 \pm 1,3$  % der  $HF_{max}$  in der Laufgruppe, sodass diesbezüglich kein wesentlicher Intensitätsunterschied zwischen den beiden Trainingsgruppen bestand. Es zeigte sich aber ein Unterschied in der Verteilung der relativen Herzfrequenzen innerhalb der einzelnen Intensitätsbereiche (Kategorien: <75 %, 75-85 %, >85 %) zwischen R und F, wie in nachstehender Abbildung dargestellt:



Darstellung der Daten durch Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung (SD= standard deviation)  
 #signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen im Zeitverlauf; ###  $P < 0.001$ .

**Abbildung 3:** Prozentanteil der relativen Herzfrequenzen während des Trainings einer Fußball- und Lauftrainingsgruppe klassifiziert in drei verschiedene Intensitäten

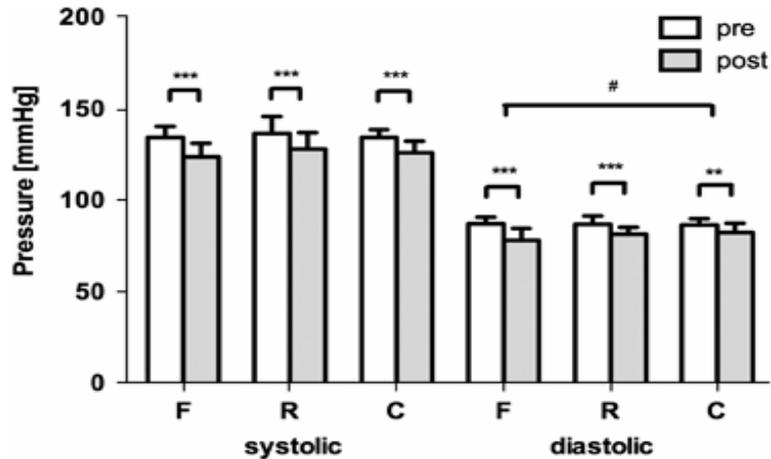
Quelle: Knoepfli-Lenzin et al., 2010 et al., S. 74

Vor und nach der Intervention durchliefen die Teilnehmer aller Gruppen die anschließenden Tests: Körperfettanalyse mittels DXA-Scan (DXA = Dual-energy X-ray absorptiometry), Ruheblutdruckmessung im Sitzen, Blutanalysen (Lipide und Glucose-Konzentration) sowie eine Laufbandergometrie<sup>16</sup> einschließlich Ruhe-HF- und Herzfrequenzvariabilitäts-Messung (HRV = heart rate variabi-

<sup>16</sup> Testprotokoll Laufbandergometrie: Start 6 km/h + 1 % Steigung: Steigerung um 0,2 km/h alle 15 sec bis zur Erschöpfung

lity). Des Weiteren eine Fahrradergometrie<sup>17</sup> inklusive maximaler Herzschlagvolumen-Messung sowie einen ausdauerorientierten Yo-Yo Lauftest<sup>18</sup>.

Die Ergebnisse dieser Ausgangs- und Abschlussuntersuchungen ergaben nach zwölfwöchiger Intervention in allen Gruppen folgende sowohl systolische als auch diastolische RR-Senkungen:



Darstellung der Daten durch Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung (SD= standard deviation)  
 #signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen im Zeitverlauf ; # $P < 0.05$ , \*signifikanter Unterschied zur Ausgangsuntersuchung; \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ .

**Abbildung 4:** SBP und DBP vor und nach der Intervention in einer Fußball-, Lauftrainings- und Kontrollgruppe  
 Quelle: Knoepfli-Lenzin et al., 2010, S. 75

Demnach sanken die RR-Ausgangswerte in F um 7,5 % systolisch bzw. um 10,3 % diastolisch, in R um 5,9 % bzw. 6,9 % und in C um 6,0 % bzw. 4,7 % nach der Intervention, während allein durch das Fußballtraining der DBP ( $9 \pm 5$  mmHg) verglichen mit den Kontrollen ( $4 \pm 6$  mmHg) signifikant ( $p=0,05$ ) sank. Die Reduktion des mittleren arteriellen Blutdrucks hingegen war nach der Intervention in allen drei Gruppen ähnlich (F:  $10 \pm 7$  mmHg, R:  $6 \pm 8$  mmHg, C:  $6 \pm 7$  mmHg). Fußball- und Lauftraining zeigten sich zudem gleichwertig hinsichtlich der Effekte bezogen auf eine Gewichtsabnahme ( $1,6 \pm 1,8$  kg und  $1,5 \pm 2,1$  kg,  $p < 0,01$ ), Körperfettminimierung ( $2 \pm 1,5$  kg und  $1,6 \pm 1,5$  kg,  $p < 0,001$ ) und einen HRV-Anstieg ( $p < 0,05$ ), während bei den Kontrollen keine Veränderungen zu verzeichnen waren. Weiterhin erhöhte sich das maximale Herzschlagvolumen (HSV) sowohl in F als auch in R um 13,1 bzw. 10,1 %, während das HSV unter den Kontrollen um 4,9 % sank ( $p < 0,01$ ). Das HSV in Ruhe zeigte sich in allen Gruppen unverändert. Die Ruhe-HF nahm im Liegen in allen Gruppen ab (F: 10,3 %,  $p < 0,01$ ; R: 12,9 %,  $p < 0,001$ ; C: 8,1 %,  $p < 0,05$ ), in stehender Position zeigt sich nur eine Reduktion in den beiden Trainingsgruppen (F: 5,9 %,  $p < 0,05$ ; R: 10,3 %,  $p < 0,001$ ; C: 1,1 %). Innerhalb der analysierten Blutwerte konnte eine signifikante Abnahme ( $p < 0,05$ ) des Gesamtcholesterins von  $5,8 \pm 1,2$  mmol/l auf  $5,5 \pm 0,9$  mmol/l nachgewiesen werden,

<sup>17</sup> Testprotokoll Fahrradergometrie: Start 70 w: Steigerung um 30 w alle 2 min bis zur Erschöpfung  
<sup>18</sup> Testprotokoll Yo-Yo Lauftest: jeweils 2x 20 m mit 5 sec Pause in ansteigender Geschwindigkeit bis zur Erschöpfung

ohne dass sich diese Senkungen auch in R und C zeigten. Die Leistungsfähigkeit ausgedrückt durch die  $VO_{2max}$  (ml/min) verbesserte sich nur in den beiden Trainingsgruppen (F: 9 %,  $p < 0,001$ ; R: 12 %,  $p < 0,001$ ; C: 0 %), im Vergleich des Anstiegs zu der Kontrollgruppe zeigte sich dabei lediglich in F eine beinahe statistische Signifikanz ( $p = 0,051$ ). Die relative  $VO_{2max}$  (ml/min/kgKG) stieg ebenfalls nur in den beiden Trainingsgruppen (F: von  $46,1 \pm 4,8$  auf  $50,1 \pm 4,1$  ml/min/kgKG; R: von  $45,2 \pm 5,2$  auf  $50,7 \pm 5,2$  ml/min/kgKG, jeweils  $p < 0,001$ ). Weitere Leistungsverbesserungen der Probanden der Trainingsgruppen im Vergleich zu den Kontrollen spiegelten sich in der maximalen während der Laufbandergometrie ermittelten Geschwindigkeit wider (F: von  $13,5 \pm 1,3$  auf  $14,4 \pm 1,3$  km/h; R: von  $13,8 \pm 1,2$  auf  $14,9 \pm 1,2$  km/h, jeweils  $p < 0,001$ ; C: von  $13,1 \pm 1,3$  auf  $13,1 \pm 1,5$  km/h) sowie durch eine längere im Yo-Yo Lauftest erzielte Laufdistanz (F: von  $517 \pm 151$  auf  $661 \pm 195$  m, R: von  $506 \pm 131$  auf  $674 \pm 209$  m, jeweils  $p < 0,001$ ; C: von  $435 \pm 119$  auf  $485 \pm 159$  m), wobei die größte Geschwindigkeitsverbesserung in der Laufbandergometrie dem Fußballtraining, hingegen die des Yo-Yo-Lauftests dem Lauftraining, zugeordnet werden kann.

Im Ganzen betrachtet zeigten die Ergebnisse der Studie, dass sich ein aus regelmäßig wiederkehrenden hohen Intensitäten bestehendes Fußballtraining positiv auf den Blutdruck, die Körperzusammensetzung, das Herzschlagvolumen und die HRV im Liegen ausgewirkt hat und die gleichen metabolischen und kardiovaskulären Gesundheitseffekte eines gleichbleibenden submaximalen Lauftrainings bei gewohnheitsaktiven Männern mit leichter Hypertonie erzielte.

#### **5.3.1.3 Westhoff et al. (2008). The cardiovascular effects of upper-limb aerobic exercise in hypertensive patients**

Westhoff et al. (2008) untersuchten in der randomisierten kontrollierten Studie die kardiovaskulären Effekte eines Ausdauertrainings der oberen Extremitäten in Form eines Handkurbeltrainings bei Hypertonikern höheren Alters.

24 inaktive Probanden beider Geschlechter (w/m:  $n = 13/11$ ) im Alter von ~67 Jahren mit einem systolischen Blutdruck von mindestens 140 mmHg und/ oder gegenwärtiger antihypertensiver Behandlung wurden nach dem Zufallsprinzip entweder einer Trainings- (T:  $n = 12$ ) oder Kontrollgruppe (C:  $n = 12$ ) zugewiesen. Das Programm von T bestand aus einem zwölfwöchigen Handkurbel-Ergometertraining in Intervallform; dreimal pro Woche. Gestartet wurde in der ersten Woche mit 15 einminütigen Belastungen, jeweils mit einminütiger Pause. Während der 2. Woche wurde die Belastungsdauer auf 2 min bei zehn Wiederholungen gesteigert, folglich in der 3. und 4. Woche auf 3 min bei acht Wiederholungen bis hin zu einer 30-minütigen Belastung ohne Pause in der 11. und 12. Woche. Die Trainingsintensität bzw. der zu überwindende Widerstand (w) wurde in Abhängigkeit vom Ziellaktat von  $2,0 \pm 0,5$  mmol/l bei 80-90 Umdrehungen/min gewählt. Eine Trainingsüberwachung erfolgte durch eine kontinuierliche HF- und RR-Messung während der einzelnen Trainingseinheiten unter ständiger Aufsicht des Studienpersonals; eine Trainingssteuerung wurde mittels Laktatmessungen bei jeder 3. Trainingseinheit und entsprechenden Anpassungen bei Abweichungen  $< 1,5$  mmol/l bzw.  $> 2,5$  mmol/l gewährleistet. Die Kontrollgruppe nahm nicht am Training

teil. Im Vorfeld und nach Abschluss der Intervention wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt: Ruhe- und Belastungs-EKG, mehrmalige RR-Messungen im Liegen, Bewertung der Endothelfunktion durch Messung der strömungsabhängigen Gefäßausdehnung der Oberarmarterie "Arteria brachialis" (FMD = flow-mediated dilation), Beurteilung der Gefäßelastizität der kleinen und großen Arterien und des Augmentationsindex mittels computergestützter Pulswellengeschwindigkeitsmessung der Speichenarterie "Arteria radialis" sowie eine Fahrrad<sup>19</sup>- und Handkurbelergometrie<sup>20</sup> nach festgelegtem Rampenprotokoll, jeweils mit HF- und RR-Messung und Bestimmung der Laktatschwelle. Alle Probanden in beiden Gruppen vollendeten die Studie.

Während in der Fahrradergometrie keine signifikante Verbesserung der allgemeinen physischen Leistungsfähigkeit sowohl in T als auch C nachgewiesen werden konnte, ergab die Handkurbelergometrie nach Interventionsende eine signifikant ( $p=0,005$ ) höhere maximal erreichte Wattzahl bei der Trainingsgruppe. Weiterhin zeigten sich nur in der Trainingsgruppe signifikante RR-Senkungen von systolisch 7 mmHg und diastolisch 6 mmHg. Beide Gruppen betreffend konnten keine signifikanten Veränderungen bezüglich der Ruhe-HF, der FMD, des Augmentation-Index und der Elastizität der großen Arterien in beiden Gruppen herausgestellt werden. Hingegen konnte eine hoch signifikante ( $p=0,004$ ) Verbesserung der Elastizität der kleinen Arterien in T bestätigt werden, während eine ebenfalls verzeichnete Gefäßelastizitätszunahme in C nicht als signifikant bewertet werden konnte. Eine zusammenfassende Ergebnisdarstellung ist in nachstehender Abbildung aufgeführt:

	Exercise group (n=12)				Control group (n=12)			
	Baseline	12 weeks	$\Delta$	P	Baseline	12 weeks	$\Delta$	P
Systolic BP (mmHg)	134.0 ± 20.0	127.0 ± 16.4	-7.0 ± 9.1	0.03	135.7 ± 16.0	136.2 ± 21.5	0.5 ± 11.5	0.61
Diastolic BP (mmHg)	73.0 ± 21.6	67.1 ± 8.2	-5.9 ± 7.4	0.02	67.5 ± 11.5	71.1 ± 15.6	3.7 ± 8.1	0.20
Heart rate (beats/min)	66.7 ± 9.1	65.5 ± 8.8	-1.2 ± 8.6	0.64	69.6 ± 13.6	71.5 ± 13.3	1.9 ± 9.5	0.49
Augmentation index (%)	86.6 ± 9.2	84.5 ± 14.5	-2.1 ± 7.3	0.35	85.9 ± 12.9	84.3 ± 15.0	-1.6 ± 7.8	0.43
Augmentation index <sub>75</sub> (%)	83.1 ± 7.2	80.4 ± 12.5	-2.7 ± 7.6	0.26	83.7 ± 12.2	82.7 ± 13.0	-0.9 ± 7.2	0.67
Large artery compliance (ml/mmHg × 10)	15.5 ± 6.6	13.8 ± 3.5	-1.6 ± 5.1	0.51	15.5 ± 6.1	15.2 ± 8.8	-0.3 ± 7.3	0.12
Small artery compliance (ml/mmHg × 100)	3.5 ± 1.6	4.8 ± 2.0	1.3 ± 1.2	0.004	3.0 ± 1.5	3.6 ± 1.8	0.6 ± 1.0	0.11
Endothelium-dependent vasodilation (%)	3.5 ± 1.7	3.8 ± 1.4	0.2 ± 2.3	0.96	2.9 ± 1.8	2.9 ± 1.4	0.0 ± 1.15	0.72
Maximal workload in upper-limb ergometry (workload level)	7.8 ± 2.8	9.4 ± 3.2	1.7 ± 1.3	0.005	7.6 ± 1.8	7.0 ± 1.8	-0.6 ± 1.0	0.04

In the ergometry, a cycle frequency of 80 cycles/min at workload '1' corresponds to 12.5 W, a workload of '2' to 25 W, and so on.  $\Delta$  denotes the change in parameter in the observation period, data presented as mean ± SD,  $P < 0.05$  was regarded significant.

**Tabelle 4:** SBP, DBP, vaskuläre Funktionsgrößen und maximale Leistungsfähigkeit einer Handkurbelergometrie in einer Trainings- und Kontrollgruppe

Quelle: Westhoff et al., 2008, S. 1339

Dementsprechend konnte der Nachweis erbracht werden, dass regelmäßiges nicht-isometrisches Ausdauertraining allein der oberen Extremitäten eine bedeutende systolische und diastolische Blutdrucksenkung bewirkte; begleitet von einer Verbesserung der oszillierenden Gefäßregulation.

<sup>19</sup> Testprotokoll Fahrradergometrie: Start: 25 w; Steigerung um 25 w alle 3 min bis zur Erschöpfung

<sup>20</sup> Testprotokoll Handkurbelergometrie: Start 12,5 w; Steigerung um 12,5 w alle 3 min bis zur Erschöpfung

Folglich können Handkurbel-Belastungen als begründete Trainingsalternative zur Unterstützung oder alleinigen Therapie eines Hypertonus herangezogen werden und dies auch trotz eventuell bestehender limitierender muskuloskelettaler Beschwerden, wie einer Hüft- oder Kniegelenksarthrose, sowie bei peripheren Verschlusskrankheiten bzw. der „Schaufensterkrankheit“.

#### 5.3.1.4 Tsai et al. (2004). The beneficial effect of regular endurance exercise training on blood pressure and quality of life in patients with hypertension

Die randomisierte kontrollierte Studie von Tsai et al. (2004) befasste sich mit den Auswirkungen einer regelmäßigen moderaten Walking- oder Jogging-Belastung im Sinne eines Ausdauertrainings auf einen leicht oder mittelschwer erhöhten Blutdruck und die Lebensqualität.

120 bewegungsarme, nicht-adipöse<sup>21</sup> Probanden im Alter von ~47 Jahren (20-60 Jahre) mit arterieller Hypertonie des Grades I oder II ohne pharmakologische antihypertensive Behandlung wurden nach dem Zufallsprinzip entweder einer Trainings- oder Kontrollgruppe (E - exercise, C - controls) zugeteilt. Zu den Untersuchungsmethoden vor, während und nach Interventionsbeginn zählten eine dreimalige klinische RR-Messung und anschließende ambulante Kontrollmessung als Einschlusskriterium bei einer Erhöhung des mittleren arteriellen Blutdrucks von systolisch 140-180 mmHg bzw. diastolisch 90-110 mmHg sowie eine physische ärztliche Beurteilung zum Ausschluss einer sekundären Hochdruckursache und möglichen Kontraindikationen einer Bewegungstherapie. Darüber hinaus wurde ein Belastungstest auf dem Laufband unter EKG- und HF-Monitoring mit zusätzlicher RR-Kontrolle durchgeführt, beruhend auf dem Balke/ Ware-Protokoll<sup>22</sup>. Zudem wurde die gesundheitsbezogene Lebensqualität mit Hilfe einer chinesischen Version des Fragebogens SF-36 (SF-36 = Short-Form 36-item Health Survey) erfasst, der die folgenden acht Unterskalen beinhaltet: *körperliche Funktionsfähigkeit, Behinderungen oder Einschränkungen der Berufs- und Alltagsaktivitäten auf Grund physischer Probleme, körperliche Beschwerden, Wahrnehmung der eigenen allgemeinen Gesundheit, Vitalität, Sozialverhalten, mentale Gesundheit*. Dessen Beantwortung konnte je Frage zwischen null, entsprechend einer starken Einschränkung bzw. einer sehr schlechten Gesundheit und 100, gemäß keinerlei Einschränkungen und optimaler Gesundheit, schwanken. Innerhalb des Beobachtungszeitraums schieden insgesamt 18 Probanden (E: n=10; C: n=8) beruhend auf nicht-medizinischen Gründen aus der Studie aus, sodass letztlich 102 Teilnehmer in die Auswertung mit einbezogen werden konnten. Nach einer Eingewöhnungsphase von zwei Trainingswochen zur Stabilisierung des Blutdrucks startete das zehn Wochen umfassende Ausdauertraining (n=52) bestehend aus drei Einheiten pro Woche von jeweils 50 min, beginnend mit einer zehnminütigen Erwärmung, anschließenden 30 min Walking oder Jogging sowie einer weiteren zehnminütigen Erholungsphase. Trainiert wurde bei 60-70 % der maximalen Herzfrequenzreserve

---

<sup>21</sup> Gewicht von <120 % des Idealgewichts nach den Vorgaben der *Metropolitan Life- Insurance*.

<sup>22</sup> Balke/ Ware- Protokoll: Testbeginn bei einer Geschwindigkeit von 4,8 km/h und einer Steigung von 0 %, anschließender Anstieg der Steigung um 2,5 % alle 2 min

bzw. durchschnittlich bei einem Energieumsatz von 6-7 METs<sup>23</sup> (MET = metabolisches Äquivalent) unter Aufsicht des Studienpersonals mit HF-Überwachung sowie regelmäßiger Blutdruckkontrolle im Zehn-Minuten-Takt. Die Kontrollgruppe (n=50) führte kein Training durch. Nach Abschluss der Intervention konnten in der Trainingsgruppe signifikante Senkungen des mittleren arteriellen Blutdrucks um 9 bzw. 6,6 % von - 13,1/- 6,3 mmHg, im Vergleich zu - 1,5/ + 6,0 mmHg in der Kontrollgruppe verzeichnet werden (p=0,001). Eine zusammenfassende Darstellung des RR-Vergleichs zwischen Kontroll- (C) und Trainingsgruppe (E) an den einzelnen Erhebungszeiträumen findet sich in folgender Abbildung:

		Ausgangswerte	Nach 6 Wochen	Nach 10 Wochen
Mittlerer klinischer SBP	C	141.2 ± 10.9	136.2 ± 13.6	137.6 ± 18.4
	E	144.4 ± 11.2	137.9 ± 11.0 <sup>a</sup>	131.3 ± 12.4 <sup>c</sup>
Mittlerer klinischer DBP	C	94.9 ± 6.6	96.2 ± 4.6	98.9 ± 4.7
	E	95.2 ± 7.0	92.0 ± 6.9 <sup>a</sup>	88.9 ± 8.2 <sup>c</sup>
Mittlere Ruhe-HF	C	76.6 ± 12.4	78.2 ± 10.8	78.8 ± 10.6
	E	76.8 ± 10.2	78.6 ± 11.8	74.6 ± 8.8
Körperliche Leistungsfähigkeit- METs	C	8.4 ± 1.4	9.2 ± 1.8	9.2 ± 2.2
	E	8.2 ± 1.6	9.8 ± 2.0 <sup>a</sup>	10.8 ± 2.2 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>p < 0.05, <sup>b</sup>p < 0.01, <sup>c</sup>p < 0.001 für den Unterschied des Ausgangswertes im Vergleich mit dem der Kontrollgruppe

**Tabelle 5:** Vergleich von Blutdruckwerten zwischen Kontroll- und Trainingsgruppe vor der Intervention, nach sechs und zehn Wochen Training

Quelle: Modifiziert nach Tsai et al., 2004, S. 260

Zudem zeigte sich ein Anstieg der Belastbarkeit von 8,2 ± 1,6 auf 10,8 ± 2,2 METS (p < 0,001) in der Trainingsgruppe und eine Verbesserung der QoL-Punktezahl im SF-36 (p < 0,05) in sieben der acht Unterkategorien, ausgenommen der Unterkategorie *mentale Gesundheit*, wobei die Punkteverbesserungen bezüglich *körperlicher Beschwerden* und der *Wahrnehmung der eigenen allgemeinen Gesundheit* mit der systolischen RR-Senkung der Trainingsgruppe korrelierten (r=0,55 und r=0,53, p < 0,05). In der Kontrollgruppe zeigten sich keine signifikanten Änderungen in einer der Unterkategorien.

Demnach konnten durch das regelmäßige laufspezifische Ausdauertraining deutliche Verbesserungen der körperlichen Leistungsfähigkeit und des Blutdrucks sowie der Lebensqualität bei Hyper-

<sup>23</sup> 1 MET= 3,5ml O<sub>2</sub>kgKG/min; dient der Beschreibung des Energieverbrauchs, bzw. des Stoffwechselumsatzes eines Menschen bezogen auf den Ruheumsatz im Verhältnis zu seinem Körpergewicht (Ainsworth et al., 1993, S. 71 ff.; 2000, S. 498 ff.)

tonikern erzielt werden, wodurch ebenfalls von einer positiven Auswirkung hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens kardiovaskulärer Komplikationen auszugehen ist.

