



Herr Dr. Andreas Klee, geb. 1961 in Wuppertal, studierte Deutsch und Sport für das Lehramt für die Sekundarstufe II und I an der Bergischen Universität-GH (BUGH) Wuppertal. Seine Promotion wurde ermöglicht durch ein Stipendium nach dem Graduiertenförderungsgesetz Nordrhein-Westfalen vom Mai 1989 – Juli 1991 und durch eine vom Bundesinstitut für Sportwissenschaften im Rahmen von Forschungsprojekten (Leitung: Prof. Dr. Klaus Wiemann) finanzierte Mitarbeiterstelle an der BUGH Wuppertal vom August 1991 – Dezember 1992.

Das Thema "(arthro-)muskuläre (Dys-)Balance" ist eines der am meist diskutierten Themen innerhalb der Sportwissenschaft der letzten Jahre. Bei den Veröffentlichungen besteht eine auffällige Diskrepanz zwischen der Bestimmtheit, mit der Aussagen zur Theorie der muskulären Balance innerhalb der Vielzahl der erschienenen theoretischen Abhandlungen gemacht werden, und der geringen Zahl empirischer Arbeiten. In der Mehrzahl dieser empirischen Arbeiten wiederum wurden die visuelle Begutachtung der Haltung und/oder der Muskelfunktionstest nach JANDA eingesetzt, die jedoch beide nicht den Anforderungen genügen, die an Meßverfahren innerhalb wissenschaftlicher Untersuchungen bzgl. der Gütekriterien gestellt werden.

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung wurde von 54 Schülern sowohl die Muskelfunktion (die isometrische Maximalkraft [N] der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauch- und der Rückenstreckmuskulatur; der Dehnungsgrad [°], die maximale Dehnungsspannung [N] und die Ruhespannung [N] der Hüftbeuger und der ischiocruralen Muskulatur) als auch die Haltung (photographisch) metrisch erhoben. Darüber hinaus wurde mit 40 Schülern ein 10wöchiges Trainingsexperiment durchgeführt.

Es konnten zahlreiche Befunde festgestellt werden bei der Untersuchung der Zusammenhänge der Muskelfunktionsvariablen untereinander, der haltungskonstituierenden Merkmale (Beckenneigung, Lordose, Kyphose u. a.) untereinander und zwischen der Muskelfunktion und der Haltung. Bei der Beeinflussung der Beckenneigung – dem zentralen Trainingsziel – zeigte sich ein der Hypothese entsprechendes Ergebnis; das Becken der Trainingsgruppe, die ein Programm zur Beckenaufrichtung absolvierte, richtete sich um 2,16° auf ($p < 0,01$).

Beiträge zur Sportwissenschaft

Herausgegeben von Reinhard Daugs,
Monika Fikus, Gunter Gebauer, Dieter Hackfort



Bd. 20

Andreas Klee

Haltung, muskuläre Balance und Training

Verlag Harri Deutsch

Haltung, muskuläre Balance und Training

Die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes
der posturalen Muskulatur -
Möglichkeiten der Haltungsbeeinflussung durch funktionelle
Dehn- und Kräftigungsübungen

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Philosophie
im Fachbereich 3 - Erziehungswissenschaften
Betriebseinheit Sportwissenschaft
der Bergischen Universität Gesamthochschule Wuppertal

vorgelegt von
Andreas Klee
Wuppertal, den 23. Oktober 1992

Andreas Klee

Haltung, muskuläre Balance und Training

Die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur-
Möglichkeiten der Haltungsbeeinflussung durch
funktionelle Dehn- und Kräftigungsübungen

Verlag Harri Deutsch

Gedruckt mit Unterstützung des Vereins zur Förderung des sportwissenschaftlichen Nachwuchses e.V.

Inhaltsverzeichnis

Die vorliegende Arbeit wurde 1993 vom Fachbereich 3 – Erziehungswissenschaften (Pädagogik, Psychologie, Sport, Technik) der Bergischen Universität Gesamthochschule Wuppertal als Dissertation angenommen. Die Referenten waren Prof. Dr. K. Wiemann und Prof. Dr. R. Engel.

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Februar 1993

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Klee, Andreas:

Haltung, muskuläre Balance und Training / Andreas

Klee. – Thun ; Frankfurt am Main : Deutsch, 1994

(Beiträge zur Sportwissenschaft ; Bd. 20)

ISSN 0176 – 2737

ISBN 3-8171-1354-4

NE: GT

ISBN 3-8171-1354-4

© 1994 Verlag Harri Deutsch · Thun · Frankfurt am Main.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches oder von Teilen daraus, sind vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

DANKSAGUNG

I	PROBLEMSTELLUNG UND AUFBAU DER ARBEIT	1
II	THEORETISCHER TEIL	4
	1 Standortbestimmung der Arbeit innerhalb der Wissenschaftsdisziplinen	4
	2 Zur Körperhaltung	5
	2.1 Von der visuellen Begutachtung zur metrischen Erfassung der Haltung	6
	2.2 Die metrische Erfassung der Haltung: Verfahren	8
	2.3 Die Berechnung und Klassifikation der Wirbelsäulenform	13
	2.3.1 Die Festlegung der normalen Haltung	15
	2.3.2 Die Normvarianten der Haltung	19
	2.4 Der Zusammenhang haltungskonstituierender Merkmale	21
	2.5 Zusammenfassung	23
	3 Zur muskulären Balance	24
	3.1 Darstellung der Theorie der muskulären Balance	24
	3.2 Kritische Stellungnahme zu Erklärungsansätzen für das Entstehen muskulärer Dysbalancen	28
	3.2.1 Haltungs- und Bewegungsfunktion	29
	3.2.2 Reaktion auf Überlastung: Abschwächung und Verkürzung	33
	A Dehnungsrückstand	35
	B Kontraktionsrückstand	36
	3.2.3 Fasertyp	38
	3.2.4 Phylogenese	41
	3.2.5 Gegenseitige Einflüsse	42
	3.2.6 Zusammenfassung	42
	3.3 Vom JANDA Muskelfunktionstest zur metrischen Erfassung des Funktionszustandes der posturalen Muskulatur	43
	3.3.1 Messungen der Kontraktionskraft	46
	3.3.2 Dehnungsgradmessungen	49
	3.4 Zusammenfassung	51
	4 Zum Zusammenhang von Körperhaltung und muskulärer Balance	52
	4.1 Muskuläre Voraussetzungen der menschlichen Körperhaltung	52

4.2 Empirische Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen haltungs-konstituierenden Merkmalen und den Funktionsparametern posturaler Muskulatur	58
4.3 Untersuchungen zur biomechanischen Analyse der menschlichen Körperhaltung	62
4.4 Zusammenfassung	68
5 Die Veränderung der Haltung durch Training	69
6 Zusammenfassung der themenbezogenen Literaturanalyse	73
7 Hypothesen, Zielsetzungen	73
III EXPERIMENTELLER TEIL	75
1 Die Meßmethoden	76
1.1 Der Versuchsaufbau zur Messung des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur	76
1.2 Der Versuchsaufbau zur Messung der haltungskonstituierenden Merkmale	82
2 Die Versuchsdurchführung	85
2.1 Der Vortest, der Versuchsablauf	85
2.2 Die Trainingsphase	89
2.3 Der Nachttest	91
3 Darstellung der Befunde	99
3.1 Variablenberechnungen, Datenmodifikationen	101
3.2 Beschreibung der Daten	114
3.3 Zur Reliabilität der Meßverfahren	126
3.3.1 Muskelfunktionsmessung	126
3.3.2 Die Messung haltungskonstituierender Merkmale	127
A Die kinematographische Auswertung	127
B Die Anfertigung der Photographien	128
3.4 Zur inferenzstatistischen Auswertung	129
3.5 Zum multivariaten Ansatz bei der Untersuchung von Zusammenhangshypothesen	131
4 Darstellung und Erörterung der Ergebnisse	136
4.1 Zusammenhänge zwischen den Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" einerseits und den Muskelfunktionsvariablen und den haltungskonstituierenden Merkmalen andererseits	136
4.2 Zusammenhänge zwischen den Muskelfunktionsvariablen	146
4.3 Zusammenhänge zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen	153

4.4 Zusammenhänge zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen und den Muskelfunktionsvariablen	161
4.4.1 Der Gesamtkörperwinkel, der MATTHIASS-Halte Test	164
4.4.2 Die Kyphose	167
4.4.3 Zum Aufbau des Regressionsmodells mit der Kriteriumsvariablen "Kyphose"	167
4.4.4 Der "Ruhehaltung - habituelle Haltung - angespannte Haltung" - Kennwert	173
4.4.5 Lordose und Summe der Wirbelsäulen-Schwingungen	173
4.4.6 Die Neigung des lumbosakralen Wirbelsäulen-Abschnitts	173
4.4.7 Beckenneigung	174
4.4.8 Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeugefähigkeit	174
4.4.9 Wirbelsäulen- und Hüftgelenksstreckfähigkeit	175
4.4.10 Zusammenfassung	177
4.5 Veränderungen vom Vor- zum Nachttest	188
4.5.1 Vorbemerkung	188
4.5.2 Muskelfunktionsmessung	189
A Dehnungsgradmessung	189
B Kraftmessung	192
C Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen	197
4.5.3 Haltungsmessung	201
A Beckenneigung	201
B Wirbelsäulenform	202
C Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeugefähigkeit	202
D Der "Ruhehaltung - habituelle Haltung - angespannte Haltung" Kennwert	204
E Wirbelsäulen- und Hüftgelenksstreckfähigkeit	205
F MATTHIASS-Halte-Test	205
4.5.4 Zusammenfassung	207
4.6 Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und den Veränderungen der haltungskonstituierenden Merkmale	219
IV ZUSAMMENFASSUNG	231
V ANHANG	I
1 Literaturverzeichnis	I
2 Verzeichnis der Abbildungen	XXII
3 Verzeichnis der Tabellen	XXIV
4 Anlagen	XXVII
5 Verzeichnis der Abkürzungen	XXIX

DANKSAGUNG

Hiermit möchte ich mich bei den folgenden Personen für ihre Unterstützung in den verschiedenen Phasen der Promotion bzw. für ihre Hilfe bei der Lösung der unterschiedlichsten Probleme bedanken:

- Prof. Dr. Klaus Wiemann
- Prof. Dr. Rudolf Engel
- wiss. Ang. Thomas Jöllenbeck (Bergische Universität Gesamthochschule (BUGH) Wuppertal, Unterstützung in allen Computerfragen)
- StD i.H. Dr. Sigrid Dordel (DSHS Köln, Beratung bei der Vorbereitung der Untersuchung)
- wiss. Ang. Dr. Andreas Schepers (BUGH Wuppertal, Beratung bei statistischer Auswertung)
- AD i.H. Dr. Lutz Kottmann (BUGH Wuppertal, Unterstützung bei der organisatorischen Vorbereitung der Untersuchung)
- Dr. med. Rüdiger Riemer (Orthopädische Beratung)
- Jörn Grabke und Stephan Henseler (BUGH Wuppertal, Elektrotechnik)
- stellvertretend für das Audiovisuelle Medienzentrum der BUGH Wuppertal Eberhard Klug
- OSTD Hermann Bredow (Direktor des Gymnasiums Sedanstraße in Wuppertal)
- stellvertretend für die Sportlehrer des Gymnasiums Sedanstraße OSTR Wolfgang Ahrberg
- die am Experiment beteiligten 54 Schüler des Gymnasiums Sedanstraße

Die vorliegende Dissertation wurde darüber hinaus mit Unterstützung der gym 80 trainings systeme gelsenkirchen vertriebsgesellschaft mbH der unternehmensgruppe wolfgang tillmann, emscherstraße 53 in 45891 gelsenkirchen veröffentlicht, die neben der Entwicklung funktioneller Trainingsgeräte auch eine engagierte Förderung sportwissenschaftlicher Forschung unter besonderer Berücksichtigung gesundheitsfördernder Programme betreibt.

I PROBLEMSTELLUNG UND AUFBAU DER ARBEIT

In der Sport-Fachliteratur der letzten Jahre sind häufig die Begriffe "muskuläre Dysbalance", "arthro-muskuläres Gleichgewicht", "muskuläres Gleichgewicht", "gestörte Muskel-Gelenk-Beziehung", "Muskeldysbalance", "arthromuskuläre Beziehung", "Muskeldysbalancen" und "Unausgewogenheit der muskulären Kräfte" anzutreffen.

Bei einer intensiven Beschäftigung mit diesem offensichtlich sehr aktuellen und vermeintlich neuen Thema kommt der interessierte Leser schnell zu der Erkenntnis, daß ein bekanntes Problem mit einer aktualisierten Terminologie versehen erneut diskutiert wird: das Problem der Körperhaltung im allgemeinen und das der Haltungsschwächen im besonderen; denn bis auf wenige Ausnahmen (AHRENS 1985, GARBE 1988, RHODE 1985, SILVER u.a. 1985, WEH u.a. 1987) findet man in den entsprechenden Veröffentlichungen Zusammenhänge zwischen dem Funktionszustand der posturalen Muskulatur und der Haltung beschrieben.

Bei der Behandlung dieser Thematik ist eine der zentralen Fragen: Wie beeinflusst der Funktionsstand bestimmter Muskelgruppen im Rumpf- und Hüftbereich die Becken- neigung, das Wirbelsäulenprofil und somit die gesamte Haltung? Es ist zwar zu beobachten, daß z.B. Untrainierte eine andere Haltung als Trainierte - und z.B. Turner eine andere Haltung als Sprinter haben. Und es ist auch naheliegend, dies auf reizspezifische Anpassungsvorgänge der Muskulatur zurückzuführen. Bei der Bedeutung, die den einzelnen Muskelgruppen für die Haltung beigemessen wird, kommen die Autoren in den Veröffentlichungen jedoch zu überraschend unterschiedlichen Ergebnissen, die vor allem aus 2 Ursachen resultieren.

Zum einen fehlt es an praktikablen Verfahren zur Messung der Haltung. Die klinische (rein visuelle) Begutachtung der Haltung ist zu subjektiv, um eine Grundlage für vergleichende Aussagen zu bieten. Das gebräuchliche Verfahren zur Messung der Haltung - die Röntgengeometrie - ist mit großem apparativen Aufwand verbunden und zudem für Längsschnittuntersuchungen wegen der gesundheitlichen Bedenken nicht geeignet.

Zum anderen genügen die Muskelfunktionsdiagnostik nach JANDA und die daran angelegten Verfahren, die bei der Diagnose verkürzter und abgeschwächter Muskeln meist zugrundegelegt werden, nicht den Anforderungen, die an Meßverfahren bzgl. der Objektivität, Reliabilität und Validität gestellt werden.

Die Darstellung eines Zusammenhanges zwischen dem Funktionsstand der Muskeln und der Haltung entbehrt aufgrund der Ungenauigkeiten bei der Diagnose der Haltung und bei der Diagnose des Funktionsstandes der Muskeln somit einer objektiven Grundlage. GROENEVELD (1976, 8), der sich mit Verfahren zur Messung der Haltung befaßt, stellt seiner Arbeit ein Zitat von Lord KELVIN voran:

"When you can measure what you are speaking about and express it in numbers, you know something about it, but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind."

Bei diesem Problem setzt die gestellte Thematik an. Erst wenn einerseits die Haltung meßbar und andererseits der Einfluß der einzelnen Muskelgruppen auf die Haltung empirisch erhoben und in Zahlen nachweisbar ist¹, kann mit gezielt eingesetzten Dehn- und Kräftigungsübungen präventiv und rehabilitativ auf Haltungsschwächen Einfluß genommen werden. Diesen Übungen muß eine detaillierte Diagnose des Beschwerdebildes vorangehen und es muß durch eine funktionell-anatomische Analyse exakt festgestellt werden, welche Muskeln bei den Übungen gedehnt bzw. gekräftigt werden.

Einen Schwerpunkt bei der Prophylaxe und Rehabilitation von Haltungsschwächen bilden Kräftigungsübungen für die Rumpfmuskulatur. Ziel dieser Übungen ist, das Wirbelsäulenprofil zu verändern. Dazu ist festzustellen, daß in der Trainingspraxis angewandte Übungen oftmals nicht den ihnen zugesprochenen Zweck erfüllen.

GRAFF u.a. (1986) zeigen an Kräftigungsübungen für die Bauch- und Rückenmuskulatur auf, wie durch die Unkenntnis funktionell-anatomischer Zusammenhänge das Beschwerdebild eines muskulären Ungleichgewichtes gefestigt wird. KNEBEL (1985) kommt nach der Analyse von Kräftigungsübungen für die Bauchmuskulatur zu gleichen Ergebnissen. LIEBISCH (1987) und BITTMANN (1987) weisen dies ebenfalls an Kräftigungsübungen für die Bauch- und Rückenmuskulatur, die im Schulsport praktiziert werden, nach. Im Lehr- und Arbeitsbuch "Sonderturnen" (BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT 1977) wird als wirksame Übung zur Kräftigung der Bauchmuskulatur die Übung "Klappmesser" angeboten, die KNEBEL (1985) als unfunktionell klassifiziert.

Zwischen dem Grad der Beckenneigung und der Ausprägung der Lordose der Lendenwirbelsäule besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang (GROENEVELD 1976, 73). Somit werden Fehlformen der Wirbelsäule in der Sagittalebene durch unphysiologische Beckenneigungen mitverursacht.

Die Auffassungen über die Bedeutung der verschiedenen Hüftmuskeln für die Beckenneigung sind sehr kontrovers. Während z.B. nach BITTMANN (1987, 120) die ischiocrurale Muskelgruppe "einziger Beckenaufrichter ist, der nicht zur Abschwächung, sondern zur Verspannung neigt", wird ihr von anderen Autoren keine, oder nur eine geringe Bedeutung für die Beckenneigung beigemessen. Für den Fall, daß BITTMANNs² Sichtweise zutrifft, bekommen Übungen zur Kräftigung bzw. Dehnung der ischiocruralen Muskelgruppe bei Übungsprogrammen zur Prophylaxe und

¹ Neben ungeeigneten Meßmethoden fällt bei zahlreichen Untersuchungen eine unzureichende inferenzstatistische Auswertung auf.

² BITTMANN verweist innerhalb der entsprechenden Passage auf LEWIT.

Rehabilitation von Haltungsschwächen eine zentrale Bedeutung; es muß gefolgert werden, daß bisher "falsch trainiert" wurde.

Bei der Prävention und Rehabilitation von Haltungsschwächen sind der Schulsport und das Schulsonderturnen bzw. der Sportförderunterricht³ besonders gefordert; denn für viele Schüler stellen sie häufig den einzigen Trainingseinfluß dar. Erkenntnisse aus der Trainingslehre besagen, daß Trainingseinflüsse im Kinder- und Jugendalter für die Ausprägung bestimmter sportmotorischer Leistungsfaktoren besonders günstig sind, d.h. daß die Trainierbarkeit besonders hoch ist ("sensitive Phasen", WEINECK 1985, 14). Die zunehmende Zahl von Haltungsschwächen bei Schülern (BITTMANN 1987) unterstreicht die Forderung nach effektiven Dehn- und Kräftigungsübungen zur Prophylaxe und Rehabilitation von Haltungsschwächen. Dabei ist eine unabdingbare Voraussetzung, daß die **Funktion** der verschiedenen Muskeln eindeutig erhoben sein muß, bevor **funktionelle** Übungen geplant und eingesetzt werden können.

Um statistisch abgesicherte Erkenntnisse über die Funktion und die Bedeutung der posturalen Muskeln für die Körperhaltung zu gewinnen und eine Kontrolle der Haltungsveränderungen durch unterschiedliche Belastungsformen zu gewährleisten, muß sowohl die Haltung wie auch der Funktionsstand der posturalen Muskulatur metrisch erfaßt werden.

Die auffällige Diskrepanz zwischen der Vielzahl der zum Themenkomplex "Muskel-funktion und Körperhaltung" erschienenen theoretischen Abhandlungen, Anweisungen für die Praxis und Erfahrungsberichte und der geringen Zahl empirischer Arbeiten (DORDEL, S. 1981, 300) ist nur verständlich, ob des umfangreichen und diffizilen experimentellen Aufwands, der notwendig ist, um Muskelfunktion und Körperhaltung metrisch zu erfassen, und ist somit auch Ausdruck einer gewissen Resignation. Resignation ist aber fehl am Platz. Nur das engagierte und präzise Aufdecken einzelner Bausteine des Themenkomplexes kann einen Fortschritt des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes bewirken. Dazu soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten.

Der theoretische Teil der vorliegenden Arbeit ist nach den Teilaspekten der dem Titel zugrundeliegenden Fragestellung gegliedert: Haltung (Kap. II.2), muskuläre Balance (Kap. II.3), Zusammenhänge zwischen der Haltung und dem Funktionsstand der posturalen Muskulatur (Kap. II.4) und Haltungsveränderungen durch Training (Kap. II.5) und hat die hauptsächliche Funktion, den Forschungsstand zum Problemkreis "Körperhaltung" durch die Vorstellung der bedeutendsten Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse zu dokumentieren, wobei der häufige Gebrauch von Kreuzverweisen aus der inhaltlichen Verflechtung der einzelnen Kapitel untereinander resultiert.

³ zur synonymen Verwendung der Begriffe "Schulsonderturnen" und "Sportförderunterricht" vgl. DORDEL, S. 1987, 9

II THEORETISCHER TEIL

I Standortbestimmung der Arbeit innerhalb der Wissenschaftsdisziplinen

Die menschliche Körperhaltung stellt ein ausgesprochen vielschichtiges Problem dar, das unter den verschiedensten Gesichtspunkten betrachtet werden kann. WAGENHÄUSER (1973, 128) nennt Personen aus über 20 Lebens- und Wissenschaftsbereichen, bei denen eine Beschäftigung mit dem Problem der Haltung zu beobachten ist:

"... Anatomen, Pathologen und Physiologen, Orthopäden und Rheumatologen, Pädiater und Gerontologen, Psychiater, Psychosomatiker, Psychologen und Verhaltensforscher, Epidemiologen, Schul-, Militär-, Sport-, Arbeits-, Präventiv- und Weltraummediziner, Eltern, Lehrer und Heilpädagogen, Physiotherapeuten, Sportler, Ingenieure, Biomechaniker, Konstrukteure und viele andere ..."

Die unterschiedlichen Teildisziplinen lassen sich nach ihren Untersuchungsschwerpunkten der medizinisch-anatomischen -, der psychologischen - und der pädagogischen Fachrichtung zuordnen; eine Trennung, die auch bei der Behandlung der Haltungsproblematik innerhalb des Schulsonderturnens/Sportförderunterrichts zu erkennen ist. Dabei ist die medizinische Orientierung bzw. die überwiegend biomechanische Betrachtungsweise des Förderangebotes einer pädagogischen Betrachtungsweise gewichen (ZIMMER u.a. 1987, 25 f.; vgl. auch KIPHARD 1982). Ein Grund für diese Entwicklung ist, daß die Effizienz der funktionellen Programme zur Beseitigung bzw. Minderung der vorgefundenen Symptome innerhalb des Schulsonderturnens/Sportförderunterrichts bezweifelt wird (ZIMMER u.a., 27), da bei einigen empirischen Untersuchungen keine Haltungsverbesserung durch die jeweiligen Trainingsprogramme nachgewiesen werden konnte (vgl. Kap. II.5).

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung sollten vor allem medizinisch-anatomische Fragestellungen bearbeitet werden; dies heißt jedoch nicht, daß den psychologischen und pädagogischen Komponenten des Problemkomplexes eine geringere Bedeutung beigemessen wird, sondern ist Ausdruck einer notwendigen Konzentration und des vordringlichen Bedürfnisses, die unbefriedigenden Ergebnisse der Untersuchungen zur Haltungsveränderung durch Muskeltraining zu überprüfen. Hierbei soll einerseits durch das empirisch-analytische Verfahren im Sinne einer Querschnittsuntersuchung die Beschreibung von Zusammenhängen ermöglicht werden und andererseits das induktiv-synthetische Verfahren im Rahmen des Trainingsexperiments kausale Zusammenhänge aufdecken (vgl. zum empirisch-analytischen und zum induktiv-synthetischen Verfahren innerhalb der funktionellen Anatomie KUMMER 1959, 3 f.).

2 Zur Körperhaltung

Bei der Diskussion über die arthromuskuläre Dysbalance wird davon ausgegangen, daß die Ausprägung der Körperhaltung von der Muskelfunktion abhängig ist. Eine Balance zwischen antagonistischen Muskeln ermöglicht eine "normale" Haltung, ein Dysbalance führt zu einer "unnormalen", "unphysiologischen" Haltung. Will man sich dieser Thematik annähern, ist eine Beschäftigung mit den folgenden Fragestellungen Voraussetzung:

Die Führungszeichen, in die die Begriffe "normal", "unnormal" und "unphysiologisch" in dem einleitenden Teil gesetzt wurden, sollten dokumentieren, daß der Umgang mit diesen Begriffen nicht unproblematisch ist. Diese Probleme bestehen schon auf der Ebene der Terminologie. Welche Begriffe werden in der Literatur benutzt? Sind diese Begriffe deskriptiv und ermöglichen sie eine verständliche Diskussion über das Thema? Kann die visuelle Begutachtung Grundlage der Quantifizierung des sich bietenden Bildes einer Körperhaltung sein oder müssen hier Messungen erfolgen? Diese Fragen werden im ersten Kapitel "**Von der visuellen Begutachtung zur metrischen Erfassung der Haltung**" bearbeitet.

Daran schließen sich die Fragen an: Welche Verfahren zur Messung der Haltung gibt es? Wie lassen sich diese klassifizieren? Welche Vor- und Nachteile beinhalten sie? Welches Verfahren bietet sich für die vorliegende Untersuchung an? Diese Fragen werden in dem zweiten Kapitel "**Die metrische Erfassung der Haltung: Verfahren**" behandelt.

Bei der Beschreibung der Körperhaltung stehen zwei Merkmale im Mittelpunkt: die Wirbelsäulenform und die Beckenneigung. Im Kapitel "**Die Berechnung und Klassifikation der Wirbelsäulenform**" wird dargestellt, wie sehr die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen durch die eingesetzten Meßverfahren beeinflußt werden, wie unterschiedlich die Anzahl der Kriterien ist, nach denen die Wirbelsäulenform klassifiziert wird, wie unterschiedlich auch die Anzahl der Klassen ist, und es wird die Frage angesprochen, ob das Einteilen in Klassen überhaupt notwendig ist.

In dem Kapitel "**Die Festlegung der normalen Haltung**" werden zwei Methoden, die zur Legitimation von Normwerten der Wirbelsäulen- und Beckenneigungshaltung meist zugrundegelegt werden, vorgestellt, und es wird als Zukunftsaussicht die einzig überzeugende Rechtfertigung von Normwerten aufgezeigt.

Im anschließenden Kapitel "**Die Normvarianten der Haltung**" wird der Begriff der Normvariante vorgestellt und unter den gleichen Gesichtspunkten wie die "normale Haltung" kritisiert. Weiterhin werden Möglichkeiten zur Unterscheidung strukturell und funktionell bedingter Ausprägungen der Körperhaltung angedeutet und Perspektiven der vorliegenden Arbeit angesprochen.

Im abschließenden Kapitel "Der Zusammenhang haltungskonstituierender Merkmale" wird aufgezeigt, daß bezüglich dieser Fragen - z.B. der Zusammenhang zwischen Beckenneigung und Wirbelsäulenform - kontroverse Meinungen und Untersuchungsergebnisse bestehen bzw. vorliegen. Die Bearbeitung dieses Teilproblems verfolgt zwei Intentionen. Erstens soll die vorliegende Untersuchung im experimentellen Teil hier weitere Informationen erarbeiten. Und zweitens erstreckt sich die Bedeutung der Hüftmuskeln im Falle eines Nachweises eines Zusammenhangs über die Beckenneigung auch auf die Wirbelsäulenform.

2.1 Von der visuellen Begutachtung zur metrischen Erfassung der Haltung

Die menschliche Körperhaltung äußert sich durch die räumliche Beziehung markanter Körper- bzw. Skeletteile zueinander und/oder zu der Umwelt, d.h. zu horizontalen oder vertikalen Bezugslinien.

Haltungsuntersuchungen haben grundsätzlich zum Ziel, die Besonderheiten einer Körperhaltung durch die Etikettierung mit geeigneten Begriffen zu quantifizieren. In der Literatur wird häufig die unzureichende Definition und Standardisierung des zur Beschreibung der Körperhaltung verwendeten Vokabulars kritisiert (DORDEL, S. 1987, 180; SCHOLTZMETHNER 1976, 99) und es werden Versuche unternommen, durch Begriffsbestimmungen die Verständigung innerhalb der Diskussion über die Haltung zu erleichtern. Hier ist insbesondere WAGENHÄUSER (1973) hervorzuheben, der grundlegende Definitionen zur "Haltungsnomenklatur" (136) vornimmt. Die Vielzahl der Begriffe kann nach verschiedenen Kriterien in Gruppen geordnet werden.

1. Es kann unterschieden werden zwischen Begriffen, mit denen die Gesamtkörperhaltung (z.B. "gute Haltung") bezeichnet wird und Begriffen, die ein einzelnes haltungskonstituierendes Merkmal⁴ (z.B. "flache Lordose") oder mehrerer dieser Merkmale (z.B. "Hohlrundrücken") kennzeichnen.
2. Es existieren Termini, die den Anspannungsgrad der Muskulatur bei einer Körperhaltung bezeichnen (z.B. "straffe - schlaffe Haltung").
3. Einige Begriffe sollen die Abgrenzung struktureller Haltungsauffälligkeiten (z.B. "Haltungsschaden") und funktioneller Haltungsauffälligkeiten (z.B. "Haltungsschwäche") ermöglichen.

⁴ vgl. zur Definition des Begriffs "haltungskonstituierendes Merkmal" S. 15

Seitenverweise, die die Zeichenfolge "S." beinhalten, beziehen sich auf die vorliegende Arbeit; Seitenverweise ohne diese Zeichenfolge beziehen sich auf die jeweils zitierte bzw. referierte Literatur.

4. Die Termini lassen sich nach den Kriterien der Extension (Begriffsumfang) und der Intension⁵ (Begriffsinhalt) klassifizieren. Die Angabe eines Kyphosewinkels von 154° (GROENEVELD 1976, 47) besitzt einen geringeren Begriffsumfang und einen präziseren und eindeutigeren Begriffsinhalt als die Beschreibung der Wirbelsäulenform mit den Begriffen "harmonisch" bzw. "flach" (SCHNEIDER 1968, 82 f.).

Eine eindeutige Beschreibung der Körperhaltung ist demnach ausschließlich durch die Angabe von Zahlen möglich.

Bei der Beurteilung der Haltung sind die visuelle Begutachtung und die apparativen Methoden voneinander abzugrenzen.

Die visuelle Begutachtung wird im orthopädischen Alltag vorwiegend im Rahmen von Reihenuntersuchungen angewandt. Daß die Ergebnisse aufgrund der Subjektivität des Eindrucks eine geringe Objektivität, Reliabilität und Validität besitzen, belegen die stark differierenden Angaben über den Anteil von Haltungsfehlern bei Reihenuntersuchungen (BLENKE 1913 und BREITENFELDER 1956, zit. bei GROENEVELD 1976, 7; DORDEL, S. 1981, 294; RUSCH 1977, 141). Möglichkeiten, die visuelle Beurteilung zu objektivieren, bestehen in einer Standardisierung des Untersuchungsablaufes (MAIER 1966, SASSEN 1976) und in der Verwendung von Beobachtungsbögen (BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT 1977, 63; DORDEL, S. 1987, 204; FUHRMANN u.a. 1977, 118 f.).

Eine Alternative bieten die apparativen Untersuchungsmethoden, die vor allem innerhalb wissenschaftlicher Untersuchungen eingesetzt werden, um die visuelle Begutachtung der Haltung zu objektivieren und auf diesem Weg eine Grundlage für statistische Auswerteverfahren zu schaffen. BÖCK u.a. (1967, 55) sind hinsichtlich einer Objektivierung der Haltungsbeurteilung durch apparative Verfahren eher pessimistisch, wenn sie schreiben:

"Die Kennzeichnung einer Haltung als straff (a) oder schlaff (b) sowie die Unterscheidung einer schlaffen Haltung (b) von einer zu tiefen Ruhehaltung (c) ist durch Messung und Zahlen kaum zu objektivieren. Große Erfahrung und dauernde Vergleichsmöglichkeiten sind deshalb Voraussetzung jeder Einschätzung der Haltung."

Diese Meinung wird ebenfalls von SCHEDE (1969)⁶ vertreten, dessen Auffassung GROENEVELD am Ende seiner Arbeit widerspricht: "SCHEDE vertrat 1927 den Standpunkt. Haltung sei nicht meßbar. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist es,

⁵ vgl. zu den Begriffen "Extension" und "Intension": BUßMANN, H.: Lexikon der Sprachwissenschaft. 2., völlig neu bearbeitete Aufl. Stuttgart: Kröner, 1990, 232, 346.

⁶ "Wie erkennen wir nun, ob ein Mensch eine gute oder schlechte Haltung hat? Es gibt keine Meßmethoden oder Tabellen, an denen wir unser Urteil ablesen können. Wie der Charakter eines Menschen, so kann auch die Haltung eines Menschen nur verstanden und erfüllt werden." (71)

glaube ich, an der Zeit, diesen Standpunkt zu überdenken." (85) Auch MATTHIAS (1977, 64) spricht sich vehement für das Messen und gegen eine subjektive Beurteilung aus:

"Das Messen ist bei uns aus vielen (zeitlichen, finanziellen und ideologischen) Gründen immer noch unpopulär, obwohl (oder weil?) das Messen in jeglicher Form der einzige Weg zur Korrektur unserer subjektiven (irrationalen) Irrtümer in Diagnostik und Therapie ist."

In der Literatur ist eine Vielzahl von Meßmethoden zur metrischen Erfassung der Haltung dokumentiert, die unter bestimmten Gesichtspunkten systematisiert werden können. Innerhalb des folgenden Kapitels werden diese Verfahren gesichtet, die Systematisierungen kommentiert und das für die vorliegende Untersuchung gewählte Verfahren - die Photogrammetrie - dargestellt.

2.2 Die metrische Erfassung der Haltung: Verfahren

Untersuchungen zur metrischen Erfassung der Haltung bzw. haltungskonstituierender Merkmale (Beckenneigung, Wirbelsäulenhaltung, Skoliose) haben in der orthopädischen Literatur eine lange Tradition (BERNAU 1984; CLAEYS 1967; DEUTSCHLÄNDER 1904, 1928 u. 1929, zit. bei GROENEVELD; DRERUP 1982; GRAMKO 1881, zit. bei GROENEVELD; GROENEVELD 1976; KLAUSEN 1965; KLEIN u.a. 1986; KRÄMER 1986; LEGER 1959; MENGE 1982; NEUGEBAUER 1970, 1975, 1976; PORWOLIK u.a. 1985; ROHLMANN u.a. 1985; ROTH 1885, zit. bei GROENEVELD; SCHULTHESS 1887 u. 1906, zit. bei GROENEVELD; SEROO u.a. 1975; SCHWARZ u.a. 1972 u. 1973; TIMM 1969 u. 1971; VIRCHOW 1886, zit. bei GROENEVELD; u.a.).

Zusammenfassende Darstellungen über die verschiedenen Verfahren sind bei MATTHIAS (1966, 79 ff.), GROENEVELD (1976, 9-13) und SCHOLTZ-METHNER (1976, 128-142) nachzulesen.

GROENEVELD unterscheidet unter Bezugnahme auf SCHULTHESS (zit. bei GROENEVELD 1976, 9) zwischen:

1. Abdruckzeichnungen,
2. Apparaten zur Konturenzeichnung und
3. direkten Messungen.

Nach einer umfassenden Darstellung der verschiedenen mechanischen Verfahren vervollständigt er die Aufstellung durch die photographischen und die röntgenologischen Methoden. ROHLMANN u.a. (1985) unterscheiden die mechanischen und die optischen Methoden und fassen damit jeweils die ersten drei Gruppen und die 4. und 5. Methode GROENEVELDs (1976) zusammen. LEGER (1959) grenzt die Röntengeometrie gegen die mechanischen - und gegen die übrigen optischen Methoden ab, indem er diese als "äußere Messungen" (9) bezeichnet. SCHOLTZMETHNER

(1976, 129.) nennt drei Methoden der Haltungsmessung: die morphologisch-anthropometrische -, die optische - und die funktionelle Methode⁷. Sie stellt 9 morphologisch-anthropometrische Methoden dar, bei denen es sich um mechanische Verfahren im Sinne GROENEVELDs handelt. Die funktionellen Methoden bestehen aus 3 optischen Verfahren (photographisch und visuell⁸) zur Beurteilung funktioneller Haltungstests, einem sportpraktischen Test zur Prüfung der Halteleistungsfähigkeit der Rücken- und Bauchmuskulatur und einem Koordinationstest. Im Sinne einer eindeutigen Terminologie sollten die ersten 3 funktionellen Methoden SCHOLTZ-METHNERS (1976) unter die optischen Methoden subsumiert werden, und es sollte eine deutlichere Trennung vollzogen werden zwischen:

1. den Inhalten der Haltungsbeurteilung,
2. den Verfahren zur Dokumentation,
3. den Testverfahren zur Prüfung der Muskelfunktion, und
4. den Testverfahren zur Prüfung der Muskelkoordination.

Eine Zwischenstellung zwischen den mechanischen und den optischen Verfahren nimmt das lichtoptische Verfahren von SEROO u.a. (1975) ein, bei dem es nicht zu einer Berührung des Probanden kommt. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in der Notwendigkeit, die Versuchsperson während des Meßvorgangs an den Schultern und um das Becken herum zu fixieren, da die Registrierung der Dornfortsätze einige Zeit in Anspruch nimmt (45 Sekunden, GROENEVELD 1976, 12).

Der entscheidende Nachteil der übrigen mechanischen Verfahren ist neben dem großen Zeitaufwand (GROENEVELD 1976, 12) die Irritation des Probanden während der Untersuchung (GROENEVELD 1976, 13).

Diese beiden Kritikpunkte treffen insbesondere auf die verschiedenen Verfahren der Abdruckzeichnungen und auf die der Apparate zur Konturenzeichnung zu, während der Mangel der direkten Messungen in einer Beschränkung auf meist ein haltungskonstituierendes Merkmal (Beckenneigung, Kyphose, Skoliose) besteht. Abdruckzeichnungen und Konturenzeichnungen haben zum Ziel, die Haltung bzw. haltungskonstituierende Merkmale plastisch abzubilden. Durch die Möglichkeit, Objekte photographisch zu erfassen und die Photographien standardisiert auszuwerten, haben die mechanischen Verfahren an Bedeutung verloren.

Bei den optischen Verfahren haben sich aus der "ersten klinischen orthopädischen Daguerrotypie" (KRÄMER 1986, 586) von 1845 die verschiedensten photographischen Verfahren entwickelt (vgl. Abb. 1).

⁷ DORDEL, S. (1987, 188 f) schließt sich mit ihrer Darstellung SCHOLTZ-METHNER an.

⁸ Bei der visuellen Beurteilung handelt es im weiteren Sinn auch um ein optisches "Verfahren".

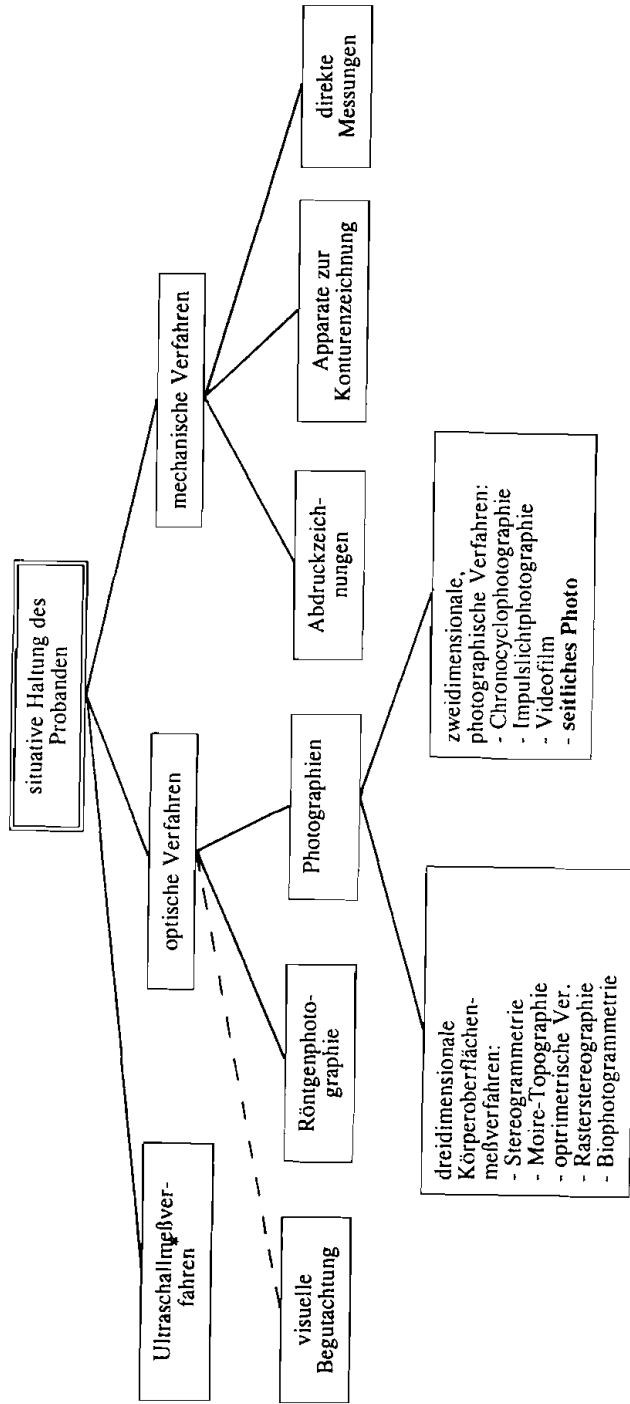


Abb. 1: Verfahren der Haltungsbeurteilung bzw. -messung und -dokumentation

* Dieses sehr elegante und innovative Verfahren wurde auf der MEDICA 92 durch die Firma U.S.T. - medical analyses GmbH, Braugasse 12, 50859 Köln (Postfach 400410, 50834 Köln) vorgestellt. Das Ultraschallmeßverfahren wird die zukünftige Haltungs- und Bewegungsanalyse dominieren.

Während die Chronocyclophotographie, die Impulslichtphotographie, die Strobophotographie und der Videofilm gewöhnlich bei Untersuchungen zur komplexen Biomechanik von menschlichen Bewegungen eingesetzt werden (KRÄMER 1986, 585) und bei Untersuchungen der Körperhaltung nur in Einzelfällen zum Einsatz kommen (GÜTH u.a. 1973, KLEIN u.a. 1986, RIEDER u.a. 1986), ist das Hauptanwendungsgebiet der dreidimensionalen Körperoberflächenmeßverfahren im Rahmen von Haltungsuntersuchungen im allgemeinen die Darstellung und Verlaufskontrolle von Skoliosen (KRÄMER 1986, 584). Eine Sonderstellung unter den photographischen Verfahren nehmen solche Methoden ein, bei denen die Koordinaten der Meßpunkte durch Verwendung von reflektierenden Markierungen und speziell entwickelten Bildprozessoren direkt ermittelt werden und so eine kinemographische Auswertung erübrigen (ASSENTE u.a. 1987).

Die Röntgenphotographie bietet den Vorteil, die Lage der **Skeletteile** präzise abzubilden und dann vermessen zu können (Röntgeometrie), während bei den anderen photographischen Verfahren von den sicht- und tastbaren Meßpunkten auf die Lage der Skeletteile geschlossen wird. LEGER (1959) betont die Bedeutung des Röntgenbildes und sieht den Nachteil der "äußeren Messungen" (9) darin, daß durch diese "nur ein im wahren und übertragenen Sinne des Wortes oberflächlicher Eindruck" (10) gewonnen werden kann. Äußere Messungen der Wirbelsäulenform haben nach LEGER 2 entscheidende Nachteile:

1. Die Distanz zwischen Dornfortsätzen und Wirbelkörper ist in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten unterschiedlich.
 2. Die Form der Wirbelsäule ist besser durch die Aufeinanderfolge ihrer Haupttragelemente, der Wirbelkörper, charakterisiert.
- Neben diesen beiden Nachteilen tritt bei den äußeren Messungen der Wirbelsäulenform, die nicht die Dornfortsätze direkt abgreifen bzw. markieren, eine weitere Störgröße auf.
3. Durch die intra- und interindividuell unterschiedliche Ausprägung der Weichteilmasse über den Meßpunkten (M. erector spinae) werden die Meßwerte beeinflusst.

Der hohen Genauigkeit der Röntgeometrie stehen jedoch einige Nachteile gegenüber. So ist einerseits eine Standaufnahme unter freien Haltungsbedingungen nach GROENEVELD nicht möglich, "da zur Verhinderung einer Überlagerung durch die hängenden Arme der Proband stets mit nach vorne gebrachten Armen, die im allgemeinen auf einer horizontalen Unterlage aufgelegt werden, geröntgt werden muß" (1976, 34)⁹ und andererseits ist die Röntgenuntersuchung aufgrund des großen

⁹ Die Meinungen zu diesem Problem innerhalb der Literatur sind kontrovers; so kommt LEGER (1959) nach der Überprüfung von Kontrollfotos zu dem Ergebnis, daß die Stellung des Gesamtkörpers durch passives Anheben der Arme im allgemeinen nicht verändert wird (31).

apparativen Aufwandes (vgl. LEGER 1959, 25-29) und wegen der gesundheitlichen Bedenken für Reihenuntersuchungen (vgl. JUNGHANNS 1986, 215; GROENEVELD 1976, 34) nicht geeignet. Ein weiterer Nachteil der Röntngeometrie besteht in der Tatsache, daß sie nicht bei der Dokumentation von Funktionstests (MATTHIASS-Halte-Test, Streck- und Beugetest der Wirbelsäule, etc.) eingesetzt werden kann, da einerseits die Strahlenbelastung verstärkt wird und andererseits die Fixierung in den Extremstellungen nicht möglich ist.

In den Haltungsuntersuchungen jüngerer Datums werden vor allem die photographischen Verfahren eingesetzt. KRÄMER (1986) stellt einen geschichtlichen Abriss der medizinischen Photographie zusammen und unterstreicht "ihre Zielsetzung in der optimalen objektiven Verlaufsdokumentation" (586).

Die Eignung der photographischen Verfahren für die objektive Verlaufsdokumentation von Haltungsveränderungen wird ebenfalls bei SCHWARZ u.a. (1973, 19) und bei GROENEVELD (1976, 13) betont und muß von der geringeren Leistungsfähigkeit bei der einmaligen Diagnose unterschieden werden, die durch einen Untersuchungsteil von GROENEVELD quantifiziert wird. Er kommt nach dem Vergleich der photographisch und der röntgenologisch gemessenen Winkel im Thoracal- und Lumbalbereich bei 32 Probanden zu dem Ergebnis, daß die photographisch gemessenen Winkel im thoracalen Bereich um durchschnittlich 5° und im lumbalen Bereich um rund 20° über den röntgenologisch ermittelten Winkeln lagen, d.h. beide Wirbelsäulenabschnitte erschienen photographisch weniger gekrümmt. Die größere Abweichung der Lordosewinkel erklärt GROENEVELD durch die im Lumbalbereich stark hinter den Lordosescheitel vorspringende Rückenstreckmuskulatur. Wie er im weiteren darstellt, kann aufgrund der Variationsbreite der Abweichungen im Einzelfall der röntgenologisch gemessene Wert nicht aus dem photographisch gemessenen Winkel berechnet werden (49 f.).

Die Abweichungen der photographisch erhobenen Werte sind bei der Zielsetzung der Verlaufsdokumentation irrelevant, denn sie sind bei einer standardisierten Methode der Markierung der Vpn an den Untersuchungsterminen identisch, so daß Differenzen der gemessenen Werte eindeutig auf Haltungsveränderungen zurückgeführt werden können.