#### **5.3.1.5 Hinderliter et al. (2002). Reduction of left ventricular hypertrophy after exercise and weight loss in overweight patients with mild hypertension**

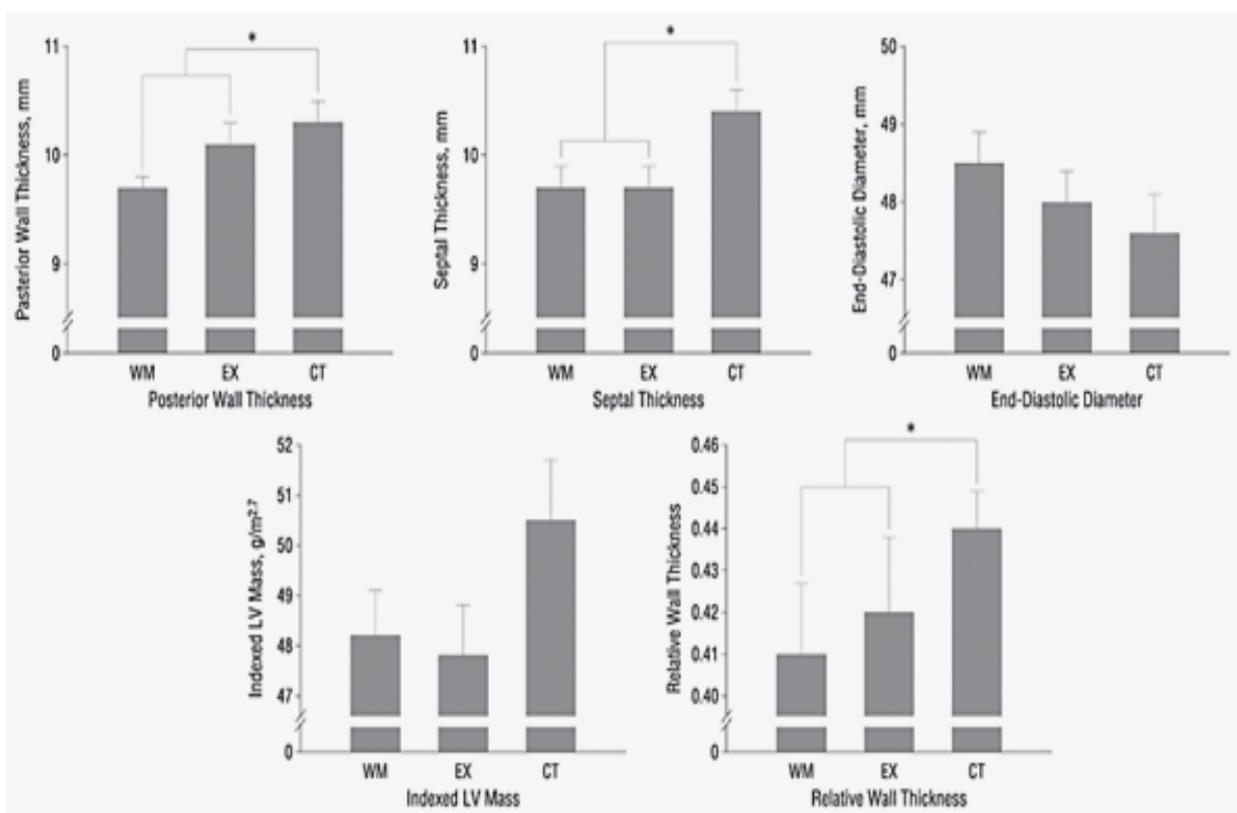
Die randomisierte kontrollierte Studie von Hinderliter et al. (2002) erfasste die Effekte eines lauf- oder fahrradfahrspezifischen Ausdauertrainings auf den Blutdruck und die Größe des Herzmuskels bei bewegungsarmen, übergewichtigen oder adipösen Hypertonikern und verglich diese mit den Effekten desselben Ausdauertrainings mit zusätzlichem verhaltensorientiertem Abnehmprogramm sowie einer Kontrollgruppe ohne zusätzliche körperliche Aktivität oder jeglichen Verhaltensänderungen.

Die Teilnehmerzahl lag bei  $n=82$  (w/m: 45/37); das Durchschnittsalter bei  $47 \pm 9$  Jahren, wobei ein Mindestalter von 29 gegeben sein musste. Als Einschlusskriterium für die Studienteilnahme wurde weiterhin ein Blutdruck von systolisch 130-180 mmHg und diastolisch 85-110 mmHg festgelegt, im Sinne einer hoch-normalen, leichten oder mittelschweren Form der Hypertonie, jedoch unter der Voraussetzung keiner bestehenden pharmakologischen antihypertensiven Behandlung. Des Weiteren zählten ein BMI von 25-37, Bewegungsarmut und ein allgemein guter Gesundheitszustand zu den Teilnahmevoraussetzungen. Das Ausdauertraining bestand entweder aus einer Fahrrad-Belastung auf dem Ergometer oder aus Laufen bzw. Walking einer festgelegten Strecke, jeweils unter Studienaufsicht. Die drei randomisierten Gruppen setzten sich wie folgt zusammen: Trainingsgruppe (EO = exercise only,  $n=27$ ), Trainingsgruppe mit zusätzlichem verhaltensorientiertem Abnehmprogramm (WM = weight management,  $n=36$ ) und die Kontrollen bzw. die Warteliste (C = controls,  $n=19$ ). Sowohl das Training in EO als auch in WM bestand aus drei bis vier Einheiten pro Woche über einen Gesamtzeitraum von 24 Wochen, wobei sich jede einzelne Trainingseinheit aus einer zehnminütigen Erwärmung, einer 35-minütigen Rad-, Lauf- oder Walking-Belastung und einer abschließenden zehnminütigen Erholungsphase zusammensetzte. Die Gruppe WM erhielt zudem einmal wöchentlich Gruppensitzungen, basierend auf dem LEARN-Programm (5 Elemente: lifestyle, exercise, attitudes, relationship, nutrition) im Sinne eines verhaltensorientierten Abnehmprogramms. Sowohl bei EO und WM wurde bei 75-85 % der Herzfrequenzreserve und dementsprechend unter HF-Monitoring trainiert. Zum Untersuchungsprozedere zählten neben einer viermaligen Blutdruckbestimmung an vier unterschiedlichen Tagen eine Größen- und Gewichtsmessung, eine Erfassung und Auswertung der Krankheitsanamnese und der bisherigen Ernährungsweise. Ferner wurde die körperliche Belastbarkeit im Rahmen einer Laufband- Spiroergometrie nach dem Duke-Wake Forest Protokoll<sup>24</sup> ermittelt, unter Ergänzung einer Echokardiographie u. a. zur Messung der linksventrikulären Struktur und Muskelmasse.

---

<sup>24</sup> Duke-Wake Forest Protocol: Start: 3,2 km/h bei 0 % Steigung, anschließend Anstieg der Belastung um 1 MET/min

Ausgehend von einem systolischen Blutdruck von  $140 \pm 10$  mmHg bzw. diastolischen Blutdruck von  $93 \pm 5$  mmHg konnte in der reinen Trainingsgruppe (EO) eine RR-Senkung von  $3/4$  mmHg und in der Trainingsgruppe mit zusätzlichem Gewichtsmanagementprogramm eine RR-Senkung von  $7/6$  mmHg verzeichnet werden, während bei den Kontrollen ein Anstieg von  $0,1/0,8$  mmHg zu erkennen war ( $p < 0,05$ ). Weiterhin konnten durchschnittliche Gewichtsveränderungen von  $-2,3$  kg in EO,  $-7,4$  kg in WM und  $+0,2$  kg in C (jeweils  $p < 0,05$ ) nachgewiesen werden, wie auch eine Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit gemessen am Sauerstoffverbrauch (Peak  $O_2$  Consumption) in den beiden Trainingsgruppen im Vergleich zu den Kontrollen ( $p < 0,001$ ). Die Effekte der Intervention auf die durch die Echokardiografie erhobenen Variablen sind in der folgenden Abbildung dargestellt:



Darstellung der Daten durch Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung, LV bezeichnet linksventrikulär  
 \* signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen WM und EX im Vergleich zur Kontrollgruppe;  $p < 0,05$

**Abbildung 5:** Echokardiografische Variablen nach der Intervention angeglichen an Ausgangswerte vor der Intervention

Quelle: Hinderliter et al., 2002, S. 1336

Dementsprechend konnte bei den Probanden der beiden Trainingsgruppen eine signifikante relative Dickenabnahme der Muskulatur der linken Herzwand ( $p = 0,003$ ), der Herzhinterwand ( $p = 0,05$ ) und der Dicke des Septums ( $p = 0,004$ ) sowie eine Abnahme der linksventrikulären Muskelmasse ( $p = 0,08$ ) im Vergleich zu den Kontrollen nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Studie demonstrierten bei bewegungsarmen, übergewichtigen oder adipösen Hypertonikern neben einer blutdrucksenkenden Wirkung durch lebensstilverändernde Maßnahmen

in Form eines regelmäßigen Ausdauertrainings mit und ohne Abnehmprogramm überdies günstige Effekte hinsichtlich der linksventrikulären Strukturen, wie beispielsweise einer Normalisierung der verdickten Herzwand bei häufig durch arterieller Hypertonie verursachter Linksherzhypertrophie.

### **5.3.2 Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining**

#### **5.3.2.1 Guimarães et al. (2010). Effects of continuous versus interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension**

Die randomisierte kontrollierte Studie von Guimarães et al. (2010) versuchte die wirkungsvollsten Belastungsintensitäten hinsichtlich der Gestaltung einer Bewegungstherapie in Bezug auf eine größtmögliche RR-Senkung und Reduzierung der Gefäßsteifigkeit bei Hypertonikern zu ermitteln, indem die durch eine kontinuierliche Ausdauerbelastung erzielten Effekte, gegenüber denen einer Intervallbelastung<sup>25</sup>, sowie einer Kontrollgruppe ohne jegliche zusätzliche körperliche Aktivität, verglichen wurden.

Insgesamt wurden 65 (w/m: 42/23) bewegungsarme, pharmakologisch behandelte Hypertoniker mit diagnostiziertem hoch-normalen Hypertonus und dementsprechend systolischen Blutdruckwerten von <140 mmHg bzw. diastolischen Werten von <90 mmHg in die Studie eingeschlossen, soweit keine EKG-Auffälligkeiten oder andere nicht-kardiovaskuläre Einschränkungen vorlagen. Um dies auszuschließen, absolvierten die Probanden an unterschiedlichen Tagen eine nicht-invasive Pulswellenmessung<sup>26</sup>, eine ambulante 24h-RR-Messung sowie einen Belastungstest mit EKG- und HF-Monitoring und RR-Kontrolle nach geändertem Bruce-Protokoll bis zur maximalen Erschöpfung. Anschließend erfolgte eine randomisierte Zuteilung in drei Gruppen im Verhältnis zwei: zwei: eins, sodass eine Gruppe mit kontinuierlichem Ausdauertraining (C1 = continuous) 26 Probanden fasste, eine Trainingsgruppe mit Intervalltraining (I = interval) ebenfalls 26 Probanden und die Kontrollgruppe aus (C2 = controls) 13 Teilnehmern bestand. Letztlich vollendeten 43 Teilnehmer die Studie und konnten in die Auswertung mit einbezogen werden (C1: n=16/ I: n=16/ C2: n=11), da 14 Probanden aus persönlichen Gründen eine Teilnahme nicht fortsetzen konnten, zwei schieden wegen Medikationsveränderungen aus, fünf Probanden auf Grund von Abweichungen in Bezug auf die vorgegebenen Trainingsintensitäten und eine Probandin in Folge einer Schwangerschaft. Während die Kontrollgruppe ihr bisheriges Aktivitätsniveau beibehalten sollte, führten beide Trainingsgruppen ein kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining mit Schwerpunkt auf dem Ausdauertraining durch, welches in Form von Laufeinheiten auf dem Ergometer stattfand. Eine Trainingssteuerung wurde mittels HF-Monitoring über die Herzfrequenzreserve reguliert. Während die kontinuierlichen Belastungen bei 60 % der HFR durchgeführt werden sollten, setzte sich das Intervalltraining aus zweiminütigen Belastungen bei 50 % der HFR bzw. einer Minute bei 80 % der HFR zusammen,

---

<sup>25</sup> Jeweils in Kombination mit einem submaximalem Krafttraining durchgeführt.

<sup>26</sup> Von Halsschlagader zu Oberschenkelarterie.

sodass beide Gruppen letztlich im Durchschnitt bei der gleichen Belastungsintensität trainierten. Eine Beschreibung des Krafttrainings erfolgte nicht. Die Intervention fand über einen Beobachtungszeitraum von 16 Wochen statt. Trainiert wurde zweimal pro Woche unter Aufsicht des Studienpersonals sowie einmal ohne Aufsicht jeweils für 80 min. Die Zusammensetzung der einzelnen Einheiten gestaltete sich wie folgt: 10 min Erwärmung durch Dehnungsübungen + 40 min Ausdauertraining auf dem Laufband + 20 min submaximales Krafttraining + 10 min Erholung.

Die Auswertungsergebnisse zeigten nach Interventionsende keine signifikanten Änderungen der Herzfrequenz, des BMI und des Bauchumfangs sowie auch keine RR-Senkungen in einer der drei Gruppen, wie in Tabelle 7 dargestellt ist. Lediglich bei der Analyse der Ergebnisse beider Trainingsgruppen zusammen konnte ein signifikanter Rückgang der mittleren diastolischen Werte der 24h-RR-Messung bzw. des diastolischen Drucks während der Tagesperiode nachgewiesen werden, wobei eine höhere Signifikanz bei den Probanden mit höheren RR-Ausgangswerten dargelegt werden konnte.

	<u>Kontinuierlich</u>		<u>Intervall</u>		<u>Kontrollen</u>	
	pre	post	pre	post	pre	post
<b>24h</b>						
SBP	124 ± 8	124 ± 9	125 ± 8	123 ± 9	128 ± 8	127 ± 9
DBP	80 ± 9	79 ± 9	80 ± 5	78 ± 6	83 ± 8	82 ± 8
<b>Tag</b>						
SBP	129 ± 10	128 ± 9	128 ± 9	126 ± 9	131 ± 9	131 ± 9
DBP	84 ± 9	82 ± 9	84 ± 6	81 ± 6	86 ± 9	86 ± 9
<b>Nacht</b>						
SBP	113 ± 7	112 ± 9	116 ± 9	115 ± 8	119 ± 10	116 ± 10
DBP	71 ± 7	70 ± 8	72 ± 6	71 ± 5	74 ± 8	73 ± 8

SBP: systolischer Blutdruck in mmHg; DBP: diastolischer Blutdruck in mmHg  
Keine signifikanten Unterschiede zwischen Vor – und Nachuntersuchung

**Tabelle 6:** ambulante RR-Werte vor und nach 16-wöchiger Intervention  
*Quelle:* Modifiziert nach Guimarés et al., 2010, S. 629

Eine signifikante Verbesserung der Pulswellengeschwindigkeit wurde nur nach dem Intervalltraining festgestellt (PWV von Halsschlagader zu Oberschenkelarterie von  $9,44 \pm 0,91$  auf  $8,90 \pm 0,96$  m/s,  $p=0,009$ ), wohingegen kontinuierliches Training bzw. kein zusätzliches Training keine signifikanten Effekte zeigten (C1 von  $10,15 \pm 1,66$  auf  $9,98 \pm 1,81$  m/s bzw. bei C2 von  $10,23 \pm 1,82$  auf  $10,53 \pm 1,97$  m/s).

Dementsprechend konnte zwar keine relevante RR-Senkung bei den pharmakologisch behandelten Hypertonikern mit diagnostiziertem hoch-normalem Blutdruck nachgewiesen werden, dennoch kann insbesondere durch die ermittelte Verbesserung der Gefäßelastizität nach dem Intervalltraining, von einer Kontrolle der häufig im Zusammenhang mit dem Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen stehenden metabolischen Variablen ausgegangen werden.

### 5.3.2.2 Stewart et al. (2005). Effect of exercise on blood pressure in older persons

Stewart et al. (2005) untersuchten im Rahmen ihrer randomisierten kontrollierten Studie die Effekte eines kombinierten Kraft- und Ausdauertrainings im Vergleich zu traditionellen ärztlichen Empfehlungen hinsichtlich kardiovaskulärer Risikofaktorenminimierung durch Lebensstilmodifikation bei bis dato unbehandelten hypertensiven älteren Personen.

Nach einem ersten RR-Screening lag die Probandenzahl bei  $n=115$ ; in die Auswertung mit einbezogen wurden letztlich 104 Teilnehmer (w/m: 53/51), da acht Personen aus persönlichen Gründen von der Studienteilnahme ausschieden, zwei Probanden wegen eines zu hohen Blutdrucks sowie eine Person aus nicht im Zusammenhang mit der Studie stehenden gesundheitlichen Gründen. Teilnahmeberechtigt waren an Bluthochdruck des Grades I erkrankte, nicht rauchende, bewegungsarme Personen im Alter von 55-75 Jahren (Durchschnittsalter der Probanden  $63,6 \pm 5,7$  Jahre) ohne bisherige antihypertensive Behandlung, die zudem keine kardiovaskulären Auffälligkeiten, Diabetes mellitus sowie weitere schwerwiegende Krankheiten aufwiesen. Zu den initialen Untersuchungen zählten neben mehrmaligen klinischen RR-Messungen, eine Pulswellenmessung sowie eine Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit mittels Belastungstest auf dem Laufband; des Weiteren Maximalkrafttests einzelner Muskelgruppen. Weiterhin wurden die körperlichen Merkmale Größe, Gewicht, Bauchumfang und Körperfettgehalt ermittelt und ein drei Tage umfassendes Ernährungsprotokoll ausgewertet. Anschließend erfolgte eine randomisierte Gruppeneinteilung, so dass ein Teil der Probanden ein kombiniertes Kraft- und Ausdauertraining durchführte (E = Exercise group,  $n= 51$ ), während der restliche Teil die Kontrollgruppe bildete und dahingehend traditionelle ärztliche Empfehlungen hinsichtlich kardiovaskulärer Risikofaktorenminimierung durch Lebensstilmodifikation erhielt (C = Controls,  $n=53$ ). Das Mobilitätsprogramm, bestehend aus drei Einheiten pro Woche, wurde über 24 Wochen mit HF-Monitoring unter Aufsicht des Studienpersonals durchgeführt. Jede Einheit beinhaltete eine Erwärmungsphase mit Dehnungsübungen, gefolgt von einem Krafttraining bestehend aus zwei Sätzen a zehn bis 15 Wiederholungen bei 50 % der Maximalkraft der folgenden Muskelgruppen bzw. Übungen: großer Rückenmuskel, Beinbeuger und -strecker, Bankdrücken, Bein- und Schulterpresse und Ergometer-Rudern. Den Abschluss des Trainings bildete eine 45-minütige Ausdauereinheit bei einer Zielherzfrequenz von 60-90 % der  $HF_{max}$  mit freier Wahl zwischen den Belastungsformen Laufen, Radfahren und Stepping. Sowohl der Trainings- als auch der Kontrollgruppe wurden vor der Randomisierung übliche Empfehlungen<sup>27</sup> hinsichtlich einer kardiovaskulären Risikofaktorenminimierung durch Ernährungs- und Bewegungsmodifikation gegeben. Nach Interventionsende wurden die oben beschriebenen Tests nochmals durchgeführt, wobei auch während des Beobachtungszeitraums alle zwei Wochen Überprüfungen des Blutdrucks erfolgten um sicherzustellen, dass Blutdruckwerte von 159/99 mmHg nicht überschritten wurden. Der mittlere arterielle systolische und diastolische Blutdruck wies bei der Trainingsgruppe eine

---

<sup>27</sup> National Institute on Aging. National Institutes of Health. U.S. Department of Health and Human Services (o.J.). Stand 13.02.2010, S. 1 ff.

Senkung von 5,3/3,7 mmHg, bei den Kontrollen von 4,5/1,5 mmHg auf ( $p < 0,001$ ). Dahingehend konnte keine signifikante Reduzierung des SBP im Vergleich beider Gruppen zu den Ausgangswerten nachgewiesen werden, lediglich die Senkung des DBP bei E im Vergleich zu C bzw. zur Ersterhebung erzielte statistische Signifikanz (-2,2 mmHg;  $p = 0,02$ ). Die erhobene Pulswellengeschwindigkeit belegte keine Veränderung zwischen Trainings- und Kontrollgruppe sowie im Vergleich zur Grunduntersuchung. Bezüglich der körperlichen Fitness konnten in der Trainingsgruppe signifikante Verbesserungen von Ausdauer und Kraft verzeichnet werden sowie hinsichtlich der Körpermaße eine Steigerung der fettfreien Körpermasse und eine Reduzierung des generellen und abdominalen Übergewichts. Die Verbesserungen in Bezug auf die Körperzusammensetzung korrelierten dabei mit 8 % der systolischen RR-Senkung ( $p = 0,006$ ) und 17 % der diastolischen RR-Senkung ( $p < 0,001$ ). Eine Übersicht der einzelnen Untersuchungsergebnisse ist in nachstehender Abbildung aufgeführt:

**Table 2. Changes in Blood Pressure, Fitness, Body Composition, and Aortic Stiffness From Baseline in 104 Randomized Participants**

Variable	Exercise Group (n = 51)	Control Group (n = 53)	Difference (Exercise – Control)	P Value*
Resting hemodynamics, mean (95% CI)				
Systolic blood pressure, mm Hg	-5.3 (-8.1 to -2.5)	-4.5 (-6.7 to -2.2)	-0.8 (-4.4 to 2.8)	.67
Diastolic blood pressure, mm Hg	-3.7 (-5.1 to -2.4)	-1.5 (-2.9 to -0.2)	-2.2 (-4.1 to -0.3)	.02
Heart rate, beats/min	-3.9 (-5.4 to -2.4)	-2.2 (-3.8 to 0.5)	-1.8 (-4.1 to 0.5)	.12
Aerobic and strength fitness, mean (95% CI)				
Peak oxygen uptake, mL/kg per minute	4.0 (3.2 to 4.8)	-0.1 (-0.8 to 0.5)	4.1 (3.1 to 5.2)	<.001
Upper body muscle strength, kg	28.0 (23.9 to 32.1)	0.8 (-2.7 to 4.3)	27.3 (21.8 to 32.5)	<.001
Lower body muscle strength, kg	29.3 (25.0 to 33.7)	2.8 (-1.7 to 7.4)	26.5 (20.3 to 32.7)	<.001
Total muscle strength, kg	57.3 (49.6 to 64.7)	3.6 (-2.6 to 9.9)	53.7 (44.0 to 63.3)	<.001
Body composition, mean (95% CI)				
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	-0.8 (-1.1 to -0.5)	-0.2 (-0.4 to 0.1)	-0.7 (-1.1 to -0.3)	<.001
Weight, kg	-2.3 (-3.1 to -1.4)	-0.5 (-1.2 to 0.1)	-1.7 (-2.8 to -0.7)	.002
Waist circumference, cm	-2.9 (-4.1 to -1.7)	-0.8 (-1.8 to 0.1)	-2.0 (-3.6 to -0.5)	.01
Abdominal total fat (MRI), cm <sup>2</sup>	-52.5 (-66.6 to -38.7)	-6.5 (-20.3 to 7.3)	-46.0 (-65.4 to -26.5)	<.001
Abdominal visceral fat (MRI), cm <sup>2</sup>	-26.7 (-35.6 to -17.9)	-3.8 (-10.8 to 3.3)	-23.0 (-34.2 to -11.8)	<.001
Abdominal subcutaneous fat (MRI), cm <sup>2</sup>	-25.8 (-35.1 to -16.5)	-2.9 (-11.7 to 6.0)	-23.0 (-35.7 to -10.3)	<.001
Total body fat (DXA), %	-3.5 (-0.04 to -2.8)	-0.2 (-0.7 to 0.3)	-3.3 (-4.1 to -2.4)	<.001
Lean body mass (DXA), %	3.5 (2.8 to 4.2)	0.2 (-0.3 to 0.7)	3.3 (2.4 to 4.1)	<.001
Aortic stiffness, mean (95% CI)				
Pulse-wave velocity, cm/s†	111.2 (-35 to 257.5)	16.9 (-96 to 130)	94.4 (-276.5 to 87.8)	.35

Abbreviations: CI, confidence interval; DXA, dual-energy x-ray absorptiometry; MRI, magnetic resonance imaging.

\*Test for between-group difference on the change from baseline.

†Performed in a subset of 82 participants (40 exercisers [21 men and 19 women] and 42 controls [21 men and 21 women]).

**Tabelle 7:** Veränderungen des Blutdrucks, der Fitness, der Körperzusammensetzung und Gefäßsteifigkeit im Vergleich zur Ausgangsuntersuchung

Quelle: Stewart et al., 2005, S. 759

In der Gesamtbetrachtung zeigten die Ergebnisse des sechsmonatigen Kombinationsprogramms von Ausdauer- und Krafttraining bei älteren Personen mit leichter Form der Hypertonie nur eine Senkung des diastolischen Blutdrucks im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne spezifisches körperliches Training. Die Veränderungen der körperlichen Zusammensetzung, mehr noch als die Verbesserung des Fitnesszustandes, standen dabei im Zusammenhang mit der erzielten RR-Senkung.

### **5.3.3 Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining**

**5.3.3.1 Collier et al. (2009). Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with pre-hypertension +**

**5.3.3.2 Collier et al. (2008). Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood pressure in pre-and stage-1 hypertensives**

Im Folgenden werden die von Collier et al. publizierten case studies der Jahre 2009 bzw. 2008 zusammenhängend dargestellt und beschrieben, da lediglich die Ergebnisvariablen differierten, während sich Studienpopulation und -design in beiden Veröffentlichungen nahezu deckten. Demnach stellten die Autoren in der Studie des Veröffentlichungsjahres 2008 die Auswirkungen eines vierwöchigen Ausdauertrainings denen eines Krafttrainings gegenüber, bezogen auf die Hämodynamik und Gefäßelastizität bei hoch-normalem Blutdruck oder Hypertonie Grad I. Die im Folgejahr 2009 publizierte Studie untersuchte hingegen die unterschiedlichen Effekte auf die Herzfrequenzvariabilität und die Baroreflex-Sensitivität.