Beim Einsatz der optischen und mechanischen Verfahren ist die Auswahl und Markierung der Meßpunkte entscheidend. Photographien bilden das Objekt mit der unendlichen Vielzahl von optischen Informationen ab, die dann in einem weiteren Schritt auf prägnante metrische Indizes **reduziert** werden müssen. Diese Reduktion ist auch bei den mechanischen Verfahren eine unumgängliche Maßnahme und ist abhängig von der Entscheidung, welche haltungskonstituierenden Merkmale für bedeutsam befunden werden.

Hier sind sowohl bei den optischen wie auch bei den mechanischen Verfahren zwei Gruppen voneinander abzugrenzen:

1. Verfahren, bei denen die anatomischen Meßpunkte vor oder während des Meßvorganges markiert bzw. abgegriffen werden und die dann bei der Auswertung direkt in Indizes umgerechnet und ausgedrückt werden (Rückenindex nach NEUGEBAUER 1970 u. 1975; KYPHOSE-Index nach MATTHIASS 1966, 79-95; Photogrammetrie, GROENEVELD 1976).
2. Verfahren, bei denen das Objekt abgebildet wird und bei denen dann an der Abbildung Meßpunkte bestimmt werden (Sitzhaltungstest nach SCHOBERTH, zit. bei SCHOLTZMETHNER 1976, 138; SCHNEIDER 1968; SCHWARZ u.a. 1972 u. 1973).

Die Verfahren der ersten Gruppe verfügen gegenüber den Verfahren der zweiten Gruppe über eine höhere Meßgenauigkeit, da die genaue Lage der Meßpunkte ertastet werden kann und nicht ausschließlich visuell anhand der Abbildungen bestimmt werden muß.

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung soll von den photogrammetrischen Verfahren das seitliche Photo zur Haltungsmessung eingesetzt werden, dessen Vorteile GROENEVELD (1976, 13) zusammenfassend folgendermaßen darstellt:

"Die photogrammetrische Methode ist einfach, relativ billig und von Hilfskräften durchzuführen. Sie erlaubt neben der Form- und Haltungsbestimmung am total unbeeinflussten Patienten auch die Gewinnung, Dokumentierung und Weiterverarbeitung von anthropometrischen Daten, und der Zeitaufwand ist sehr gering. Diese Methode eignet sich deshalb besonders für Reihenuntersuchungen."

2.3 Die Berechnung und Klassifikation der Wirbelsäulenform

Analog zu der Vielfalt der Verfahren der Haltungsmessung lassen sich bei der Berechnung der Wirbelsäulenform unterschiedliche Methoden voneinander abgrenzen. Dabei stehen die Berechnung der Wirbelsäulenform und das eingesetzte Meßverfahren in engem Zusammenhang. Es sind vor allem die folgenden Verfahren zu unterscheiden:

1. Verfahren, bei denen die Wirbelsäulenform in Winkeln ausgedrückt wird (ASMUSSEN u.a. 1959, GROENEVELD 1976, KLAUSEN 1965, KLAUSEN u.a. 1978). Hierbei handelt es sich in der Regel um Verfahren, bei denen eine geringe Zahl von Meßpunkten an der Wirbelsäule erfaßt wird.
2. Verfahren, bei denen an den Abbildungen in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten (Lordose, Kyphose) Sehnen gezogen werden, deren Krümmungsscheitel, Länge und Bogenhöhe bestimmt und zu Indizes verrechnet werden (LEGER 1959, 9, 56-59; SCHNEIDER 1968, 54; SCHWARZ u.a. 1972 u. 1973; WIELKI 1987). Bei diesen Verfahren ist Voraussetzung, daß eine genügende Zahl von Meßpunkten

abgebildet wird, um die Wirbelsäulenschwingungen in Form von Bögen abzubilden.

zu 1.) Bei dem Verfahren von GROENEVELD (1976), das stellvertretend für die Verfahren der 1. Gruppe dargestellt wird, wurden die Vertebra prominens und die obere Begrenzung der Rima ani markiert, die Distanz gemessen, in drei gleiche Strecken unterteilt und die auf diesem Wege ermittelten Meßpunkte dann mit Styroporklötzchen versehen. Er nahm dabei zugunsten der Schematisierung in Kauf, daß die Unterteilungspunkte in einigen Fällen nicht genau mit den Krümmungsscheiteln der Lendenlordose und Brustkyphose übereinstimmten (17 f.). Bei der Auswertung "wurde jeweils der Winkel zwischen der hinteren Oberkante des 1., 2., 3. Styroporklötzchens als thoracaler oder Kyphosewinkel (Winkel Th) und der Winkel zwischen den Klötzchen 2, 3, 4 als lumbaler oder Lordosewinkel (Winkel L)" (23) errechnet.

zu 2.) Bei dem Verfahren nach LEGER (1959), das die Verfahren der 2. Gruppe repräsentieren soll, wurde die Vorder-Oberkante des 1. Brustwirbel durch eine Sehne mit der Vorder-Oberkante des 3. Lendenwirbel verbunden, deren Länge und der größte Abstand zur Brustwirbelsäule gemessen und diese beiden Größen miteinander in Beziehung gesetzt und in zu einem Index verrechnet (56 ff.).

Die Klassifikation in Haltungstypen wird im allgemeinen anhand zweier haltungskonstituierender Merkmale vorgenommen: der Wirbelsäulenform und der Beckenneigung. Nur in wenigen Fällen wird das Gesamtverhalten des Rumpfes (Vor- oder Rückneigung) beurteilt (wie z.B. beim MATTHIASS-Halte-Test, vgl. auch KLAUSEN u.a. 1978). Je nach Verfahren werden die diagnostizierten Wirbelsäulenformen in verschiedene Anzahlen von Gruppen eingeteilt, die nach den jeweilig für bedeutsam erklärten Kriterien unterschieden werden:

- WIELKI (1987) unterscheidet nach 10 Kriterien 3 Haltungstypen: Typ A Normal, Type B Lordotic und Type C Kyphotic (568).
- LEGER (1959) legt bei seiner Einteilung in 8 Typen 4 Kriterien zugrunde (56 ff.). Dabei bestimmt er auch zwei Kriterien, die das Rück- oder Vorneigen der gesamten Wirbelsäule bzw. des Wirbelsäulenabschnitts 1. Brustwirbel - 3. Lendenwirbel dokumentieren.
- GROENEVELD (1976, 44) klassifiziert nach den beiden Kriterien des Lordose- und des Kyphosewinkels in 5 Haltungstypen: normalrunder -, hohlrunder Rücken, Flachrücken, Hohlrücken und Rundrücken. Er hält sich mit dieser Einteilung eng an die STAFFEL'sche Einteilung, der die normale Haltung, den hohlrunden Rücken, den totalrunden Rücken und den flachen Rücken unterschied. Der normalrunde Rücken weist durchschnittliche Lordose- und Kyphosewinkel auf, beim Flachrücken sind beide unter- beim hohlrunden Rücken beide überdurchschnittlich, während beim Rundrücken der Lordosewinkel normal und der Kyphosewinkel überdurchschnitt-

lich - und beim Hohlrücken der Kyphosewinkel normal und der Lordosewinkel überdurchschnittlich ist (vgl. Tab. 1, S. 17). Im Gegensatz zu GROENEVELD, der lediglich 2 Kriterien (Lordose- und Kyphosewinkel) zur Beschreibung der Wirbelsäulenhaltung nutzt, sind es bei PORWOLIK u.a. (1985) 15 Kriterien.

Die jeweiligen Kriterien, die bei den Messungen zugrundegelegt werden, sind Beispiele **haltungskonstituierender Merkmale**, die sich dadurch auszeichnen, daß sie ein markantes Merkmal der Haltung darstellen und durch ihre jeweilige Ausprägung ein individuelles Haltungsbild konstituieren. Sie müssen klar definierbar und somit auch meßbar sein. MATTHIASS (1966) sieht in diesem Punkt keinen grundsätzlichen Unterschied zur visuellen Haltungsbeurteilung. Nach einer Besprechung einiger Meßverfahren resümiert er:

"Solche Vorschriften erscheinen uns etwas primitiv. Aber es lohnt sich, einmal darüber nachzudenken, ob nicht unsere subjektive Haltungsbeurteilung sich auch nur an solchen wenigen Punkten orientiert." (80)

Ein zentrales Problem bei der Abgrenzung der Haltungstypen wird von WASMUND-BODENSTEDT u.a. (1983) folgendermaßen dargestellt:

"Die Problematik des Haltungsbegriffs schlägt sich dann auch nieder in der Erstellung von Beurteilungskategorien. Sowohl die Form- als auch die Funktionsbeurteilung zeigen im Erscheinungsbild fließende Übergänge, so daß Einteilungen nicht durch feste Grenzen beschrieben werden können." (14)

Unter dem meßtheoretischen Gesichtspunkt ist das Einteilen in Klassen bei metrisch erhobenen Merkmalen eine Transformation auf ein niedrigeres Skalenniveau, bei dem weniger Informationen des empirischen Relativs im numerischen Relativ abgebildet werden und das somit einen Informationsverlust bedeutet (BORTZ 1989, 31). Innerhalb der vorliegenden Untersuchung werden aufgrund dieser Problematik keine Klassifikationen der Körperhaltungen vorgenommen.

2.3.1 Die Festlegung der normalen Haltung

In der Literatur zur Haltung finden sich immer wieder Versuche, die normale Haltung zu definieren und diese Definitionsversuche zu legitimieren. Ziel der Definition der normalen Haltung ist es, Haltungsauffälligkeiten von ihr unterscheiden zu können und ggf. behandelnde Maßnahmen einzuleiten. LEGER (1959, 9) verdeutlicht diese Problematik folgendermaßen: "Die Festlegung einer Normalform ist schon deswegen notwendig, um eine sichere Abgrenzung gegenüber pathologischen Formen durchführen zu können." Bei der Festlegung der normalen Haltung lassen sich zwei Verfahren voneinander abgrenzen:

1. GROENEVELD (1976) und SCHWARZ u.a. (1972 u. 1973) nahmen die Festlegung der normalen Haltung durch Mittelwertberechnung der untersuchten Fälle vor. Auch Angaben zur "normalen Beckenneigung", wie man sie in Anatomie-

büchern häufig¹⁰ findet, basieren auf diesem Verfahren. Bei der Diskussion über die "arthro-muskuläre Balance" dienen diese Angaben als Normwerte; Abweichungen werden auf muskuläre Dysbalancen zurückgeführt (hierzu wird im Kap. 3 ausführlich Stellung genommen).

Diese Vorgehensweise ist jedoch nicht unproblematisch. So weist GROENEVELD (1976) auf das Problem hin, anhand der Mittelwerte der Lordose- und Kyphosewinkel die Kollektive normalrunder Rücken (NR), Flachrücken (FL), Hohlrücken (HR), Rundrücken (RR) und hohlrunde Rücken (HRR) zu unterscheiden. Diese Schwierigkeiten werden in ähnlicher Weise bei SCHWARZ u.a. (1973) angesprochen. Bei GROENEVELD wurde "als willkürliche Toleranzgrenze um den "absoluten Mittelwert" [H.d.A.] nach oben und unten ... die Standardabweichung der normalrunden Rücken aus der klinischen Klassifizierung (...) mit 6° festgesetzt" (47). Bei der Beurteilung der "Norm" wird in der Statistik vom Mittelwert einer Stichprobe ausgegangen und die jeweilige Position eines Merkmalsträgers innerhalb der Normalverteilung durch die Formel:

$$\text{(Wert des Merkmalsträgers - Mittelwert (MW)) / Standardabweichung (Stdev)}$$

berechnet. Dabei liegen im Bereich zwischen dem MW - 1 Stdev und dem MW + 1 Stdev 68% aller Fälle und im Bereich zwischen dem MW - 2 Stdev und dem MW + 2 Stdev 95% aller Fälle (BORTZ 1989, 57 f.). Aus dieser Berechnung folgt, daß bei GROENEVELD ca. 32% der Fälle, die in der klinischen Klassifizierung als normalrund bezeichnet wurden, bei der Einteilung in die Haltungsvarianten in andere Kategorien eingeordnet wurden. GROENEVELD weist weiterhin darauf hin, daß eine notwendige Voraussetzung der Normalverteilung nicht gegeben war:

"Die Möglichkeit, durch Winkelmessungen Formvarianten-Kollektive sauber voneinander zu trennen, ... ist ... willkürlich, und die Festsetzung von Mittelwerten für die Formvarianten-Kollektive ist wegen der nicht linearen Verteilung der Fälle in diesen Kollektiven statistisch bedenklich und **nicht notwendig** [m.H.] (...). (47)

"In der vorliegenden Studie ist die Fallzahl mit großem Winkel aber wesentlich kleiner als die Zahl mit kleineren Winkeln, und zwar sowohl im thoracalen als auch im lumbalen Bereich (...). (48)

GROENEVELD gibt die folgenden Mittelwerte der Formvarianten-Kollektive an:

Tab. 1: Mittelwerte der Formvarianten-Kollektive nach GROENEVELD (48)

	thoracale Winkel	lumbale Winkel
NR Normalrücken	154°	163°
RR Rundrücken	145°	
HR Hohlrücken		152°
HRR Hohlrundrücken	145°	152°
FR Flachrücken	161°	171°

2. LEGER kam 1959 nach dem Versuch, die Normalform der Wirbelsäule durch "Theoretisch-technische Überlegungen über die optimale Form der Wirbelsäule" (79-85) zu beschreiben zu der Erkenntnis, daß es aufgrund der "Vielgliedrigkeit der Wirbelsäule" (105) und der "Unmöglichkeit, die einzelnen Teilschwerpunkte zu bestimmen und die mannigfachen, auf die Wirbelsäule wirkenden Muskeln hinsichtlich ihrer Kraft und Hebelarmlänge zu fassen" ... "unmöglich ist, die Wirbelsäule nach ihren statischen und dynamischen Beanspruchungen rein mathematisch zu berechnen" (105).

Trotz dieser Bedenken gibt LEGER die folgenden Richtlinien an:

1. Um Stoßbeanspruchungen abzdämpfen und um so die Funktion einer Federung ausüben zu können, muß die Wirbelsäule s-förmige Krümmungen aufweisen (80).¹¹

2. "Um die Beanspruchung in den Bandscheiben sowohl auf Druck wie auch auf Schub auf ein Minimum zu reduzieren, ergibt sich demnach die Konsequenz, daß die Krümmungen möglichst gering ausgebildet und die Schwerelinie möglichst zentral durch die Wirbelsäule verlaufen sollte." (82 f.)

3. Aus den Forderungen 1 und 2 resultiert, daß die Krümmungen der Wirbelsäule einen Optimalwert anstreben sollten, der beiden Bedingungen genügt, d.h. die Krümmungen sollten nur so stark sein, daß die Schwerelinie an der Konkavseite der Krümmungen in deren Mitte aus der Wirbelkörperreihe heraustritt (83).

4. "An den Bandscheiben tritt neben der Druckbeanspruchung eine funktionell ungünstige Schubbeanspruchung um so mehr auf, je mehr sie gegenüber der Horizontalen geneigt sind." (82)

Das Problem der erhöhten Belastung der lumbalen Bandscheiben und insbesondere der lumbosakralen Bandscheibe durch eine steile Stellung derselben wird bei GRAFF u.a. (1986, 17) betont und wird darüber hinaus meist als der zentrale

¹⁰ "Die Neigung des Beckens (...) läßt sich ... im Normalfalle mit einem Winkel von etwa 12 Grad bestimmen." (HOHMANN u.a. 1982, 270) "... mit vermehrter Beckenkipfung nach vorn (normal etwa 12 Grad)." (GRAFF u.a. 1986, 16)

¹¹ HAGENA u.a. (1984) kommen nach Messungen über das Dämpfungsverhalten der menschlichen Wirbelsäule in vivo zu dem Ergebnis, daß ungefähr 50% der am Becken eingegebenen Schwingungen von der Wirbelsäule abgedämpft werden. Dabei entfallen 30% auf die Lendenwirbelsäule, die restlichen 20% auf die Brust- und Halswirbelsäule (50). Entsprechende Messungen bei unterschiedlichen Wirbelsäulenformen könnten wichtige Erkenntnisse über Optimalwerte der Wirbelsäulenkrümmungen liefern.

Nachteil eines vorgekippten Beckens genannt (SCHOLTZMETHNER 1976, 98; TITTEL 1986, 4).

Außer den Überlegungen LEGERS fallen im Schrifttum vor allem die Beiträge von GROH u.a. auf, die einerseits die Belastungen (Kräfte) berechnen, die bei der Normalform der Wirbelsäule und bei Abweichungen von der Normalform auftreten und die zu den grundsätzlich gleichen Ergebnissen wie LEGER kommen (1967a) und andererseits die Belastung der 5. Lendenbandscheibe beim Halten einer Last untersuchen (1967b). Die Ausführungen von RÜTT (1970) über die Leistungsfähigkeit des Flachrückens, insbesondere seine Begründung für prognostizierte lumbale Beschwerden auch in jungen Jahren sind undetailliert und wenig überzeugend. Diesen theoretischen Arbeiten stehen experimentelle Untersuchungen gegenüber. BRINCKMANN (1986) kommt in seinem Aufsatz "Verformung von Bandscheibe und Wirbelkörper unter Belastung" zu dem Ergebnis, "daß der Zusammenhang zwischen biomechanischen Parametern und klinischen Symptomen noch weitgehend hypothetisch ist und in wichtigen Bereichen der Verifikation bedarf" (68). KOLDITZ u.a. (1985) weisen darauf hin, daß der Pumpmechanismus die Ernährung und biomechanische Funktion des Zwischenwirbelabschnitts garantiert und eine Haltungskonstanz somit zu einem Sistieren des Wasser- und Elektrolytaustauschs führt (235).

IMHÄUSER (1988) beschreibt anhand eines kasuistischen Beitrages, daß ein Patient mit Spondylolisthesis weitgehend beschwerdefrei war und liefert damit ein eindrucksvolles Beispiel für das Ergebnis BRINCKMANNs (s.o.).

Die Legitimation von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale ist letztendlich nur durch den Nachweis eines Zusammenhangs zwischen Abweichungen von diesen Normwerten und Beschwerden - z.B. in Form von Rückenschmerzen - möglich. MENGE (1982) schreibt zu dieser Frage:

"In einer eigenen Untersuchung über die Form und Haltung der Lendenwirbelsäule bei Kreuzschmerzpatienten fanden sich keine Differenzen in Ausmaß und Verteilung der hier besprochenen Parameter [Kreuzbeinbasis-Winkel, Lordose- und Kyphosewinkel] zum Normkollektiv (...)." (149)

Aus diesem Ergebnis schließt er:

"Solange eine kausale Beziehung zwischen der Form der Wirbelsäule und der Freiheit von Erkrankungen nicht nachgewiesen werden kann, soll "Norm" als statistischer Mittelwert der beobachteten Fälle verstanden werden." (146)

Wie diese Darstellung gezeigt hat, sind die Versuche zur Definition der normalen Haltung ausgesprochen problematisch. Für Klärung dieser Problematik sind Längsschnittuntersuchungen zu fordern, die den Zusammenhang zwischen der Ausprägung haltungskonstituierender Merkmale und Erkrankungen zum Gegenstand haben.

2.3.2 Die Normvarianten der Haltung

In den letzten Jahren hat sich für Abweichungen von der normalen Haltung, die nicht funktionell, sondern strukturell verursacht werden, der Begriff der "Normvarianten" durchgesetzt (DORDEL, S. 1987; 144). Nach KIPHARD (1982, 19 f.) stellen die konstitutionell bedingten Rückenformen "Flachrücken", "Rundrücken" und "Hohl-rundrücken" "biologisch optimale individuelle Normvarianten" dar, mit den haltungskorrigierenden Übungen des Schulsonderturnens/Sportförderunterrichts wird "gegen die Natur" gearbeitet. Um bei der Haltungsbeurteilung Haltungsschwächen und Normvarianten voneinander abgrenzen zu können, werden einerseits Funktionstests eingesetzt, und andererseits wird durch die Inspektion der Beweglichkeit der Wirbelsäule (Rumpfvorbeuge, Bankstellung, Katzenbuckel, Rutschhalte) geprüft, ob die Haltungsauffälligkeiten strukturell verursacht sind. Bei der Überprüfung der Funktion findet zur Erfassung der Halteleistungsfähigkeit der MATTHIAS-Halte-Test Anwendung. Bei der Beurteilung der Kraft wird zum einen der Muskelfunktionstest nach JANDA angewandt, oder es werden zum anderen die "Übungsdauer für die Haltekraft" und die "Wiederholungszahl für die Schnellkraft" gemessen, wobei die wichtige Beurteilung der "Qualität der Übungsausführung" jedoch nicht möglich ist, so daß bei dem Vorhaben der metrischen Erfassung der Muskelkraft mit "dynamometrischen Messungen" (DORDEL, S. 1987; 209) gearbeitet werden muß. Hierzu wird in Kap. 3.3.1 ausführlich Stellung genommen.

Die Existenz der "Normvarianten" muß unter denselben Gesichtspunkten angezweifelt werden wie das Vorhandensein der "normalen Haltung". Die Tatsache, daß die haltungskonstituierenden Merkmale normalverteilt sind (MENGE 1982, 149), erlaubt keine Einteilung in Klassen. Das Einteilen in Klassen entspringt dabei zum Teil sicherlich dem Bedürfnis, die Auffälligkeiten einer Körperhaltung kommunizierbar zu erhalten.

Die vorliegende Arbeit verfolgt die Zielsetzung, die in der Literatur als Tatsachen deklarierten Zusammenhänge zwischen der Körperhaltung und der Muskelfunktion, die statistisch nicht nachgewiesen sind (wie in den folgenden Kapiteln noch dargestellt wird), zu überprüfen und somit das Grundlagenwissen auf diesem Gebiet zu vertiefen bzw. zu erarbeiten. Dabei steht diese Zielsetzung in einem gewissen Widerspruch zu der Tatsache, daß weder die "normale Haltung" noch die "Normvarianten" festgelegt werden können und somit eine sichere Abgrenzung pathologischer Formen (LEGER 1959, 9), die notwendig ist, um behandelnde Maßnahmen einzuleiten, nicht möglich ist. Es stellt sich also die Frage, warum der Zusammenhang zwischen der Haltung und der Muskelfunktion untersuchenswert erscheint. Hier sind neben der rein wissenschaftlichen Relevanz des Themas 2 Praxisbezüge zu nennen.

1. Falls die Bedeutung der Muskelfunktion als Regelgröße für die Körperhaltung nachgewiesen wird, kann bei gravierenden Abweichungen, bei denen der Krankheitswert zweifelsfrei ist und in Fällen, in denen bereits Beschwerden vorliegen, dieses Grundlagenwissen bei der Therapie genutzt werden.
2. In der Praxis werden ungeachtet der beschriebenen Problematik bei der Definition der "normalen Haltung" als Bezugswert bei diagnostizierten Abweichungen von diesem Bezugswert z.B. innerhalb der Krankengymnastik und innerhalb des Schulsondeturnens/Sportförderunterrichts Übungen zur Beeinflussung der Körperhaltung eingesetzt. Auch hier könnten die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit dienlich sein.

Die Photogrammetrie als Methode zur Erfassung der haltungskonstituierenden Merkmale erfüllt die folgenden Aufgaben.

- Sie wird zur Objektivierung der Funktionsprüfungen (MATTHIAS-Halte-Test, Rumpfvorbeuge, etc.) eingesetzt.

- Sie läßt einen Vergleich zwischen der Vor- und der Nachuntersuchung zu und kann somit die Verlaufskontrolle der Haltungsveränderungen dokumentieren (DORDEL, S. 1987, 191; SCHWARZ u.a. 1973, 19).

Da als Vpn-Gruppe Schüler im Alter von 13 bis 18 Jahren gewählt wurden (vgl. Kap. III), ergibt sich ein besonderes Problem, das der Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Vor- mit denen der Nachuntersuchung Grenzen setzt, denn die haltungskonstituierenden Merkmale

- unterscheiden sich von denen der Erwachsenen (DUBOIS 1925, 871; LEGER 1959, 74-76),

- werden von Wachstums- und Reifungsvorgängen beeinflusst (DUBOIS 1925, 872 f.), und

- sind oft durch Wachstumsdissoziationen und Synkopen der Wachstumsharmonie hinsichtlich der Regelmäßigkeit der Entwicklung gestört (DUBOIS 1925).

Es besteht somit zum einen im noch stärkeren Maß als bei Erwachsenen das Problem, Normwerte zu definieren, und zum anderen das Problem, Veränderungen zwischen der Vor- und der Nachuntersuchung, die auf Reifungs- und Wachstumsprozessen beruhen, von solchen zu unterscheiden, die durch gezielte Trainingsmaßnahmen bewirkt werden. Resultierend aus dieser Problematik ergibt sich die Notwendigkeit, bei Untersuchungen zur Beeinflussung der Haltung durch behandelnde Maßnahmen zusätzlich zur Versuchs- eine Kontrollgruppe dem Vor- und Nachtest zu unterziehen.

2.4 Der Zusammenhang haltungskonstituierender Merkmale

Der Zusammenhang haltungskonstituierender Merkmale untereinander wird im orthopädischen und im sportwissenschaftlichen Schrifttum in zahlreichen theoretischen Abhandlungen beschrieben, denen eine wesentlich geringere Anzahl von Messungen und statistisch abgesicherten Aussagen gegenübersteht. Dabei steht vor allem der Zusammenhang von Beckenneigung und Wirbelsäulenform im Mittelpunkt des Interesses. Nach GROH (1975) liegt die primäre Ursache aller Haltungsschäden in der Aufrichtung des Menschen zum Zweifüßlergang, die erfolgte durch:

1. eine Dorsalrotation des Beckens von nur 35 bis 40 Grad,
2. Entwicklung einer kranialen Keilform des I. Kreuzbeinwirbels von im Mittel 15 Grad,
3. durch Ausbildung einer Lendenlordose von 35 bis 40 Grad (...)." (509)

GROENEVELD (1976) untersuchte an Röntgenbildern den Zusammenhang zwischen dem Beckeneingangswinkel, dem Kreuzbeinbasiswinkel und dem Lordosewinkel. Er ermittelte zwischen dem Lordosewinkel und Beckeneingangswinkel eine Korrelation von $r = -0,485$ und zwischen dem Lordosewinkel und dem Kreuzbeinbasiswinkel eine Korrelation von $r = -0,548$ (72 f.). Er fand damit den in der Literatur beschriebenen Zusammenhang zwischen dem Grad der Beckenkipfung und der Ausprägung der Lendenlordose bestätigt: "Je stärker das Becken gekippt ist (...) um so ausgeprägter ist die Lendenlordose (...)" (73).

Diesen Ergebnissen steht eine Arbeit von LEGER (1959) gegenüber, der bei seinen Messungen an Röntgenbildern keinen Zusammenhang zwischen dem Beckenneigungswinkel, dem lumbosakralen Winkel, dem Promontoriumswinkel¹² einerseits und der Form der Wirbelsäule andererseits nachweisen konnte (49, 51). Er stellte jedoch einen Zusammenhang zwischen dem Kreuzbeinbasiswinkel und der Form der Wirbelsäule in der Weise fest, "daß kleinere Basiswinkel mit einer relativ kurzen, zumindest aber flacher ausgebildeten Lordose einhergehen als die überdurchschnittlich großen Winkel" (49) und folgerte, das Kreuzbein sei "die Mittlerin zwischen Wirbelsäule und Becken und den Bedürfnissen der auf ihr ruhenden Wirbelsäule angepaßt" (50). Bei der Arbeit LEGERs ist verwunderlich, daß die Dokumentation der Wirbelsäulenform nur durch 5 metrische Variablen erfolgte¹³ und daß die Meßwerte der ansonsten überaus gründlichen Untersuchung keiner inferenzstatistischen Auswertung unterzogen wurden. Die Ergebnisse der Studie sind unter diesen Gesichtspunkten zu relativieren.

Dessenungeachtet überraschen die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Untersuchungen GROENEVELDs und LEGERs bzgl. der Korrelation zwischen der

¹² Bei den Winkelbestimmungen im Lendenwirbelsäule-Kreuzbein-Übergang besteht "keine Einigkeit bezüglich Messung und Benennung" (LEGER, 14). Vgl. hierzu auch JUNGHANNs 1986, 31 f.

¹³ LEGER entwickelte z.B. keine Variable zur Quantifizierung der Lendenlordose.

Beckenneigung und der Ausprägung der Lordose. Eine Ursache für Differenzen bei Untersuchungen, bei denen der Beckenneigungswinkel gemessen wird, kann in der Verwendung unterschiedlicher Meßverfahren bestehen. KLAUSCH (1982, 22 f.) zählt 7 Verfahren auf, bei denen unterschiedliche Bezugspunkte genutzt werden. Dieses Problem kommt hier jedoch nicht zum tragen, denn LEGER legte als Bezugspunkte bzw. -linie die *Conjugata anatomica* zugrunde, die Bestandteil der Beckeneingangsebene ist, deren Winkel GROENEVELD erhob. Daß die unterschiedlichen Meßverfahren und die synonyme Verwendung einiger Begriffe ein schnelles Verständnis der Ergebnisse oftmals erschweren, dokumentiert das Beispiel MENGES (1982), der anhand von Röntgenaufnahmen von 614 gesunden jungen Männern zwischen der Beckenneigung und dem Lordosewinkel eine Korrelation von $r = 0,875$ ermittelte, während die Beckenneigung und der Kyphosewinkel nicht ($r = 0,051$) - und die Lordose und Kyphose nur gering korreliert ($r = 0,322$) waren (149). MENGE nutzte als Parameter für die Beckenneigung den "Kreuzbeinbasis-Winkel nach *Ferguson* bzw. nach *Whitman* ... (s. bei Junghans, 1979)" (149).

Als übereinstimmendes Ergebnis ist festzuhalten, daß ein Zusammenhang zwischen dem Kreuzbeinbasis-Winkel und der Ausprägung der Lordose von allen 3 Wissenschaftlern nachgewiesen werden konnte. Die auffallende Differenz zwischen dem Korrelationskoeffizienten GROENEVELDs ($r = -0,548^{14}$) und demjenigen MENGES ($r = 0,875$) kann durch Unterschiede der Meßverfahren der Lordosewinkel verursacht sein. MENGE bestimmte den Lordosewinkel "nach Cobb zwischen Kreuzbeinbasis und Neutralwirbel im dorsolumbalen Übergang" (149). GROENEVELD nutzte den Winkel zwischen den "Wirbelkörpermittelpunkte[n] nach der Methode von FERGUSON" (GROENEVELD 1972, 31), deren Bezugspunkte die Styroporklötzchen der photogrammetrischen Auswertung waren (vgl. S. 14). Bei den gegensätzlichen Ergebnissen bzgl. des Zusammenhanges zwischen der Beckenneigung und der Lordose von GROENEVELD und LEGER ist einerseits aufgrund der statistischen Absicherung und andererseits aufgrund eines entsprechenden Ergebnisses bei ASMUSSEN u.a. (1959), die jedoch keinen Korrelationskoeffizienten angeben (vgl. S. 59), GROENEVELD zuzustimmen.

Die Untersuchungen von MENGE, LEGER, GROENEVELD und ASMUSSEN u.a. hatten den interindividuellen Zusammenhang zwischen der Beckenneigung und der Wirbelsäulenform zum Gegenstand. GROH (1975) untersuchte diesen Zusammenhang intraindividuell und stellte fest, daß das Becken im aufrechten Stand eine Sagittalrotation von 18° durchzuführen vermag, bei der die Lendenlordose eine gegenseitige Korrelation von allerdings nur 4° zeigt (510). Dabei nutzte er als Parameter für die Beckenneigung den Winkel zwischen der Kreuzbeindeckplatte und der Schwerelinie

¹⁴ Die differierenden Vorzeichen resultieren aus unterschiedlichen Skalierungen der Lordosewinkel und sind zu vernachlässigen.

und als Parameter für die Lendenlordose den Winkel zwischen der Kreuzbeindeckplatte und der Oberkante des 3. Lendenwirbels. Auch STRACKER (1949) weist den Zusammenhang zwischen Beckenneigung und Lordose experimentell nach und stellt einen "lordosierenden bzw. antilordosierenden" (274) Beckenhebel vor.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß unabhängig von der Tatsache, ob sich interindividuell ein Zusammenhang zwischen der Form der Wirbelsäule, speziell der Lordose und der Beckenneigung bzw. der Kreuzbeinbasis nachweisen läßt, dieser Zusammenhang intraindividuell vorhanden ist, d.h. durch Veränderungen des Beckenneigungswinkels wird die Form der Wirbelsäule beeinflusst. Somit haben die pelvi-femoralen und die pelvi-cruralen Muskeln über ihre Wirkung auf die Beckenneigung auch eine Bedeutung für die Wirbelsäulenform.

2.5 Zusammenfassung

Die Beantwortung der eingangs des Kapitels "Zur Körperhaltung" aufgelisteten Fragen stellt sich folgendermaßen dar.

In der Literatur wird das Thema "Körperhaltung" mit einer kaum übersehbaren Menge von Begriffen diskutiert. Allgemein akzeptierte Definitionen sind selten. Eindeutigkeit wird dann möglich, wenn die Körperhaltung vermessen wird. Die Diskussion, ob Haltung meßbar ist oder nicht, scheint zugunsten der Meßbarkeit entschieden. Die dabei auftretenden Probleme sind im Vergleich zu den essentiellen Vorteilen unbedeutend.

Bei den Verfahren zur metrischen Erfassung der Körperhaltung sind vor allem die optischen und die mechanischen Verfahren voneinander abzugrenzen. Die mechanischen Verfahren haben durch die Entwicklung der optischen Verfahren an Bedeutung verloren. Die Röntgenphotographie ist sehr präzise, ihre Nachteile bestehen in der Strahlenbelastung und in dem großen apparativen Aufwand. Das seitliche Photo stellt bei Untersuchungen der Körperhaltung in der Sagittalebene ein unkompliziertes, preiswertes Verfahren zur metrischen Erfassung dar.

Bei der Berechnung und Klassifikation der Wirbelsäulenform existieren sehr unterschiedliche Verfahren. Je nach Verfahren werden anhand von 2-10 Kriterien zwischen 3 und 8 Haltungstypen unterschieden. Ein Einteilen in Klassen ist unter dem meßtheoretischen Gesichtspunkt nicht notwendig.

Die gängigen Methoden der Legitimation von Normwerten der Körperhaltung - die Mittelwertberechnung und theoretisch-technische Überlegungen - können nur orientierend sein. Die Legitimation von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale ist

letztendlich nur durch den Nachweis eines kausalen Zusammenhangs zwischen Abweichungen von diesen Normwerten und Beschwerden möglich.

Der Begriff der "Normvariante der Haltung" ist unter den gleichen Gesichtspunkten wie derjenige der "normalen Haltung" anzuzweifeln. Da die haltungskonstituierenden Merkmale normalverteilt sind, ist ein Einteilen in Klassen nicht angemessen.

Bei der kontroversen Diskussion über den Zusammenhang zwischen Beckenneigung und Wirbelsäulenform, speziell der Lordose, sind die Untersuchungsergebnisse, die einen Zusammenhang nachgewiesen haben, überzeugender.

3 Zur muskulären Balance

Dieses Kapitel ist folgendermaßen gegliedert:

Im einleitenden Teil wird die "**Theorie der muskulären Balance**" in einem kurzen Überblick dargestellt, ihre begriffliche Vielfalt wiedergegeben und systematisiert, und der Zustand der "muskulären Balance" und die beiden Ausprägungen "muskulärer Dysbalancen" anhand von Abbildungen veranschaulicht.

Das zweite Kapitel beinhaltet eine **kritische Stellungnahme zu Erklärungsansätzen für das Entstehen muskulärer Dysbalancen**. Zu nennen sind hier vor allem die Phänomene des "Kontraktions- und Dehnungsrückstandes", die Muskeln nach Kraft- bzw. Dehnungstraining zeigen sollen (DORDEL, H. 1975, RAMSEY u.a. 1940), und die Tatsache, daß posturale Muskeln (Haltungsmuskeln) zur Verkürzung neigen sollen und phasische Muskeln (Bewegungsmuskeln) zur Abschwächung (JANDA 1986). Die einzelnen Charakteristika, nach denen sich die posturalen - und die phasischen Muskeln unterscheiden sollen, werden systematisch überprüft.

Im dritten Kapitel wird der **JANDA Muskelfunktionstest** kurz vorgestellt und hinsichtlich der Gütekriterien von Meßverfahren hinterfragt. Im Anschluß daran werden **metrische Methoden zur Erfassung des Funktionszustandes der posturalen Muskulatur** (Messungen der Kontraktionskraft und des Dehnungsgrades) dargestellt.

3.1 Darstellung der Theorie der muskulären Balance

Die in der Literatur existierenden Ausführungen über die "muskuläre Balance" lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Bei einer muskulären Balance wird das Gelenk durch das Verhältnis der Drehkräfte der das Gelenk überziehenden antagonistischen Muskeln in einer normalen, physiologischen Stellung gehalten. Bei einer muskulären Dysbalance ist dieses Verhältnis gestört, das Gelenk befindet sich in einer Stellung, bei der Kräfte auftreten, die zu Verschleißerscheinungen des Gelenkes führen.

Für die unphysiologischen Zustände der Muskeln, die eine muskuläre Dysbalance verursachen, werden in der Literatur die unterschiedlichsten Begriffe benutzt, die zunächst einmal systematisiert und definiert werden müssen. Die Beschreibung der unphysiologischen Muskelzustände wird von allen Autoren durch ein begriffliches Gegensatzpaar vorgenommen: Verkürzung - Verlängerung (DORDEL, H. 1975; 40, 43), Dehnungsrückstand - Kontraktionsrückstand (DORDEL, H. 1975; 41 f.), verkürzte Muskeln - abgeschwächte Muskeln (SPRING u.a. 1986, 4), zur Verkürzung neigende Muskeln - zur Abschwächung neigende Muskeln (BITTMANN 1987, 118), Abschwächung - Verspannung (BITTMANN 1987, 120), Kontraktionsfähigkeit - Dehnungsfähigkeit (BERTHOLD u.a. 1981, 171), funktionelle Verkürzung - Schwächen (GRAFF u.a. 1986, 16), Muskelabschwächungen - Muskelverkürzungen (RUMLER u.a. 1986, 42), Verkürzung ihrer Länge - Abschwächung ihrer Kraft (TITTEL 1986, 3) u.a.. JANDA (1986, 209) verwandte die Begriffe: "Verkürzung bis hin zur Kontraktur" - "Erschlaffung" und "Abschwächung und Hemmung".

Als Zustandsbeschreibung dienen die Attribute Kraft und Länge. Zwischen der Kraft eines Muskels und seiner Länge wird von den Autoren offensichtlich ein Zusammenhang angenommen, d.h. es wird vermutet, ein abgeschwächter Muskel sei gleichzeitig verlängert, ein kräftiger Muskel hingegen verkürzt. Das erste begriffliche Gegensatzpaar DORDELS bezieht sich ausschließlich auf das Merkmal Länge, das Zweite auf die Eigenschaft Kraft, während sich die begrifflichen Gegensatzpaare bei den verbleibenden Autoren aus einem die Kraft - und einem die Länge der Muskeln beschreibenden Begriff zusammensetzen. Ein Hauptproblem bei den verwirrenden Definitionen über gemischte (zum einen die Länge und zum anderen die Kraft der Muskeln beschreibende) begriffliche Gegensatzpaare besteht darin, daß Ursache (z.B. Abschwächung als Ursache der Verlängerung) und Wirkung (z.B. Verkürzung als Wirkung einer höheren Ruhespannung) nebeneinander gestellt werden.

Um hier ein einheitliches Bezugssystem innerhalb der begrifflichen Abgrenzung zu schaffen, soll im weiteren von einem "Verkürzungszustand" und von "verkürzten" und "verlängerten" Muskeln gesprochen werden.

Faßt man die der Literatur zur muskulären Balance zu entnehmenden Eigenschaften abgeschwächter (verlängerter) und verkürzter Muskeln zusammen, so ist der Verkürzungszustand eines Muskels definiert durch:

1. seine Maximalkraft,
- 2.1 die Fähigkeit, der (den) Kontraktions-Funktion(en) des Muskels entgegengesetzte Gelenkbewegungen ausführen zu können; hierfür soll der Begriff "Dehnungsgrad" verwendet werden, und
- 2.2 die Größe der Spannung, die der Muskel dieser Bewegung (diesen Bewegungen) entgegengesetzt; hierfür soll im weiteren der Begriff "Ruhespannung" genutzt werden; für die Ruhespannung, die der Muskel der Dehnung beim Erreichen des maximalen Dehnungsgrades entgegengesetzt, wird im folgenden der Begriff "maximale Dehnungsspannung" gebraucht.

Da die entsprechenden Kurven, die die Entwicklung der Ruhespannung während einer Dehnung wiedergeben, in der Untersuchung von RAMSEY u.a. (1940), auf die DORDEL, H. (1975) bei der Darstellung der muskelphysiologischen Ursachen des Kontraktions- und Dehnungsrückstandes verweist, an isolierten Fasern von Froschmuskeln in vitro gewonnen wurden, soll der Begriff der Ruhespannung für die Untersuchung des Verkürzungszustandes innerhalb der Muskelfunktionsprüfung durch das folgende Zitat von WIEMANN (1991b, 296) konkretisiert werden:

"Beim Muskel in vivo läßt sich - vor allem im Laufe eines Dehnungsvorgangs - die durch die fibrilläre Struktur erzeugte Ruhespannung nicht von Spannungen differenzieren, die von unwillkürlichen, reflektorischen Kontraktionen herrühren. Aus diesem Grund wird im folgenden der Begriff der Ruhespannung stets auf die Spannung des willkürlich inaktiven (subjektiv entspannten) Muskels angewendet."

Wie bereits angesprochen (s.o.), werden zwischen der Maximalkraft, dem Dehnungsgrad und der Ruhespannung eines Muskels von den Autoren offensichtlich wechselseitige Beziehungen angenommen, d.h. es wird vermutet, daß ein Muskel mit geringer Maximalkraft einen hohen Dehnungsgrad und eine geringe Ruhespannung aufweist, die dann zu einer Verlängerung führt, bzw. daß ein Muskel mit einer hohen Maximalkraft einen geringen Dehnungsgrad und eine hohe Ruhespannung aufweist, die dann zu einer Verkürzung führt.¹⁵

Die folgende Abbildung veranschaulicht den Zustand einer muskulären Balance.

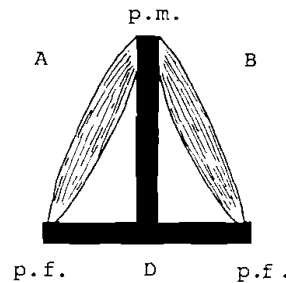


Abb. 2: Schematische Darstellung des Zustandes einer muskulären Balance

Die antagonistischen Muskeln A und B halten durch ihr Verkürzungsverhältnis das um den Drehpunkt D drehbare Gelenk im Gleichgewicht; p.f.: punctum fixum, p.m.: punctum mobile. (leicht verändert nach ALTER 1988, 19)

¹⁵ Es muß jedoch angemerkt werden, daß sich bereits an diesem Punkt in der Darstellung innerhalb der Literatur ein Widerspruch zeigt, denn nach DORDEL, H. weist ein verkürzter Muskel eine geringere isometrische Maximalkraft auf (42). DORDEL, H. referiert dabei ein Untersuchungsergebnis von RAMSEY u.a. (vgl. S. 36 f.).

Im anschließenden Kapitel werden die Ursachen beschrieben, die für die Verkürzung bzw. Verlängerung eines Muskels verantwortlich gemacht werden. Die folgenden Abbildungen zeigen die beiden Ausprägungen muskulärer Dysbalancen.

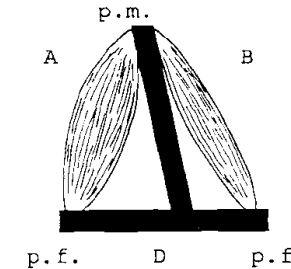


Abb. 3: Muskuläre Dysbalance durch Muskelverkürzung

Der Muskel A hat sich einem spezifischen Reiz mit einer höheren Spannung angepaßt. Muskel B ist keinem Reiz ausgesetzt worden, seine Spannung bleibt gleich. Das Verkürzungsverhältnis hat sich verändert, die muskuläre Balance ist gestört. (leicht verändert nach ALTER 1988, 19)

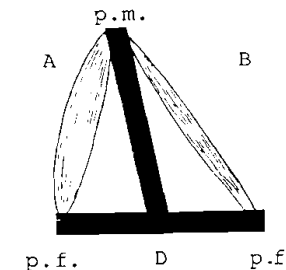


Abb. 4: Muskuläre Dysbalance durch Muskelverlängerung

Der Muskel B hat sich einem spezifischen Reiz mit einer niedrigeren Spannung angepaßt. Muskel A ist keinem Reiz ausgesetzt worden, seine Spannung bleibt gleich. Das Verkürzungsverhältnis hat sich verändert, die muskuläre Balance ist gestört. (leicht verändert nach ALTER 1988, 19)

3.2 Kritische Stellungnahme zu Erklärungsansätzen für das Entstehen muskulärer Dysbalancen

Als Ursachen und Erklärungsmodelle für das Entstehen einer muskulären Dysbalance werden vor allem zwei Faktoren genannt:

1. Der Muskel reagiert auf Belastungen eines Kraft- und Dehntrainings mit Verkürzungen bzw. Verlängerungen (Kontraktions- und Dehnungsrückstände; DORDEL, H. 1975; 41 f.). Durch ungleichmäßige Verteilung des Kraft- und Dehntrainings auf die Antagonisten eines Gelenkes kommt es zu ungleichmäßigen Verkürzungen und Verlängerungen. Bei der Darstellung dieser Ursache beziehen sich die Autoren auf DORDEL, H. und auf Autoren, die DORDEL, H. referiert.
2. Bei der Einteilung in tonische und phasische Muskulatur wird die Muskulatur unterschieden in Muskeln, die zur Verkürzung neigen und Muskeln, die zur Abschwächung (Verlängerung) neigen. Bei dieser Begründung stützen sich die Autoren auf JANDA (1976¹⁶, vgl. Zitat S. 41).

Diese beiden Ursachen werden von allen Autoren für die Entstehung einer muskulären Dysbalance in entsprechender Form genannt. Wie im folgenden gezeigt werden soll, sind diese Erklärungen bei näherer Betrachtung unzureichend. Diese Kritik bezieht sich zum einen auf die Einteilung in phasische und tonische Muskeln (Bewegungs- und Haltungsmuskeln) und zum anderen auf die Darstellung der muskelphysiologischen Ursachen der Verkürzung und Abschwächung.

Das Verhältnis von abgeschwächten und verkürzten (kontrakten) Muskeln ist nach LEWIT (1984) nicht dem Zufall, sondern gewissen Gesetzmäßigkeiten unterworfen. "Es konnte nämlich auch elektrophysiologisch nachgewiesen werden, daß vom Standpunkt der Funktion *zwei Systeme der quergestreiften Muskulatur* [H.d.A.] zu unterscheiden sind." (282) Die vorwiegend posturale Muskulatur ist klinisch durch die "Neigung zur Hyperaktivität, Verspannung, Verkürzung, Hypertonus" (282) - die vorwiegend phasische Muskulatur durch die Neigung zu "Hemmung, Abschwächung und Erschlaffung" (282) gekennzeichnet.