In die Untersuchungen von 2008 eingeschlossen wurden 30 mäßig aktive, nichtrauchende Hypertoniker (w/m: 10/20) mit hoch-normalem Blutdruck oder leichter arterieller Hypertonie ohne antihypertensive Medikation in einem Alter von 30-60 Jahren bzw. einem Durchschnittsalter von  $48,2 \pm 1,3$  Jahren. 2009 nahmen 29 Probanden im Alter von 33-60 Jahren an der Untersuchung teil (w/m: 09/20). Verglichen wurde Ausdauertraining (2008: n=15, 2009: n=14) in Form von Walking- bzw. Laufeinheiten auf dem Laufbandergometer gegenüber Gewichtstraining (2008 und 2009: n=15), welches die Kräftigung von neun Muskelgruppen umfasste. 2008 wurden die rekrutierten Probanden im Vorfeld und nach Ende der Intervention nach zufälliger Gruppenzuteilung mit Hilfe eines Fragebogens bezüglich ihrer Krankenanamnese und ihres bisherigen Aktivitätsniveaus überprüft. Des Weiteren wurden eine zentrale und periphere Pulswellengeschwindigkeitsmessung (PWV = Pulse wave velocity), mehrmalige Blutdruckerhebungen, Messungen der vasodilatorischen Kapazität, der Ruhe-Herzfrequenz, eine Bodysplethysmographie sowie eine Gewichts- und Größenmessung mit Ableitung des BMIs durchgeführt. Zu den Eingangs- und Enduntersuchungen des Jahres 2009 zählten neben einem Ruhe-EKG auch eine zehninminütige Beat-to-Beat-Herzfrequenzmessung und Beat-to-Beat-Blutdruckmessung mit Berechnung weiterer diverser hämodynamischer Variablen wie der Herzfrequenz- und Blutdruckvariabilität sowie der Baroreflex-Sensitivität (BRS = baroreflex sensitivity) in Ergänzung einer Bodysplethysmographie sowie einer Gewichts- und Größenmessung mit Ableitung des BMIs. Die Studienpopulationen beider Veröffentlichungsjahre absolvierten bei zufälliger Zuteilung zur Ausdauergruppe zusätzlich eine Messung der maximalen aeroben Kapazität durch einen Belastungstest auf dem Laufbandergometer inklusi-

ve  $VO_{2peak}$ -Messung<sup>28</sup>, wohingegen die Teilnehmer des Krafttrainings zur Anpassung der Trainingsgewichte einen Test zur Ermittlung des 10-Wiederholungsmaximums folgender im Trainingsprogramm beinhalteten Übungen bzw. Muskelgruppen absolvierten: Lateral-Zug, Brust-, Schulter-, Bauch- und Beinpresse, Beinbeuger und –strecker sowie Armbeuger und -strecker. Das Trainingsprogramm beider Gruppen erstreckte sich sowohl 2008 als auch 2009 über einen Zeitraum von vier Wochen, mit jeweils drei Einheiten pro Woche. Die Intensität des Trainings wurde ausdauerspezifisch auf 65 % der  $VO_{2peak}$  festgelegt für eine Dauer von jeweils 30 min. Das Gewichtstraining erfolgte bei 65 % des 10-Wiederholungsmaximums für insgesamt ca. 45-50 min bzw. für drei Sätze a zehn Wiederholungen.

Die Ergebnisse 2008 zeigten keine signifikanten Unterschiede in beiden Trainingsgruppen bezüglich einer Veränderung der Körperzusammensetzung und des Körpergewichts, wohingegen eine signifikante Senkung des mittleren arteriellen Ruhe-Blutdrucks um ca. 3,2 mmHg in beiden Trainingsgruppen herausgestellt werden konnte, wie in nachstehender Abbildung aufgeführt. Die vasodilatatorische Kapazität, ermittelt durch die vasculäre Leitfähigkeit (VC = vascular conductance), stieg im Sinne einer Gefäßerweiterung nach dem Krafttraining mehr an, als nach dem ausdauer-spezifischen Training:

	<i>Aerobic</i> (n = 15: 10 males, 5 females)		<i>Resistance</i> (n = 15: 10 males, 5 females)	
	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
SBP (mm Hg)	141.2 ± 3.4	136.6 ± 3.4 <sup>†</sup>	136.4 ± 3.4	132 ± 3.4 <sup>†</sup>
DBP (mm Hg)	80 ± 1.47	76.9 ± 1.63 <sup>†</sup>	78.2 ± 1.47	74.1 ± 1.63 <sup>†</sup>
Mean arterial pressure (mm Hg)	103.5 ± 1.8	100.3 ± 2 <sup>†</sup>	100.8 ± 1.8	96 ± 2 <sup>†</sup>
Heart rate (b.p.m.)	72.5 ± 2.9	67.5 ± 2.8 <sup>*†</sup>	67.3 ± 2.9	69.3 ± 2.8 <sup>*†</sup>
Vascular conductance (ml per min per 100ml per mmHg)	0.034 ± 0.004	0.041 ± 0.005 <sup>†</sup>	0.037 ± 0.004	0.050 ± 0.005 <sup>†</sup>

\* Signifikante Wechselwirkung zwischen den einzelnen Trainingsformen (p<0,05);

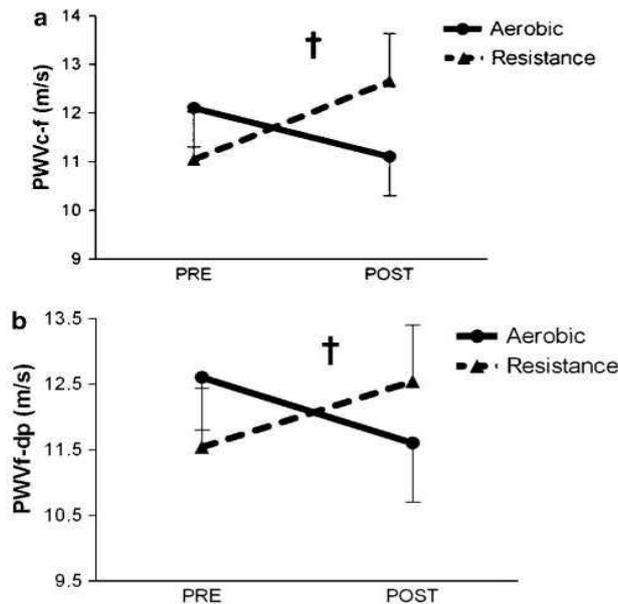
† signifikanter Unterschied zwischen Vor- und Nachuntersuchung (p<0,05)

**Tabelle 8:** Hämodynamische Kenngrößen

Quelle: Collier et al., 2008, S. 681

Laut Autoren konnten die erzielten Blutdrucksenkungen in beiden Gruppen jedoch verschiedenen Mechanismen zugeschrieben werden, was mit einer Erhöhung der zentralen und peripheren Puls-wellengeschwindigkeit nach Krafttraining bzw. Abnahme nach Ausdauertraining einherging.

<sup>28</sup> Testprotokoll 2008 -> Start: 2 min bei 3 mi/h zunächst mit Geschwindigkeits- dann mit Steigungsanpassungen alle 3 min bis zur Erschöpfung; Testprotokoll 2009 -> Start: 3 min bei 3 mi/h



Darstellung der Daten durch Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung;

a) † signifikante Wechselwirkung der zentralen PWV (c-f= carotid to femoral arteries<sup>29</sup>,  $p=0,0001$

b) † signifikante Wechselwirkung der peripheren PWV (f-dp= femoral to dorsalis pedis arteries<sup>30</sup>,  $p=0,013$ .

**Abbildung 6:** Pulswellengeschwindigkeit vor und nach der Intervention in beiden Trainingsgruppen  
*Quelle:* Collier et al., 2008, S. 682

Dementsprechend wurden durch beide Trainingsformen ähnliche Blutdrucksenkungen bei bestehendem hoch-normalem Blutdruck und Hypertonie Grad I erreicht, wobei alleinig durch das Krafttraining eine Verbesserung der vasodilatatorischen Kapazität erzielt werden konnte, jedoch bei gleichzeitiger Zunahme der Gefäßsteifigkeit.

Die 2009 veröffentlichten Studienergebnisse zeigten eine signifikante Senkung des systolischen Ruhe-Blutdrucks in beiden Trainingsgruppen von  $136 \pm 3,0$  auf  $132 \pm 3,4$  mmHg nach kraftspezifischem Training bzw. von  $142 \pm 4,0$  auf  $137 \pm 3,6$  mmHg nach ausdauer-spezifischem Training ( $p=$  jeweils 0,019). Weiterhin konnte eine Abnahme des diastolischen Blutdrucks bei beiden Trainingsformen nachgewiesen werden, sodass in der Kraftgruppe RR-Senkungen von  $78 \pm 1,31$  auf  $74 \pm 1,1$  mmHg bzw. in der Ausdauergruppe von  $80 \pm 1,7$  auf  $77 \pm 1,6$  mmHg verzeichnet wurden ( $p=$  jeweils 0,002). Eine Optimierung der Funktionsfähigkeit des autonomen Nervensystems im Sinne einer Steigerung der Herzfrequenz- und Blutdruckvariabilität und Erhöhung der BRS konnte jedoch nur nach Ausdauertraining nachgewiesen werden, wohingegen nach kraftspezifischem Training keine Änderung der HRV oder Senkung der BRS dokumentiert wurden, wie zusammenfassend in folgender Abbildung aufgeführt:

<sup>29</sup> Von Halsschlagader zu Oberschenkelarterie.

<sup>30</sup> Von Oberschenkelarterie zu den dorsalis pedis Arterien.

	<u>Ausdauertraining</u>		<u>Krafttraining</u>	
	pre	post	pre	post
<b>lf (ms<sup>2</sup>)</b>	526,64 ± 220,09	498,29 ± 180,96	670,20 ± 212,63	801,60 ± 74,82
<b>hf (ms<sup>2</sup>)</b>	287,93 ± 143,29	528,71 ± 392,34 *	654 ± 138,43	1153,40 ± 379,04
<b>n lf</b>	0,55 ± 0,055	0,53 ± 0,06	0,525 ± 0,06	0,54 ± 0,06
<b>n hf</b>	0,42 ± 0,06	0,50 ± 0,06	0,46 ± 0,06	0,45 ± 0,05
<b>TP (ms<sup>2</sup>)</b>	1234,2 ± 718,97	1626,0 ± 52,99	2842,73 ± 694,10	3601,7 ± 904,59
<b>lf: hf †</b>	275,21 ± 93,43	161,26 ± 51,99	143,37 ± 24,00	277,83 ± 66,81
<b>BPV lf</b>	12,2 ± 1,2	9,8 ± 0,77 *	11,6 ± 1,2	10 ± 0,77 *
<b>BPV hf</b>	4,1 ± 1,0	3,8 ± 0,81	4,0 ± 1,1	3,9 ± 1,2
<b>BRS tf</b>	5,69 ± 0,82	6,75 ± 0,99	6,77 ± 0,79	6,53 ± 0,95

Darstellung der Daten durch Mittelwerte ± Standardabweichung;  
lf- low frequency, hf- high frequency, TP- total power, BPV- blood pressure variability (in mmHg), BRS- baroreflex sensitivity, tf- transfer function  
† signifikante Wechselbeziehung;  
\* signifikante Veränderung im Vergleich zur Eingangsuntersuchung, p ≤ 0,05

**Tabelle 9:** HRV, RR-Variabilität und Baroreflex-Sensitivität  
*Quelle:* Modifiziert nach Collier et al., 2009, S. 343

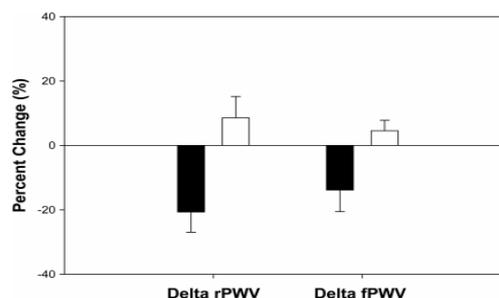
Demzufolge wurden 2009, ähnlich der Veröffentlichung von 2008, durch beide Trainingsformen vergleichbare Blutdrucksenkungen bei bestehendem hoch-normalen Blutdruck oder Hypertonie-Grad I erreicht, jedoch nur einhergehend mit dem Ausdauertraining konnte zusätzlich eine Optimierung der Funktionsfähigkeit des autonomen Nervensystems, bzw. diesbezüglich eine Abnahme des vagalen Tonus und Reduzierung der sympathovagalen Balance als Parameter der Herzfrequenzvariabilität bei gleichzeitigem Anstieg der Baroreflex-Sensitivität, nachgewiesen werden.

### 5.3.3.3 **Madden et al. (2009). Short-term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia**

Die case study von Madden et al. (2009) überprüfte, inwieweit aerobes Ausdauertraining zunehmende Gefäßsteifigkeit bei erhöhtem kardiovaskulärem Risikoprofil, beispielsweise bedingt durch bestehende Erkrankungen wie Diabetes Typ 2, arterielle Hypertonie oder Hypercholesterinämie, reduzieren kann.

Für die Untersuchung wurden zunächst 40 Probanden im Alter von 65-82 Jahren ( $\bar{x}$  71,4 ± 0,7 Jahre) mit kontrolliertem Typ-2-Diabetes, Hypercholesterinämie und Hypertonie ausgewählt; dies unabhängig von einer Stadieneinteilung bzw. Begrenzung sowie ggf. bestehender Medikation der vorliegenden Hypertonie, mit Ausnahme der Einnahme von Beta-Blockern. In die Auswertungen

eingeschlossen wurden letztlich 34 Teilnehmer, von denen 17 Personen nach randomisierter Zuteilung das zwölf Wochen umfassende ausdauerspezifische Trainingsprogramm absolvierten (AT = aerobic training). Weitere 17 Probanden nahmen an einem ebenfalls zwölfwöchigen Bewegungsprogramm ohne Ausdauerkomponente teil (NA = non aerobic). Trainiert wurde in beiden Gruppen dreimal pro Woche. Das Ausdauertraining beinhaltete eine zehnmünütige Erwärmungsphase, eine 40-minütige Rad- oder Laufeinheit auf dem Ergometer von moderater bis stärkerer Intensität sowie eine abschließende aus Dehnungsübungen bestehende Cool-Down-Phase von weiteren 10 min. Überwacht wurde das Training durch klinische Sportphysiologen sowie mittels HF-Kontrolle durch Pulsgurte. Die Intensitätssteuerung erfolgte dabei auf Grundlage der im Rahmen eines Belastungstests ermittelten Ruhe- und maximalen Herzfrequenzen bzw. aus der daraus ermittelbaren Herzfrequenzreserve<sup>31</sup>, respektive bei 60-75 % der HFR. Weiterhin erfolgten fortlaufende Blutdruck- und Blutzuckermessungen während der einzelnen Trainingseinheiten. Das Training der NA-Gruppe bestand im Kern aus kraftspezifischen Übungen, beispielsweise mit Kurzhanteln und Gymnastikbällen. Eine genaue Beschreibung der Trainingsinhalte sowie der Intensitäten wurde nicht aufgeführt. Vor Beginn und nach Beendigung des Trainingsprogramms wurden folgende Untersuchungen durchgeführt: Erhebung des Gewichts, des BMI, des Bauch- und Hüftumfangs mit Ableitung des Bauch zu Hüfte-Verhältnisses (WHR = waist-to-hip-ratio), Beurteilung der zentralen<sup>32</sup> und peripheren<sup>33</sup> Gefäßelastizität mittels Pulswellengeschwindigkeitsmessung, RR- und HF-Messungen in Ruhe, Belastungstest auf dem Laufband nach dem Bruce-Protokoll inklusive  $VO_{2max}$ -Messung. Nach Ende des Beobachtungszeitraums konnte bei den Probanden der Ausdauertrainingsgruppe neben einer Abnahme der peripheren Pulswellengeschwindigkeit (rPWV) um  $\sim 20,7 \pm 6,3$  % auch die zentrale Pulswellengeschwindigkeit (fPWV) um  $\sim 13,9 \pm 6,7$  % reduziert werden, wohingegen in der nicht ausdauerorientierten Trainingsgruppe sowohl Anstiege der peripheren als auch der zentralen PWV verzeichnet wurden.



rPWV ->  $p = 0.005$ ; fPWV ->  $p = 0.015$ ; Kein Nachweis einer signifikanten Veränderung in der nicht ausdauerorientierten Trainingsgruppe (NA)

**Abbildung 7:** Darstellung der prozentualen Veränderung der PWV nach Ausdauertraining

Quelle: Madden et al., 2009, S. 1533

<sup>31</sup> Herzfrequenz-Reserve nach Karvonen =  $(HF_{max} - HF_{Ruhe}) \times \% \text{ der Trainingsintensität} + HF_{Ruhe}$  (Karvonen, Kentala, Mustala, 1957, S. 307 ff.)

<sup>32</sup> Von Halsschlagader zu Oberschenkelarterie; femoral PWV.

<sup>33</sup> Von Halsschlagader zu Arteria radialis; radial PWV.

Insgesamt konnte nach Beendigung der Intervention in beiden Gruppen keine signifikante Verbesserung der Fitness ( $VO_{2max}$ ) nachgewiesen werden. Weiterhin ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Trainingsgruppen bezogen auf Gewicht, WHR, BMI, Blutzucker, RR und Ruhe-HF feststellen.

Demzufolge konnte zusammenfassend nachgewiesen werden, dass bereits kurzzeitiges aerobes Ausdauertraining multifaktoriell bedingte Gefäßsteifigkeit deutlich reduzierte, wobei die das Gefäßsystem betreffenden Veränderungen nicht zwingend einhergehend waren mit den bereits gut etablierten Vorteilen von Bewegung auf beispielsweise aerobe Leistungsfähigkeit und Blutdruck und dahingehend einzelne Veränderungen und Verbesserungen unabhängig voneinander zu betrachten bzw. zu erreichen sind.

## 5.4 Vergleich der Studien

Nach Betrachtung zehn beispielhafter Bewegungstherapien bei vorliegender arterieller Hypertonie werden nachfolgend speziell die Eckdaten der jeweiligen Trainingsinterventionen zur besseren Übersicht tabellarisch zusammengefasst dargestellt. Die eingeschlossenen Arbeiten werden in Hinblick auf die aufgeführten methodischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede miteinander verglichen und diese in Relation zu den erzielten Blutdruckveränderungen betrachtet. Dies erfolgt in Ergänzung Bezug nehmend auf die in Punkt 4.3 aufgeführten Richtlinien des ACSM, der AHA und den CDC (American College of Sports Medicine, 2009, S. 53 ff.; Haskell et al., 2007, S. 1082 ff.; Pescatello et al., 2004, S. 533 ff.). Die Untergliederung in unterschiedliche Belastungs- bzw. Trainingsformen wird zunächst beibehalten. Eine Bewertung der angewandten Methodik im Zusammenhang mit den einzelnen Studienergebnissen erfolgt in der abschließenden Diskussion.

### 5.4.1 Ausdauertraining

Studien	Gruppen	Trainingsdauer und -Häufigkeit	Trainingsgestaltung	Trainingssteuerung	Ergebnisse
Andersen et al., 2010	2 Gruppen: [1] Kleinfeld-Fußball (n=13) [2] kein Training (n=9)	12 Wochen, [1] ~ 2 x pro Woche a 60 min	[1] 5 min Erwärmung bei niedriger Intensität, 2 x 25 min 5 vs 5, 6 vs 6 oder 7 vs 7 mit 5-minütiger Pause, 5 min Erholung	[1] mit HF-Monitoring	[1] RR-Senkung: SBP $12 \pm 3$ mmHg, DBP $7 \pm 1$ mmHg und Senkung Ruhe-HF $12 \pm 2$ Schl/min, sowie Verbesserung $VO_{2max}$ ( $8 \pm 2$ %) und Reduzierung der Fettmasse ( $1,7 \pm 0,6$ kg), [2] keine Veränderungen

Knoepfli-Lenzin et al., 2010	3 Gruppen: [1] Kleinfeld-Fußball (n=15) [2] Laufen (n=15) [3] kein zusätzliches Training (n=17)	12 Wochen, [1] + [2] ~ 2.4 x pro Woche a 60 min	[1] 10 min Erwärmung mit Geschicklichkeitsübungen, 50 min 3 vs 3, 4 vs 4 oder 5 vs 5 [2] 10 min Erwärmung, 50 min Laufen	[1] mind. bei 65 % HF <sub>max</sub> , Ø 80 % HF <sub>max</sub> [2] 80 % HF <sub>max</sub> (± 4 Schl/min), jeweils mit HF-Monitoring	Senkung mittlerer arterieller RR in allen Gruppen: [1] -10 ± 7 mmHg [2] -6 ± 8 mmHg [3] -6 ± 7 mmHg größte Senkung des DBP in [1], Reduzierung der Körper- und Fettmasse in beiden Trainingsgruppen sowie Anstieg der HRV in Rückenlage und Verbesserung des Schlagvolumens, Senkung des Gesamtcholesterins in [1]
Westhoff et al., 2008	2 Gruppen: [1] Handkurbeltraining (n=12) [2] kein Training (n=12)	12 Wochen, [1] 3 x pro Woche a 30 min	[1] Intervallmuster: 15 x 1-minütige Belastungen mit 1-minütiger Pause, Verlängerung der Belastungsphasen bis hin zu 30-minütigen Belastungen ohne Pause	[1] Wattzahl abhängig vom Ziel-laktat von 2,0 ± 0,5 mmol/l bei 80-90 Umdrehungen/min mit HF-Monitoring	[1] RR-Senkung: SBP 7 mmHg, DBP 6 mmHg, keine Veränderung der Ruhe-HF und des Augmentation-Index, Verbesserung der Elastizität der kleinen Arterien, keine Veränderung der allg. physischen Leistungsfähigkeit bei fahrradergometrischer Belastungsuntersuchung, Erhöhung max.-Last bei Handkurbelergometrie [2] RR und vaskuläre Kenngrößen unverändert
Tsai et al., 2004	2 Gruppen: [1] Walking/Jogging (n=52) [2] kein Training (n=50)	10 Wochen, [1] 3 x pro Woche a 50 min	[1] 10 min Erwärmung, 30 min Walking/ Jogging, 10 min Cool-Down	[1] 60-70 % HFR <sub>max</sub> : Ø bei 6-7 METs	[1]RR-Senkung von -13,1/-6,3 mmHg, Anstieg der Belastbarkeit von 8,2 ± 1,6 auf 10,8 ± 2,2 METs und Verbesserung der QoL-Punktezahl im SF-36
Hinderliter et al., 2002	3 Gruppen: [1] Rad oder Laufen (n=27) [2] Rad oder Laufen mit zusätzlichem verhaltensorientiertem Abnehmprogramm (n=36) [3] Kontrollen bzw. Warteliste (n=19)	24 Wochen, [1] + [2] 3-4 x pro Woche a 55 min	[1] 10 min Warm-Up, 35 min Rad- oder Lfb-Belastung, 10 min Cool-Down [2] wie [1] + 1 x wöchentlich Gruppen-Sitzungen basierend auf dem LEARN-Programm (5 Elemente: lifestyle, exercise, attitudes, relationship, nutrition)	[1] + [2] 75-85 % HFR <sub>max</sub> mit HF-Monitoring	RR-Senkung in beiden Trainingsgruppen [1] 3/4 mmHg [2] 7/6 mmHg, signifikante relative Dickenabnahme der Muskulatur der linken Herzwand, der Herz hinterwand und der Dicke des Septums sowie Abnahme der linksventrikulären Muskelmasse im Vergleich zu [3]

**Tabelle 10:** Ausdauertraining  
*Quelle:* Eigene Darstellung

Mit Andersen et al. (2010), Knoepfli-Lenzin et al. (2010) und Westhoff et al. (2008) legten drei der fünf Autoren eine Studienlaufzeit von zwölf Wochen fest; Tsai et al. (2004) wählten einen ähnlichen Beobachtungszeitraum von zehn Wochen, wohingegen die Studie von Hinderliter et al. (2002) über eine doppelte Dauer von 24 Wochen lief. In Bezug auf mögliche Aktivitätstypen werden laut ACSM-Positionspapier jegliche zyklischen aeroben Bewegungsformen bei arterieller Hypertonie angeraten, denen Beanspruchungen großer Muskelgruppen zugrunde liegen und deren Belastungsintensitäten kontinuierlich steuerbar sind; dies optimalerweise in Ergänzung eines Krafttrainings. Beispielhaft aufgeführt im Positionspapier sind die Belastungsformen Walking, Jogging, Laufen oder Radfahren (Pescatello, S., 2004, S. 542). Dahingehend haben sich die Autoren der zwölfwöchigen Forschungsarbeiten von Andersen et al. (2010) und Knoepfli-Lenzin et al. (2010) nur bedingt an die vorgegebenen Richtlinien gehalten, denn Andersen et al. (2010) untersuchten die Effekte eines