SPRING faßt die Charakteristik der posturalen (tonischen) und der phasischen Muskulatur folgendermaßen zusammen:

¹⁶ In der vorliegenden Arbeit wird bei Verweisen auf JANDA die 2., bearbeitete Auflage der "Muskelfunktionsdiagnostik" von 1986 zugrundegelegt, die sich von der 1. Auflage von 1976 nicht nennenswert unterscheidet. Beide Auflagen unterscheiden sich von der Veröffentlichung "Muskelfunktionsprüfung" JANDAs von 1959 vor allem darin, daß die Veröffentlichung "Muskelfunktionsprüfung" ausschließlich den Muskeltest zur Bewertung der Muskelkraft beinhaltet, der 1976 in der "Muskelfunktionsdiagnostik" durch die Kapitel "Untersuchung verkürzter Muskeln" und "Untersuchung der Hypermobilität" ergänzt wurde.

Tab. 2: Charakteristik der posturalen (tonischen) und phasischen Muskulatur (leicht verändert nach SPRING 1981, 144)

Eigenschaft	postural (tonisch)	phasisch
1. Funktion	vorwiegend Haltefunktion	vorwiegend Bewegungsfunktion
2. Ermüdbarkeit	weniger	stärker
3. Reaktion	langsamer	rascher
4. Phylogenese	älter	jünger
5. Fasertyp	überwiegend Slow Twitch-Fasern	überwiegend Fast Twitch-Fasern
6. Steuerung	alpha-2-Motoneurone	alpha-1-Motoneurone
7. Reaktion auf Überlastung	Verkürzung	Abschwächung
8. gegenseitige Einflüsse	ein verkürzter Muskel hemmt reflektorisch seine phasischen Antagonisten	abgeschwächte phasische Muskeln sind wegen dieser reflektorischen Hemmung nicht maximal stimulierbar

Die Tabelle SPRINGs wurde ausschließlich dahingehend geändert, daß die einzelnen Eigenschaften, nach denen sich die posturale und die phasische Muskulatur unterscheiden sollen, numeriert wurden. Die Charakterisierung wird im folgenden auf ihre Schlüssigkeit überprüft. Dabei wird die Reihenfolge geändert:

1. Haltungs- und Bewegungsfunktion,
2. Reaktion auf Überlastung: Verkürzung und Abschwächung,
3. Fasertyp (diesem Kriterium sind die Eigenschaften: Ermüdbarkeit, Reaktion und Steuerung untergeordnet),
4. Phylogenese und
5. gegenseitige Einflüsse.

3.2.1 Haltungs- und Bewegungsfunktion

Die folgende Tabelle dokumentiert die Übereinstimmungen und die Unterschiede zwischen den einzelnen Autoren bei der Einteilung der Muskulatur in zur Verkürzung bzw. zur Abschwächung neigende Muskeln.

Tab. 3: Einteilung in zur Verkürzung bzw. zur Abschwächung neigende Muskeln;

durch die horizontalen Linien werden jeweils die folgenden Bereiche abgegrenzt: 1. Schultergürtel - Arm, 2. Rumpf, 3. Becken - Oberschenkel und 4. Unterschenkel - Fuß

Zur Verkürzung neigen:	LEWIT (1984, 282 f.)	SPRING (1986, 113)	SCHMIDT (1983 272 ff.)	TITTEL (1986, 3)
1. M. pectoralis major M. levator scapulae oberer Teil des M. trapezius Armbeuger Mm. scaleni	*	*	*	
2. Rückenstrecker M. quadratus lumborum	*	*	*	*
3. Mm. ischiocrurales M. iliopsoas M. rectus femoris M. tensor fasciae latae Adduktoren M. piriformis	*	*	*	*
4. M. triceps surae	*	*	*	*
Zur Abschwächung neigen:	LEWIT	SPRING	SCHMIDT	TITTEL
1. mittlerer und unterer Teil des M. trapezius Mm. rhomboidei M. triceps brachii M. serratus anterior Tiefe Halsbeuger	*	*	*	*
2. Bauchmuskeln M. erector spinae im mittleren Thorakalbereich	*	*	*	*
3. Mm. glutaei maximus, medius und minimus Mm. vasti des Quadrizeps	*	*	*	*
4. M. tibialis anterior Mm. peronaei	*	*		

Die weitgehende Einigkeit der Autoren bzgl. der zur Verkürzung neigenden Muskeln resultiert aus der Tatsache, daß sie hierbei die Aufzählung der am häufigsten zur Verkürzung neigenden Muskeln von JANDA (1976, 238-253) zugrunde legen, der den M. triceps surae, den M. iliopsoas, den M. rectus femoris, die Ischiokruralmuskulatur, die Adduktoren, den M. piriformis, den M. quadratus lumborum, den M. pectoralis major, die paravertebrale Rückenmuskulatur, den oberen Teil des M. trapezius und den M. levator scapulae nennt. Auch bei der Bestimmung der zur Abschwächung neigenden Muskeln besteht eine Verbindung zu JANDA, die sich jedoch erst nach längerer Suche offenbart, denn weder in dem Buch "Muskelfunktionsprüfung" (1959) noch in der überarbeiteten Auflage "Muskelfunktionsdiagnostik" (1976, 1986) ist eine Aufzählung zur Abschwächung neigender Muskeln nachzulesen. Diese findet sich dann in dem Aufsatz "Muskelfunktion in Beziehung zur Entwicklung vertebralegener Störungen" (1970, 129) neben einer weitgehend gleichlautenden Liste (s.o.) zur Verkürzung neigender Muskeln¹⁷: "die Gluteus-Gruppe, Gesäßmuskulatur (gluteus maximus, medius und minimus), die Bauchmuskeln, die unteren Stabilisatoren des Schulterblattes (M. Serratus lateralis, Rhomboidei, der mittlere und distale Teil des M. Trapezius) und die vorderen, tiefen Halsbeuger (hauptsächlich die Scaleni)".

Neben der weitgehenden Übereinstimmung der Autoren, die darauf zurückzuführen ist, daß sie JANDA als Quelle nutzen, zeigen sich auch Differenzen. Der offensichtlichste Unterschied besteht bei der Einschätzung der Mm. scaleni. Während sie von JANDA den zur Abschwächung neigenden Muskeln zugeordnet werden, beurteilen sie LEWIT und SPRING als zur Verkürzung neigende Muskeln. Dies ist um so überraschender, als das Buch LEWITs "Manuelle Medizin" unter der Mitarbeit JANDAs entstand.

Zusammenfassend kann folgendes festgestellt werden: Bei der Bearbeitung des Themas "muskuläre (Dys-)Balance" bewirkt die Übereinstimmung der Auflistungen der zur Verkürzung und zur Abschwächung neigenden Muskeln der verschiedenen Autoren, daß der Leser den Eindruck gewinnt, es handele sich dabei um einen vielfach überprüften und feststehenden Sachverhalt. Da jedoch gezeigt werden konnte, daß die Übereinstimmung auf der Bezugnahme auf die gleiche Quelle beruht, verliert die Einteilung in zur Verkürzung und zur Abschwächung neigende Muskeln an Überzeugungskraft und muß im weiteren überprüft werden.

Es ist fraglich, ob die Bestimmtheit, mit der die Trennung zwischen Haltungs- und Bewegungsmuskeln von den verschiedenen Autoren vollzogen wird, berechtigt ist. Es

¹⁷ "Der M. Triceps surae, die Kniebeuger, der phylogenetisch ältere Teil der Hüftadduktoren, der Iliopsoas, der Tensor fasciae latae, M. Rectus femoris, M. Quadratus lumborum, der lumbale Anteil der Rückenstrecker, der phylogenetisch ältere Anteil des M. Pectoralis major, der obere Anteil des Trapezius, und M. Levator scapulae."

treten zumindest bei den Meinungen zu diesem Thema überraschende Differenzen und Widersprüche auf. Diese beziehen sich einerseits auf die Antagonisten eines Gelenkes, z.B. wird von einigen Autoren den Hüftbeugern die Haltungsfunktion im Hüftgelenk zugewiesen (LEGER 1959, 55; BASMAJIAN 1974, 182) - von anderen Autoren den Hüftstreckern (WIRHED 1984, 83¹⁸). Andererseits werden auch die Synergisten eines Gelenkes in tonische und phasische Muskeln unterschieden, und auch bei dieser Zuordnung kommen die Autoren zu unterschiedlichen Ergebnissen (vgl. S. 57). Es ist verwunderlich, daß der *M. gluteus maximus* meist als Haltungsmuskel (vgl. S. 57) eingestuft wird, obwohl er von allen Autoren übereinstimmend als ein zur Abschwächung neigender und somit phasischer Muskel beschrieben wird. Wie im Kapitel II.4.3 (S. 62 ff.) am Beispiel der Bauch- und Rücken Muskeln ausführlich - und am Beispiel der Hüftstrecker und Hüftbeuger (vgl. Zitat CARLSÖÖ, S. 67) kurz dargestellt wird, ist bei diesen Muskeln eine normative Zuordnung einer Haltungsfunktion aufgrund großer interindividueller Variationen nicht möglich. Bei einer Betrachtung der unterschiedlichen Verkürzungs- und Verlängerungsmustern der Muskulatur, die bei den verschiedenen Haltungsschwächen diagnostiziert werden (vgl. Tab. 4 und Abb. 5), fällt auf, daß ausschließlich bei der Bauchmuskulatur bei allen 3 Haltungsschwächen eine Dehnung (Erschlaffung, Verlängerung) vorliegen soll, während bei den Hüftbeugern, Hüftstreckern und Rückenmuskeln z.T. eine Überdehnung - z.T. eine Verkürzung vermutet wird.

Tab. 4: Die Haltungsschwächen Totalrundrücken, Hohlrundrücken und Hohlrücken mit den Verkürzungs- und Verlängerungsmustern der Muskulatur (vgl. Abb. 5)

	Totalrundrücken	Hohlrundrücken	Hohlrücken
Bauchmuskeln	erschläfft (= gedehnt)	gedehnt	gedehnt
<i>M. iliopsoas</i> <i>M. rectus femoris</i>	gedehnt	verkürzt	verkürzt
<i>M. gluteus max.</i> <i>Mm. ischiocr.</i>	verkürzt	gedehnt	gedehnt
Rückenstrecker	gedehnt	verkürzt (untere Rückenm.) gedehnt (obere Rückenm.)	verkürzt (untere Rückenm.)

¹⁸ WIRHED begründet diese Aussage durch die Lage des Rumpfschwerpunktes vor dem Hüftgelenk; er relativiert diese Analyse jedoch, indem er diese Relation als "individuell sehr verschieden" (83) bezeichnet.

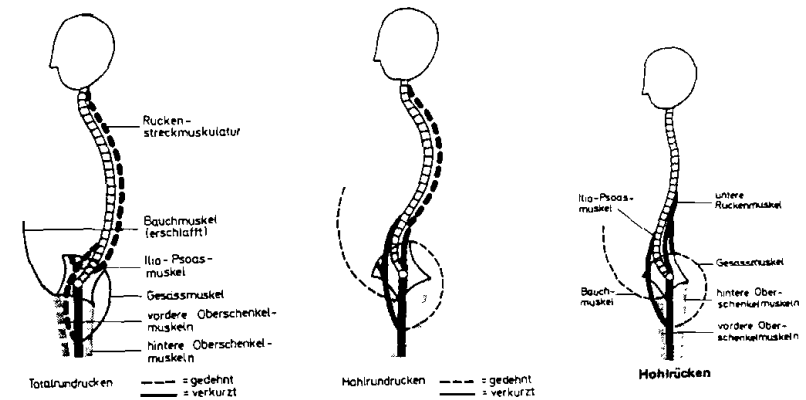


Abb. 5: Die Haltungsschwächen Totalrundrücken, Hohlrundrücken und Hohlrücken mit den Verkürzungs- und Verlängerungsmustern der Muskulatur (BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT 1977; 48, 50, 51)

Der von LEWIT geäußerten Meinung bzgl. der elektrophysiologischen Unterscheidbarkeit der posturalen und phasischen Muskulatur wird von GÖPFERT (1960, 45-47) widersprochen:

"So wird ... immer wieder die Frage aufgeworfen, ob Unterschiede in der Farbe, Transparenz, Faserdicke oder anderen Eigenschaften vorliegen, die man einerseits den "tonischen" [H.d.A.] oder "Haltungsmuskeln" [H.d.A.], andererseits den "tetanischen" [H.d.A.] oder "Bewegungsmuskeln" [H.d.A.] eindeutig zuordnen könne. (...) Alle diese Gestaltunterschiede sind ebenso wie die Funktionsverschiedenheiten nicht prinzipieller Art, sondern nur quantitative Abstufungen ... (...) Zusammenfassend läßt sich sagen, daß keine der dualistischen Theorien von einem zweifachen Substrat des Skelettmuskels allgemeine Gültigkeit [H.d.A.] beanspruchen kann."

3.2.2 Reaktion auf Überlastung: Abschwächung und Verkürzung

Wenn die muskelphysiologischen Ursachen für Muskelverkürzungen bzw. -verlängerungen thematisiert werden, geschieht dies in der Regel durch Querverweise auf JANDA (BERTHOLD u.a. 1981, 171; GRAFF u.a. 1986, 16; KLAUSCH 1982, 16; LEHMANN 1991, 16; SCHMIDT u.a. 1983, 271; WEBER, M.A. 1989), auf DORDEL, H. 1975 (BERTHOLD u.a. 1981, 171; DIETRICH u.a. 1985, 53; SCHMIDT u.a. 1983, 271; TAUCHEL u.a. 1986), auf RAMSEY u.a. 1940 (BERTHOLD u.a. 1981, 172; DIETRICH u.a. 1985, 53; KLAUSCH 1982, 17; MAEHL 1986, 36¹⁹)

¹⁹ "(vgl. RAMSEY/STREET zit. bei DORDEL 1975, 42-43)"

und in einigen wenigen Fällen auf GÖPFERT 1960 (BERTHOLD u.a. 1981, 171; DIETRICH u.a. 1985, 53;). Die zentrale Textstelle bei JANDA (vgl. auch das Zitat JANDAs S. 41) lautet:

"Unter dem Begriff *Muskelverkürzung* [H.d.A.] verstehen wir einen Zustand, bei dem es aus den verschiedensten Ursachen zu einer Verkürzung des in Ruhe befindlichen Muskels gekommen ist. Der Muskel ist also in vivo im Ruhezustand kürzer als normal, und er läßt sich passiv nicht so weit dehnen, wie es dem vollen Bewegungsausmaß des zugeordneten Gelenkes entsprechen würde. Dieser Zustand wird **nicht von elektrischer Aktivität** [m.H.] begleitet, er ist daher weder durch eine aktive Muskelkontraktion noch durch eine erhöhte Aktivität des Nervensystems bedingt." (208)

DORDEL, H. (1975) schreibt in dem Aufsatz "Die Muskeldehnung als Maßnahme der motorischen Leistungsverbesserung":

"Beim haltungsschwachen Untrainierten, aber auch beim einseitig trainierten Sportler geraten die ein Gelenk überziehenden antagonistischen Muskelgruppen in ein Spannungs-Ungleichgewicht. Die **Beuger** [m.H.] tendieren zur **Verkürzung** [m.H.], die **Strecker** [m.H.] werden über das normale Maß **gedehnt** [m.H.] und auf Dauer **geschwächt** [m.H.]. Die falsch eingestellte, d.h. ungleich tonisierte Muskulatur kann die Gelenke nicht in der entlastenden Mittelstellung halten. (40) ... Nur durch ein so gestaltetes vielseitiges Training, das ein **muskuläres Gleichgewicht** [m.H.] bezüglich Dehnfähigkeit und Kraft aufbaut, können sowohl der Haltungs- und Leistungsschwache als auch der Leistungssportler vor Schäden des Halte- und Bewegungsapparates geschützt werden." (45)

Diesen Passagen ist kein Literaturverweis nachgestellt, so daß gefolgert werden muß, daß DORDEL diese Begriffe (s. Hervorhebungen) unabhängig von JANDA geprägt hat.²⁰ Im Gegensatz zu JANDA weist DORDEL, H. bei der Einteilung in zur Verkürzung und zur Abschwächung neigende Muskeln nicht auf posturale und phasische Funktionen der Muskeln hin, sondern legt ihre Wirkung als Strecker bzw. Beuger der Gelenke zugrunde.²¹ Abgesehen von grundsätzlichen Bedenken ist diese Zuordnung bei den zweigelenkigen Muskeln wie z.B. der isch. M. nicht möglich, da diese im Kniegelenk als Beuger - und im Hüftgelenk als Strecker fungiert (entsprechende Verhältnisse liegen beim M. rectus femoris und beim M. gastrocnemius vor). DORDEL, H. arbeitet in seinem Aufsatz Ergebnisse einer muskelphysiologischen Untersuchung (RAMSEY u.a. 1940) auf, die er ergänzt durch Informationen aus muskelphysiologischen Lehrbüchern (REICHEL 1960 und BRECHT 1970 zit. bei DORDEL, H.

²⁰ Die am frühesten datierte Publikation, in der der Begriff des "muskulären Gleichgewichts" gesichtet werden konnte, stammt von KRAUS u.a. (1964, 25). KOCHNER (1955, 12) gebrauchte die Begriffe "Störung des muskulären Kräftegleichgewichts" und "allmähliche Verkürzung und Verkümmern mangelhaft betätigter Muskeln". Bei JANDA findet man in dem Buch "Muskeleffizienzprüfung" (1959) ausschließlich den Begriff "Verkürzung" (13). In seinem Aufsatz von 1970 werden die Begriffe "gestörte[s] Gleichgewicht", "Dysbalance", "zur Verkürzung neigende(n) Muskeln" und zur "Hemmung [und] Abschwächung [neigende Muskeln]" (128 f.) in Zusammenhang gestellt, so daß diese Veröffentlichung als diejenige Textstelle anzusehen ist, in der die Theorie der "muskulären Dysbalance" zum ersten Mal entworfen wird.

²¹ Dieser Meinung schließt sich DORDEL, S. an: "Die Beuger neigen zu eingeschränkter Dehnfähigkeit" (1987, 224)

1975) auf sportwissenschaftliche Fragestellungen bezieht. Bei den Autoren der später datierten Aufsätze findet man neben Literaturverweisen auf DORDEL, H. (s.o.) infolgedessen auch häufig Literaturverweise auf RAMSEY u.a. 1940 (s.o.), vereinzelt auf BRECHT (MAEHL 1986, 35) und auf Autoren, die sich wiederum auf diese beziehen.²² DORDEL, H. macht für das Entstehen muskulärer Dysbalancen die Erscheinungen des "Dehnungsrückstandes" (= Muskelverlängerung) und des "Kontraktionsrückstandes" (= Muskelverkürzung) verantwortlich, bei deren Beschreibung er sich auf die Ergebnisse der Untersuchungen von RAMSEY u.a. stützt.

Bei einer Durchsicht der Originaltexte von RAMSEY u.a. (1940) fallen einige Besonderheiten auf, die die Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser muskelphysiologischen Untersuchung, die in vitro mit isolierten Muskelfasern des "semi-tendonosus" (12) des Frosches durchgeführt wurden, auf die Theorie der "muskulären Balance" einschränken.

A Dehnungsrückstand

Bei der Darstellung des Phänomens des Dehnungsrückstandes finden sich bei DORDEL, H. neben Verweisen auf RAMSEY u.a. vor allem Verweise auf REICHEL (zit. bei DORDEL, H.). DORDEL, H. zufolge weist der Skelettmuskel "nach einer Dehnungsbelastung eine Dehnungsrückstand auf", d.h. "bei der Entdehnung (...) werden im Vergleich zur Dehnung bei gleichen Muskellängen geringere Spannungen gemessen" (41), wobei der Dehnungsrückstand abhängig ist von der Dehnungsspannung und von der Dehnungszeit. Dies betrifft das Ruhespannungs-Dehnungs-Diagramm. Aber auch der hypothetische Verlauf des Längen-Spannungs-Diagramms einer Muskelfaser soll nach einem Training mit intensiver Dehnungsbelastung im Gesamtverlauf flacher - und die größte isometrische Maximalkraft niedriger sein als beim ungedehnten Muskel.

Diese Aussagen werden durch Erkenntnisse, die im Rahmen eines Forschungsprojektes (WIEMANN 1991a, 1991b) gewonnen wurden, entkräftet.

1. Die Untersuchungen von RAMSEY u.a. ergaben, daß die Ruhespannung bei Dehnungen der Muskelfaser bis zu 160% der Ruhelänge normalerweise perfekt reversibel war (1940, 19). Die Untersuchungen WIEMANNs und Berechnungen des Dehnungsgrades der isch. M. anhand eines Computermodells (WIEMANN 1991c)

²² So bezieht sich TITTEL (1986, 3) auf BERTHOLD u.a. (1981), die wiederum auf DORDEL, H. (171 f.) und RAMSEY u.a. (172) verweisen. Der Verweis auf RAMSEY u.a. geschieht dabei mit dem Zusatz "(zit. 1)" (172). In der Literaturliste ist unter "1." DORDEL, H (1975) aufgeführt. Dieses Beispiel dokumentiert die verbreitete Praxis der unkritischen (ungeprüften) Übernahme von Erklärungen für Muskelverlängerungen und -verkürzungen im Rahmen der Diskussion über die muskuläre Balance.

zeigten, daß Dehnungszustände über 150% bei diesen zweigelenkigen Muskeln in vivo nicht auftreten (WIEMANN 1991a, 29).

2. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich weiterhin, daß die Dehnfähigkeit der isch. M. bei mehreren unmittelbar aufeinanderfolgenden Dehnungsprozeduren vom 1. zum 2. Dehnvorgang signifikant anstieg; bei den folgenden Versuchen hingegen war kein Anstieg mehr festzustellen (1991a, 28). Durch die Aufzeichnung der Ruhespannungs-Dehnungs-Diagramme zeigte sich, daß sich diese in 2 aufeinanderfolgenden Dehnungsprozeduren "nahezu decken, bzw. keine Veränderung der Spannung in einem niedrigeren Hüftwinkel (Sp 70°) zu verzeichnen ist" (1991a, 29).

3. Ein anderen Versuchsteil der Untersuchung ergab, daß ein 10wöchiges Dehnungstraining der isch. M. keine Abnahme der Ruhespannung und der Maximalkraft zur Folge hatte; es war ganz im Gegenteil bei den weiblichen Vpn ein Ansteigen der Maximalkraft (WIEMANN 1991b, 304) und der Ruhespannung zu verzeichnen (302). Die Zunahme der Gelenkamplitude wurde durch eine größere Resistenz gegenüber Dehnungsbelastungen verursacht (WIEMANN 1991b, 305). Die Ergebnisse bewegten WIEMANN zu dem Resümee:

"Die im allgemeinen von einem Dehnungstraining oder vom Stretching erwarteten Effekte wie Verminderung des Ruhetonus und Beseitigung einer Muskelverkürzung können [bei der isch. M. im durchgeführten Versuch] nicht nachgewiesen werden." (305)

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen widerlegen die von DORDEL, H. dargestellte Erscheinung eines "Dehnungsrückstandes".

B Kontraktionsrückstand

DORDEL, H. legte bei der Beschreibung des Kontraktionsrückstandes einen Untersuchungsteil von RAMSEY u.a. zugrunde, bei dem die Wirkung von Kontraktionen der Muskelfaser aus verschiedenen Ausgangslängen auf die Ruhespannung und auf das Längen-Spannungs-Diagramm untersucht wurde (23 f.). Innerhalb dieses Experiments wurden die Befestigungen der Muskelfaser auf einen Abstand angenähert, der um 10-30% unter ihrer Ruhelänge lag. Dabei hing die Faser in einer Schlaufe durch, die bei einer Reizung unmittelbar gestrafft wurde. Nach Abbruch der Reizung entspannte sich die Faser auf ihre Ruhelänge und formte wieder eine Schlaufe. Wurden die Befestigungen der Muskelfaser so weit aneinander angenähert, daß sich diese unter 65% ihrer Ruhelänge verkürzen konnte, so zeigten sich 3 Phänomene, die RAMSEY u.a. unter dem Oberbegriff 'Delta-Zustand' zusammenfaßten:

1. Die Muskelfaser entspannte sie sich nicht nach Einstellen des tetanischen Reizes, sondern blieb in der Stellung verkürzt, bis in die es ihr ermöglicht wurde, sich zu verkürzen.

2. Nach einer Verkürzung auf 65% der Ruhelänge verursachte eine längere Stimulation (1 bis 4 Sekunden) ein weiteres Verkürzen der Muskelfaser.