Fußballtrainings bzw. Knoepfli-Lenzin et al. (2010) verglichen die Auswirkungen von Fußball- und Laufbelastungen. Entsprechend den Empfehlungen wählten Westhoff et al. (2008) ein Handkurbeltraining, Tsai et al. (2004) Walking oder Laufbelastungen; Hinderliter et al. (2002) untersuchten in der zeitlich ausgedehnteren Untersuchung ebenfalls die von Rad- oder Laufbelastungen ausgehenden Effekte. Demnach variierten die gewählten Belastungsformen der einzelnen Forschungsarbeiten deutlich, sodass ein Vergleich der Ergebnisse nur eingeschränkt möglich ist. Dies trifft in ähnlicher Form auch auf die Trainingsgestaltung bzw. die Trainingsintensitäten zu. Während das Fußballtraining mittels HF-Monitoring gesteuert bzw. bei Knoepfli-Lenzin et al. (2010) auf mindestens 65 %  $HF_{max}$  festgelegt wurde, fanden die jeweiligen Lafeinheiten bei Tsai et al. (2004) und Hinderliter et al. (2002) bei 60-70 %  $HFR_{max}$  bzw. 75-85 %  $HFR_{max}$  statt. Wiederum betrug die Intensität der Laufbelastungen bei Knoepfli-Lenzin et al. (2010) im Rahmen des Vergleichs zum Fußballtraining 80 %  $HF_{max}$ , während dagegen die Intensität des Handkurbeltrainings mittels Ziel-laktatvorgaben von  $2,0 \pm 0,5$  mmol/l reguliert wurden. Folglich ergibt sich eine große Spannweite der jeweils durchgeführten Ausdauertrainingsintensitäten und im Vergleich zu den ACSM-Vorgaben, welche mit 40-60 %  $VO_2R$  entsprechend 40-60 % HRR definiert sind, eine deutliche Differenz im Sinne höherer Belastungsintensitäten bei allen ausdauerspezifischen Studien (Swain, Franklin, 2001, S. 152; Pescatello, et al., 2004, S. 541). In Hinblick auf die Trainingshäufigkeit und -dauer sollte laut allgemeiner Richtlinien des ACSM bei vorliegender arterieller Hypertonie an drei bis fünf Tagen/Woche, bevorzugt an allen Tagen der Woche trainiert werden, um effektive Blutdrucksenkungen zu erzielen. Dies mit einer Mindesttrainingsdauer von 30 min kontinuierlicher oder alternativ akkumulierter körperlicher Aktivität von jeweils minimal 10 min, aufsummiert zu einer Gesamtzeit von 30-60 min/ Tag (Pescatello et al., 2004, S. 541). Während die Vorgaben bezüglich der Trainingsdauer in allen Forschungsarbeiten umgesetzt wurden, trainierten die Probanden von Andersen et al. (2010) und Knoepfli-Lenzin et al. (2010) im Durchschnitt zwei- bzw. 2,4-mal pro Woche und blieben somit geringfügig unter der empfohlenen Trainingsmenge. Hinsichtlich der Trainingseffekte konnten in allen Studien positive Auswirkungen auf die vorliegende Hypertonieerkrankung im Sinne einer Blutdrucksenkung erzielt werden, wobei die Blutdruckausgangslagen in nahezu allen Studien deckungsgleich waren und einer leichten bis mittelschweren Hypertonie, gemäß Grad I und II, entsprachen. Lediglich Knoepfli-Lenzin et al. (2010) beschränkten sich bezüglich der Studienpopulation auf eine Hypertonie Grad I; Hinderliter et al. (2002) bezogen zusätzlich noch Probanden mit hoch-normalem Blutdruck ein. Die größtmöglichen Effekte in Relation zur Laufzeit der Studie erzielten Tsai et al. (2004) mit einer Senkung des mittleren klinischen SBP um 13,1 mmHg bzw. des DBP um 6,3 mmHg entsprechend einer RR-Abnahme von 9 bzw. 6 % durch Walking- oder Lauftraining innerhalb des kürzesten Untersuchungszeitraumes von zehn Wochen. Bei den zwölfwöchigen Interventionen schnitt das Fußballtraining von Andersen et al. (2010) mit einer RR-Senkung von systolisch  $12 \pm 3$  mmHg und diastolisch  $7 \pm 1$  mmHg bei zwei Trainingseinheiten/Woche am besten ab. Im Vergleich dazu wurden nach dem Fußballtraining von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) bei durchschnittlich 2,4 Einheiten/Woche Senkungen des mittleren arteriellen Blutdrucks von  $10 \pm 7$  mmHg, gemäß einer prozentualen Reduzierung von 7,5 und 10,3 %, erreicht. Geringfügiger fielen im Rahmen der gleichen Studie die Senkungen des mittleren arteriellen Blut-

drucks nach dem Lauftraining, entsprechend  $6 \pm 8$  mmHg bzw.  $6 \pm 7$  mmHg bei der Kontrollgruppe, aus. Ähnliche RR-Abnahmen konnten nach zwölf Wochen Handkurbeltraining im Umfang von 30 min an drei Tagen der Woche in den Untersuchungen von Westhoff et al. (2008) nachgewiesen werden (SBP: 7mmHg; DBP: 6mmHg). Die geringfügigsten Effekte auf den Blutdruck konnten auf das zeitlich umfangreichste Trainingsprogramm im Rahmen der Forschungsarbeit von Hinderliter et al. (2002) zurückgeführt werden; demgemäß einer Abnahme von 3/ 4 mmHg nach 24 Wochen Rad- oder Lauftraining sowie 7/ 6 mmHg nach Rad- oder Lauftraining mit zusätzlichem Gewichtsmanagementprogrammen. Nebst der in allen Arbeiten nachgewiesenen Blutdrucksenkung wurden diverse zusätzliche, teilweise die Erkrankung bedingende Variablen und Einflussgrößen ermittelt, wobei diese zwischen den einzelnen Forschungsarbeiten deutlich differierten. Tsai et al. (2004) konnten somit neben einem Nachweis der effektivsten RR-Senkung in Relation zur Studienlaufzeit überdies eine Verbesserung der Lebensqualität sowie der körperlichen Leistungsfähigkeit sichtbar machen. Letztere konnte nachweislich auch in den Untersuchungen von Andersen et al. (2010) verbessert werden. Ein aussagekräftiger Vergleich des Ausmaßes der Zunahme ist jedoch nicht möglich, da Tsai et al. (2004) die Belastbarkeit in METs maßen, während Andersen et al. (2010) die maximale Sauerstoffaufnahme als Marker der kardiopulmonalen Fitness untersuchten, welche von ca. 33 auf 35 ml/min/kgKG anstieg, entsprechend einer Zunahme von  $8 \pm 2$  %. Weiterhin konnten Andersen et al. (2010) positive Beeinflussungen der kardiovaskulären Risikofaktoren Körpergewicht, Körperfettgehalt (ca. - 5 %) und Körperfettmasse (ca. - 1,7 kg) belegen sowie eine Senkung der Herzfrequenz in Ruhe. Die maximale Sauerstoffaufnahme wurde ebenso in der RCT von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) untersucht. In der Fußballtrainingsgruppe (F) stieg die  $VO_{2max}$  von ca. 46 auf 50 ml/min/kgKG; nach dem Lauftraining (L) von ca. 45 auf 51 ml/min/kgKG, gemäß einer ausgeprägteren Steigerung nach dem Trainingsprogramm von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) im Vergleich zu Andersen et al. (2010). Überdies verringerten sich das Gewicht der Teilnehmer (F: ca. -1,6 kg; L: ca. - 1,5 kg) und die Körperfettmasse (F: ca. - 2 kg; L: ca. - 1,6 kg) ähnlich den von Andersen et al. (2010) ermittelten Verringerungen. Zusätzlich wurden bei Knoepfli-Lenzin et al. (2010) eine Erhöhung des Herzschlagvolumens in F um ca. 13 % bzw. in L um ca. 10 %, eine Abnahme der Ruhe-HF in F um ca. 10 % und in L um ca. 13 % sowie eine Abnahme des Gesamtcholesterins nur in F von ca. 6 mmol auf ca. 5,5 mmol verzeichnet. Im Rahmen der Forschungsarbeit von Westhoff et al. (2008) wurden zwar ebenfalls die Ruhe-HF und die körperliche Leistungsfähigkeit ermittelt, jedoch konnten bei beiden Messgrößen keine positiven Veränderungen nachgewiesen werden. Verbesserungen wurden aber in Bezug auf die oszillierende Gefäßregulation erzielt. Die hinsichtlich der RR-Senkungen am ineffektivsten herausgestellte Studie von Hinderliter et al (2002) belegte die deutlichsten Gewichtsabnahmen von ca. 2,3 kg nach einem Lauftraining und von ca. 7,4 kg nach einem Lauftraining mit zusätzlichem Gewichtsmanagementprogramm. Eine Verbesserung der physischen Leistungsfähigkeit mittels Erhebung der  $VO_{2peak}$  ist ebenfalls angeführt, jedoch wurden die ermittelten Werte in der Ergebnisdarstellung nicht in Zahlenform, sondern nur grafisch dargestellt, sodass keine genauen Daten für einen Vergleich zur Verfügung stehen. Einzig in dieser Studie wurde eine relative Dickenabnahme der Muskulatur der linken

Herzwand, der Herzhinterwand und der Dicke des Septums sowie eine Abnahme der linksventrikulären Muskelmasse untersucht und nachgewiesen.

In der Gesamtbetrachtung aller ermittelten Ergebnisvariablen im Verhältnis zum Trainingsaufwand ist als Effektivste demnach die im Rahmen von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) angewandte Trainingsintervention zu bewerten, wobei sowohl Tsai et al. (2004) als auch Andersen et al. (2010) ähnlich wirkungsvolle Programme anwandten.

#### 5.4.2 Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining

Studien	Gruppen	Trainingsdauer und -Häufigkeit	Trainingsgestaltung	Trainingssteuerung	Ergebnisse
Guimarães et al., 2010	3 Gruppen: [1] Laufen in kontinuierlicher Belastungsform + Krafttraining (n=16) [2] Laufen als Intervallbelastung + Krafttraining (n=16) [3] kein zusätzliches Training (n=11)	16 Wochen, [1] + [2] 3 x pro Woche a 80 min	[1] + [2] 10 min Erwärmung (Dehnen), 40 min Lfb.-Belastung, 20 min submaximales Krafttraining, 10 min Cool-Down	[1] 60 % HFR <sub>max</sub> [2] 50 % HFR <sub>max</sub> für 2 min, bzw. 80 % HFR <sub>max</sub> für 1 min, jeweils mit HF-Monitoring, keine Beschreibung des Krafttrainings (submaximal)	[1] + [2] + [3] keine ambulanten RR-Senkungen, [2] Verbesserung der Pulswellengeschwindigkeit von 9,44 ± 0,91 auf 8,90 ± 0,96 m/s
Stewart et al., 2005	2 Gruppen: [1] Krafttraining + Rad/Laufen/Stepping [2] kein Training, traditionelle ärztliche Empfehlungen hinsichtlich kardiovaskulärer Risikofaktorenminimierung durch Lebensstilmodifikation	24 Wochen, [1] 3 x pro Woche	Erwärmung (Dehnen), Krafttraining (10-15 Wiederholungen pro Übung: großer Rückenmuskel, Beinbeuger und -strecker, Bankdrücken, Bein- und Schulterpresse, Ergometer-Rudern + 45 min Laufen, Radfahren oder Stepping	mit HF-Monitoring, 60-90 % HF <sub>max</sub> ; Krafttraining bei 50 % der max.-Kraft	[1] Verbesserung der Fitness (Ausdauer und Kraft), Steigerung der fettfreien Körpermasse, Reduzierung des generellen und abdominalen Übergewichts, [1] + [2] keine Reduzierung des SBP zw. den Gruppen, DBP-Reduzierung höher bei [1] (-2,2 mmHg) im Vergleich zu [2], Pulswellengeschwindigkeit unverändert zw. [1] und [2]

**Tabelle 11:** Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining

*Quelle:* Eigene Darstellung

Vor dem Hintergrund der laut ACSM-Positionspapier herausgegebenen Empfehlungen einer körperlichen Aktivierung bei arterieller Hypertonie entsprechen beide Forschungsarbeiten sowohl hinsichtlich der Kombination der Belastungsformen als auch der Aktivitätstypen diesen Richtlinien. Während die den zwei Trainingsgruppen zugeteilten Probanden bei Guimarães et al. (2010) neben einem Krafttraining entweder kontinuierliche oder intervallartige Laufeinheiten zu absolvieren hatten, bestand bei Stewart et al. (2005) in Ergänzung zum Gewichtstraining eine Wahlmöglichkeit zwischen Rad-, Lauf- oder Steppingeinheiten (Pescatello et al., 2004, S. 542). Im Hinblick auf die Trainingshäufigkeit und -dauer sollte laut allgemeiner Richtlinien des ACSM bei vorliegender arterieller Hypertonie an drei bis fünf Tagen/ Woche, bevorzugt an allen Tagen der Woche, trainiert werden um effektive Blutdrucksenkungen zu erzielen. Die Minimalgrenze von drei Trainingseinheiten/Woche wurde in beiden RCTs erfüllt, wobei die angeratene Mindesttrainingsdauer von täglich 30 min kontinuierlicher oder alternativ akkumulierter körperlicher Aktivität in den oberhalb aufge-

fürten Arbeiten deutlich übertroffen wurde (Pescatello et al., 2004, S. 541). Guimares et al. (2010) wählten eine Gesamttrainingszeit von ca. 80 min, inklusive eines 40-minütigen Ausdauertrainings bzw. Stewart et al. (2005) eine 45-minütige Ausdauereinheit in Ergänzung einer Erwärmung und eines Krafttrainings, deren Zeitrahmen jedoch nicht genauer aufgeführt worden sind. Dahingehend wurden die Vorgaben zur Trainingsdauer und -häufigkeit in allen Forschungsarbeiten umgesetzt und sind noch dazu in beiden RCTs nahezu deckungsgleich. Eingeschränkt wird ein möglicher Vergleich der Studienresultate dennoch durch die unterschiedlichen Laufzeiten, da Stewart et al. (2005) mit 24 Wochen einen doppelt so langen Interventionszeitraum im Vergleich zu zwölf Wochen bei Guimares et al. (2010) wählten. Die Trainingssteuerung erfolgte bezüglich der Ausdauereinheiten in beiden Forschungsarbeiten über ein HF-Monitoring. Obgleich Guimares et al. (2010) eine Durchschnittsintensität in beiden Gruppen von 60 %  $HFR_{max}$  festlegten, wohingegen die Teilnehmer bei Stewart et al. (2005) bei 60-90 %  $HF_{max}$  trainierten. Folglich ergibt sich eine große Spannbreite der jeweils durchgeführten Ausdauertrainingsintensitäten und im Vergleich zu den ACSM-Vorgaben, welche mit 40-60 %  $VO_2R$  entsprechend 40-60 % HFR definiert sind, bei Stewart et al. (2005) eine Differenz im Sinne höherer Belastungsintensitäten, sofern die Probanden im oberen vorgegeben Intensitätsbereich trainierten (Swain, Franklin, 2001, S. 152; Pescatello et al., S., 2004, S. 541). Hinsichtlich des Krafttrainings wurden bei Guimares et al. (2010) keine genauer definierten Intensitätsangaben gemacht, Stewart et al. (2005) wiesen ein Training bei 50 % der maximalen Kraft aus. Bezug nehmend auf die Trainingseffekte konnten in beiden Arbeiten keine bis nur geringfügige Blutdrucksenkungen herausgestellt werden. Weder der Blutdruck noch die Ruhe-HF, der BMI und der Bauchumfang konnten in den Untersuchungen von Guimares et al. (2010) durch die jeweiligen Interventionen positiv beeinflusst werden, jedoch wurde eine Verbesserung der Pulswellengeschwindigkeit im Sinne einer Verbesserung der Gefäßelastizität in Folge des Intervalltrainings nachgewiesen. Ähnlich fallen die Ergebnisse von Stewart et al. (2005) aus. Lediglich die Senkung des diastolischen Blutdrucks im Vergleich zur Kontrollgruppe um ca. 2 mmHg erzielte statistische Signifikanz. Die ebenfalls erhobene PWV veränderte sich weder zwischen Trainings- und Kontrollgruppe noch im Vergleich zur Grunduntersuchung. Wohingegen die Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit in der Trainingsgruppe zunahm ( $VO_{2max}$ : + ca. 4 mmol/min/kgKG; Gesamtmuskelkraft: + ca. 57,3 kg), in Ergänzung einer Verbesserung der Körperzusammensetzung durch eine Steigerung der fettfreien Körpermasse (+ ca. 3,5%) und Gewichtsreduzierung (- ca. 2.3kg).

Resümierend konnten demnach in beiden Arbeiten positive Beeinflussungen der kardiovaskulären Risikofaktoren erzielt werden, bei Stewart et al. (2005) in geringfügig höherem Ausmaß als nach beiden Trainingsinterventionen von Guimares et al. (2010); dies jedoch ohne die Zielvariable Blutdruck maßgeblich zu begünstigen. Eine differenzierte methodikbezogene Auseinandersetzung erfolgt angesichts der mäßigen Studienresultate und der verhältnismäßigen Ineffektivität der Trainingsintervention im Rahmen der anschließenden Diskussion.

### 5.4.3 Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining

Studien	Gruppen	Trainingsdauer und -Häufigkeit	Trainingsgestaltung	Trainingssteuerung	Ergebnisse
Collier et al., 2008	2 Gruppen: [1] Laufen (n=15) [2] Krafttraining (n=15)	4 Wochen, [1] 3 x pro Woche a 30 min [2] 3 x pro Woche a 45-50 min	[1] 30 min Lfb.-Belastung, [2] 3 Sätze a 10 Wiederholungen pro Übung: Lat.-Zug, Brust-, Schulter-, Bauch- und Beinpresse, Beinbeuger und -strecker, Armbeuger und -Strecker	[1] 65 % der $VO_{2peak}$ [2] 65 % des 10-Wiederholungsmaximums	[1] + [2] Senkung des mittleren RR um 3,2 mmHg [1] Abnahme der zentralen und peripheren PWV [2] Erhöhung der zentralen und peripheren PWV, Gefäßweiterung
Collier et al., 2009	2 Gruppen: [1] Laufen (n=14) [2] Krafttraining (n=15)	4 Wochen, [1] 3 x pro Woche a 30 min [2] 3 x pro Woche a 45-50 min	[1] 30 min Lfb.-Belastung, [2] 3 Sätze a 10 Wiederholungen pro Übung: Lat.-Zug, Brust-, Schulter-, Bauch- und Beinpresse, Beinbeuger und -strecker, Armbeuger und -Strecker	[1] 65 % der $VO_{2peak}$ [2] 65 % des 10-Wiederholungsmaximums	[1] + [2] Senkung des mittleren RR um 3,2 mmHg [1] Optimierung der Funktionsfähigkeit des autonomen Nervensystems: Steigerung HRV und Erhöhung BRS [2] keine Änderung HRV, Senkung der BRS
Madden et al., 2009	2 Gruppen: [1] Rad oder Laufen (n=18) [2] Training ohne Ausdauerkomponente (n=18)	12 Wochen, [1] 3 x pro Woche a 60 min [2] 3 x pro Woche	[1] 10 min Warm-Up, 40 min Rad- oder Lfb.-Belastung, 10 min Cool-Down/Dehnen [2] kraftspezifische Übungen	[1] 60-75 % $HFR_{max}$ mit RR- und HF-Monitoring [2] keine Angaben	[1] Abnahme der radialen und femoralen PWV, keine Verbesserung der $VO_{2max}$ [1] + [2] keine Unterschiede zw. beiden Trainingsgruppen bezogen auf Gewicht, WHR, BMI, BZ, RR und Ruhe-HF

**Tabelle 12:** Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining

Quelle: Eigene Darstellung

Ebenso wie in der in Punkt 5.3.3.1 und 5.3.3.2 angeführten Einzelbeschreibung werden im Folgenden die von Collier et al. publizierten case studies der Jahre 2009 bzw. 2008 zusammenhängend dargestellt und beschrieben, da sich Studienpopulation und -design in beiden Publikationen nahezu deckten und sich lediglich die Ergebnisvariablen unterschieden. Hinsichtlich der Laufzeit wählten Madden et al. (2009) mit zwölf Wochen eine dreimal so lange Interventionszeit im Vergleich zu vier Trainingswochen bei Collier et al. (2008; 2009). In Bezug auf die im Rahmen der Intervention gewählten Aktivitätstypen wurden die laut ACSM-Positionspapier angeratenen Bewegungsformen Laufen (Collier et al. 2008; 2009) und Laufen oder Radfahren (Madden et al., 2009) eingesetzt und hinsichtlich der Effekte mit einem kraftspezifischem Training verglichen, wobei das ACSM eine Kombination beider Belastungsformen empfiehlt (Pescatello et al., 2004, S. 542). In der Trainingshäufigkeit erfüllten beide Studien mit drei Einheiten pro Woche die in den Richtlinien aufgeführten Minimalgrenzen. Ebenso wie die Trainingsdauer mit 30- bzw. 45-minütigen Einheiten bei Collier et al. (2008; 2009) und 60-minütigen Einheiten bei Madden et al. (2009) jeweils den ACSM-Vorgaben entsprechend gestaltet wurde (Pescatello et al., 2004, S. 541). Eingeschränkt trifft dies auch auf die Trainingsintensitäten bzw. Trainingssteuerung zu. Dahingehend sollte im Bereich von 40-60 %  $VO_{2R}$ , entsprechend 40-60 % HFR, trainiert werden (Swain, Franklin 2001, S. 152; Pescatello, S., 2004, S. 541), sodass bei Madden et al. (2009) bezüglich des ausdauerspezifischen Trainings eine geringfügige Differenz im Sinne höherer Belastungsintensitäten vorlag. Wohingegen aufgrund der  $VO_{2peak}$ -Vorgaben von Collier et al. (2008; 2009) von 65 % nur vage von einem Training im unteren

angeratenen Intensitätsbereich ausgegangen werden kann. Für ein ergänzendes Krafttraining bei arterieller Hypertonie werden keine spezifischen Angaben von Seiten des ACSM gemacht. Bezüglich der Trainingseffekte konnten bei Collier et al. (2008; 2009) Senkungen des mittleren arteriellen Blutdrucks um 3,2 mmHg sowohl nach dem Ausdauer- als auch nach dem Krafttraining erreicht werden, wobei diese Resultate unterschiedlichen Mechanismen zuzuschreiben waren. So wurden in der 2008 veröffentlichten Arbeit ein Anstieg der vasculären Leitfähigkeit im Sinne einer Gefäß-erweiterung nach dem Krafttraining nachgewiesen, wohingegen nach dem Ausdauertraining eine Senkung der PWV entsprechend einer Verbesserung der Gefäßelastizität belegt wurde. In der 2009 publizierten Studie konnte eine Optimierung der Funktionsfähigkeit des autonomen Nervensystems nach Ausdauertraining nachgewiesen werden. Mit diesen Ergebnissen übereinstimmend berichteten Madden et al. (2009) ebenfalls nur nach dem Ausdauertraining von einer Abnahme der PWV entsprechend einer Reduzierung der Gefäßsteifigkeit. Weiterhin ließen sich bei Madden et al. (2009) keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Trainingsgruppen bezogen auf Gewicht, WHR, BMI, Blutzucker, RR und Ruhe- HF feststellen sowie keine Verbesserung der  $VO_{2max}$ . Eine Abschlussbetrachtung unter Berücksichtigung der jeweils in den case studies belegten RR-Senkungen ist nicht möglich, da Madden et al. (2009) die RR-Werte lediglich zwischen den einzelnen Trainingsgruppen, jedoch nicht mit den ermittelten Werten der Ausgangsuntersuchung verglichen. Unter Betrachtung der weiteren den Blutdruck beeinflussenden Ergebnisvariablen wurden insbesondere nach den ausdauerspezifischen Trainingseinheiten effektivere Auswirkungen erzielt; dies in ähnlichem Ausmaß in allen drei oberhalb vorgestellten Forschungsarbeiten.

## 6 Diskussion

### 6.1 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen des Diskussionsteils sollen die in Punkt 3 aufgeführten Fragestellungen beantwortet werden und diesbezüglich die jeweiligen Interventionsergebnisse und das aus dieser Diskussion herausgefilterte optimale Training vorgestellt werden. Gleichmaßen soll geklärt werden, ob Parallelen zwischen den erzielten Effekten und der Charakteristik der Datenlage der veröffentlichten Studien bestehen, dies insbesondere die Trainingsintervention betreffend. Dahingehend ist neben den besten Interventionsergebnissen die angewandte Methodik im Rahmen des Studiendesigns entscheidend bzw. inwieweit Zusammenhänge zwischen mangelnden oder optimalen Studiendesigns und dem Ausmaß der erreichten Resultate erkennbar sind.

Ein alleiniges Ausdauertraining betreffend konnte gemäß dem Studienvergleich in der Gesamtbeurteilung aller ermittelten Ergebnisvariablen die im Rahmen von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) angewandte Fußball-Trainingsintervention als effektivste im Verhältnis zum Trainingsaufwand herausgestellt werden. In dieser Forschungsarbeit ist methodikbezogen sowohl die ausführliche Studiendesignbeschreibung als auch die Intensitätssteuerung der einzelnen Trainingsinterventionen positiv herauszuheben. Dies ist insbesondere im Rahmen des Fußballtrainings zu betonen, da neben einer HF-Überwachung auch eine Steuerung der Belastung mittels Herzfrequenzen stattfand sowie eine Differenzierung der in den einzelnen Gruppen verzeichneten Intensitäten (Abbildung 3). Von Bedeutung ist dies speziell vor dem Hintergrund eines Nachweises einer klaren Beziehung zwischen Intensität und Dauer der körperlichen Aktivierung und der erzielten Blutdrucksenkung und weiterer Ergebnisvariablen. Jedoch wurde in der RCT von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) auf eine genaue Beschreibung der jeweils zehnmütigen Erwärmung in beiden Trainingsgruppen verzichtet sowie auf eine Übersicht der erzielten systolischen und diastolischen Blutdrucksenkungen in Zahlenform. Letzteres wurde nur in grober Form grafisch in Abbildung 4 dargestellt bzw. als prozentuale Senkung des Ausgangswertes, ohne diesen jedoch aufzuführen. Weiterhin ist nicht zu erkennen, bei welchen Tests die  $VO_{2max}$  als Marker der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit ermittelt worden ist (Friedmann-Bette, 2011, S.10). Daneben ist ein Widerspruch bezogen auf den zur Studienteilnahme berechtigenden Lebensstil zu beanstanden. Während in Titel und Abstract „gewöhnheitsmäßig aktive“ Männer als Studienpopulation benannt wurden, wurde in der Methoden- und Teilnehmerbeschreibung auf „untrainierte“ Männer hingewiesen. Dahingehend wurde auch bei der Interventionsbeschreibung der Kontrollen angeführt, dass die betreffenden Probanden ihren überwiegend „vom Sitzen geprägten Lebensstil“ beibehielten. Auch weil die „Behandlung“ bzw. das Aktivitätsniveau der Kontrollgruppe nicht weiter dargestellt wurde, hätten mögliche Ergebnisverzerrungen auftauchen können. Denn nachweislich besteht ein Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko der Entwicklung etwa einer koronaren Herzkrankheit, eines Schlaganfalls und weiteren kardiovaskulären Erkrankungen im Sinne einer konstanten Abnahme des Erkrankungsrisikos bei steigendem Aktivitätsniveau (Blair, Cheng, Holder, 2001, S. 379ff.). In Ergänzung

dazu wurden in allen übrigen ausgewählten ausdauer-spezifischen RCTs explizit bewegungsarme Probanden eingeschlossen.

Bilanzierend nahezu gleichbedeutend mit den Veröffentlichungen von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) wandten sowohl Andersen et al. (2010) als auch Tsai et al. (2004) ähnlich wirkungsvolle Programme an. Wobei sich in der Studie von Andersen et al. (2010) trotz der erzielten hervorragenden Ergebnisse bezüglich einer Blutdrucksenkung Mängel im Zusammenhang mit der beschriebenen Methodik, insbesondere die Intensitätssteuerung der einzelnen Trainingseinheiten betreffend, zeigten. So wurde zwar das Fußballtraining mit Pulsgurten durchgeführt, jedoch fand anders als bei Knoepfli-Lenzin et al. (2010) im Rahmen der HF-Überwachung keine Steuerung der Belastungsintensitäten statt. Dies ist insoweit nachzuvollziehen, da es sich beim Fußball um keine gleichmäßige, regelmäßig wiederkehrende Aktivität handelt, deren Intensität beliebig steuerbar ist, sondern um eine Bewegungsform, deren Anstrengung von den einzelnen Spielsituationen abhängig ist. Dementsprechend wurde bei Andersen et al. (2010) lediglich die Durchschnitts- und Spitzen-HF während des Trainings aufgeführt ( $150 \pm 5$  und  $177 \pm 4$  Schläge/min) und hinsichtlich der maximalen Herzfrequenz ( $HR_{\max}$  = heart rate maximum) verglichen, jedoch ohne darauf hinzuweisen, ob die HF wesentlich gesteuert wurde. Auf eine Beschreibung der Erwärmung und der Erholung wurde wiederum gänzlich verzichtet. Weiterhin war im Rahmen der Studienbeschreibung von Andersen et al. (2010) kein Zusammenhang zwischen den in den vorab durchgeführten Spiroergometrien ermittelten Leistungsparametern und der Steuerung der Trainingsbelastung erkennbar. Dies führt zu der Annahme, dass innerhalb des Trainings keine individuellen Intensitätsanpassungen hinsichtlich des leistungsbezogenen Ausgangsniveaus erfolgten. Überdies war anhand der Ergebnisse nicht erkennbar, ob und inwieweit die erzielten Wertverbesserungen bei Probanden mit und ohne antihypertensiver Medikation differierten. Ergänzend ist methodikbezogen anzumerken, dass die „Behandlung“ der Kontrollgruppe bei Andersen et al. (2010) sehr allgemein dargestellt wurde, indem alleinig auf eine Beratung und Aufklärung hinsichtlich der günstigen Effekte eines gesunden Lebensstils bezogen auf Ernährung und körperliche Aktivität durch einen Kardiologen hingewiesen wurde.

In Bezug auf die von Tsai et al. (2004) publizierte Studie ist zunächst auf die Fallzahl der Studienteilnehmer einzugehen, da diese mit  $n=102$  in die Auswertung einbezogenen Probanden im Vergleich zu  $n=47$  bei Knoepfli-Lenzin et al. (2010) oder  $n=22$  bei Andersen et al. (2010), deutlich höher entsprechend einer größeren statistischen Power ausfiel. Zur Trainingssteuerung wurde bei Tsai et al. (2004) die maximale Herzfrequenzreserve<sup>34</sup> und der Energieumsatz herangezogen, was neben einer adäquaten Ruhe-HF Messung eine maximale Ausbelastung mit Ermittlung der tat-

---

<sup>34</sup> Herzfrequenz-Reserve nach Karvonen =  $(HF_{\max} - HF_{\text{Ruhe}}) \times \% \text{ der Trainingsintensität} + HF_{\text{Ruhe}}$  (Karvonen, Kentala, Mustala, 1957, S. 307 ff.)

sächlichen maximalen Herzfrequenz im Rahmen des Belastungstests unbedingt erfordert hätte, da sonst bei geringeren Intensitäten als angedacht trainiert und damit einhergehend geringere Effekte erzielt worden wären. Dies unter der Voraussetzung, dass die  $HF_{max}$  als Grundlage der Berechnung der maximalen Herzfrequenzreserve aus dem Belastungstest und nicht auf Grund von Berechnungsformeln abgeleitet wurde, da genaue Angaben hinsichtlich der Ermittlung der Ruhe-HF und der  $HF_{max}$  fehlten. Im Rahmen dessen wurde jedoch nicht aufgeführt, was neben pathologischen Gründen einen Abbruch des Belastungstestes definierte bzw. ob eine Beendigung des Tests erst bei maximaler Erschöpfung erfolgte. Das Training betreffend lagen bei Tsai et al. (2004) zudem keine weiteren Angaben zu den durchgeführten Einheiten und den gewählten Belastungsformen vor. Weitere Informationen fehlten außerdem bezüglich der genauen Steuerungswerte des RRs während der einzelnen Trainingseinheiten sowie Erläuterungen und Angaben zur Metropolitan-Life-Gewichtstabelle. Negativ zu bewerten und gravierend in Bezug auf die Einschätzung der Studienergebnisse sind die gänzlich nicht im Ergebnis- und Diskussionsteil erwähnten, jedoch in den Ausgangs-, Zwischen- und Enduntersuchungen erhobenen, biochemischen Parameter und deren Veränderungen während des Beobachtungszeitraums bzw. im Vergleich zu den Kontrollen; infolgedessen ein Publikationsbias und demzufolge eine mögliche Überschätzung der Behandlungseffekte aufgetreten sein könnte (Moher, Schulz, Altman, 2004, S. T16). Ebenfalls eine Ergebnisverzerrung hätten die rein subjektiven Einschätzungen der durch den SF-36 gewonnenen Angaben bedingen können und deren Betrachtung in Verbindung mit der erzielten RR-Senkung, da die Punkte-Verbesserungen unter anderem in den Bereichen *körperliche Beschwerden* und der *Wahrnehmung der eigenen allgemeinen Gesundheit* nicht zweifelsfrei als direktes Resultat der RR-Senkung herausgestellt werden können. Auf eine Beschreibung des Aktivitätsniveaus der Kontrollgruppe während des Beobachtungszeitraums wurde, wie in den Studien von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) und Andersen et al. (2010), gänzlich verzichtet, was wiederum mögliche Verfälschungen der Effekte nach sich ziehen könnte.

Bezüglich des Designs der Studie von Westhoff et al. (2008) ist in erster Linie die Studienpopulation mit einer Fallzahl von 24 Probanden in den Fokus zu stellen, da diese wahrscheinlich zu klein ausgefallen ist, um beispielsweise den Nachweis einer signifikanten Verbesserung der Endothelfunktion zu erbringen. Für detailliertere mechanistische Einblicke wäre diesbezüglich eine größere Population notwendig gewesen. Da die Kalkulation bzw. Power-Analyse vor Studienbeginn aber in erster Linie darauf ausgelegt war signifikante Effekte des Trainings auf den Blutdruck aufzuzeigen, ist dies nur am Rande zu bemängeln. Weiterhin muss im Rahmen der Methodik bzw. der nicht nachweisbaren Verbesserung der Endothelfunktion auf die für die Trainingsgruppe möglicherweise zu gering gewählte Belastungsintensität hingewiesen werden, wodurch weitere relevante Veränderungen nicht erzielt werden konnten. Diese beiden Kritikpunkte wurden auch von den Autoren im Rahmen der Diskussion angebracht. Somit konnten die Ergebnisse der Studie von Westhoff et al. (2008) zwar keine finale Klärung hinsichtlich des Mechanismus einer trainingsbedingten Blutdrucksenkung erbringen, jedoch das Handkurbeltraining als Belastungsalternative im Rahmen einer bewegungsspezifischen Bluthochdrucktherapie herausgestellt werden. Unter der Ergänzung, dass

der Einfluss auf die allgemeine physische Leistungsfähigkeit und dadurch bedingt die kardialen Funktionsverbesserungen gering war. Wobei anzumerken ist, dass keine Messung der  $VO_{2max}$  als Kenngröße der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit erfolgte, sondern die Einschätzung der Leistung auf dem Vergleich der ermittelten Laktatleistungskurven beruhte. Die Beschreibung der Methodik betreffend wurden Intensitätssteuerung der einzelnen Trainingseinheiten und die Trainingsanpassung durch die regelmäßigen Laktatabnahmen während des Trainings bei Westhoff et al. (2008) genau aufgeführt, wodurch ein Zusammenhang zwischen den in den vorab durchgeführten Ergometrien ermittelten Leistungsparametern und der Steuerung der Trainingsbelastung erkennbar war. Entgegengesetzt wurden bezüglich des HF- und RR-Monitorings während der einzelnen Trainingseinheiten keine Angaben gemacht, ob etwa ein deutlich erhöhter Blutdruck während des Trainings zu einer Intensitätsregulierung führte bzw. inwieweit die gemessenen Herzfrequenzen einen Einfluss auf die Trainingssteuerung hatten. Demgemäß ist diskussionswürdig, ob eine Ziellaktatvorgabe vor dem Hintergrund personenbezogen sehr individueller Laktatausbildungen als alleiniges Steuerungselement sinnvoll war, da in dieser Form nur eingeschränkt individuelle Intensitätsanpassungen hinsichtlich des leistungsbezogenen Ausgangsniveaus erfolgen konnten (Kindermann, Coen, 1998, S. 37 ff.; 2004, S. 161 ff.; S. Tokmatidis, Léger, L.A., Piliandis, C., 1998, S. 333 ff.). Auf eine Beschreibung des Aktivitätsniveaus der Kontrollgruppe während des Beobachtungszeitraums wurde erneut gänzlich verzichtet, wodurch wiederum mögliche Ergebnisverzerrungen auftreten könnten.

Im Rahmen der Untersuchungen von Hinderliter et al. (2002) wurde zur Trainingssteuerung, in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Tsai et al. (2004), die maximale Herzfrequenzreserve<sup>35</sup> herangezogen, was wie bereits erläutert neben einer adäquaten Ruhe-HF Messung eine maximale Ausbelastung mit Ermittlung der tatsächlichen maximalen Herzfrequenz im Rahmen des Belastungstests unbedingt erfordert hätte. Wobei abermals genaue Angaben hinsichtlich der Ermittlung der Ruhe-HF und der  $HF_{max}$  fehlten und nicht aufgeführt wurde, was neben pathologischen Gründen einen Abbruch des Belastungstestes definierte. Das Training betreffend lagen bei Hinderliter et al. (2002) zudem keine weiteren Angaben zu den durchgeführten Einheiten und den gewählten Belastungsformen vor. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund einer Wahlmöglichkeit der Trainingsform zwischen einer Fahrrad- und Laufeinheit bedeutend. Denn dahingehend wurde keine eigenständige Fahrradergometrie zur Ermittlung der optimalen Trainingsherzfrequenz durchgeführt, obwohl die Pulsfrequenzen bei Radfahreinheiten für gleiche Trainingsbelastungen personenbezogen schwankend im Durchschnitt ca. elf Schl/min niedriger als bei Laufeinheiten ausfallen und somit auch die für die Berechnung der Herzfrequenz-Reserve notwendigen  $HF_{max}$ -Werte individuell differieren (Such, Meyer, 2009, S. 35; Kindermann, 1987, S. 248). Auf eine Beschreibung der Erwärmung und der Erholung wurde bei Hinderliter et al. (2002) wie in allen anderen bisher vorge-

---

<sup>35</sup> Herzfrequenz-Reserve nach Karvonen =  $(HF_{max} - HF_{Ruhe}) \times \% \text{ der Trainingsintensität} + HF_{Ruhe}$  (Karvonen, Kentala, Mustala, 1957, S. 307 ff.)

stellten Arbeiten gänzlich verzichtet, wobei diese bei Tsai et al. (2004) immerhin 20 min der 55-minütigen Trainingszeit einnahmen. Ebenfalls wurden im Rahmen der Forschungsarbeit von Hinderliter et al. (2002) auf das Aktivitätsniveau und Essverhalten der Kontrollgruppe betreffende Angaben verzichtet, was erneut mögliche Verzerrungen der Ergebnisse nach sich hätte ziehen können (Blair, Cheng, Holder, 2001, S. 379ff.). Insbesondere, da in der Darstellung der Einschlusskriterien der Studienteilnehmer auf keinerlei diätetische Ernährungsweisen hingewiesen wurde, während sowohl die der reinen Trainings- als auch der Kontrollgruppe zugeordneten Probanden angewiesen wurden, ihre gewöhnlichen Bewegungs- und diätetischen Gewohnheiten beizubehalten, ohne diese jedoch in irgendeiner Art und Weise genauer zu benennen. Außerdem wurden die Probanden der Studie von Hinderliter et al. (2002) laut Studienprotokoll nach einem Verhältnis von zwei: zwei: eins den einzelnen Gruppen (EO: WM: C) zugeordnet, die Teilnehmerzahlen von EO: n=27, WM: n=36 und C: n=19 stellten jedoch im Widerspruch dazu ein deutlich anderes Verhältnis dar. Eventuell sind diese Angaben in einem detaillierterem Studienprotokoll in einer früheren Studie von Blumenthal, Sherwood und Gullette (Blumenthal, Sherwood, Gullette 2000, S. 1947ff.) beschrieben, da auf diese im Rahmen der Designbeschreibung von Hinderliter et al. (2002) hingewiesen wurde. Hinsichtlich der Ergebnisdarstellung ist zudem anzufügen, dass die ermittelten Werte der Peak- $O_2$ -Consumption nur grafisch dargestellt wurden und bis auf die Ausgangswerte keine genauen Daten verfügbar waren. Dies bezieht sich in ähnlicher Form auch auf die Angaben der linksventrikulären Strukturveränderungen, deren Veränderungen nur als %-Werte im Vergleich zur Erstuntersuchung dargestellt wurden. Jedoch wurden die Ausgangswerte aufgeführt, was eine eigenständige Berechnung der einzelnen Werte ermöglichen würde.

Werden die vorliegenden ausdauerspezifischen Forschungsarbeiten vordergründig nur hinsichtlich der direkt den Blutdruck betreffenden Resultate ohne Rücksicht auf zusätzlich nachgewiesene Effekte neben einer effektiven Blutdrucksenkung ausgewertet sowie unabhängig von möglichen methodischen Unzulänglichkeiten und Ergebnisverzerrungen betrachtet, können unter Bezugnahme auf die im Studienvergleich abgebildeten Messwerte zum einen Laufeinheiten in einem Umfang von drei Trainingseinheiten pro Woche über durchschnittlich 50-60 min bei gleichbleibenden Intensitäten von ca. 60-70 %  $HFR_{max}$ , entsprechend etwa 70-80 %  $HF_{max}$ , als optimales Training bei Bluthochdruck herausgestellt werden. Nahezu gleichwertig sind tempovariierende Laufbelastungen im Rahmen eines Fußballtrainings einzuschätzen, bei leicht höheren Intensitäten von durchschnittlich 75-90 %  $HF_{max}$ , vergleichbar mit ungefähr 70-85 %  $HFR_{max}$ . Dafür bei minimal geringerer Trainingshäufigkeit von zwei bis drei Einheiten pro Woche und einer Dauer von ebenfalls ca. 50-60 min. Dahingehend zeigte sich bezogen auf die Richtlinien des ACSM, welche ein Training bei 40-60 %  $VO_2R$ , entsprechend 40-60 %  $HFR$  empfehlen, eine deutliche Differenz im Sinne höherer Belastungsintensitäten. Jedoch mit zwei bis drei Einheiten pro Woche im Vergleich zu angeratenem drei- bis fünfmaligen Training in geringeren Umfängen die Trainingshäufigkeit betreffend bei einer jeweiligen Trainingsdauer im oberen empfohlenen Bereich von bis zu 60 min (Swain, Franklin, 2001, S. 152; Pescatello, et al. 2004, S. 541). Wobei eine Intensitätserhöhung bei konstanten Laufbelastungen wie etwa bei Hinderliter et al. (2002) auf 75-85 %  $HFR_{max}$  keine deutlicheren Blut-

drucksenkungen nach sich zog. Sogar gegenteilig die Effekte mit RR-Abnahmen von 3/ 4 mmHg geringer ausfielen und dies bei einer höheren Trainingshäufigkeit von drei- bis viermal pro Woche, bei annähernd übereinstimmender Trainingsdauer von insgesamt jeweils 55 min. Hierbei ist anzufügen, dass die RCT von Hinderliter et al. (2002) mit 24 Wochen einen doppelt so langen Untersuchungszeitraum aufwies im Vergleich zu den zehn- und zwölfwöchigen Interventionen der übrigen ausdauerspezifischen RCTs und dahingehend offen ist, inwieweit sich die jeweiligen ermittelten Effekte bei gleicher Interventionszeit relativieren oder voneinander entfernen würden. Bezüglich des Geschlechts sind in den Studien von Andersen et al. (2010) und Knoepfli-Lenzin et al. (2010) vor dem Hintergrund einer fußballspezifischen Trainingsintervention nur männliche Teilnehmer eingeschlossen worden. Dabei können, wie bereits in Punkt 2.2.1 aufgeführt, keine genauen Angaben in Bezug auf geschlechtsspezifische Effektunterschiede in Folge von Bewegung gemacht werden, da einige Daten auf eine bessere Blutdrucksenkung durch körperliche Aktivität bei Frauen hinweisen, andere Untersuchungen jedoch keine signifikanten Geschlechtsunterschiede herausstellen konnten (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.). Vor dem Hintergrund einer durch Bewegung erreichbaren ausgeprägteren Blutdrucksenkung bei höherer Blutdruckausgangslage (Whelton et al., 2002, S. 493 ff; Fagard, 2001, S. 484 ff.) ist anzuführen, dass sich lediglich Knoepfli-Lenzin et al. (2010) bezüglich der Studienpopulation auf eine Hypertonie Grad I beschränkten, während die Blutdruckausgangslagen in den übrigen Studien deckungsgleich waren und einer leichten bis mittelschweren Hypertonie, gemäß Grad I und II, entsprachen. Hinderliter et al. (2002) bezogen zusätzlich noch Probanden mit hochnormalem Blutdruck ein. Demgemäß wird die Effektivität der als am erfolgreichsten bewerteten Fußballintervention von Knoepfli-Lenzin et al. (2010) nochmals bekräftigt.

Entsprechend des Studienvergleichs eines kombinierten Ausdauer- und Krafttrainings zeigten sich in der Gesamtbetrachtung der ermittelten Ergebnisvariablen in beiden ausgewählten Arbeiten positive Beeinflussungen der kardiovaskulären Risikofaktoren; bei Stewart et al. (2005) in geringfügig höherem Ausmaß als nach beiden Trainingsinterventionen von Guimarães et al. (2010). Dieses jedoch ohne die Zielvariable Blutdruck maßgeblich zu begünstigen. Wobei die Resultate betreffend anzufügen ist, dass die Blutdruckausgangslagen in beiden Studien mit hoch-normalem Blutdruck bei Guimarães et al. (2010) und Hypertonie Grad I bei Stewart et al. (2005) einer maximal leichten Blutdruckerhöhung entsprachen, was Auswirkungen auf eine mögliche RR-Senkung hat, da die Größenordnung einer durch Bewegungstherapie erreichbaren Blutdrucksenkung bei höherer Blutdruckausgangslage umso ausgeprägter ist (Whelton et al., 2002, S. 493 ff.; Fagard, 2001, S. 484 ff.) Ein Erklärungsversuch der mäßigen Studienresultate und der verhältnismäßigen Ineffektivität der Trainingsintervention erfolgt nachstehend in Form einer differenzierten methodikbezogenen Auseinandersetzung.

Im Rahmen der Designbeschreibung der RCT von Guimarães et al. (2010) fehlt es u.a. in Bezug auf Beschreibung des Belastungstests bzw. des modifizierten Bruce-Protokolls und hinsichtlich der Trainingsbeschreibung an Präzision. Dahingehend tauchte auch ein Widerspruch bezüglich der für die Berechnung der maximalen Herzfrequenz-Reserve benötigten  $HF_{max}$  auf, was einen direkten

Einfluss auf die Trainingssteuerung und somit die erzielten Effekte nach sich hätte ziehen können. So wurde einerseits auf die Nutzung der Berechnungsformel „220 - Lebensalter“ hingewiesen, jedoch ebenfalls auf die Verwendung der während des Laufbandtests ermittelten Herzfrequenzen in Ruhe und bei Maximalbelastung als Grundlage der Berechnung der HFR. Sollte tatsächlich die oberhalb genannte Berechnungsformel zum Einsatz gekommen sein, war eine individuelle Anpassung des Trainings an Ausgangsniveau und Leistungsvermögen nur bedingt gegeben und somit eine Erzielung optimaler gesundheitlicher Effekte nicht gewährleistet (Tanaka, Monahan, Seals, 2001, S. 155). Bezogen auf die durch den Belastungstest gewonnene  $HF_{max}$  treffen die bereits in der Beschreibung der Studien von Tsai et al. (2004) und Hinderliter et al. (2002) aufgeführten Erläuterungen zu. Weiterhin wurden bei Guimarães et al. (2010) zur Gestaltung der Hälfte der gesamten Trainingszeit keine weiteren Angaben gemacht, da weder die jeweils zehnmütige Erwärmung und Erholung noch eine Intensitätssteuerung des 20 Minuten umfassenden Krafttrainings genauer dargestellt wurden. So wurde im Rahmen der Erwärmung lediglich auf den Schwerpunkt Stretching hingewiesen; das Krafttraining sollte bei submaximaler Anstrengung stattfinden. Zudem mussten wegen nicht Einhaltung der vorgegebenen Belastungsintensitäten Drop-outs in Kauf genommen werden, da  $\frac{2}{3}$  des Trainings unter Aufsicht absolviert wurden und  $\frac{1}{3}$  in Eigenregie.

Bezüglich der in der Forschungsarbeit von Stewart et al. (2005) aufgeführten Methodik ist die individuelle Steuerung beider Trainingsformen, folglich sowohl der Kraft- als auch der Ausdauerkomponenten des Trainings, im positiven Sinne zu erwähnen. Dies wurde ermöglicht durch die im Vorfeld der Intervention durchgeführten Krafttests und Belastungstests auf dem Laufband bzw. an Hand der ermittelten Kraft-Maximalwerte. Diskussionswürdig ist jedoch die große Spanne bezogen auf die Prozentvorgaben des Ausdauertrainings, welches demnach im Bereich von 60-90 % der  $HF_{max}$  liegen sollte. Durch diese Streuung konnten die Ausdauerheiten bei Stewart et al. (2005) sowohl im regenerativen, extensiven als auch intensiven Bereich stattfinden, weshalb letztlich doch nicht von einer spezifischen und individuell angepassten Trainingssteuerung auszugehen ist (Kindermann, 2004, S. 162). Zudem wurde nicht aufgeführt, inwieweit zwischen den einzelnen Belastungsformen Radfahren, Stepping und Laufen hinsichtlich der Herzfrequenzvorgaben unterschieden wurde. Dahingehend kann nicht nachvollzogen werden, ob berücksichtigt wurde, dass die Pulsfrequenzen bei Radfahreinheiten für gleiche Trainingsbelastungen bei Stepping- und Laufeinheiten individuell schwankend durchschnittlich ca. elf Schl./min. niedriger ausfallen (Such, Meyer, 2009, S. 35). Zumal keine eigenständige Fahrradergometrie zur Ermittlung der für jede Belastungsform spezifischen  $HF_{max}$ -Werte durchgeführt wurde, wodurch mögliche Differenzen zwischen der vom Laufbandtest abgeleiteten und tatsächlichen optimalen Trainingsherzfrequenz aufgetreten sein könnten (Kindermann, 1987, S. 248.). Diese Unzulänglichkeiten in der Trainingssteuerung bei Stewart et al. (2005) können als mögliche Ursache der geringen RR-Senkungen, insbesondere des systolischen Blutdrucks, innerhalb der Trainingsgruppe im Vergleich zu den Kontrollen angenommen werden.