3. Eine Muskelfaser, die sich einmal auf unter 65% der Ruhelänge verkürzt hatte, entwickelte nach einer Streckung bei Stimulation eine geringere Spannung als eine normale Muskelfaser, und es zeigte sich ein neues Längen-Spannungs-Diagramm, d.h. der Verlauf war zwar insgesamt flacher, im Bereich von 36-70% jedoch höher (vgl. RAMSEY u.a.; 25. Fig. 6).

Der Delta-Zustand wird von DORDEL, H. und anderen Autoren (BERTHOLD u.a. 1981, 172; DIETRICH u.a. 1985, 53; MAEHL, 1986, 36), die sich mit der muskulären Balance beschäftigen, als Ursache für Muskelverkürzungen angesehen. Bei der Lektüre des Originaltextes fallen jedoch einige Passagen auf, die die Übertragung des Phänomens des Delta-Zustandes auf die muskuläre Dysbalance in Frage stellen:

"Extension of a "Delta state" fiber to lengths above resting length gives rise to a resting tension equal to the original resting tension. No resting tension is exhibited by a "Delta state" fiber below resting length. Also for all lengths greater than resting length release of an unstimulated fiber in the "Delta state" results in a return to resting length and in this respect its behavior is similar to that of a normal fiber." (27)

Es besteht ein offensichtlicher Widerspruch zwischen der Tatsache, daß die Muskelfaser nach Verkürzungen unter 65% ihrer Ruhelänge in dieser Stellung verblieb und der Tatsache, daß eine solche Muskelfaser unterhalb der Ruhelänge keine Ruhespannung entwickelte. Dieser Widerspruch wird von RAMSEY u.a. folgendermaßen erklärt:

"Considerations of this kind imply that there is an active return process in the normal fiber that is missing in a fiber in the "Delta" State." (32)

Diese Zitate belegen, daß der Text von RAMSEY u.a. Aussagen beinhaltet, die den Erklärungsgehalt des Delta-Zustandes für Muskelverkürzungen einschränken. Darüber hinaus wird die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse der in-vitro-Untersuchung von RAMSEY u.a. auf das in-vivo-Verhalten der Muskeln durch die Untersuchungen WIEMANNs relativiert, die zeigten, daß das Ruhespannungs-Dehnungsverhalten der isch. M. nach einer maximalen isometrischen Willkürkontraktion²³ nicht erhöht war, es deutete sich im Gegenteil in mittleren Dehnungsbereichen eine Tendenz zu einer reduzierten Ruhespannung an (1991a, 31), wobei sich die Dehnfähigkeit erhöht hatte. Weiterhin ergab eine Analyse von üblichen Krafttrainingsformen, daß diese in Dehnungsbereichen vollzogen werden, "die sich zwischen 80% und 120% Mediallänge bewegen. In diesen Bereichen ist - auch in den Versuchen von RAMSEY u.a. - kein Delta-Zustand zu befürchten" (1991a, 32).

Dort, wo im Zusammenhang mit der Haltung von Kontraktionsrückständen die Rede ist, lautet die auf das Wesentliche reduzierte Argumentation: ein "Kontraktions-

²³ Es handelte sich allerdings um eine Kontraktion im Dehnungsgrad von ca. 100%.

rückstand" verursacht eine muskuläre Dysbalance, die wiederum zu einer unphysiologischen Haltung führt.

Ein Kritikpunkt an dieser Begründung bezieht sich darauf, daß es sich beim "Kontraktionsrückstand" um einen Muskelzustand handeln soll, der "nicht von elektrischer Aktivität begleitet" (DORDEL, H. 208) wird. Wie jedoch in Kap. II.4.3 noch dargestellt wird, ist die aufrechte Haltung ohne aktive Muskelkontraktion nicht möglich.

WIEMANN berechnete für den M. biceps femoris Caput longum im aufrechten Stand einen Dehnungsgrad von 71,51% (1991a, Tab. II). Bei diesem Dehnungsgrad ist die Ruhespannung der isch. M. vernachlässigbar gering (vgl. WIEMANN 1991b, Abb. 5), so daß gefolgert werden kann, daß die Ruhespannung der Muskeln bei der aufrechten Haltung eine untergeordnete Bedeutung besitzt.²⁴

3.2.3 Fasertyp

In den Skelettmuskeln lassen sich vor allem zwei Muskelfasertypen mit unterschiedlichen Funktionen voneinander abgrenzen: die langsam kontrahierenden, ermüdungsresistenten Typ I-Fasern (ST = slow twitch-Fasern) und die schnell kontrahierenden, aber rasch ermüdenden Typ II-Fasern (FT = fast twitch-Fasern), die durch verschiedene Impulsfrequenzen innerviert werden. Neben diesen zwei Muskelfasertypen sind einige Zwischentypen in der Muskulatur nachweisbar, die in diesem Zusammenhang nicht näher beschrieben werden sollen. Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Kontraktionseigenschaften der Typ I- und Typ II-Fasern.

Tab. 5: "Kontraktionseigenschaften von motorischen Einheiten der menschlichen Skelettmuskulatur" (HOWALD 1984, 6)

	Typ I	Typ II
Kontraktionszeit	99-140ms	40-88ms
Ermüdungsindex	0,8-1,2	0-0,8
maximale Spannung	4,6-15g (Mittelwert 12g)	4,6-203,5g (Mittelwert 25g)
mittlere Leitungsgeschwindigkeit der Membranen	2,5m/sec	5,4m/sec
ATPase-Aktivität pro mg Myosin (Kanninchenmuskel)	4nmol P _i /min	94nmol P _i /min

²⁴ Nach RAMSEY u.a. beträgt die Ruhespannung einer isolierten Muskelfaser auch bei 150% Dehnung nur 2% der maximal erzeugbaren Kontraktionsspannung (19).

Wie Tab. 5 verdeutlicht, stehen die Eigenschaften Ermüdbarkeit (2), Reaktion (3), Fasertyp (5) und Steuerung (6, die Zahlenangaben beziehen sich auf die Numerierung in Tab. 2, S. 29) im engen Zusammenhang, wobei die Charakteristika Reaktion, Ermüdbarkeit und Steuerung dem Fasertyp untergeordnet sind. Der Vergleich der Tab. 5 mit Tab. 2, S. 29 führt zu der Annahme, daß SPRING die entsprechenden Eigenschaften der Typ I- und Typ II-Fasern den posturalen- bzw phasischen Muskeln aufgrund eines (vermuteten) hohen Typ I- bzw. Typ II-Fasernanteils zugeordnet hat.

Für die vorliegende Fragestellung sind zwei Tatsachen von Bedeutung, die zu Zweifeln an der Bestimmtheit, mit der die Charakteristik in Tab. 2, S. 29 entworfen wird, berechtigen.

1. Es ist einerseits sicherlich richtig, daß die prozentuale Verteilung der Muskelfasertypen innerhalb der Muskulatur intraindividuell verschieden ist und es tonische Muskeln (z.B. M. soleus), die einen höheren Anteil Typ I-Fasern enthalten, gibt, und phasische Muskeln (z.B. M. triceps brachii), die mehr Typ II-Fasern enthalten (HOWALD 1984, 6). JOHNSON u.a. (1973, 116) ermittelten bei 6 Leichen einen Mittelwert der Typ I-Fasern beim M. soleus von 87,3% und beim M. triceps brachii von 32,6%.

Andererseits wurden jedoch auch interindividuelle Schwankungen der prozentualen Verteilung der Typ I-Fasern im M. vastus lateralis von 20 bis 80% bei Männern und von 30 bis 75% bei Frauen nachgewiesen (HOWALD 1984, 13), die belegen, daß eine interindividuelle normative Zuordnung einer Haltungsfunktion aufgrund eines hohen Mittelwertes des Typ I-Fasernanteils nicht angemessen ist. Weitere Beispiele der interindividuellen Schwankungen der prozentualen Verteilung der Typ I-Fasern sind: M. soleus 69,8 - 100%, M. triceps brachii 14,5 - 58,2%, M. erector spinae 26,7 - 100% und M. rectus abdominis 31,6 - 56,2% (JOHNSON u.a. 1973, 113).

2. Das Fasermuster wird sowohl durch genetische wie durch Umweltfaktoren beeinflusst, d.h. die Muskelfaser kann sich aufgrund einer "erstaunliche[n] Plastizität ... den verschiedenen erblichen und umweltbedingten Einflüssen anpassen, und zwar nicht nur auf der Ebene der zellulären Ultrastruktur und der metabolischen Funktionen, sondern auch auf der molekularen Ebene der kontraktilen Proteine" (HOWALD 1984, 5). Dabei dürfte eine "Transformation von Typ II-Fasern zu Typ I-Fasern ... durch Ausdauertraining wesentlich leichter zu erzielen sein, als umgekehrt eine Umwandlung von Typ I-Fasern zu Typ II-Fasern durch Kraft- oder Intervalltraining" (HOWALD 1984, 10). Durch Elektrostimulation mit einer langsamen Frequenz und durch tierexperimentelle Kreuzinnervation konnte die Umwandlung einer Typ II-Faser in eine Typ I-Faser eindeutig bewiesen werden (HOWALD 1984, 10). Es gibt Hinweise auf die "Adaptationsfähigkeit des Skelettmuskels auf Grund der vorhandenen differentiellen Zellsysteme" (PIEPER u.a.

1981, 74), die vermuten lassen, daß durch eine langandauernde, überwiegend isometrische Belastung, wie sie unter Haltungsbedingungen auftritt, der Muskelfasertyp-I prozentual zunimmt. So wurde in Tierexperimenten nachgewiesen, daß eine gesteigerte statische Belastung zu einer signifikanten Erhöhung des prozentualen Anteils der ST-Fasern eines Muskels führt (PIEPER u.a. 1981).

JOHNSON u.a. (1973) kommen nach der Untersuchung der Faser-Typ Verteilung in 36 verschiedenen menschlichen Muskeln zu folgendem Ergebnis:

"From the wealth of data thus accumulated, it was thought that some correlation between fibre types constitution and function might emerge, as has been the case in studies of the fast and slow twitch muscles of small mammals. However, from the outset one is only too well aware of the complexity of human musculature, and the fact that anatomical complexity is seldom fortuitous but develops in response to a functional demand. Thus in very few instances can one simple function be assigned to a particular muscle. Far more frequently, **muscles fulfil both a postural function involving tonic activity and also participate in movements involving phasic activity** [m.H.J.]" (124 f.)

Die Eigenschaft des Muskels, die unter "2)" von HOWALD als "erstaunliche Plastizität" und von PIEPER u.a. als "Adaptationsfähigkeit" betitelt wird und die die großen Schwankungen unter "1)" verursacht, veranlaßt zu der Schlußfolgerung, daß eine Unterteilung in Haltungs- und Bewegungsmuskeln aufgrund der Faser-Typ Verteilung nur orientierend sein kann.

Die folgenden Beispiele dokumentieren denn auch die Widersprüche, die bei der Zuordnung: hoher ST-Fasern Anteil = Haltungsmuskeln und hoher FT-Fasern Anteil = Bewegungsmuskeln (oder auch umgekehrt) auftreten.

So zeichnen sich die Mm. vasti des Quadrizeps durch ihren hohen ST-Fasernanteil (WEINECK 1986, 120) als Haltungsmuskeln aus, werden jedoch von LEWIT und von SPRING als zur Abschwächung neigende Muskeln eingestuft (vgl. Tab. 3, S. 30), deren Bewegungsfunktion SPRING gegen die Haltefunktion der zur Verkürzung neigenden Muskeln abgrenzt (vgl. Tab. 2, S. 29). Beim M. rectus femoris liegen umgekehrte Verhältnisse vor. Er wird von WEINECK als Muskel mit hohem FT-Fasernanteil (120) beurteilt, von LEWIT, SPRING, SCHMIDT u.a., TITTEL und von JANDA jedoch als zur Verkürzung neigender Muskel klassifiziert.

WEINECK nennt einen weiteren Faktor, der bei der Zuordnung einer posturalen bzw. phasischen Funktion vereinzelt genannt wird: der **Fiederungswinkel**. Demzufolge weist der stumpfe Fiederungswinkel der Mm. vasti auf ihre Funktion der isometrischen Haltearbeit - und der spitze Fiederungswinkel des M. rectus femoris auf seine Schnellkraftfunktion hin (120). Auch diese Feststellung steht in Kontradiktion zu der Einteilung in Tab. 3, S. 30.

3.2.4 Phylogenese

Ein Unterscheidungskriterium der Haltungs- und Bewegungsmuskulatur ist nach SPRING das phylogenetische Alter. Demnach ist die posturale (tonische) Muskulatur phylogenetisch älter, die phasische Muskulatur phylogenetisch jünger (vgl. Tab. 2, S. 29). Bei SCHMIDT u.a. (1983) ist eine gleichlautende Aussage mit Verweis (ohne Seitenangabe) auf JANDA nachzulesen. Die einzige Textstelle bei JANDA (1986, 209), innerhalb derer die Phylogenese thematisiert wird, lautet:

"Eine ausgeprägte Neigung zur Verkürzung haben jene Muskeln, die eine bedeutende posturale (Haltungs-) Funktion haben. Beim Menschen sind das die Muskeln, die die aufrechte Körperhaltung ermöglichen, vor allem *das Stehen auf einem Bein* [H.d.A.]. Dies ist nämlich die häufigste posturale Situation, in der sich der Mensch befindet, denn beim *Gehen, das ebenso wie das Greifen das phylogenetisch älteste und entscheidende motorische Reflexverhalten* [H.d.A.] des Menschen ist, stehen wir zu 85% der Schrittphase auf einem Bein. Muskeln mit posturaler Funktion sind außerdem phylogenetisch älter, reagieren weniger auf die verschiedensten Schädigungen als diejenigen Muskeln, die eine vorwiegend phasische (Bewegungs-) Funktion haben und die im Laufe des Lebens oder auf eine Reihe pathologischer Situationen in der Regel mit Abschwächung und Hemmung reagieren."

Da auch bei SCHMIDT u.a. und SPRING dieser Hinweis nicht näher begründet wird, ist der Leser bei der Überprüfung auf Vermutungen angewiesen. Es ist naheliegend, daß die Autoren auf Anpassungszustände der Muskulatur an die statischen Verhältnisse hindeuten wollen, die vorherrschten, bevor sich der Mensch aufrichtete, und darauf, daß dieser nach seiner Aufrichtung unter diesen - nun nicht mehr adäquaten - Funktionseigenschaften zu leiden hat. Dies ist aber nicht akzeptabel.

Einerseits besagen die Gesetze der Evolution, daß stammesgeschichtliche Anpassungen bei einer Änderung der ökologischen Nische nicht überdauern. Andererseits ist z.B. auch bei Quadrupeden bei den verschiedenen Muskeln eine Zuordnung einer vorwiegend posturalen bzw. vorwiegend phasischen Funktion nicht vertretbar. So findet nach ISRAEL (1990) die aktive Ortsveränderung der vierbeinigen Säugetiere teilweise dorsomobil statt, d.h. "die alternierende Krümmung [Beugung] und Streckung der Wirbelsäule gewährleistet beim Lauf einen nicht zu unterschätzenden Raumgewinn" (39). Da die Beugung der Wirbelsäule primär durch die Bauchmuskeln verursacht wird, besitzen diese somit hier eine phasische Funktion. KUMMER (1959) verwirft nach einer Analyse der Statik der Quadrupeden die Brückentheorie und favorisiert die Bogen-Sehnen-Theorie (36 ff.). Bei der Bogen-Sehnen-Theorie fällt der Bauchmuskulatur eine wesentliche Rolle bei der Verspannung des Rumpfes zu (60), hier erfüllt die Bauchmuskulatur somit vorwiegend posturale Aufgaben. Die Rückenstrecker sind durch die bei den Quadrupeden bei der Streckung der Wirbelsäule beim Galopp geforderten Schnellkraftleistung als phasische Muskeln zu bewerten, werden beim Menschen jedoch als tonische Muskeln eingestuft.

Bei dem Zitat JANDAs wird ein weiterer Widerspruch offensichtlich. Es ist JANDA zuzustimmen, wenn er schreibt, daß ein beträchtlicher Anteil der Haltung des Men-

schen der einbeinige Stand (als Schrittphase) ist. Hierbei übernehmen nach STORCK (1951, 17) der M. gluteus medius und der M. gluteus minimus (Hüftabduktionsmuskulatur) posturale Aufgaben, die jedoch von den Autoren als zur Abschwächung neigende und somit phasische Muskeln klassifiziert werden (vgl. Tab. 3, S. 30).

3.2.5 Gegenseitige Einflüsse

Nach SPRING (1981) bewirkt ein verkürzter posturaler Muskel über eine reflektorische Hemmung eine Abschwächung seiner phasischen Antagonisten, und ein abgeschwächter phasischer Muskel kann wegen der reflektorischen Hemmung durch den verkürzten posturalen Antagonisten nicht maximal aktiviert werden. Als Beispiel nennt er "die Abschwächung der Bauch- und Glutealmuskulatur durch den verkürzten M. iliopsoas" (SPRING 143). Diese Feststellung wird durch SPRING weder näher begründet noch durch einen Literaturverweis belegt. Sie erscheint jedoch auch bei näherer Betrachtung nicht unproblematisch. So agieren die Bauchmuskeln und der M. iliopsoas bei allen Beugungen der Rumpfvorderseite synergistisch, so daß bei diesen Muskeln nicht lediglich aufgrund ihrer entgegengesetzten Wirkung auf die Beckenneigung von Antagonisten gesprochen werden kann.

3.2.6 Zusammenfassung

Nach den Darlegungen von Kap. 3.2.1 - 3.2.5 können die Erklärungen, die für das Entstehen muskulärer Dysbalancen herangezogen werden, einer kritischen Überprüfung nicht standhalten. Dies betrifft insbesondere die Übertragung der Phänomene "Dehnungsrückstand" und "Kontraktionsrückstand" auf die bei muskulären Dysbalancen diagnostizierten Muskelverlängerungen bzw. -verkürzungen. Im Anschluß an diese negative Bilanzierung stellt sich die Frage, ob und in welcher Form Zusammenhänge zwischen der Haltung und dem Funktionsstand der posturalen Muskulatur erwartet werden können. Hier können jedoch nur Vermutungen angestellt werden, die in der Erörterung wieder aufgegriffen werden.

1. In der Literatur fallen Darstellungen auf, die einen umgekehrten Ursache-Wirkungs-Zusammenhang wie denjenigen nahelegen, der bei der Diskussion um die muskuläre Balance angenommen wird:

"Eine Gefährdung für die Körperhaltung geht von einem Mißbrauch der Ruhehaltung aus, wenn nämlich die Ruhehaltung zur gewohnheitsmäßigen, zur habituellen Haltung wird. Diese führt zur Überdehnung und Schwäche der gegen die Schwerkraft wirkenden Muskelgruppen und Verspannung bis hin zur Verkürzung der jeweiligen Antagonisten, deren Dehnfähigkeit vermindert wird." (DORDEL, S. 1987, 222)

Während also bei der Diskussion um die muskuläre Balance die Beeinflussung der Haltung durch Muskelverlängerungen und -verkürzungen angenommen wird, wird in

diesem Zitat die Meinung vertreten, individuelle Haltungsgewohnheiten seien die Ursache für Muskelverlängerungen und -verkürzungen. Diese Richtung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs wird in entsprechender Weise bei SCHNEIDER (1968, 11 f.) dargestellt. Auf diese Art verursachte Dysbalancen könnten "Fehlhaltungsdysbalancen" genannt werden. Trifft diese Erklärung zu, so muß man daraus eine gewisse Unbeeinflussbarkeit der Haltung durch Muskeltraining folgern und die Bedeutung der Haltungsschulung würde hervorgehoben. Da sich diese unterschiedlichen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge bei einer Korrelation in identischer Weise äußern²⁵, kann die kausale Abfolge ausschließlich durch das Trainingsexperiment nachgewiesen werden.

2. Die in der Einleitung kurz angesprochenen augenfälligen Unterschiede zwischen den Haltungen von Sportlern verschiedener Disziplinen ("disziplinspezifische(n) Verkürzungsmuster", DIETRICH u.a. 1985, 54) treten erst nach langjährigem Training, das oftmals schon in der Pubertät beginnt, auf. Unter Umständen werden hierbei muskuläre Anpassungen verursacht, die sich zwar phänomenologisch als muskuläre Dysbalance darstellen, die aber nicht durch die von DORDEL, H. (1975) referierten muskelphysiologischen Ursachen (RAMSEY u.a. 1940) zu erklären sind.

3. Wie in Kapitel 4.3 noch dargestellt wird, ist bei der aufrechten Haltung jeweils nur einer der Antagonisten eines Gelenkes aktiv. Die dabei auftretende Dauerbeanspruchung kann bei ungenügender Kraftfähigkeit dazu führen, daß die jeweilige Person spezifische Haltungsauffälligkeiten zeigt.

"Zu einer Dauerbeanspruchung ist Muskulatur bekanntlich dann befähigt, wenn die Leistung nicht mehr als 15% der Maximalkraft beträgt, wenn also unter anderem die Kontraktion im Muskel geringer ist als der Druck, der zur Kompression der Venen und damit zur Abflußstauung führen würde." (ROMPE u.a. 1981, 150)

Die Untersuchung dieser Frage, die unter den Oberbegriff der Haltungs- und Muskelschwäche fällt, ist von den Fragestellungen zur muskulären (Dys-) Balance abzugrenzen.

3.3 Vom JANDA Muskelfunktionstest zur metrischen Erfassung des Funktionszustandes der posturalen Muskulatur

Zur Diagnose verkürzter und abgeschwächter Muskeln werden bei Untersuchungen muskulärer (Dys-) Balancen meist der Muskelfunktionstest nach JANDA oder ähnliche Verfahren eingesetzt, bei denen die Muskeln durch manuelle Praktiken bzw. Augenschein untersucht werden (BERTHOLD u.a. 1981, BITTMANN u.a. 1987).

²⁵ Der Zusammenhang zwischen einem vorgekippten Becken und verkürzten Hüftbeugern ist sowohl positiv,
- wenn die verkürzten Hüftbeuger das Becken vorkippen als auch,
- wenn das vorgekippte Becken eine Verkürzung der Hüftbeuger verursacht.

GRAFF u.a. 1986, KLAUSCH 1982, RUMLER u.a. 1986, SCHMIDT u.a. 1983, SCHMIDT 1986, SCHNABEL u.a. 1991, SPRING 1981, 1985, TAUCHEL u.a. 1986).

JANDA baut bei seiner Beschreibung der Methodik des Muskelfunktionstests auf ein Buch von DANIELS, WILLIAMS und WORTHINGHAM aus dem Jahre 1947 auf (zit. bei JANDA, 10). Bei der JANDA-Muskelfunktionsdiagnostik wird die Muskelkraft in 6 Stufen unterteilt: Stufe 5 = N (normal) = 100% der normalen Muskelleistung, Stufe 4 = G (good) = 75%, Stufe 3 = F (fair) = 50%, Stufe 2 = P (poor) = 25%, Stufe 1 = T (trace) = 10% und Stufe 0 = nicht die geringste Muskelkontraktion. Dabei schränkt JANDA diese Stufung durch den Hinweis ein, daß "eine zahlenmäßig genaue Bewertung in diesem Sinne unmöglich ist" ... und die "angegebenen Prozentsätze werden nicht benutzt, da wir genau wissen, daß sie den genau bestimmten Werten der Muskelkraft nicht entsprechen" (11).

Beim JANDA Muskelfunktionstest ist vom Untersucher neben einer hohen Sensibilität der entsprechenden Sinne eine immanente "Berechnung" der wahrgenommenen Empfindungen gefordert, denn er muß die jeweilige Leistung des Probanden vor der Einstufung intuitiv mit einer ganzen Reihe von Faktoren (z.B. Alter, Gewicht, Größe, Geschlecht) in Beziehung setzen und kann infolgedessen bei der Einstufung in Muskelkraftstufen keine absolute Skala zugrundelegen; ansonsten würden ältere Probanden grundsätzlich höhere Stufen erreichen als jüngere Testpersonen.²⁶

Bei der Erfassung des Verkürzungszustandes der Muskeln muß neben dem erreichten Gelenkwinkel, der eingesetzten Dehnkraft und den genannten Faktoren die Dehnungsgeschwindigkeit bei der Bewertung berücksichtigt werden.