Vor dem Hintergrund der verhältnismäßigen Ineffektivität der Trainingsintervention bezogen auf eine Blutdrucksenkung als mögliche Folge methodischer Unzulänglichkeiten und Ergebnisverzerrungen, dienen die vorliegenden Vergleichsarbeiten ausdauer- und kraftspezifischer Bewegungsinterventionen von Guimarães et al. (2010) und Stewart et al. (2005) nur eingeschränkt einer Ableitung optimaler Trainingsempfehlungen. Neben der mit nur zwei verfügbaren RCTs geringen Anzahl vergleichbarer Arbeiten, wird dies auch auf Grund der trainingspezifischen Datenlage in den veröffentlichten RCTs erschwert. Dahingehend wird das Krafttraining bei Guimarães et al. (2010) und das Ausdauertraining bei Stewart et al. (2005) betreffend auf Grund fehlender Angaben keine Herleitung konkreter Intensitätsangaben ermöglicht. Die Interventionsergebnisse hinsichtlich einer positiven Beeinflussung weiterer kardiovaskulärer Risikofaktoren separat betrachtet, kann nach Guimarães et al. (2010) in Folge eines laufspezifischen Intervalltrainings bei 50 und 80 %  $HFR_{max}$  im Verhältnis zwei: eins eine Verbesserung der Pulswellengeschwindigkeit im Sinne einer Verbesserung der Gefäßelastizität erreicht werden. Wohingegen bei Stewart et al. (2005) in Folge des Ausdauertrainings bei 60-90 %  $HF_{max}$  bzw. des Krafttrainings bei 50 % der Maximalkraft neben einer Zunahme der körperlichen Fitness auch eine Verbesserung der Körperzusammensetzung durch eine Steigerung der fettfreien Körpermasse und Gewichtsreduzierung erzielt wurde. Letzteres kann jedoch auf Grund des doppelt so langen Interventionszeitraums, bei gleichem wöchentlichem Trainingsumfang von drei Einheiten pro Woche von jeweils ca. 80 min, nicht gänzlich einer höheren Effizienz des Trainings zugeschrieben werden.

Ein Vergleich der Effekte von Ausdauer- gegenüber Krafttraining ist an Hand der in den ausgewählten case studies belegten RR-Senkungen nur eingeschränkt möglich, da Madden et al. (2009) die RR-Werte lediglich zwischen den einzelnen Trainingsgruppen, jedoch nicht mit den ermittelten Werten der Ausgangsuntersuchung, verglichen. Unter Betrachtung der weiteren den Blutdruck beeinflussenden Ergebnisvariablen wurden insbesondere nach den ausdauerspezifischen Trainingseinheiten effektivere Auswirkungen ähnlichen Ausmaßes in allen drei Studien erzielt.

Im Rahmen der Studiendesignbeschreibung wiesen Madden et al. (2009) auf eine fortlaufende klinische Kontrolle der Parameter Blutdruck, Blutzucker und Herzfrequenz hin, wobei jedoch keine Grenzwerte und Handlungsweisen angeführt wurden, die ggf. zu einer Regulierung oder Modifikation der Trainingsgestaltung und -intensität führten. Zur Trainingssteuerung wurde abermals die maximale Herzfrequenz-Reserve<sup>36</sup> herangezogen, was wie in den Beschreibungen der Studien von Tsai et al. (2004), Hinderliter et al. (2002) und Guimarães et al. (2010) neben einer adäquaten Ruhe-HF-Messung eine maximale Ausbelastung mit Ermittlung der tatsächlichen maximalen Herzfrequenz im Rahmen des Belastungstests unbedingt erfordert hätte, da sonst bei geringeren Intensitäten als angedacht trainiert und damit einhergehend geringere Effekte erzielt worden wären. In

---

<sup>36</sup> Herzfrequenz-Reserve nach Karvonen =  $(HF_{max} - HF_{Ruhe}) \times \% \text{ der Trainingsintensität} + HF_{Ruhe}$  (Karvonen, Kentala, Mustala, 1957, S. 307 ff.)

diesem Zusammenhang wurde das in der Laufbandergometrie verwendete Testprotokoll „Bruce“ nicht erklärt und diesbezüglich wurden keine Abbruchkriterien angeführt. Es wurde lediglich auf eine  $VO_{2max}$ -Messung im Rahmen des Tests hingewiesen. Das Training betreffend wurde zudem wiederum nicht erläutert, inwieweit zwischen den einzelnen Belastungsformen Radfahren und Laufen hinsichtlich der Herzfrequenzvorgaben unterschieden wurde, insbesondere da keine eigenständige Fahrradergometrie zur Ermittlung der optimalen Trainingsherzfrequenz durchgeführt wurde (Kindermann, 1987, S. 248.). Dies obwohl die Pulsfrequenzen bei Radfahreinheiten für gleiche Trainingsbelastungen individuell schwankend generell niedriger als bei Laufeinheiten ausfallen und somit auch die für die Berechnung der Herzfrequenz-Reserve notwendigen  $HF_{max}$ -Werte differieren (Such, Meyer, 2009, S. 35). Weiterhin wurden bei Madden et al. (2009) zur Gestaltung eines Drittels der gesamten Trainingszeit keine weiteren Angaben gemacht, da weder die jeweils zehnteilige Erwärmung noch Erholung dargestellt waren. So wurde im Rahmen der jeweils abschließenden Cool-Down-Phase einzig auf den Schwerpunkt Stretching hingewiesen. Auch die Beschreibung der nicht-ausdauerorientierten Trainingsgruppe fiel sehr knapp aus. Diesbezüglich wurde allein auf kraftspezifische Übungen, beispielsweise mit Kurzhanteln und Gymnastikbällen, hingewiesen, sowie auf eine Trainingsüberwachung mittels wöchentlicher Kontaktaufnahmen durch die Trainer, wodurch sichergestellt werden sollte, dass keine zusätzlichen Ausdaueraktivitäten der NA-Gruppe durchgeführt wurden. Diese Unzulänglichkeiten und teilweise Unklarheiten in der Trainingssteuerung können als mögliche Ursachen nicht nachweisbarer Verbesserungen der körperlichen Leistungsfähigkeit, des erhöhten Blutdrucks sowie der Körpermerkmale Gewicht, BMI und des WHR in beiden Trainingsgruppen angenommen werden. Des Weiteren ist im Rahmen der Ergebnisdarstellung der Studie von Madden et al. (2009) anzufügen, dass bezogen auf die Körpermaße und die Merkmale der Leistungsfähigkeit keine Ausgangswerte verfügbar waren, sodass nur der Vergleich der Messdaten zwischen beiden Gruppen aufgeführt wurde, ohne Bezug zu nehmen auf mögliche Veränderungen verglichen mit den ermittelten Werten der Ausgangs- bzw. Erstuntersuchung. Dies bezieht sich in ähnlicher Form auch auf die Angaben der Pulswellengeschwindigkeit, deren Veränderungen jedoch als %-Werte im Vergleich zur Erstuntersuchung dargestellt wurden, was eine eigenständige Berechnung der einzelnen Werte ermöglichen würde.

Im Rahmen des von Collier et al. (2008, 2009) verwendeten Studiendesigns wurden sowohl für das Ausdauertraining als auch für das Krafttraining spezifische Trainingsintensitäten festgelegt, welche hinsichtlich einer optimalen Dosierung auf Grundlage eines der jeweiligen Belastungsform entsprechenden diagnostischen Tests individuell ermittelt wurden. Wobei die Steuerung der Ausdauerheiten mittels  $VO_{2peak}$ -Vorgaben reguliert wurde, jedoch keine Erklärungen im Rahmen der Interventionsbeschreibung aufgeführt wurden, inwieweit ein Training bei der festgelegten Intensität von 65 %  $VO_{2peak}$  gewährleistet war und bezüglich einer Übereinstimmung kontrolliert wurde. Demnach ist nicht ersichtlich, ob die Intensitätsvorgaben während der einzelnen Trainingseinheiten mit Hilfe eines transportablen Spirometrie-Systems kontrolliert wurden bzw. ob die korrespondierende Herzfrequenz zur Trainingssteuerung herangezogen wurde und dahingehend mit Pulsgurten trainiert wurde. Von Bedeutung ist dies speziell vor dem Hintergrund eines Nachweises einer klaren Bezie-

hung zwischen Intensität und Dauer der körperlichen Aktivierung und der erzielten Blutdrucksenkung und weiteren Interventionseffekten, auch um zudem mögliche Ergebnisverzerrungen zu vermeiden. Insbesondere, da in den von Collier et al. (2008, 2009) publizierten Studien hauptsächlich nach den ausdauerspezifischen Trainingseinheiten effektivere Auswirkungen auf weitere den Blutdruck beeinflussende Ergebnisvariablen nachgewiesen wurden. In Ergänzung hätte eine Steuerung mittels prozentualer  $VO_{2peak}$ -Berechnungen eine nahezu maximale Ausbelastung während des vorab durchgeführten Belastungstests erfordert, da sonst bei geringeren Intensitäten als angedacht trainiert und damit einhergehend geringere Effekte erzielt worden wären. Im Zusammenhang des Studiendesigns bzw. der relativ geringen Auswirkungen auf den Blutdruck muss auf die möglicherweise zu kurz gewählte Trainingsdauer von vier Wochen hingewiesen werden, wodurch weitere relevante Veränderungen möglicherweise nicht erzielt werden konnten.

Ein vergleichendes Fazit von Ausdauer- und Krafttraining hinsichtlich einer optimalen Trainingsdauer, -häufigkeit und -intensität ist unter Berücksichtigung der jeweils in den case studies belegten RR-Senkungen nur erschwert möglich, da Madden et al. (2009) die RR-Werte ausschließlich zwischen den einzelnen Trainingsgruppen, jedoch nicht mit den ermittelten Werten der Ausgangsuntersuchung verglichen. Somit konnten einzig bei Collier et al. (2008, 2009) in Folge des Lauftrainings bei 65 %  $VO_{2peak}$  sowie nach Krafttraining bei 65 % des Zehn-Wiederholungsmaximums signifikante Senkungen des mittleren arteriellen Blutdrucks von 3,2 mmHg herausgestellt werden. Übereinstimmend mit den kombinierten Ausdauer- und Kraftinterventionen von Guimarães et al. (2010) und Stewart et al. (2005) fanden die Bewegungseinheiten dreimal pro Woche statt, bei auch nahezu identischem Zeitaufwand von ca. 80 min bei Collier et al. (2008, 2009). Jedoch ist die ermittelte RR-Senkung angesichts des kurzen Interventionszeitraumes von Collier et al. (2010) vergleichsweise hoch zu bewerten. Diese Ergebnisse betreffend ist ergänzend anzufügen, dass die Blutdruckausgangslagen in den Studien differierten, da Collier et al. (2008; 2009) Hypertoniker des Grades I sowie Probanden mit hoch-normalem Blutdruck einschlossen, wohingegen Madden et al. (2009) keine Einschlusskriterien hinsichtlich einer Stadieneinteilung festlegten. Was wiederum Auswirkungen auf eine mögliche RR-Senkung gehabt haben könnte, da die Größenordnung einer durch Bewegungstherapie erreichbaren Blutdrucksenkung bei höherer Blutdruckausgangslage umso ausgeprägter ist (Whelton et al., 2002, S. 493 ff; Fagard, 2001, S. 484 ff.). Unter Betrachtung der weiteren den Blutdruck beeinflussenden Ergebnisvariablen wurden im Vergleich von Ausdauer- und Krafttraining, insbesondere nach den 30- bzw. 40-minütigen ausdauerspezifischen Trainingseinheiten bei 65 %  $VO_{2peak}$  bzw. 60-75 %  $HFR_{max}$ , effektivere Auswirkungen etwa in Form einer Abnahme der Pulswellengeschwindigkeit im Sinne einer Verbesserung der Gefäßelastizität erzielt.

Eine zusammenfassende Gesamtbetrachtung auf Grundlage aller in die Untersuchung eingeschlossenen Forschungsarbeiten, aufgelöst von einer Untergliederung in unterschiedliche Belastungs- und Trainingsformen, ergibt entsprechend der Beantwortung von Frage 1, „*Bewegungstherapie und arterielle Hypertonie: State of the art*“, folgende Empfehlungen: Hohe blutdrucksenkende Effekte von bis zu ca. 13 mmHg systolisch und 8 mmHg diastolisch sowie Verbesserungen

der Gefäßelastizität durch eine Abnahme der Pulswellengeschwindigkeit sind mit Hilfe ausdauer-spezifischer Fahrrad- oder Laufbelastungen zu erzielen. Dies bei einer Trainingshäufigkeit von drei Einheiten pro Woche für 40-60 min in einer Intensität von 60-75 %  $HFR_{max}$ . Alternativ oder in Abwechslung mit intervallartigen Ausdauerseinheiten, beispielsweise in Form eines Fußballtrainings, an zwei bis drei Tagen pro Woche für ebenfalls ca. 50-60 min bei 70-85 %  $HFR_{max}$  oder einem reinen laufspezifischen Intervalltraining bei 50 und 80 %  $HFR_{max}$  im Verhältnis zwei: eins. In Ergänzung eines Krafttrainings bei 50-55 % der Maximalkraft in einem Umfang von ca. 45 min an ein-zwei Tagen pro Woche kann zudem eine Verbesserung der Körperzusammensetzung durch eine Steigerung der fettfreien Körpermasse und Gewichtsreduzierung erzielt werden, da ein höherer Anteil Muskelmasse im Sinne eines höheren Anteils an stoffwechselaktiver, fettfreier Körpermasse eine signifikante Steigerung des täglichen Energieumsatzes bewirken kann (Braumann, K.-M., 2009, S. 19).

Diese Empfehlungen hinsichtlich eines optimalen Bewegungstrainings bei arterieller Hypertonie sind von ähnlich großer Spannweite wie die ACSM-Vorgaben, was unter Beantwortung der 2. Fragestellung, *„Inwieweit bestehen bei den jeweiligen durchgeführten Trainingsinterventionen methodische Gemeinsamkeiten und Unterschiede, sowie diesbezüglich gegebenenfalls Probleme einer Vergleichbarkeit?“*, ergründet und begründet werden kann. In erster Linie sind, basierend auf der vorangegangenen methodischen Analyse der Trainingsinterventionen, die unterschiedlichen Angaben hinsichtlich der jeweiligen Trainingsdauer und- intensität auffällig. Während die Bewegungsformen mit vordergründig Laufen, Radfahren und Krafttraining sowie die Trainingshäufigkeiten mit durchschnittlich drei Einheiten pro Woche in den Arbeiten nahezu deckungsgleich waren und auch mit den ACSM-Vorgaben übereinstimmten. Im Gegensatz dazu schwankten die Trainingsumfänge von minimal 30 und maximal 80 min je Einheit, derweil sich die einzelnen Intensitätsvorgaben nicht nur hinsichtlich der Belastungsstärke unterschieden, sondern auch in Bezug auf den Gebrauch der jeweiligen Maßeinheiten. Dahingehend erfolgte die ausdauer-spezifische Trainingssteuerung über die  $HFR_{max}$ ,  $HF_{max}$ ,  $VO_{2peak}$  oder über ein Ziellaktat sowie beim Krafttraining über die maximale Kraft oder das 10-Wiederholungsmaximum. In diesem Zusammenhang wiesen auch die Vor-, Zwischen-, und Nachuntersuchungen große inhaltliche Unterschiede auf sowie damit zusammenhängend die neben der Zielvariablen Blutdruck ermittelten Nebeneffekte. Beispielsweise differierten bezüglich der Einschätzung der körperlichen Fitness und deren ggf. trainingsbedingter Verbesserung die Messvariablen zwischen Ruhe-HF-Senkungen,  $VO_{2max}$ -Steigerungen, Watt- oder km/h-Zunahmen und Laktatkurvenverschiebungen. Infolgedessen ergeben sich beachtliche Probleme der Vergleichbarkeit der Studienresultate im Zusammenhang mit der Bewegungsintervention, wonach auch die Ableitung optimaler Belastungsformen sowie eines Dosis-Wirkungszusammenhangs erschwert wird. Zudem ist durch eine häufig lückenhafte Dokumentation des Trainings in Bezug auf die Gestaltung, Beschreibung und Durchführung, der Nachweis und die Bewertung einer klaren Beziehung zwischen Intensität und Umfang der körperlichen Aktivierung und der erzielten Blutdrucksenkung sowie weiterer Variablen nahezu gänzlich unmöglich und dahingehend die wissenschaftliche Beweiskraft der Interventionseffekte geschmälert.

Darauf aufbauend erfolgt an Hand der im ersten Teil der Diskussion herausgearbeiteten intervensionsbezogenen methodischen Gestaltung der einzelnen Studien zusammenfassend die Klärung der 3. Frage: *Welche Schlussfolgerungen lassen sich auf Grundlage identifizierter methodischer Schwächen in Hinblick auf eine Standardisierung der methodischen Gestaltung bewegungstherapeutischer Interventionsprogramme im Sinne eines „guten Studiendesigns“ finden?* Zur Klärung dessen soll bezüglich möglicher Ergebnisverzerrungen gleichermaßen geklärt werden, ob Parallelen zwischen den erzielten Effekten und der Charakteristik der Datenlage der veröffentlichten Studien bestanden, dies insbesondere die Trainingsintervention betreffend. Eine vergleichende Betrachtung der Effektivität der einzelnen Interventionen und der jeweils angewandten und dokumentierten Methodik, zeigte zwar klare Zusammenhänge hinsichtlich geringerer ausfallender Resultate bei Ungenauigkeiten in der Trainingssteuerung, jedoch wiesen auch die RCTs mit den besten Interventionsergebnissen relevante Kritikpunkte im Rahmen des Studiendesigns auf. Besonders auffällig ist das Fehlen spezifischer Angaben in Bezug auf das Aktivitätsniveau der Kontrollgruppen in allen Studien sowie bezüglich der Erwärmungs- und Erholungsphase im Rahmen der Trainingsintervention. Dies kann insbesondere zu Abweichungen und möglichen Verfälschungen der Ergebnisse geführt haben, wenn die besagte Erwärmung und Cool-Down-Phase einen beachtlichen Umfang des Trainings mit Anteilen von bis zu über 50 % eingenommen haben, wie beispielsweise bei Hinderliter et al. (2002) und Madden et al. (2009). Auch weil bei solchen prozentualen Größenordnungen jegliche Zusammenhänge zwischen Training und Effekt nicht zweifellos der tatsächlichen Intervention oder dem Rahmenprogramm zuordenbar waren, was wiederum eine wissenschaftliche Beweiskraft einschränkt. Bezüglich beider genannter Forschungsarbeiten konnten nur geringe bis keine blutdrucksenkenden Wirkungen in Folge der Intervention festgestellt werden. Auf Grund der mangelnden Darstellung der „Behandlung“ bzw. des Aktivitätsniveaus der Kontrollgruppe sind weitere mögliche Ergebnisverzerrungen nicht auszuschließen. Denn nachweislich besteht ein Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und dem Risiko der Entwicklung weiterer kardiovaskulärer Erkrankungen im Sinne einer konstanten Abnahme des Erkrankungsrisikos bei steigendem Aktivitätsniveau (Blair, Cheng, Holder, 2001, S. 379ff.). Im Fokus der Betrachtungen stehen jedoch die deutlich variierenden, jeweils in den einzelnen Studien angewandten, leistungsdiagnostischen Methoden zur Beurteilung der Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit und der dadurch im Zusammenhang stehenden Trainingssteuerung. Gemäß dessen ist anzuführen, dass in zwei von fünf Arbeiten, welche mitunter die Effekte eines Krafttrainings nachweisen wollten, neben fehlenden Angaben hinsichtlich der Erhebung des kraftspezifischen Ausgangsniveaus, wie beispielsweise der Maximalkraft, auch die komplette Gestaltung des Trainings im Rahmen der Studienbeschreibung nicht dokumentiert waren. Dahingehend waren weder die trainierten Muskelgruppen noch die Trainingsstärke nachvollziehbar. In den betreffenden Arbeiten von Guimarés et al. (2010) und Madden et al. (2009) konnten letztlich auch keine relevanten Blutdrucksenkungen der Trainingsgruppe(n) im Vergleich zu den Kontrollen beobachtet werden sowie keine Verbesserungen weiterer kardiovaskulärer Risikofaktoren wie Ruhe-HF, BMI und Bauchumfang. Im Gegensatz dazu zeigten die Ergebnisse der drei Arbeiten von Stewart et al. (2005) und Collier et al. (2008, 2009)

mit konkreten Dosierungsangaben auf Grundlage vorab erhobener Maximalkraftwerte unter anderem Verbesserungen ebengenannter Risikofaktoren sowie geringfügige RR-Senkungen bei Collier et al. (2008; 2009). In Bezug auf die Gestaltung der ausdauerspezifischen Trainingseinheiten fanden unterschiedliche diagnostische Verfahren und Trainingssteuerungen Anwendung. Während das ACSM im aktuellen Positionspapier (Pescatello, et al., 2004, S. 533 ff), wie bereits mehrfach angeführt, eine Verwendung der  $VO_2R$  und dahingehend prozentuale Trainingsintensitäten von 40 bis 60 % vorgibt, fand sich diese Art der Trainingssteuerung in keiner der eingeschlossenen Studien wieder, wohingegen Herzfrequenzvorgaben in sieben der zehn Studien Verwendung fanden. Es erfolgte in vier Arbeiten die Trainingskontrolle mittels  $HFR_{max}$ -Vorgaben, in zwei Arbeiten durch  $HF_{max}$ -Werte sowie in einer RCT ohne konkrete Zielvorgaben. Richtwerte in Bezug auf die maximale Herzfrequenzreserve sind unter der Voraussetzung identischer Prozentangaben jedoch gleichzusetzen mit denen der  $VO_2R$ , wohingegen ursprünglich ebenso deckungsgleich verwendete  $VO_{2max}$ -Vorgaben nach aktuellen Forschungen nicht der gleichen Größenordnung der  $HFR$ -Werte entsprechen und dahingehend Intensitätskontrollen eines Trainings unter Zuhilfenahme der  $VO_2R$  vorzuziehen sind (Swain, Franklin, 2001, S. 152). Dennoch ist anzufügen, dass eine Erhebung der maximalen Sauerstoffaufnahme im Rahmen einer Bewegungstherapie eine aussagekräftige Einschätzung der individuellen aeroben und kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit ermöglicht (Friedmann-Bette, 2011, S. 10). Jedoch gilt die  $VO_{2max}$  nicht mehr uneingeschränkt als entscheidendes Kriterium der Einschätzung der Ausdauerleistungsfähigkeit. Als objektivere Größe gilt derzeit die anaerobe Schwelle, insbesondere die individuelle aerob-anaerobe Schwelle (IAAS) (Kindermann, 1983, S. 28; 2004, S. 161 ff.; Faude, 2009, S. 469). Dies auch weil unabhängig von einer maximalen Belastung objektive Messwerte erhalten werden, sodass mangelnde Motivation oder geringfügigere Ausbelastungsgrade zu keinerlei Ergebnisbeeinflussungen führen (Kindermann, 1983, S. 26; Jakob, 1988, S. 23). Deutschlandweit erfolgt die Ermittlung der anaeroben Schwelle größtenteils über die Bestimmung von Laktatschwellen, die mit Hilfe diverser unterschiedlicher Modelle bestimmt werden können, deren Unterschiede und Validität jedoch nicht im Rahmen dieser Arbeit ausführlich diskutiert werden. Entsprechend der anaeroben Schwelle kann mittels einer Spiroergometrie die ventilatorische Schwelle bestimmt werden. Bisher existieren jedoch nur wenige Studien bezüglich einer validen Übereinstimmung von Laktatschwellenbestimmungen und ventilatorischen Schwellen, deren Befunde zudem differieren (Friedmann-Bette, 2011, S. 12). Nur im Rahmen einer der eingeschlossenen Studien (Westhoff et al., 2008) wurde die Trainingssteuerung mittels des Laktatschwellenkonzepts von Skinner und McLellan (1980) herangezogen, wonach das Training im Bereich der aeroben Schwelle bei 2 mmol/l stattfinden sollte (Doerr, 2010, S. 18). Vor dem Hintergrund personenbezogen sehr individueller Laktatausbildungen sind jedoch andere Schwellenkonzepte vorzuziehen (Kindermann, Coen, 1998, S. 37ff.; Tokmatidis, 1998, S. 333ff.). Dahingehend wären möglicherweise noch effektivere Studienresultate möglich gewesen, im Sinne einer individuelleren Anpassung des Trainings an das jeweilige Ausgangsniveau. In Bezug auf die Verwendung der  $HF_{max}$ -Vorgaben zur Trainingssteuerung ist anzufügen, dass die Aussagekraft der am häufigsten verwendeten Formel zur Berechnung der  $HF_{max}$ , entsprechend  $220 - \text{Lebensalter}$  durch große interindividuelle Variabilität der Herzfrequenz und möglichen Einflüssen von herzfre-

quenzbeeinflussenden Medikamenten, wie beispielsweise Beta-Blockern, limitiert wird (Roecker et al., 2002, S. 881ff.; Such, Meyer, 2010, S. 310; Tanaka, Monahan, Seals, 2001, S. 153ff.). Eine Ermittlung der maximalen Herzfrequenz im Rahmen eines Belastungstests kann zudem nur bei einem Laufbandtest gewährleistet werden, da im Vergleich zur Fahrradergometrie größere Muskelmassen eingesetzt werden, wodurch die Gefahr einer lokalen Muskelermüdung vor maximaler kardiopulmonaler Ausbelastung reduziert wird (Such, Meyer, 2010, S. 310f.). Dies war erfreulicherweise in allen Studien, die  $HF_{max}$ -Vorgaben verwendeten, gegeben. Andererseits wurde den Probanden bei Hinderliter et al. (2002), Stewart et al. (2005) und Madden et al. (2009) die Wahlmöglichkeit zwischen Rad- und Laufeinheiten gegeben, wobei jeweils nur laufspezifische Belastungsuntersuchungen durchgeführt wurden, die zwar hinsichtlich der Ermittlung der maximalen Herzfrequenz Vorteile bieten, jedoch in Bezug auf die Ableitung fahrradspezifischer Trainingsvorgaben auf Grund der hohen interindividuellen Variabilität nachteilig sind (Roecker et al., 2002, S. 881ff.; Such, Meyer, 2010, S. 310; Tanaka, Monahan, Seals, 2001, S. 153ff.). Folgerichtig konnten in den betreffenden Arbeiten letztlich auch nur geringe bis keine relevanten Blutdrucksenkungen der Trainingsgruppe(n) im Vergleich zu den Kontrollen bzw. gegenüber dem Krafttraining (Madden et al., 2009) beobachtet werden. In der Gesamtbetrachtung zeigte sich demnach ein erkennbarer Zusammenhang zwischen den Unklarheiten der jeweils in den einzelnen Studien angewandten leistungsdiagnostischen Methoden zur Beurteilung der Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit bzw. der Trainingssteuerung und dem Ausmaß der Studienresultate im Sinne geringerer Effekte bei vorliegenden Methodikmängeln.