"Leider ist es bei einem Großteil der verkürzten Muskeln sehr schwierig, den Grad der Verkürzung quantitativ genau zu bestimmen, und daher begnügt man sich meistens mit einer allgemeinen Bewertung. Wo allerdings eine genaue **Messung** [m.H.] des erreichten Winkels zwischen 2 Körperabschnitten möglich ist, wird auch die Untersuchung der verkürzten Muskelgruppen sehr genau." (209)

Bei der folgenden Beschreibung JANDAs der einzelnen Testverfahren läßt sich jedoch nur in Einzelfällen eine Angabe in Winkelgrad finden. Bei der Prüfung des Verkürzungszustandes der Ischiokruralmuskulatur wird angegeben: "Richtiges Bewegungsausmaß: Beugung im Ausmaß von 80° [des gestreckten Beines im Hüftgelenk]" (215). Hierzu ist anzumerken, daß in den Untersuchungen WIEMANNs im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte (1987-1991) und in einer selbständig durchgeführten Untersuchung (KLEE 1988) einerseits höhere Mittelwerte ermittelt

²⁶ Bei der Beurteilung der "Norm" wird in der Statistik vom Mittelwert einer Stichprobe ausgegangen und die jeweilige Position eines Merkmalsträgers innerhalb der Normalverteilung durch die Formel (Wert des Merkmalsträgers - Mittelwert) / Standardabweichung berechnet.

wurden und andererseits festgestellt wurde, daß Frauen signifikant höhere Winkelgrade erreichen als Männer.

Die Vielzahl der Kriterien, die bei Muskelkraft- und Dehnungsgradmessung zu beachten sind (vgl. Kap. II.3.3.1 und II.3.3.2) und der Aufwand bei der Berechnung der Muskelfunktionsvariablen (vgl. Kap. III.3.5) vermitteln einen Eindruck über die Komplexität der Leistung, die während des Meßvorganges beim JANDA-Muskelfunktionstest vom Untersucher erbracht werden muß.

BERTHOLD u.a. (1981, 173) bewerten die Aussagefähigkeit dieses Verfahrens:

"Aus letztgenannten Gründen wird deutlich, daß es sich beim *Janda*-Test um eine semiquantitative Methode handelt, die subjektiven Einflüssen des Untersuchers und des Untersuchten unterliegt."

Bei SCHMIDT u.a. (1983, 277) ist nachzulesen:

"Diese Muskelfunktionsprüfung entspricht keiner Untersuchungsmethode im naturwissenschaftlichen Sinne hinsichtlich Reproduzierbarkeit und Präzision der Messung."

BRENKE u.a. (1986, 92) schreiben:

"Die visuelle Beurteilung der Muskulatur, die manuellen Muskelwiderstandsprüfungen und selbst der *Janda*-Test sind nur orientierend und subjektiv."

WIEMANN (1987) kommt zu dem Ergebnis, daß die Prüfverfahren zur manuellen Funktionsdiagnostik "als zuwenig trennscharf, als subjektiv und - aufgrund fehlender Definition des Bezugswertes - als fragwürdig bzgl. der Validität angesehen werden" (20) müssen.

Aber auch JANDA (1986, 10 f.) waren die Nachteile des Verfahrens durchaus bewußt:

"Der manuell vorgenommene Muskeltest hat zweifellos seine Nachteile. Obwohl er mit dem Fehler subjektiver Einschätzung behaftet ist, kann man trotzdem wertvolle Schlüsse aus ihm ziehen. ... Wir sind uns bewußt, ... daß eine zahlenmäßig genaue Bewertung in diesem Sinne unmöglich ist."

Nach JANDAs Auffassung überwiegen die Mängel der Muskelkraftmessungen, die aufgrund ihrer schwierigen Handhabung und aufgrund der Tatsache, daß nicht alle Muskeln untersucht werden können, für die praktische Anwendung wenig geeignet sind. Diesem Standpunkt ist für gewisse Anwendungsbereiche zuzustimmen, bei wissenschaftlichen Untersuchungen jedoch müssen Meßmethoden eingesetzt werden, die den Gütekriterien statistischer Testverfahren genügen.

Im weiteren werden einige entsprechende Verfahren zur Messung der Kraft (BRENKE u.a. 1986; EGGLI 1986; NACHEMSON u.a. 1969; TAUCHEL u.a. 1989; THORSTENSSON u.a. 1982, 1985; TRUNZ 1987) bzw. zur Messung des Dehnungsgrades (BORMS u.a. 1987, WIEMANN 1991b) bestimmter Muskeln, die in der Literatur dokumentiert sind, vorgestellt und auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht.

3.3.1 Messungen der Kontraktionskraft

EGGLI (1986) berechnet nach der Messung der Kraftentwicklung der Hüftflexoren und -extensoren bei unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten die Quotienten Hüftflexoren/Hüftextensoren. Ihre Messungen ergeben bei Winkelgeschwindigkeiten von 45, 200 und 300 Grad pro Sekunde für die Hüftflexion Werte [Nm] von 70-100, 35-50 und 16-20, und für die Hüftextension Werte von 110-155, 65-110 und 58-75. Die Quotienten betragen bei diesen Werten: 65, 38 und 27%. Der Versuchsaufbau wird nicht genau beschrieben. Es ist zu vermuten, daß es sich bei der Hüftflexion um die Bewegung aus der Normalstellung in die Hüftbeugeposition und bei der Hüftextension um die Bewegung aus der Hüftbeugung in die Normalposition handelt. Es sind also Werte, die für die vorliegende Fragestellung eine geringe Bedeutung haben. Interessant ist, daß der Quotient bei höherer Geschwindigkeit sinkt, die Hüftflexoren bei höheren Geschwindigkeiten eine relativ geringere Kraft entwickeln. Diese Untersuchung zeigt, daß die Ausführungsgeschwindigkeit bei dynamischen Kraftmessungen die Höhe der Werte stark beeinflusst. Da diese Variable nur durch aufwendige CYBEX-II-Messungen zu kontrollieren und zu standardisieren ist, scheidet dieses Verfahren für die vorliegende Untersuchung aus.

BRENKE u.a. (1986) bestimmten bei 246 Sportlern verschiedener Sportarten mit einem Ringkraftmeßbügel die isometrische Maximalkraft der Bauch- und Rückenmuskulatur. Der Mittelwert des Quotienten Rückenmuskelkraft/Bauchmuskelkraft (RM/BM) der verschiedenen Disziplinen schwankte von 0,91 bis 1,2. Diese Schwankungen wurden auf sportartenspezifische Beanspruchungen zurückgeführt, und es wird geschlossen, "daß der optimale Quotient unter unseren Versuchsbedingungen bei 1 liegt" (94). Hierzu ist anzumerken, daß die Unterschiede der 9 Sportarten bzgl. des RM/BM-Quotienten nicht auf statistische Signifikanz untersucht wurden. Zudem ist nicht auszuschließen, daß diese Unterschiede von den sportartenspezifischen Ausprägungen der Körpergröße und Körpermasse mitbeeinflusst wurden. So ergaben eigene Berechnungen anhand der angegebenen Mittelwerte der 9 Sportarten zwischen der Körpermasse und dem RM/BM-Quotienten eine Korrelation von $r = 0,43$, zwischen der Körpergröße und dem RM/BM-Quotienten eine Korrelation von $r = -0,35$ und zwischen dem Quotienten Körpergröße/Körpergewicht und dem RM/BM-Quotienten eine Korrelation von $r = -0,55$.²⁷

In einer anderen Untersuchung (BRENKE u.a. 1983, zit. bei BRENKE u.a.) wurde bei 212 Sportlern während eines Rehabilitationsaufenthalts ein tägliches Kraftprogramm für die Bauch- und Rückenmuskulatur absolviert. Dabei betrug die Kraftzuwachsrate innerhalb von 23 Tagen für die Rückenmuskulatur 15,6% und für die

²⁷ Diese Korrelationen sind aufgrund der geringen Anzahl der Fälle nicht signifikant.

Bauchmuskulatur 9,7%. Aus der "Veränderung des Quotienten von 0,89 zu Beginn des gezielten Krafttrainings auf 0,94" wird geschlossen, "daß das Verhältnis von Rücken- und Bauchmuskelkraft bei einer harmonischen Entwicklung etwa 1 : 1 sein müßte" (94).

Diesem Urteil schließt sich LEHMANN (1991) an, der seinerseits durch ein Kräftigungsprogramm für die Bauchmuskulatur ein "Optimum von 1 : 1" (17) anstrebt. Bei der Betrachtung der Abbildungen der durchgeführten Kraftmessungen fällt auf, daß sowohl bei BRENKE u.a. wie auch bei LEHMANN die Kraftmessung der Rückenstreckmuskulatur in Bauchlage und die Kraftmessung der Bauchmuskulatur in sitzender Position mit leicht rückgeneigter Rückenlehne vorgenommen wurde. Dabei hat die unterschiedliche Positionierung der Vpn Konsequenzen auf die Größe der gemessenen Werte, die die Bildung eines Quotienten mit der Angabe eines Optimums ungemessen erscheinen lassen. Während bei der Kraftmessung der Rückenstrecker das Gewicht des Oberkörpers mitangehoben werden muß, ist das Ergebnis der Kraftmessung der Bauchmuskulatur vom Gewicht des Oberkörpers unbeeinflusst. Dies hat bei unterschiedlich schweren Probanden zwangsläufig Auswirkungen auf die berechneten Quotienten, die nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.²⁸ Bei ANDERSSON u.a. (1988) wurde diese Problematik berücksichtigt, indem die Kraftmessungen der Beuger und Strecker der Hüfte und des Rumpfes in Seitlage vorgenommen wurden, um den 'direkten Einfluß der Schwerkraft auf die Messungen zu vermeiden' (588). Weiterhin fällt bei LEHMANN auf, daß die Füße bei der Kraftmessung der Rückenmuskulatur durch einen Gurt fixiert werden, während sie bei der Kraftmessung der Bauchmuskulatur kein Widerlager haben, die Hüftmuskeln also bei den beiden Meßvorgängen in unterschiedlichem Maße mitwirken können. Eine Forderung nach einem Kraftverhältnis von 1 : 1 muß somit relativiert werden. Hinzu kommen grundsätzliche Bedenken bzgl. des Rechenverfahrens (vgl. Kap. III.3.5, S. 133).

Bei der Durchsicht der Literatur zum Themenschwerpunkt Kraftmessung fallen weitere methodische Unterschiede auf, die zum einen die fehlende Standardisierung dokumentieren und zum anderen den Vergleich der Ergebnisse erschweren und sich zusammenfassend folgendermaßen darstellen:

1. Die Kraftmessung wird zum Teil isometrisch (BRENKE u.a. 1986, LEHMANN 1991, NACHEMSON u.a. 1969, TAUCHEL u.a. 1989, TRUNZ 1987) zum Teil dynamisch (EGGLI 1986; THORSTENSSON u.a. 1982, 1985) durchgeführt.
2. Die Lage des Körpers bzgl. des Raumes weist Unterschiede auf:
So wird die Bauchmuskelkraft bei TRUNZ (1987) in Rückenlage -, bei BRENKE u.a. (1986), LEHMANN (1991) und TAUCHEL u.a. (1989) im Sitzen -, bei

²⁸ BRENKE u.a. schreiben: "Der Einfluß der Gravitationskraft in den verschiedenen Meßpositionen (Sitz/Bauchlage) wurde nicht beachtet." (93) vgl. auch Fußnote S. 133

McNEILL u.a. (1980) und ASMUSSEN u.a. (1959) im Stehen - und bei ANDERSSON u.a. (1988) in Seitlage gemessen. Die Rückenmuskelkraftmessung wird bei NACHEMSON u.a. (1969) sowohl im Stehen als auch in Bauchlage -, bei McNEILL u.a. (1980) und ASMUSSEN u.a. (1959) im Stehen -, bei BRENKE u.a. (1986), LEHMANN (1991), TAUCHEL u.a. (1989) und TRUNZ (1987) ausschließlich in Bauchlage - und bei ANDERSSON u.a. (1988) in Seitlage durchgeführt.

3. Bei der Fixierung des Körpers und dem Versuch, synergistisch arbeitende Muskeln bei der Messung auszuschließen, treten Differenzen auf. TRUNZ (1987, 55) fixiert bei der Messung der Bauchmuskelkraft die Füße und die Oberschenkel, so daß "die Hüftbeugemuskulatur zu einem nicht näher bestimmbar Anteil in die Untersuchung einfließt". In den Untersuchungen von BRENKE u.a. (1986), LEHMANN (1991) und TAUCHEL u.a. (1989) werden die Füße nicht fixiert und die Hüfte gebeugt, um den Einfluß der Hüftbeuger zu minimieren. Bei TAUCHEL u.a. (1989) werden die Ellenbogen bei der Maximalkraftmessung der Rücken- und Bauchmuskulatur im Nacken durch ein Stab fixiert, um negative Einflüsse auf die Meßergebnisse durch den Miteinsatz des M. pectoralis bzw. des M. trapezius pars descendens weitgehend auszuschließen. Bei LEHMANN (1991) und BRENKE u.a. (1986) unterbleibt bei ansonsten identischem Meßaufbau diese Standardisierung.
4. Bei den isometrischen Maximalkraftmessungen haben der Gelenkwinkel und infolgedessen der Dehnungszustand des Muskels und der Kraftarm erhebliche Auswirkungen auf die Kraftentfaltung. LEHMANN (1991) führt zur Prüfung des arthromuskulären Zustands im Hüftgelenk die Maximalkraftmessung der Hüftbeuge- und Hüftstreckmuskulatur mit gestrecktem Hüft- und Kniegelenk durch. Während sich die Hüftbeugemuskulatur bei dieser Gelenkgeometrie in gedehntem Zustand befindet, ist die Hüftstreckmuskulatur in einer Entdehnungsstellung. Bei den zweigelenkigen Muskeln muß die Position beider Gelenke bei der Bestimmung und Standardisierung des Dehnungszustandes miteinbezogen werden.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Untersuchungen fallen beträchtliche Differenzen der Maximalkraftmittelwerte auf.

Tab. 6: Ergebnisse der Kraftmessungen

Untersuchung	Anzahl Vpn	Bauchmuskelkraft	Rückenmuskelkraft
BRENKE (1986)	246	1355 N	1321 N
LEHMANN (1991)	10	483 N	468 N
TAUCHEL (1989)	26	530-811 N	657-1073 N

Bei TAUCHEL u.a. (1989) wurden die Vpn in 4 Gewichtsklassen unterteilt. In Tab. 6 sind die Mittelwerte der Gewichtsklasse "bis 56 kg" und der Gewichtsklasse

"> 82,5 kg bis 110 kg" angegeben. Die großen Differenzen zwischen den Mittelwerten der verschiedenen Untersuchungen sind nicht ausschließlich durch Besonderheiten der Vpn-Gruppen zu erklären. Da der Versuchsaufbau bei den Autoren nahezu identisch ist, müssen die Unterschiede in der Versuchsdurchführung bestehen. So zeigte sich in den Vorversuchen zu der vorliegenden Untersuchung, daß durch ein schwungvolles Reißen bei den Meßvorgängen höhere Kraftwerte erreicht werden konnten. Aus dieser Erkenntnis resultiert die Forderung, daß sowohl bei Messungen der dynamischen wie auch bei Messungen der isometrischen Maximalkraft die Ausführungsgeschwindigkeit standardisiert und kontrolliert werden muß, auch wenn dies bei Messungen der isometrischen Maximalkraft vermeintlich paradox ist.

Bei der vorliegenden Untersuchung soll die isometrische Maximalkraft der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauch- und der Rückenmuskeln vermessen werden, da es sich dabei um diejenigen Muskelgruppen handelt, die durch ihre Lage auf die Wirbelsäulen- und Beckenhaltung einwirken können und die in Literatur - wenn auch teilweise mit unterschiedlicher Gewichtung - als bedeutsam für die Ausprägung dieser haltungskonstituierenden Merkmale gehalten werden. Bei dem Entwurf des Meßaufbaus wird z.T. auf die dargestellten Untersuchungen zurückgegriffen (BRENKE u.a. 1989, LEHMANN 1991, TAUCHEL u.a. 1989, TRUNZ 1987). Der detaillierte Versuchsaufbau wird im Kap. III.1.1 dargestellt.

3.3.2 Dehnungsgradmessungen

Es ist JANDA zuzustimmen, wenn er schreibt, daß es bei einem Großteil der Muskeln sehr schwierig ist, den Grad der Verkürzung quantitativ zu bestimmen, diese Bestimmung hingegen bei den Muskeln, bei denen eine genaue **Messung** des erreichten Winkels zwischen 2 Körperabschnitten möglich ist, sehr genau ist.²⁹ Dies ist z.B. bei der isch. M. der Fall, bei der das Ausmaß der Hüftbeugung des im Kniegelenk gestreckten Beines durch ein Goniometer exakt erfaßt werden kann (vgl. BORMS u.a. 1987, WIEMANN 1991b). Bei diesem Meßvorgang bestehen 2 Probleme:

1. Einerseits muß eine unkontrollierte Retroversion des Beckens während der Messung vermieden werden, da ansonsten ein größerer Winkel erreicht - und somit ein scheinbar größerer Dehnungsgrad diagnostiziert wird.
2. Andererseits kann es bei einer entsprechenden Fixierung des Beckens und/oder des kontralateralen Beins zu einer Beeinflussung des Meßvorganges durch die Beckenneigung in der Form kommen, daß bei einer Vp mit einem vorgekippten Becken ein geringerer Dehnungsgrad gemessen wird als bei einer Vp mit aufgerichtetem

²⁹ vgl. das JANDA Zitat S. 44, die Verwendung des Begriffes "Messung" erscheint jedoch in diesem Zusammenhang unangebracht

Becken (KLEE 1988; vgl. auch: ALTER 1988, 120; BORMS u.a. 1987; JANDA 1986, 215 f.; LANZ u.a. 1972, 173).

Hierzu ist anzumerken, daß die Beckenneigung sowohl in Rückenlage (KLEE 1988) als auch in Seitlage (ROY u.a. 1986, zit. bei BORMS u.a. 1987) sich von der Beckenneigung im Stehen unterscheidet und daß es beim Meßvorgang zu unterschiedlich stark ausgeprägten Beckenaufrichtungen (KLEE 1988) kommt. BORMS u.a. (1987) vermeiden die Verfälschung des Meßvorganges, indem sie ein "coxo-femoral goniometry" verwenden, das den Dehnungsgrad der isch. M. bzgl. der Beckenneigung³⁰ mißt. Sie nutzen hierbei die Spina iliaca anterior superior und die Spina iliaca posterior superior als Bezugspunkte für die Beckenneigung, den Trochanter major als Bezugspunkt für die transversale Hüftgelenksachse und den Epicondylus lateralis femoris und den Trochanter major als Orientierungspunkte für die Längsachse des Femur. Zu diesem verhältnismäßig aufwendigen Versuchsaufbau bieten sich zwei Alternativen.

Zum einen kann versucht werden, die Beckenaufrichtung während des Meßvorganges völlig zu verhindern (ZINOVIEFF u.a. 1975, zit. bei BORMS u.a. 1987, 45; WIEMANN 1991b, 299).

Zum anderen kann der Versuchsaufbau so gewählt werden, daß alle Vpn durch Beugen des kontralateralen Hüft- und Kniegelenkes und Fixieren des Beckens in dieser Position mit gleichermaßen aufgerichtetem Becken vermessen werden. In einer selbständig durchgeführten Untersuchung (KLEE 1988) wurde ein entsprechender Vorschlag zur Vermeidung der Beeinflussung der Dehnungsgradmessung der isch. M. durch die Beckenneigung vorgelegt, der bei der weiteren Bearbeitung des Themas durch einen Hinweis bei JANDA (1986, 215 f.) Bestätigung erhielt. JANDA bietet alternativ zur Dehnungsgradmessung der isch. M. bei nicht verkürzten Flexoren der Hüfte eine Testdurchführung bei verkürzten Flexoren an, bei dem - meinem Vorschlag entsprechend - das kontralaterale Bein im Hüft- und Kniegelenk gebeugt gehalten wird. Im Vergleich zu dem Meßvorgang bei nicht verkürzten Hüftbeugern, bei dem das kontralaterale Bein gestreckt am unteren Oberschenkel Drittel fixiert wird, ist das Bewegungsausmaß nach JANDA hierbei um 10-15° größer.

Den Darstellungen der Autoren in der Diskussion um die muskuläre Balance zufolge sind es insbesondere die Hüftbeuger, die durch ihren Verkürzungszustand die Beckenneigung beeinflussen sollen. Bei den Hüftbeugern werden vor allem der M. iliopsoas genannt (BERTHOLD u.a. 1981, 172; GRAFF u.a. 1986, 16; DIETRICH u.a. 1985, 53; KLAUSCH 1982, 10; LEHMANN 1991, 16; MAEHL 1986, 37; WEBER 1981, 175; TITTEL 1986, 4), seltener der M. rectus femoris

³⁰ Bei den anderen Verfahren wird der Dehnungsgrad der isch. M. bzgl. der Liegefläche gemessen.

(BERTHOLD u.a. 1981, 172; MAEHL 1986, 37; WEBER 1981, 175; TITTEL 1986, 4). Nach JANDA (zit. bei KLAUSCH 1982, 10 f.) sind Kontrakturen des M. rectus femoris häufig, Auswirkungen auf Beckenkippen jedoch nicht bekannt. Angesichts dieses Literaturhinweises und der Tatsache, daß der M. rectus femoris bei der aufrechten Haltung durch die Kniestreckung eine Entdehnung erfährt und so auch bei einer Verkürzung nur geringe Zugkräfte ausübt, sollte in der vorliegenden Untersuchung ausschließlich der Verkürzungszustand des M. iliopsoas erfaßt werden.

Da das Meßverfahren zum Test des Verkürzungszustandes des M. iliopsoas nach JANDA (1986, 212-214, vgl. auch S. 59) zu ungenau und mit Störgrößen behaftet erscheint, wurde in Anlehnung an das Verfahren zur Messung des Verkürzungszustandes der isch. M. ein alternatives Verfahren entwickelt, bei dem die Fähigkeit der Vp gemessen wird, in Bauchlage das Hüftgelenk zu überstrecken. Zu diesem Meßaufbau liegen keine vergleichbaren Untersuchungen vor.

In Anlehnung an WIEMANN (1991b) soll bei der Dehnungsgradmessung der isch. M. und der Hüftbeuger die Spannung, die der ruhende Muskel jeweils der Dehnungsprozedur entgegensezt, registriert werden. Der detaillierte Versuchsaufbau wird im Kap. III.1.1 dargestellt.

3.4 Zusammenfassung

Bei einer "muskulären Balance" wird das Gelenk durch das Verhältnis der Drehkräfte der das Gelenk überziehenden antagonistischen Muskeln in einer "normalen", "physiologischen" Stellung gehalten. Bei einer "muskulären Dysbalance" ist dieses Verhältnis gestört, das Gelenk befindet sich in einer Stellung, bei der Kräfte auftreten, die zu Verschleißerscheinungen des Gelenkes führen. Die Beschreibung der unphysiologischen Muskelzustände wird von allen Autoren durch ein begriffliches Gegensatzpaar vorgenommen, wobei die begriffliche Vielfalt zur Zustandsbeschreibung abgeschwächter und verkürzter Muskeln ein schnelles Verständnis erschwert. Darüber hinaus ist verwirrend, daß bei dieser Gegenüberstellung Ursache (z.B. Abschwächung als Ursache der Verlängerung) und Wirkung (z.B. Verkürzung als Wirkung einer höheren Ruhespannung) nebeneinander gestellt werden. Es müßte treffender von "verkürzten" und "verlängerten" Muskeln gesprochen werden.