In Bezug auf die aufgeführten Methodikmängel wäre eine ergänzende Beurteilung der eingeschlossenen Literatur hinsichtlich Ihrer Studienqualität hilfreich. Diese erfolgt auf Grund des begrenzten Umfangs einer Diplomarbeit im Zuge der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht in ausführlicher, lückenloser Form durch ein differenziertes Bewertungssystem wie der Verwendung von Qualitäts-Scales oder speziellen Checklisten zur wissenschaftlichen Beurteilung des statistischen Inhalts (Bassler, Moher, 2007, S. 65 ff.). Stattdessen wird das CONSORT-Statement zu Hilfe genommen, benannt entsprechend des **Consolidated Standard of Reporting Trials**. Dieses ermöglicht mit Hilfe einer Checkliste und einem Flussdiagramm eine systematische Analyse und dahingehend einheitliche Berichterstattung klinischer Studien. Gleichzeitig soll auf die eigentliche Durchführung und Planung einer randomisierten, kontrollierten Studie eingewirkt werden, sodass diese entsprechend den CONSORT-Empfehlungen verfasst werden und diesbezüglich gewisse Qualitätsstandards gesichert werden (Bassler, Moher 2007, S. 71 ff.). Zur Beurteilung der Validität der Ergebnisse umfasst die Checkliste die jeweiligen Publikationsabschnitte *Zusammenfassung*, *Einführung*, *Methoden*, *Ergebnisse* und *Diskussion*, während das Flussdiagramm die einzelnen Studienabschnitte *Aufnahme*, *Interventionszuordnung*, *Nachbeobachtung* und *Auswertung* zeigt (Moher, Schulz, Altman, 2004, S. T16). Der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bedeutendste Publikationsabschnitt ist der *Methodenteil*, welcher nochmals in die einzelnen Unterpunkte *Probanden/ Patienten*, *Intervention/ Behandlung*, *Ziele*, *Zielkriterien*, *Fallzahlbestimmung*, *Randomisierung*, *Verblindung* und *statistische Methoden* untergliedert ist, wobei wiederum dem Zweck der Be-

antwortung der Forschungsfrage entsprechend die *Intervention/ Behandlung* entscheidend ist. Dieser Gliederungspunkt innerhalb des CONSORT-Statements wird jedoch lediglich mit Hilfe folgender Beschreibung erläutert: „Präzise Angaben zu den geplanten Interventionen jeder Gruppe und zur Durchführung.“ (Moher, Schulz, Altman, 2004, S. T19). Auch wenn die Bedeutung des Adjektivs „präzise“ nach deutschem Duden „bis ins Einzelne gehend genau [umrissen, angegeben]; nicht nur vage“ lautet (Duden online [o.J.]. Stand 02.06.2011), sind derartig pauschale Vorgaben in der Praxis nur wenig dienlich und zu oberflächlich gehalten.

In Hinblick auf derlei offen gestaltete Richtlinien ist in Bezug auf bewegungstherapeutische Interventionsprogramme eine konkrete Standardisierung der methodischen Gestaltung notwendig. Dieser hohe Bedarf einer Konzeptionalisierung wird nochmals unterstützt durch die im bisherigen Teil der Diskussion herausgestellten interventionsbezogenen methodischen Unzulänglichkeiten im Zusammenhang eines nachgewiesenen negativen Einflusses auf die jeweiligen Studienergebnisse. Zurückkommend auf die Ausgangsfrage lassen sich auf Grundlage der identifizierten methodischen Schwächen folgende Anregungen bezüglich einer Standardisierung der methodischen Gestaltung bewegungstherapeutischer Interventionsprogramme im Sinne eines „guten Studiendesigns“ finden:

- Im Rahmen der Voruntersuchungen bedarf es neben einer Erhebung des gesundheitsspezifischen Ausgangsniveaus ebenso einer Ermittlung zusätzlicher Ausgangsparameter bezüglich der körperlichen Leistungsfähigkeit, deren Umfänge in Abhängigkeit der für die Trainingsintervention gewählten Belastungsform (Ausdauer- und/ oder Krafttraining) zu erheben sind.
- Gleiches trifft auf die Enduntersuchung zu; optimalerweise ergänzt durch gleichartig gestaltete Zwischenuntersuchungen zur gegebenenfalls notwendigen Anpassung der Trainingsintensitäten.
- Die Nachhaltigkeit möglicher Ergebnisse betreffend sind Nachbeobachtungen gleichen Untersuchungsausmaßes wünschenswert.
- Gewährleistung einer evidenzbasierten, individuellen Trainingssteuerung auf Grundlage der in der Ausgangs- und Zwischenuntersuchung erhobenen Parameter, idealerweise mit Bestimmung der individuellen aerob-anaeroben Schwelle.
- Im Rahmen der Trainingsintervention sind alle Komponenten der körperlichen Aktivierung hinsichtlich der Gestaltung, Intensität, des Umfangs und ggf. der Anpassung detailliert zu beschreiben; inklusive der Erwärmung und Erholung.
- Eine Beschreibung des Aktivitätsniveaus der Kontrollen ist ebenfalls in detaillierter Form entsprechend der o.g. Punkte nötig sowie eine Überwachung des den Einschlusskriterien entsprechenden Aktivitätsniveaus der Kontrollen über die gesamte Laufzeit der Studie.
- Die vollständige Darstellung aller während des Interventionszeitraums erhobenen Parameter ist vorauszusetzen.

-> Dahingehend ist eine exakte, nachvollziehbare Dokumentation aller die körperliche Leistungsfähigkeit beeinflussenden Parameter erforderlich, welche demnach mögliche Auswirkungen auf die Studienresultate haben könnten.

## 6.2 Methodenkritik

Obwohl die Resultate der Literaturanalyse Schlüssigkeit aufweisen, muss auf mögliche Fehlerquellen aufmerksam gemacht werden, die die Repräsentativität und Validität dieser Untersuchung limitieren könnten:

- *Selektionsbias auf Grund des begrenzten Umfangs der eingeschlossenen Literatur:* Insgesamt konnten 17 relevante, den Einschlusskriterien entsprechende Studien, mittels Datenbankanalyse ermittelt werden. Auf Grund des begrenzten Umfangs einer Diplomarbeit wurden jedoch nur zehn exemplarisch ausgewählte Studien genauer betrachtet, deren Ergebnisse präsentiert und im weiteren Verlauf hinsichtlich der beschriebenen Methodik verglichen. Somit erhebt diese Arbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit der veröffentlichten Literatur im Sinne eines systematischen Reviews, sondern soll lediglich eine beispielhafte, jedoch möglichst authentische Bearbeitung des Themas gewährleisten. Zudem sind mangelhafte Suchergebnisse im Sinne einer Verminderung der Sensitivität auf Grund eines fehlerhaften Umgangs mit den Suchterminologien- und Strategien nicht auszuschließen.
- *Auswahl der Bewertungsgrundlagen:* Sowohl hinsichtlich der inhaltlichen als auch der methodischen Bewertungsgrundlagen bewegungstherapeutischer Programme im Rahmen klinischer Studien existieren diverse Vorgaben, Empfehlungen und Bewertungs-Scales. Die Auswahl der Richtlinien des ACSM, der CDC und der AHA sowie des CONSORT-Statements erfolgte unter anderem auf Grundlage der Vielzahl der Rezitationen und Verweise in der entsprechenden Fachliteratur und wurde entsprechend des möglichen Umfangs der Literaturanalyse nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt. Dahingehend wurde, soweit möglich, eine Beschränkung der eingeschlossenen Literatur auf ein hohes Evidenzniveau festgelegt, sodass durch die in der Überzahl vorliegenden RCTs eine möglichst gute Studienqualität vorausgesetzt werden konnte und diese dahingehend nur methodikbezogen und nicht komplett hinsichtlich ihrer Qualität bewerten worden sind (Concato, Shah, Horwitz, 2000, S. 1887ff.; Moher et al., 1995, S. 62ff.). Die case studies von Collier et al. (2008; 2009) wurden hinsichtlich der Studienqualität ebenfalls auf Grundlage des CONSORT-Statements analysiert, obwohl dieses eigentlich nur der Bewertung von RCTs dient (Moher et al., 2004, S. T16), da lediglich die Intervention methodisch bewertet wurde und nicht das komplette Studiendesign.

- *Differenzen der eingeschlossenen Studien:* Die auf Grund der Studiendichte relativ grob gehaltenen Einschlusskriterien hinsichtlich der Fallzahl und des Alters der Probanden sowie in Bezug auf die Bewegungsintervention bewirkten verhältnismäßig umfangreiche inhaltliche Spannweiten, die einen Vergleich erschwerten und möglicherweise spezifischere Ergebnisse verhinderten.

## 7 Schlussbetrachtung

Im Rahmen der methodikbezogenen Literaturanalyse bewegungstherapeutischer Programme können auf Grundlage aller in die Untersuchung eingeschlossenen Forschungsarbeiten folgende Empfehlungen hinsichtlich eines optimalen Trainings bei arterieller Hypertonie gegeben werden: Ausdauerspezifische Fahrrad- oder Laufbelastungen bei einer Trainingshäufigkeit von drei Einheiten pro Woche für 40-60 min in einer Intensität von 60-75 %  $HFR_{max}$ . Dieses alternativ oder in Abwechslung mit intervallartigen Ausdauereinheiten, beispielsweise in Form eines Fußballtrainings, an zwei bis drei Tagen pro Woche für ebenfalls ca. 50-60 min bei 70-85 %  $HFR_{max}$  oder als reines laufspezifisches Intervalltraining bei 50 und 80 %  $HFR_{max}$  im Verhältnis zwei: eins. In Ergänzung eines Krafttrainings bei 50-55 % der Maximalkraft in einem Umfang von ca. 45 min an ein bis zwei Tagen pro Woche.

Überdies konnten plausible Zusammenhänge zwischen den in den Studien herausgestellten interventionsbezogenen methodischen Unzulänglichkeiten und deren negativen Einfluss auf das Ausmaß der erzielten Interventionsergebnisse nachgewiesen werden, sodass nachweislich Parallelen zwischen den erzielten Effekten und der Charakteristik der Datenlage der veröffentlichten Studien bestehen. Dabei ist durch eine lückenhafte Dokumentation des Trainings in Bezug auf die Gestaltung, Beschreibung und Durchführung, der Nachweis und die Bewertung einer klaren Beziehung zwischen Intensität und Umfang der körperlichen Aktivierung und den erzielten Ergebnisvariablen nahezu gänzlich unmöglich, wodurch die wissenschaftliche Beweiskraft der Interventionseffekte geschwächt und in Frage gestellt werden kann. Diesbezüglich kann die, ausgehend von den im Gliederungspunkt 2.2.4 aufgeführten Akzeptanzproblemen hinsichtlich einer Legitimierung bewegungstherapeutischer Interventionsprogramme aufgestellte Hypothese, unterstützt werden:

*Eine breitere Akzeptanz von Bewegung als Therapieoption in der „scientific community“ wird durch eine suboptimale Datenlage in veröffentlichten Studien, bedingt durch teils diffuse und heterogene Angaben über Art und Volumen der Trainingsintervention, verhindert!*

Neben den geschilderten Zusammenhängen sind jedoch noch weitere Punkte nennenswert, die eine mögliche Etablierung bewegungstherapeutischer Programme in der „scientific community“ (Braumann, 2009, S. 20) und folgend eine regelhafte Verordnung von Bewegung als Therapieoption in der täglichen Praxis niedergelassener Mediziner (Braumann, Reer, Schumacher, 2001, S. 175ff.) verhindern bzw. bedingen.

Am bedeutendsten sind wahrscheinlich die bisher nur unzureichenden Kenntnisse hinsichtlich der Ursachen einer Beeinflussung der arteriellen Hypertonie durch Bewegung einzustufen. Diesbezüglich bedarf es weiterer Untersuchungen und Daten zur Erarbeitung der präzisen pathologischen Wirkungsmechanismen von Bewegung auf den Organismus; ähnlich denen pharmakologischer

Studien (Braumann, 2009, S. 20; Braumann, 2010, S. 10). In Ergänzung dazu erschweren die unpräzisen Dosierungsvorgaben einzelner Organisationen (Punkt 4. 3) eine spezifische Gestaltung einer Bewegungstherapie, sodass sich ebenso die Studienergebnisse in Folge der jeweiligen Bewegungsinterventionen in Ihrer Effizienz unterscheiden. Insbesondere ist das Volumen der körperlichen Aktivität (Häufigkeit, Dauer, Intensität) in Bezug auf ihre Wirksamkeit von Bedeutung. Dies umfasst neben der Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche auch die Länge der Einheiten sowie den Anstrengungsgrad der körperlichen Aktivität (Rütten, Abu- Omar, 2003, S. 234 ff.). Zudem werden erst seit wenigen Jahren vermehrt Studien mit intensiveren Trainingsbelastungen mit nachgewiesener gesteigerter Wirksamkeit durchgeführt. Demnach ist die trainingspezifische Datengrundlage insgesamt sowohl in der Quantität als auch Qualität nicht ausreichend, infolgedessen noch Wissensdefizite bezüglich einer optimalen Trainingsdosierung bestehen (Braumann, 2009, S. 20; Braumann, 2010, S. 10).

Daneben ist dringend festzuhalten, dass nicht jede Form von körperlicher Aktivität an sich geeignet ist, spezifische gesundheitliche Wirkungen zu erzielen. Denn auch wenn die im vorangegangenen Gliederungspunkt herausgestellten gesundheitlichen Effekte von Bewegung aus evidenzbasierter Sicht mehrfach nachgewiesen worden sind (American College of Sports Medicine, 2004, S. 533 ff.), ist zu beachten, dass von einer Bewegungstherapie, soweit sie nicht den in Punkt 2.2 aufgeführten Prinzipien folgt, durchaus gesundheitliche Gefährdungen ausgehen können, die zu einer Verschlechterung des Krankheitsbildes führen können (Braumann, K.-M., 2009, S. 20, Braumann, 2010, S. 6). Insbesondere, da sich erst seit den letzten Jahrzehnten eine Änderung des Blickwinkels in Bezug auf die Krankheitsentstehung und der damit zusammenhängenden therapeutischen Prinzipien vollzogen hat. Der Paradigmenwechsel in der Medizin von ausreichend Ruhe und viel Essen zum Gegenteil hat sich in der Praxis jedoch noch nicht vollständig durchsetzen können (Braumann, Reer, Schuhmacher, 2001, S. 175ff.).

Hinzu kommt, dass in Bezug auf körperliche Aktivität im Sinne von Bewegung verschiedene Begriffsbezeichnungen existieren, die jedoch unterschiedliche Konzepte beschreiben und deren Grenzen im alltäglichen Sprachgebrauch häufig verwischen. Wobei herauszustellen ist, dass Bewegung keinesfalls mit dem Begriff „Sport“ im Sinne von körperlicher Aktivität mit Wettkampfcharakter und dem Ziel persönlicher Leistungen gleichgesetzt werden sollte (Halle, et al., 2008, S. 3; Caspersen, Powell, Christenson, 1985, S. 126).

Des Weiteren stellt die fehlende Kostenübernahme durch die gesetzliche Krankenversicherung einen weiteren Faktor der mangelnden Etablierung bewegungstherapeutischer Programme in Wissenschaft und Praxis dar, da lediglich bewegungsbezogene Präventions- und Rehabilitationsprogramme unter dem Deckmantel der Sekundär- oder Tertiärprävention von Seiten der Kassen bezuschusst oder finanziert werden, daneben jedoch die offensichtlichen therapeutischen Effekte abgesprochen werden und somit keine Erstattungspflicht besteht (Braumann, 2010, S. 6).

Weiterhin denkbar ist, dass hinsichtlich der im Bereich bewegungstherapeutischer Programme bei arterieller Hypertonie am häufigsten angeführte Metaanalyse kontrollierter klinischer Studien von Fagard (2001), welche im Mittel Blutdrucksenkungen von systolisch 7-10 mmHg und diastolisch 5-7 mmHg zeigte, ein höheres blutdrucksenkendes Potential ausgehend von den jeweils in den Originalarbeiten angewandten Interventionen diskutabel ist. Denn in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der vorliegenden Literaturanalyse sind auf Grund suboptimaler Trainingsdokumentationen und damit einhergehenden interventionsbezogenen methodischen Unzulänglichkeiten der bei Fagard (2001) einbezogenen Originalarbeiten negative Einflüsse auf das Ausmaß der erzielten Interventionsergebnisse anzunehmen (Fagard, 2001, S. 484 ff.).

In der Gesamtbetrachtung zeigt sich letztendlich ein erkennbarer Zusammenhang zwischen den Unklarheiten der jeweils in den einzelnen Studien angewandten, leistungsdiagnostischen Methoden zur Beurteilung der Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit bzw. der Trainingssteuerung und dem Ausmaß der Studienresultate im Sinne geringerer Effekte bei vorliegenden Dokumentations- und Methodikmängeln.

## 8 Literaturverzeichnis

Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R., Montoye, H.J., Sallis, J.F., Paffenbarger, R.S. (1993). Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities, in: *Med Sci Sports Exerc* 25, Supplement 1, S. 71- 80

Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Basset, D.R., Schmitz, K.H., Emplainscourt, P.O., Jacobs, D.R., Keon, A.s. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities, in: *Med Sci Sports Exer* 32, Supplement 9, S. 498-504

Andersen, L. J., Randers, M. B., Westh, K., Martone, D., Hansen, P. R., Junge, A., Dvorak, J., Bangsbo, J., Krstrup, P. (2010). Football as a treatment for hypertension in untrained 30- 55-year- old men: a prospective randomized study, in: *Scand J Med Sci Sports* 20, Supplement 1, S. 98- 102

American College of Sports Medicine (2009). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 8 th ed, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins

Arbeitsgruppe "Bewegungstherapie" (2009). Ziele und Aufgaben der Arbeitsgruppe " Bewegungstherapie" in der Deutschen Gesellschaft für Rehabilitationswissenschaften ( DGRW), in: *Aus der DGRW* 48, S. 252-255

Auer, J., Ebner, C., Gouya, G., Grüner, P, Hasenöhr, G., Hirschl, M. M., Hohenstein, K., Kiefer, I., Lamm, G., Perl, S., Rieder, A., Slany, J., Watschinger, B., Weber, T., Wolzt, M., Zweiker, R. (2008). *Hypertoniebehandlung in der Praxis*, Bremen: UNI- MED Verlag AG

Bassler, D., Moher, D. (2007). Sinn und Unsinn einer einheitlichen Berichterstattung über klinische Studien: das CONSORT- Statement, in: Kunz, R., Ollenschläger, G., Raspe, H.- H., Jonitz, G., Cox, M., Kolkman, F.W. (Hrsg.), *Lehrbuch evidenzbasierte Medizin in Klinik und Paxis*, Köln: Deutscher Aerzte- Verlag, S. 71- 79

Battagin, A.M., Dal Corso, S., Soares, C.L., Ferreira, S., Letícia, S., Souza, C., Malaguti,C. (2010). Pressure response after resistance exercise for different body segments in hypertensive people, in: *Arg Bras Cardiol* 95, Supplement 3, S. 405- 411

Bös, W., Brehm, K. (2006). Gesundheitssport: ein zentrales Element der Prävention und der Gesundheitsförderung, in: Bös, W., Brehm, K. (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport*, 2. vollständig neu bearbeitete Auflage. Schorndorf: Hofman- Verlag, S 9- 30

Blair, S. N., Cheng, Y., Holder, S. (2001). Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits?, in: *Med Sci Sports Exerc* 33, Supplement 6, S. 379- 399

Blumenthal, J.A., Sherwood, A., Gullette E.C.D (2000). Exercise and weight loss reduce blood pressure in men and woman with mild hypertension: effects on cardiovascular, metabolic, and hemodynamic functioning, in: *Arch Intern Med* 160, S. 1947- 1958

Braith, R. W., Stewart, K. J. (2006). Resistance exercise Training: Its role in the prevention of cardiovascular disease, in: *Circulation* 113, Supplement 22, S. 2642- 2650

Braumann, K.-M. (2010). Bewegungstherapie und ihre Umsetzung- eine Einführung, in: Braumann, K.- M., Stiller, N. (Hrsg.), *Bewegungstherapie bei internistischen Erkrankungen*, Berlin, Heidelberg, S. 3-12

Braumann, K.-M. (2009). Bewegungstherapie bei Hypertonie, in: *Sport- und Präventivmedizin*, Springer- Verlag , Heft 2, S. 18- 21

Braumann, K.-M. (2006). Bewegungstherapie bei verschiedenen Krankheitsbildern, Bluthochdruck (Hypertonie), in: Braumann, K.-M. (Hrsg.), Die Heilkraft der Bewegung. Mit Bewegungstherapie Krankheiten erfolgreich behandeln, Kreuzlingen, München: Heinrich Hugendubel Verlag, S.119-127

Braumann, K.-M., Reer, R., Schumacher, E. (2001). Die Einschätzung der Bedeutung von Sport und Bewegung als Mittel der Therapie bei niedergelassenen Ärztinnen und Ärzten in Hamburg, in: Dtsch Z Sportmed 52. Jg., Nr. 5, S. 175-179

Caspersen, C. J., Powell K. E., Christenson G. M. (1985). Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research, in: Public Health Rep 100, S. 126–131

Chen, Y.L., Liu, Y.F., Huang, C.Y., Lee, S.D., Chan, Y.S., Chen, C.C., Harris, B., Kuo, C.H. (2010). Normalization effect of sports training on blood pressure in hypertensives, in: J Sports Sci 28, Supplement 4, S. 361-367

Church, T.S., Earnest, C.P., Skinner, J.S., Blair, S.N. (2007). Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial, in: JAMA 297, Supplement 19, S. 2081- 2091

Ciolac, E.G., Guimaraes, G.V., D'Avila, V.M., Bortolotta, L.A., Doria, E.L., Bocchi, E.A. (2008). Acute aerobic exercise reduces 24-h ambulatory blood pressure levels in long-term-treated hypertensive patients, in: Clinics 63, Supplement 6, S. 753- 758

Collier, S. R., Kanalev, J. A., Carhart, R., Frechette, V., Tobin, M. M., Hall, A. K., Luckenbaugh, A. N., Fernhall, B. (2009). Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with pre- hypertension, in: Acta Physiol 195, S. 339- 348

Collier, S. R., Kanalev, J. A., Carhart, R., Frechette, V., Tobin, M. M., Hall, A. K., Luckenbaugh, A. N., Fernhall, B. (2008). Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives, in: Journal of Human Hypertension 22, S. 678- 686

Concato, J, Shah, N., Horwitz, R.I. (2000). Randomized, controlled trials, observational studies, and the hierarchy of research designs, in: N Engl J Med 342, S. 1887- 1892

Cornelissen, V. A., Arnout, J., Holvoet, P., Fagard, R.H. (2009). Influence of exercise at lower and higher intensity on blood pressure and cardiovascular risk factors at older age, in: J Hypertens 27, Supplement 4, S. 753- 762

Cornelissen, V. A., Fagard, R. H. (2005a). Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta analysis of randomized controlled trials, in: J Hypertens 23, S. 251- 259

Cornelissen, V. A., Fagard, R. H. (2005b). Effect of endurance training on resting blood pressure, blood pressure- regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors, in: Hypertension 46, S. 667- 675

Dengel, D.R., Brown, M.D., Reynolds, T.H., Kuskowski, M.A., Supiano, M.A. (2006). Effect of aerobic exercise training on blood pressure sensitivity to dietary sodium in older hypertensives, in: J Hum Hypertens 20, Supplement 5, S. 372- 378

Deutsche Hochdruckliga e.V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft (2008). Leitlinien zur Behandlung der arteriellen Hypertonie. Deutsche Hochdruckliga e.V. DHL, Deutsche Hypertonie Gesellschaft.[http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/046-001\\_S2\\_Behandlung\\_der\\_arteriellen\\_Hypertonie\\_06-2008\\_06-2013.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/046-001_S2_Behandlung_der_arteriellen_Hypertonie_06-2008_06-2013.pdf). Stand 23.01.2011

Dickinson, H. O., Mason, J. M., Nicolson, D. J., Campbell, F., Beyer, F. R., Cook, J. V., Williams, B., Ford, G. A. (2006). Lifestyle interventions to reduce raised blood pressure: a systematic review of randomized controlled trials, in: *J Hypertens* 24, S. 215- 233

Dörr, C. (2010). Untersuchung der Validität verschiedener Laktatschwellenkonzepte an Ausdauersportlern. Inaugural- Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie des Fachbereichs Psychologie und Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen, Friedelsheim

Duden online (o.J.). Standardnachschlagewerke und Anwendungssoftware zur deutschen Sprache. Duden. <http://www.duden.de/rechtschreibung/praezise>. Stand 02.06.2011

Erbel, R., Möhlenkamp, S., Lehmann, N., Schermund, A., Moebus, S., Stang, A., Dragano, N., Hoffmann, B., Grönemeyer, D., Seibel, R., Mann, K., Kröger, K., Bröcker-Preuss, M., Volbracht, L., Siegrist, J., Jöckel, K. -H. (2008). Kardiovaskuläre Risikofaktoren und Zeichen subklinischer Atherosklerose, in: *Deutsches Ärzteblatt* 105. Jg., Heft 1–2, S.1- 2

Erdine, S., Ari, O. (2006). ESH- ESC Guidelines for the Management of Hypertension, in: *Herz* 31, Nr. 4, S. 331- 338

Fagard, R. H. (2001). Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training, in: *Med Sci Sports Exerc* 33, S. 484- 492

Farpour-Lampert, N.J., Aggoun, Y., Marchand, L.M., Martin, X.E., Herrmann, F.R., Beghetti, M. (2009). Physical Activity Reduces Systemic Blood pressure and Improves Early Markers of Atherosclerosis in Pre-Pubertal Obese Children, in: *J Am Coll Cardiol* 15, Supplement 25, S. 2396- 2406

Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? , in: *Sports Med.* 39, Supplement 6, S. 469–90.

Fleischmann, E.H., Friedrich, A, Danzer, E., Gallert, K., Walter, H., Schmieder, E.G. (2004). Intensive training of patients with essential hypertension is effective in modifying lifestyle risk factors, in: *J Hum Hypertens* 18, Supplement 2, S. 127- 131

Fletcher, G. F., Balady, G. J., Amsterdam, E. A., Chaitman, B., Eckel, R., Fleg, F., Froelicher, V. F., Leon, A. S., Pina, I. L., Rodney, R., Simons- Morton, D. G., Williams, M. A., Bazzarre, T. (2001). Exercise Standards for Testing and Training. A Statement for Healthcare Professionals from the American Heart Association, in: *Circulation* 104, S. 1694- 1740

Friedmann- Bette, B. (2011). Die Spiroergometrie in der sportmedizinischen Laktatleistungsdiagnostik, in: *Dtsch Z Sportmed* 62, Supplement 1, S. 10- 15

Gotzen, R., Lohmann, F.W. (2005). Hoher Blutdruck. Ein aktueller Ratgeber, 3. aktualisierte Auflage, Darmstadt: Steinkopff Verlag

Graf, C., Höher, J. (2009). Fachlexikon Sportmedizin. Bewegung, Fitness und Ernährung von A- Z, Köln: Deutscher Ärzte- Verlag

Graf, C., Predel, H.-G., Rost, R. (2005). Arteriosklerose, Risikofaktoren und sonstige Stoffwechselerkrankungen, in: *Sport- und Bewegungstherapie bei inneren Krankheiten. Lehrbuch für Sportlehrer, Übungsleiter, Physiotherapeuten und Sportmediziner*, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Köln: Deutscher Ärzte- Verlag, S. 143-216

Graf, C., Rost, R. (2005). Physiologische Grundlagen, in: *Sport- und Bewegungstherapie bei inneren Krankheiten. Lehrbuch für Sportlehrer, Übungsleiter, Physiotherapeuten und Sportmediziner*, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Köln: Deutscher Ärzte- Verlag, S. 3-76

Guidelines Committee (2003). 2003 European Society of Hypertension – European Society of Cardiology Guidelines for the management of arterial hypertension, in: *J Hypertens* 21, S. 1011- 1053

- Guimarães, V. G., Ciolac, E. G., Carvalho, V. O., D'Avila, V. M., Bortoletto, L. A., Bocchi, E. A. (2010). Effects of continuous vs. interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated Hypertension, in: *Hypertension Research* 33, S. 627- 632
- Halle, M. (2008) Allgemeiner Teil. Begriffsdefinitionen, in: Halle, M., Schmidt-Trucksäss, A., Hambrecht, R., Berg, A. (Hrsg.), *Sporttherapie in der Medizin. Evidenzbasierte Prävention und Therapie*, Stuttgart: Schattauer, S. 3- 6
- Haskell, W. L., Lee, I.-M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D., Bauman, A. (2007). Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association, in: *Med Sci Sports Exerc* 39, S. 1423- 1443
- Hinderliter, A., Sherwood, A., Gullette, E. C. D., Babyak, M., Waugh, R., Georgiades, A., Blumenthal, J. A. (2002). Reduction of left ventricular hypertrophy after exercise and weight loss in overweight patients with mild hypertension, in: *Arch Intern Med* 162, S. 1333- 1339
- Hu, G., Barengo, N.C., Tuomilehto, J., Lakka, T.A., Nissinen, A., Jousilahti, P. (2003). Relationship of physical activity and body mass index to the risk of hypertension: A prospective study in Finland, in: *Hypertension* 43, Supplement 1, S. 25-30
- Huber, G., Pfeifer, K. (2004). Zur Evidenzbasierung der Sporttherapie, in: Schüle, K., Huber, G. (Hrsg.), *Grundlagen der Sporttherapie. Prävention, ambulante und stationäre Rehabilitation*, 2. Auflage, München: URBAN & FISCHER, S. 158- 168
- Hu, G., Barengo, N. C., Tuomilehto, J., Lakka, T. A., Nissinen, A., Jousilahti, P. (2004). Relationship of physical activity and body mass index to the risk of hypertension: a prospective study in Finland, in: *Hypertension* 43, Supplement 1, S. 25- 30
- Jüni, P., Egger, M. (2007). Qualitätsbeurteilung. Die Qualität randomisierter kontrollierter Studien, in: Kunz, R., Ollenschläger, G., Raspe, H.- H., Jonitz, G., Cox, M., Kolkman, F.W. (Hrsg.), *Lehrbuch evidenzbasierte Medizin in Klinik und Praxis*, Köln: Deutscher Ärzte- Verlag, S. 60- 71
- Kelley, G. (1997). Dynamic resistance exercise and resting blood pressure in adults: a meta-analysis, in: *J Appl Physiol* 82, Supplement 5: S. 1559-65.
- Kindermann, W. (2004). Anaerobe Schwelle. Standards der Sportmedizin, in: *Dtsch Z Sportmed* 55, Supplement 6, S. 161 f.
- Kindermann, W. (1987). Ergometrie- Empfehlungen für die ärztliche Praxis, in: *Dtsch Z Sportmed* 38, S. 244- 322
- Kindermann, W. (1983). Leistungsdiagnostik in Spportsportarten (Fußball, Handball), in: Flöther, R., Hort, W. (Hrsg.), *Sportmedizin im Mannschaftssport*, Erlangen: perimed- Verlag, S. 22- 34
- Kindermann W., Coen B. (1998). Aerob-anaerobe Schwellenkonzeptionen zur Trainingssteuerung, in: Jeschke D., Lorenz R. (Hrsg.), *Sportartspezifische Leistungsdiagnostik- Energetische Aspekte*, Strauss: Köln, S. 37-48
- Kokkinos, P. F., Narayan, P., Collieran, J. A., Pittaras, A., Notargiacomo, A., Reda, D., Papademetriou, V. (1995). Effects of regular exercise on blood pressure and left ventricular hypertrophy in African- American men with severe hypertension, in: *N. Engl. J. Med.* 333, S. 1462- 1467
- Knoepfli- Lenzin, C., Sennhauser, C., Toigo, M., Boutellier, U., Bangsbo, J., Krstrup, P., Junge Dvorak, J. (2010). Effects of a 12-week intervention period with football and running for habitually active men with mild hypertension, in: *Scand J Med Sci Sports* 20, Supplement 1, S. 72- 70
- Löllgen, H., Predel, G., Franz, I.-W. (2001). Ergometrie bei Bluthochdruck, in: Löllgen, H., Erdmann, E., Gitt, A. K. (Hrsg.), *Ergometrie. Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis*, 2. vollständig überarbeitete Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer- Verlag, S. 303- 312

Lange, C. (2006). Gesundheit in Deutschland. in: Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Berlin: Robert Koch- Institut

Laterza, M.C., de Matos, L.D., Trombetta, I.C., Braga, A.M., Alves, M.J., Krieger, E.M., Negrão, C.E., Rondon, M.U. (2007). Exercise Training eestores baroreflex sensitivity in never-treated hypertensive patients, in: Hypertension 49, Supplement 6, S. 1298- 1306

Madden, K. M., Lockhart, C., Cuff, D., Potter, T. F., Meneilly, G. S. (2009). Short- term aerobic exercise reduces arterial stiffness in older adults with type 2 diabetes, hypertension, and hypercholesterolemia, in: Diabetes Care 32, Supplement 8, S. 1531- 1535

Martins R.A., Verríssimo, M.T., Coelho e Silva, M.J., Cumming, S.P., Teixeira, A.M. (2010). Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults, in: Lipids Health Dis 9, Supplement 76, S. 1-6

Millar P.J., Bray, S.R., McGowan, C.L., MacDonald, M.J., McCartney, N. (2007). Effects of isometric handgrip training among people medicated for hypertension: a multilevel analysis, in: Blood Press Monit 12, Supplement 5, S. 307- 314

Moher, D., Jadad, A. R., Nichol, G., Penman, M., Tugwell, P., Walsh, S. (1995) Assessing the quality of randomized controlled trials: An annotated bibliography of scales and checklists, in: Controlled Clinical Trials 16, Supplement 1, S. 62- 73

Moher, D., Schulz, K. F., Altman, D. G. (2004). Das CONSORT Statement: Überarbeitete Empfehlungen zur Qualitätsverbesserung von Reports randomisierter Studien im Parrallel Design, in: Dtsch Med Wochenschr 129, S. T16- T20

Mota, M.R., Pardono, E., Lima, L.C., Arsa, G., Bottaro, M., Campbell, C.S., Simoes, H.G. (2009). Effects of treadmill running and resistance exercises on lowering blood pressure during the daily work of hypertensive subjects, in: J Strength Cond Res 23, Supplement 8, S. 2331-2338

Mourya, M., Mahajan, A.S., Singh, N.P., Jain, A.K. (2009). Effect of slow- and fast-breathing exercises on autonomic functions in patients with essential hypertension, in: J Altern Complement Med 15, Supplement 7, S. 711- 717

National Institute on Aging. National Institutes of Health. U.S. Department of Health and Human Services (o.J.). Your Everyday Guide from the National Institute on Aging. Exercise & Physical Activity. National Institute on Aging. [http://www.nia.nih.gov/NR/rdonlyres/E2A819E3-8BAA-46AA-89E8-321B527D8A2B/0/ExerciseGuide\\_FINAL\\_Aug2010.pdf](http://www.nia.nih.gov/NR/rdonlyres/E2A819E3-8BAA-46AA-89E8-321B527D8A2B/0/ExerciseGuide_FINAL_Aug2010.pdf). Stand 13.02.2011

Park S., Rink, L.D., Wallace, J.P. (2006). Accumulation of physical activity leads to a greater blood pressure reduction than a single continuous session, in prehypertension, in: J Hypertens 24, Supplement 9, S. 1761- 1770.

Pescatello, S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., Chester, A. R. (2004). American College of Sports Medicine. Position Stand: Exercise and Hypertension, in: Med Sci Sports Exerc 36, Supplement 3, S. 533- 553

Pinto A., Di Raimondo, D., Tuttolomondo, A., Fernandez, P., Arnao, V., Licata, G. (2006). Twenty-four hour ambulatory blood pressure monitoring to evaluate effects on blood pressure of physical activity in hypertensive patient, in: Clin J Sport Med 16, Supplement 3, S. 238- 243

Predel, H.-G., Schramm, T. (2008). Herz- Kreislauf- Erkrankungen. Arterielle Hypertonie, in: Halle, M., Schmidt-Trucksäss, A., Hambrecht, R., Berg, A. (Hrsg.), Sporttherapie in der Medizin. Evidenzbasierte Prävention und Therapie, Stuttgart: Schattauer, S. 41- 48

Predel, H.-G., Schramm, T. (2010). Bewegungstherapie bei arterieller Hypertonie, in: Braumann, K.- M., Stiller, N. (Hrsg.), Bewegungstherapie bei internistischen Erkrankungen, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 89- 96

- Predel, H. G., Schramm, T. (2006). Körperliche Aktivität bei arterieller Hypertonie, in: *Herz*. 31, Nr. 6, S. 525- 530
- Roecker, K., Niess, A., Horstmann, T., Striegel, H., Mayer, F., Dickhuth, H.H. (2002). Heart rate prescriptions from performance and anthropometrical characters, in: *Med Sci Sports Exerc* 34, S. 881- 887
- Röhrig, B., du Prel, J.-B., Blettner, M. (2009). Studiendesign in der medizinischen Forschung. Teil 2 zur Bewertung der wissenschaftlicher Publikationen, in: *Deutsches Ärzteblatt*, 106. Jg., Heft 11, S. 184- 189
- Rütten, A., Abu-Omar, K., Lampert, T., Ziese, T. (2005). Heft 26. Körperliche Aktivität, in: *Gesundheitsberichterstattung des Bundes*, Berlin: Robert- Koch- Institut
- Rütten, A., Abu- Omar, K. (2003). Prävention durch Bewegung. Zur Evidenzbasierung von Interventionen zur Förderung körperlicher Aktivität, in: *Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften* 11. Jg., Heft 3, S. 229- 245
- Stewart, K. J., Bacher, A. C., Turner, K. L., Fleg, J. L., Hees, P. S., Shapiro, E. P., Tayback, M., Ouyang, P. (2005). Effects of exercise on blood pressure in older persons, in: *Arch Intern Med* 165, S. 756- 762
- Stimpel, M. (2001). *Arterielle Hypertonie. Differentialdiagnose und – therapie*, Darmstadt: Steinkopff Verlag
- Such, U., Meyer, T. (2010). Die maximale Herzfrequenz, in: *Dtsch Z Sportmed* 61, Supplement 12, S. 310- 311
- Swain, D. P., Franklin, B. A. (2002). VO<sub>2</sub> reserve and the minimal intensity for improving cardio-respiratory fitness, in: *Med Sci Sports Exerc* 34, Supplement 1, S. 152- 157
- Tanaka, H., Monahan, K. D., Seals, D. R. (2001). Age- predicted maximal heart rate revisited, in: *J Am Coll Cardiol* 37, S. 153- 156
- Taylor, A. C., McCartney, N., Kamath, M. V., Wiley, R. I. (2003). Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control, in: *Med Sci Sports Exerc* 35, S. 251- 256
- Tokmatidis, S. P., Léger, L. A., Piliandis, T.C. (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise, in: *Eur J Appl Physiol* 77, S. 333- 342
- Tsai, J.-C., Yang, H.-Y., Wang, W.-H., Hsieh, M.-H., Chen, P.-T., Kao, C.-C., Kao, P.-F., Wang, C.-H., Chan, P. (2004). The beneficial effect of regular endurance exercise training on blood pressure and quality of life in patients with hypertension, in: *Clin Exp Hypertens* 26, Supplement 3, S. 255- 265
- Völker, K., (2004). *Methoden- Sporttherapeutische Interventionen. Herz-/Kreislaufbereich (Innere Medizin)*, in: Schüle, K., Huber, G. (Hrsg.), *Grundlagen der Sporttherapie. Prävention, ambulante und stationäre Rehabilitation*, 2. Auflage, München: URBAN & FISCHER, S. 170- 175
- Westhoff, T. H., Schmidt S., Gross, V., Joppke, M., Zidek, W., van der Giet, M., Dimeo, F. (2008). The cardiovascular effects of upper- limb aerobic exercise in hypertensive patients, in: *J Hypertens* 26, S. 1336- 1342
- Westhoff, T.H., Franke, N., Schmidt, S., Vallbracht- Israng, K., Zidek, W., Dimeo, F., van der Giet, M. (2007a). Beta-blockers do not impair the cardiovascular benefits of endurance training in hypertensives, in: *J Hum Hypertens* 21, Supplement 6, S. 486- 493
- Westhoff, T.H., Franke, N., Schmidt, S., Vallbracht- Israng, K., Meissner, R., Yildirim, H., Schlattmann, P., Zidek, W., Dimeo, F., van der Giet, M. (2007b). Too old to benefit from sports? The car-

diovascular effects of exercise training in elderly subjects treated for isolated systolic hypertension, in: *Kidney Blood Press Res* 30, Supplement 4, S. 240- 247

Whelton, S. P., Chin, A., Xin, X., He, J. (2002). Effect of aerobic exercise on blood pressure: A meta- analysis of randomized, controlled trials, in: *Ann Intern Med* 136, S. 493- 503

World Health Organization (2010). *Global recommendations on physical activity for health*, Switzerland

World Health Organization (2009). *Global Health Risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks*

## **9 Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere, dass ich hier vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 08.08.2011

Julia Leitzke

*(Diese Arbeit wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.)*

## 10 Anhang

### 10.1 Übersicht der nach der Volltextsichtung nicht den Einschlusskriterien entsprechenden Studien mit Begründung

*Körperliche Aktivierung in Form einer einmaligen bzw. kurzfristigen Belastung:*

- **Battagin, A.M. et al. (2010).** Pressure response after resistance exercise for different body segments in hypertensive people
- **Mota, M.R. et al. (2009).** Effects of treadmill running and resistance exercises on lowering blood pressure during the daily work of hypertensive subjects
- **Ciolac, E.G. et al. (2008).** Acute aerobic exercise reduces 24-h ambulatory blood pressure levels in long-term-treated hypertensive patients
- **Park, S. (2006) et al. (2006).** Accumulation of physical activity leads to a greater blood pressure reduction than a single continuous session, in prehypertension
- **Fleischmann, E.H. et al. (2004).** Intensive training of patients with essential hypertension is effective in modifying lifestyle risk factors

*Studienteilnehmer = Normotoniker*

- **Martins, R.A. et al. (2010).** Effects of aerobic and strength-based training on metabolic health indicators in older adults

*Untersuchung des Zusammenhangs von Bewegung und Hypertonie, jedoch keine konkrete Intervention im Sinne eines bewegungstherapeutischen Programms:*

- **Chen, Y.L. et al. (2010).** Normalization effect of sports training on blood pressure in hypertensives
- **Hu, G. et al. (2003).** Relationship of physical activity and body mass Index to the risk of hypertension: A prospective study in finland

*n < 20*

- **Laterza, M.C. et al. (2007).** Exercise training restores baroreflex sensitivity in never-treated hypertensive patients
- **Taylor, A.C. et al. (2003).** Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control

### Multilevel-Analyse

- **Millar, P.J. et al. (2007).** Effects of isometric handgrip training among people medicated for hypertension: a multilevel analysis

### Alter der Studienteilnehmer < 15

- **Farpour-Lampert, N.J. et al. (2009).** Physical activity reduces systemic blood pressure and improves early markers of atherosclerosis in pre-pubertal obese children

### Level of Evidence: Fallstudie

- **Pinto, A. et al. (2006).** Twenty-four hour ambulatory blood pressure monitoring to evaluate effects on blood pressure of physical activity in hypertensive patients

### Übersicht der den Einschlusskriterien entsprechenden, jedoch auf Grund des begrenzten Umfangs einer Diplomarbeit sowie einer Informationssättigung, selektierten Studien:

- **Cornelissen, V. A. et al. (2009).** Influence of exercise at lower and higher intensity on blood pressure and cardiovascular risk factors at older age
- **Mourya, M. et al. (2009).** Effect of slow- and fast-breathing exercises on autonomic functions in patients with essential hypertension
- **Church, T.S. et al. (2007).** Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial
- **Westhoff, T.H. et al. (2007a).** Beta-blockers do not impair the cardiovascular benefits of endurance training in hypertensives
- **Westhoff, T.H. et al. (2007b).** Too old to benefit from sports? The cardiovascular effects of exercise training in elderly subjects treated for isolated systolic hypertension
- **Dengel, D.R. et al. (2006).** Effect of aerobic exercise training on blood pressure sensitivity to dietary sodium in older hypertensives

## 10.2 Das CONSORT-Statement: Checkliste zur Publikation randomisierter Studien

Publikationsabschnitt		Beschreibung	Erwähnt auf Seite:
Titel und Zusammenfassung	1	Zuordnung zu Therapiegruppen (z.B. „randomisierte Verteilung“, oder „randomisierte Zuweisung“).	I
Einleitung			
Hintergrund	2	Wissenschaftlicher Hintergrund und Begründung der Studie.	
Methoden			
Probanden/ Patienten	3	Einschlusskriterien der Probanden/ Patienten , Studienorganisation und Ort der Studiendurchführung (z.B. im Krankenhaus oder nicht-stationär).	
Intervention/	4	Präzise Angaben zu den geplanten Interventionen jeder Gruppe und	

Behandlung		zur Durchführung.
Ziele	5	Genaue Ziele, Fragestellung und Hypothesen.
Zielkriterien	6	Klar definierte primäre und sekundäre Zielkriterien und, gegebenenfalls, alle zur Optimierung der Ergebnisqualität verwendeten Methoden (z.B. Mehrfachbeobachtungen, Training der Prüfer).
Fallzahlbestimmung	7	Wie wurden die Fallzahlen bestimmt, und falls notwendig, Beschreibung von Zwischenanalysen und Kriterien für einen vorzeitigen Studienabbruch.
Randomisierung		
Erzeugung der Behandlungsfolge	8	Methode zur Generierung der zufälligen Zuteilung, einschließlich aller Einzelheiten (wie z.B. Block- Randomisierung, Stratifizierung).
Geheimhaltung Der Behandlungsfolge (allocation concealment)	9	Durchführung der Zuteilung (z.B. numerierte Behälter; zentrale Randomisierung per Fax/ Telefon). Angabe, ob Geheimhaltung bis zur Zuteilung gewährleistet war.
Durchführung	10	Wer führte die Zuteilung durch, wer nahm die Probanden/ Patienten in die Studie auf und wer teilte die Probanden/ Patienten den Gruppen zu.
Verblindung	11	Waren a) die Probanden/ Patienten und/ oder b) diejenigen, die die Intervention/ Behandlung durchführten und/ oder c) diejenigen, die die Zielgröße beurteilten verblindet oder nicht verblindet. Wie wurde der Erfolg der Verblindung evaluiert?
Statistische Methoden	12	Statistische Methoden zur Beurteilung des primären Zielkriteriums; weitere Analysen, wie z.B. Subgruppenanalysen und adjustierte Analysen.
Ergebnisse		
Ein- und Ausschlüsse	13	Anzahl der Studienteilnehmer für jede durch Randomisierung gebildete Behandlungsgruppe, die a) tatsächlich die geplante Behandlung/ Intervention erhalten haben, b) die Studie protokollgemäß beendeten, c) in der Analyse des primären Zielkriteriums berücksichtigt wurden (Darstellung in Flussdiagramm empfohlen; Beschreibung von Protokollabweichungen mit Angabe von Gründen).
Aufnahme/ Rekrutierung	14	Nähere Angaben über den Zeitraum der Studienaufnahme der Probanden/ Patienten und der Nachbeobachtung.
Patientencharakteristika zu Studienbeginn (baseline data)	15	Demografische und klinische Charakteristika aller Gruppen.
Anzahl der ausgewerteten Probanden/ Patienten	16	Anzahl der Probanden/ Patienten (Nenner) in jeder Gruppe, die in die entsprechende Analyse eingeschlossen wurden und Angabe, ob es sich dabei um eine „Intention-to-Treat“ Analyse handelt. Wenn möglich, Angabe der Ergebnisse in absoluten Zahlen (z.B. 10 von 20, nicht 50%).
Ergebnisse und Schätzmethoden	17	Zusammenfassung der Ergebnisse aller primären und sekundären Zielkriterien für jede Gruppe und die geschätzte Effektgröße sowie ihre Präzision (z.B. 95%- Konfidenzintervall).
Zusätzliche Analysen	18	Angabe von weiteren Tests, insbesondere von Subgruppenanalysen und adjustierte Analysen (mit Erklärung, ob sie vorher geplant waren oder nachträglich durchgeführt wurden).
Unerwünschte Wirkungen	19	Angaben aller wichtigen unerwünschten Wirkungen oder Nebenwirkungen innerhalb jeder Behandlungsgruppe.
Diskussion		
Interpretation	20	Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Studienhypothesen, möglicher Ursachen von Verzerrungen („Bias“) sowie Problemen durch multiples Testen und multiple Zielkriterien.
Generalisierbarkeit	21	Generalisierbarkeit der Studienergebnisse (externe Validität).
Bewertung der Evidenz	22	Allgemeine Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes und anderer Publikationen zur untersuchten Fragestellung.

**Tabelle 13:** Checkliste zur Publikation randomisierter Studien  
*Quelle:* Moher, Schulz, Altman, 2004, S. T19

### 10.3 CD- ROM

Inhalte der CD- Rom sind die Diplomarbeit im PDF-Format, sowie Literaturstellen aus dem Internet; ebenfalls im PDF-Format.