Die Erklärungen, die für das Entstehen muskulärer Dysbalancen herangezogen werden, können einer kritischen Überprüfung nicht standhalten. Dies betrifft insbesondere die Bestimmtheit, mit der die Trennung zwischen Haltungs- und Bewegungsmuskeln vollzogen wird, und die Übertragung der Phänomene "Dehnungsrückstand" und "Kontraktionsrückstand" auf die bei muskulären Dysbalancen diagnostizierten Muskelverlängerungen bzw. -verkürzungen. Diese Bilanzierung wirkt sich negativ auf die Formulierung der Hypothesen des experimentellen Teils der vorliegenden Arbeit aus.

Der JANDA Muskelfunktionstest genügt nicht den Gütekriterien, die an Meßmethoden in wissenschaftlichen Untersuchungen gestellt werden. Es sind in der Literatur Methoden zur Messung der Kontraktionskraft und des Dehnungsgrades dokumentiert. Jedoch auch bei diesen Meßverfahren fallen methodische Probleme auf. In der vorliegenden Untersuchung sollen bei der Konstruktion des Gerätes zur Messung der Kontraktionskraft die Versuchsaufbauten von BRENKE u.a. (1986), LEHMANN (1991), TAUCHEL u.a. (1989) und TRUNZ (1987) als Grundlage dienen. Die Planung des Versuchsaufbaus zur Messung des Dehnungsgrades ist an WIEMANN (1991b), JANDA (1986) und an einer selbständig durchgeführten Arbeit (1988) orientiert.

4 Zum Zusammenhang von Körperhaltung und muskulärer Balance

Nachdem in Kap. 2 und 3 die Teilaspekte des Problemkomplexes "arthromuskuläre (Dys)-Balance getrennt dargestellt wurden, werden sie im folgenden Kapitel in Zusammenhang gestellt.

Dieses Kapitel ist in drei Abschnitte untergliedert, innerhalb derer die folgenden Fragestellungen verfolgt werden:

1. Welche Kriterien werden bei der **theoretischen** Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Muskeln für die Körperhaltung zugrundegelegt, wie schlüssig ist diese Beurteilung und welche Übereinstimmungen und Widersprüche zeigen sich bei den einzelnen Autoren?
2. Welche Ergebnisse wurden bei empirischen Untersuchungen zum Zusammenhang von Muskelfunktion und Körperhaltung ermittelt?
3. Bei welchen Muskeln läßt sich bei der Haltung elektromyographisch Aktivität nachweisen bzw. bei welchen Muskeln kann aufgrund von Plattform-Standanalysen auf Aktivität geschlossen werden?

4.1 Muskuläre Voraussetzungen der menschlichen Körperhaltung

Unabhängig von der Einteilung der Muskeln in Haltungs- bzw. Bewegungsmuskeln (vgl. Tab. 3, S. 30) existieren in der Literatur augenfällige Unterschiede bei der Beurteilung der Quantität und der Qualität, mit der die einzelnen Muskeln haltungskonstituierende Merkmale beeinflussen sollen. Die Kriterienliste, mit der die Autoren die Bedeutung der verschiedenen Muskeln für die Körperhaltung bestimmen, wird häufig nicht - bzw. nur bruchstückhaft vorgestellt, so daß der Entscheidungsprozeß, aus dem die jeweilige Beurteilung resultiert, oftmals nicht nachvollzogen werden kann. Am häufigsten werden als Beurteilungskriterien der Muskelquerschnitt und die Länge des Hebelarmes genannt. Aus Messungen und Abschätzungen dieser Faktoren werden Berechnungen der Muskelkräfte und Rangordnungen festgelegt. Als Beispiel für die

Berechnung arthromuskulärer Verhältnisse sollen die bei WEINECK (1986, 141) angegebenen Kontraktionskräfte der Hüftbeuger und Hüftstrecker dienen. Es handelt sich um die von

"... Lanz und Wachsmuth errechneten Arbeitsmöglichkeiten (Drehmomente) des Muskels aus der Normalstellung. Beachte: Diese Zahlenangaben dienen ausschließlich als Orientierungshilfe bei der Beurteilung bewegungsrelevanter Muskeln; sie tragen nicht den variierenden Hebelverhältnissen bzw. den sich verändernden Zugkräften der Muskeln in den einzelnen Winkelstellungen Rechnung."

Als Hüftbeuger nennt er: den M. rectus femoris (16,4 mkp), den M. iliopsoas (10,0 mkp), den M. tensor fasciae latae (7,5 mkp), den M. sartorius (4,3 mkp), den vorderen Anteil des M. gluteus minimus (3,5 mkp) und den M. pectineus (2,7 mkp). Die Gesamtarbeitsmöglichkeit beträgt etwa 45 mkp (147).

Als Hüftstrecker aus der Hüftbeugung in die Normalstreckung nennt er: den M. gluteus maximus (53,2 mkp), den M. adductor magnus (22,2 mkp), den M. semimembranosus (17,0 mkp), den M. semitendinosus (7,0 mkp), den langen Kopf des M. biceps femoris (4,4 mkp) und den M. quadratus femoris (3,4 mkp). Die außergewöhnlich hohe Gesamtarbeitsmöglichkeit (etwa 120 mkp) der Hüftstrecker ergibt sich nach WEINECK (148) aus ihrer Bedeutung für die aufrechte Körperhaltung bzw. für die Fortbewegung.³¹ Die Zahlen zeigen ein deutliches Übergewicht der Kraft der Hüftstrecker. Allerdings muß die Aussagefähigkeit der Zahlenangaben für die Bestimmung einer arthromuskulären Balance im Hüftgelenk unter Haltungsbedingungen durch folgende Variablen relativiert werden.

1. Es handelt sich bei der Hüftbeugung um die "Anteversion des Oberschenkels aus der Normalstellung" und bei der Hüftstreckung um die Bewegung "aus der Hüftbeugung in die Normalstreckung" (147 f.). Bei aufrechter Körperhaltung haben einige der genannten Muskeln keine hüftstreckende Wirkung. So liegt die Wirkungslinie des M. adductor magnus bei gestrecktem Hüftgelenk nicht mehr dorsal bzgl. der transversalen Hüftgelenksachse. WEINECK nennt bei der Bewegung "Überstreckung der Hüfte (Retroversion des Oberschenkels)" folgerichtig den M. gluteus maximus (10,4 mkp) und den M. gluteus medius (5,7 mkp), und berechnet eine Gesamtarbeitsmöglichkeit von 22,0 mkp (die fehlenden 5,9 mkp schreibt er den "andere(n) Muskeln (s.o.)" zu). Diese Zahlen deuten auf ein Übergewicht der Kraft der Hüftbeuger bei gestrecktem Hüftgelenk hin.

³¹ Zu dieser Aussage müssen einige Anmerkungen gemacht werden:
 1. Die für die aufrechte Körperhaltung erforderlichen Kräfte sind eher klein, so daß diese Aufgabe nicht für die Entwicklung einer hohen Maximalkraft verantwortlich gemacht werden kann.
 2. WEINECK weist den Hüftstreckern die Haltungsfunktion im Hüftgelenk zu und steht damit im Widerspruch zu anderen Autoren (vgl. LEGER 1959, 55 und BASMAJIAN 1974, 182).
 3. WEINECK dokumentiert eine gewisse Unsicherheit, wenn er den Hüftstreckern eine "Bedeutung für die aufrechte Haltung bzw. für die Bewegung" zuspricht.

2. Bei aufrechter Körperhaltung befinden sich die Hüftbeuger und Hüftstrecker in einem unterschiedlichen Dehnungsgrad. Die Hüftbeuger sind bei gestrecktem Hüftgelenk in einem relativ gedehnten - die Hüftstrecker in einem relativ entdehnten Zustand.

Bei den beiden letzten Aussagen muß bei einer genaueren Betrachtung zwischen den verschiedenen Muskeln der Hüftbeuger und Hüftstrecker unterschieden werden. So befindet sich die isch. M. bei der aufrechten Körperhaltung durch die Streckung der Kniegelenke in einem gedehnten Zustand (71,51%, vgl. S. 38) als der M. gluteus maximus, d.h. der eingelenkige M. gluteus maximus ist in einem entdehnten Zustand als die zweigelenkige isch. M.. Bei den Hüftbeugern liegen umgekehrte Verhältnisse zwischen den ein- und den zweigelenkigen Muskeln vor. Der M. rectus femoris befindet sich in einem mittleren Dehnungszustand, der M. iliopsoas im gedehnten Zustand.

Diese ersten beiden Punkte faßt WEINECK bei der Erklärung der geringeren Gesamtarbeitsmöglichkeit der Hüftstrecker bei der Bewegung "Überstreckung der Hüfte (Retroversion des Oberschenkels)" im Vergleich zu der Bewegung "aus der Hüftbeugung in die Normalstreckung" zusammen: "Aufgrund der bereits erfolgten starken Muskelverkürzung und den damit verbundenen schlechten Zugverhältnissen entwickeln die Hüftstrecker bei dieser Bewegung keine allzu große Kraft mehr bzw. fallen völlig aus der Zuglinie (z.B. der kräftige *m. adductor magnus* [H.d.A.])." (148)

3. Die Kraftarme der verschiedenen Muskeln lassen sich nur vage abschätzen. Die Kraftarme der einzelnen Hüftbeuger und Hüftstrecker haben durch ihre unterschiedlichen Ansätze am Becken verschieden große Kraftarme in Relation zu dem jeweilig maximalen Kraftarm. Sowohl die Kraftarme der Hüftbeuger als auch die Kraftarme der Hüftstrecker sind bei der aufrechten Körperhaltung relativ klein. Die Beckenneigung hat entscheidenden Einfluß auf die Länge der Kraftarme. Bei einem vorgekippten Becken sind sowohl die Kraftarme einiger Hüftbeuger als auch die Kraftarme der Hüftstrecker vergrößert. Die Bedeutung dieses Faktors für den Leistungssport (z.B. den Sprint) sei hier nur angedeutet. Eine exakte Bestimmung der Kraftarme der einzelnen Muskeln wird durch die Computertomographie ermöglicht. NEMETH u.a. (1987) ermittelten mit diesem Verfahren durchschnittliche Hebelarme für den M. erector spinae von 68mm und für den M. rectus abdominis von 95mm (190 f.). Hier sind für die Zukunft wichtige Erkenntnisse zu erwarten.

4. Die Berechnungen der Muskelkräfte basieren auf der Annahme einer maximalen Innervation. Über den Grad der Innervation der verschiedenen Muskeln bei der aufrechten Körperhaltung lassen sich außer durch theoretische Überlegungen und Berechnungen (STORCK 1951) ausschließlich durch EMG-Untersuchungen (vgl. Kap. 4.3) Erkenntnisse gewinnen.

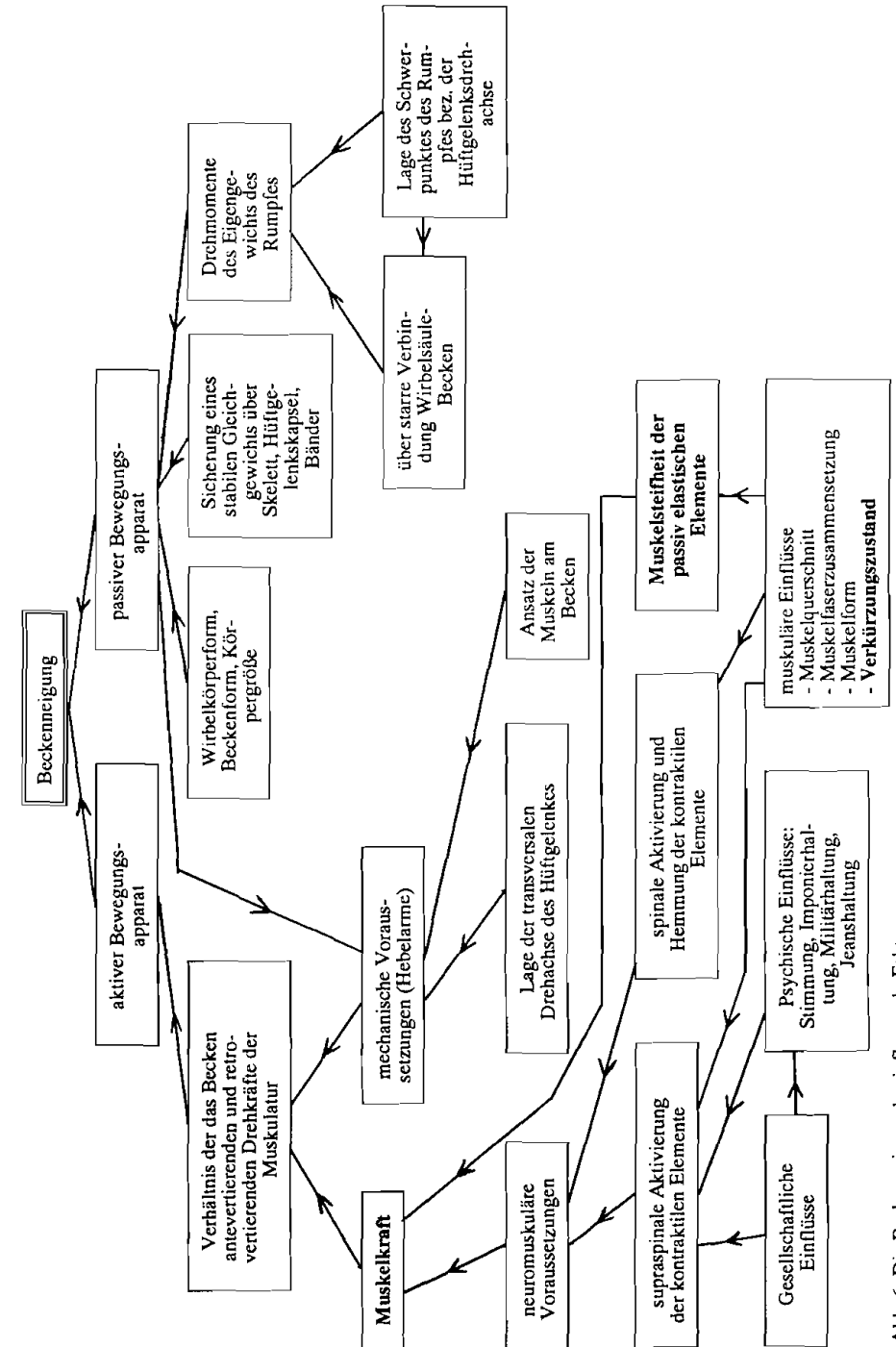


Abb. 6: Die Beckenneigung beeinflussende Faktoren

Abb. 6, S. 55 vermittelt einen Eindruck über die Vielzahl der Faktoren, die bei der Berechnung der statischen Verhältnisse im Hüftgelenk berücksichtigt werden müssen und relativiert die Bestimmtheit, mit der in der Literatur entsprechende Aussagen über die Bedeutung der verschiedenen Muskeln für die Körperhaltung gemacht werden.

Die Mehrzahl der Wissenschaftler rechnet den von kranial zum Becken ziehenden Muskeln dieselbe Bedeutung für die Beckenneigung zu wie den von kaudal ziehenden Muskeln. LEWIT (1984) hingegen sieht den Einfluß der pelvi-truncalen Muskeln im lumbalen Wirbelsäulenabschnitt, den Einfluß der pelvi-cruralen und pelvi-femorale Muskeln im lumbosakralen Wirbelsäulenabschnitt. Auch bei LEGER (1959) wird die Bedeutung der vom Becken nach oben strebenden Muskeln für die Beckenneigung relativiert. Als Ursache für diesen Standpunkt muß die Tatsache angesehen werden, daß das Becken im aufrechten Stand ein relativ starres Fundament darstellt, so daß die Muskelkräfte derjenigen Muskeln, die am Becken ihren Ursprung haben und an kranial gelegenen Skeletteilen inserieren, vor allem eine Bewegung an ihren Ansatzstellen bewirken, d.h. die Bauchmuskulatur bewegt den Brustkorb in Richtung Becken, und die untere Rückenstreckmuskulatur lordosiert die Lendenwirbelsäule. Ein Vorkippen des Beckens durch eine Kontraktion des Erector trunci ist nur dann möglich, wenn der Oberkörper durch die vordere Bauchmuskulatur fixiert wird (vgl. auch LEGER; 10 f.), deren Kontraktionskraft dann jedoch ein beckenaufrichtendes Drehmoment ausübt. Die Möglichkeit einer direkten Beeinflussung der Beckenneigung durch die Bauch- und Rückenmuskeln ist somit widerlegt. Es sind jedoch 2 indirekte Mechanismen zu konstatieren.

1. Ebenso wie die Beckenneigung die Form der Wirbelsäule in der Sagittalebene aufgrund der relativ starren Verbindung beeinflusst (vgl. Kap. 2.2.4), erfolgt umgekehrt zwingend eine Beeinflussung der Beckenneigung durch die Form der Wirbelsäule (LEGER 1959, 12). Eine durch kontrahierte Rückenmuskeln und entspannte Bauchmuskeln verursachte lumbale Hyperlordose vergrößert die Beckenneigung.
2. Bei entspannter Bauch- und kontrahierter Rückenmuskulatur wird der Rumpfschwerpunkt bzgl. der transversalen Hüftgelenksachse nach ventral verlagert (wie z.B. auch bei Schwangerschaft und Fettleibigkeit, vgl. hierzu SEROO u.a. 1975, 491) und umgekehrt.

Bei beiden Mechanismen kommt der Bauchmuskulatur aufgrund ihrer Funktion als Hilfstragesorgan der Wirbelsäule durch die Erzeugung eines hydrostatischen und

pneumatischen Innendruck von Bauch- und Brusthöhle eine besondere Bedeutung zu (HOHMANN u.a. 1982, 260).³²

Aufgrund dieser komplexen Zusammenhänge wird die Bedeutung der Bauch- und Rückenmuskulatur für die Beckenneigung nicht eindeutig dargestellt:

"Kräftige Hüftbeuger (...) in Verbindung mit den Kniegelenkstreckern³³ kippen das Becken nach vorn. Kompensatorisch stellt sich die Rückenmuskulatur auf eine andere Länge ein. Sie verkürzt allmählich und unterstützt die Beckenkipfung." (KNEBEL 1985, 80)

Bei MAEHL (1986, 37) findet man eine gleichlautende Darstellung. Von beiden Autoren wird keine Erklärung gegeben, wieso die Rückenmuskulatur vor dem Vorkippen des Beckens keinen Einfluß auf die Beckenneigung hat, während sie diese nach dem Vorkippen dann doch unterstützt.

MAEHL (1987, 37) sieht bei den von kaudal zum Becken ziehenden Muskeln den geraden Schenkelmuskel und den Lendendarmbeinmuskel als stärkste Beckenkipper und auch bei BERTHOLD u.a. (1981, 172), KLAUSCH (1982, 10) und SCHIEBLER u.a. (1983, 282) werden der M. iliopsoas und der M. rectus femoris als stärkste Beuger des Hüftgelenks bezeichnet. Nach WIRHED (1984, 31) ist der M. iliopsoas "der weitaus kräftigste der Hüftbeuger". Diese Autoren stehen damit im Widerspruch zu BRÜGGER (1980, 145), der dem M. tensor fasciae latae und dem M. sartorius die stärkste Wirkung für die Beckenkipfung zuspricht, gefolgt vom M. rectus femoris und der die Bedeutung des M. iliacus und des M. psoas major am geringsten einschätzt. BRÜGGER legt bei dieser Abstufung als Bewertungskriterium die Länge der Hebelarme zugrunde.

Bei der Bewertung der verschiedenen Hüftstrecker hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Beckenaufrichtung wird bei der Mehrzahl der Autoren ausschließlich die Gesäßmuskulatur, speziell der M. gluteus maximus genannt (BERTHOLD 1981, 172; DIETRICH u.a. 1985, 53; KIPHARD 1984, 17; LEHMANN 1991, 17; MAEHL 1986, 37; TITTEL 1986, 4; WASHBURN, zit. bei HOHMANN u.a. 1982, 259; SCHIEBLER u.a. 1987, 374; WEBER 1981, 176).

Nur vereinzelt wird der isch. M. bei der Beckenaufrichtung primäre Bedeutung zugesprochen (BITTMANN 1987, 120; GRAFF u.a. 1986, 19), bzw. werden als Becken-

³² Es liegen jedoch einige neuere Untersuchungen vor, in denen die Bedeutung der Bauchmuskulatur für den hydrostatischen und pneumatischen Innendruck der Bauchhöhle relativiert wird. Demnach hat zum einen ein Bauchmuskeltaining keinen Effekt auf den Bauchinnendruck ("intraabdominal pressure", HEMBORG u.a. 1983, zit. bei HEMBORG u.a. 1987 und bei STALHAMMAR u.a. 1987) und zum anderen wird festgestellt, daß das Zwerchfell die wichtigste Bedeutung für den Bauchinnendruck beim Heben von Gewichten hat (HEMBORG u.a. 1987, 186).

³³ Hier kann nur der M. rectus femoris gemeint sein; die Mm. vasti inserieren nicht am Becken und können somit keinen Einfluß auf die Beckenneigung haben.

aufrichter die isch. M. und die Gesäßmuskulatur genannt (KLAUSCH 1982, 11; KNEBEL 1985, 80; LEWIT 1984, 317). WEBER (1981, 175 f.) sieht als Ursache der Beckenkipfung nach ventral-kaudal mit daraus resultierender verstärkter Lordose eine Verkürzung der isch. M. und fordert ein Lockerungs- und Dehnungsprogramm für diese Muskelgruppe.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß keine Übereinstimmung bei den einzelnen Autoren bei der theoretischen Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Muskeln für die Körperhaltung vorliegt, diese aber auch aufgrund der sehr komplexen statischen Verhältnisse im Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbereich und der Vielzahl der bei der Beurteilung der Muskelkraft zu berücksichtigenden Faktoren (vgl. Abb. 6, S. 55) nur begrenzt möglich ist.

4.2 Empirische Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen haltungs-konstituierenden Merkmalen und den Funktionsparametern posturaler Muskulatur

Die beiden Teilaspekte "Funktionszustand der posturalen Muskulatur" und "haltungs-konstituierende Merkmale" werden nur in wenigen Untersuchungen vermessen und in Zusammenhang gestellt.

KLAUSCH (1982) untersuchte mit dem Muskelfunktionstest nach JANDA und einem Beckenzirkel den Zusammenhang zwischen der Muskelfunktion der Hüftbeuger, der Hüftstrecker, der Rückenstrecker, der Bauchmuskeln, der Adduktoren und der Abduktoren einerseits und der Beckenneigung andererseits. Dabei wurde die Muskelkraft in 6 Stufen (0 bis 5) und die Verkürzung der einzelnen Muskeln und Muskelgruppen in 2 Stufen ("verkürzt" oder "nicht verkürzt") eingeteilt (28-30). Als Bezugspunkte für die Messung der Beckenneigung nutzte sie den Symphysenoberrand und die Spina iliaca posterior superior. Sie stellte fest, daß Probanden mit der Muskelkraftstufe 5 (höchste Muskelkraftstufe) der becken vorneigenden Muskulatur eine signifikant größere Beckenneigung - und Probanden mit der Muskelkraftstufe 5 der beckenrückneigenden Muskulatur eine signifikant geringere Beckenneigung hatten als muskelschwächere Probanden, die nur Stufe 3 oder 4 erreichten. Weiterhin ermittelte sie, daß Probanden mit geringer Muskelkraft (Stufe 4) der Hüftstrecker eine größere Beckenneigung hatten als Probanden mit der Muskelkraftstufe 5. Bei den anderen Muskelgruppen ließ sich keine Beeinflussung der Beckenneigung durch Unterschiede in der Muskelkraft belegen. Bei den Messungen zur Verkürzung der verschiedenen Muskelgruppen zeigten sich ausschließlich beim M. iliopsoas Zusammenhänge mit der Beckenneigung in der Form, daß Verkürzungen des M. iliopsoas eine größere Beckenneigung zur Folge hatten (53).

Diese Ergebnisse werden durch mehrere methodische Unzulänglichkeiten relativiert. Betrachtet man die Häufigkeitsverteilung der Muskelkrafttests aller untersuchten Muskelgruppen, so fällt auf, daß bei keinem der Probanden bei den untersuchten Muskelgruppen die Muskelkraftstufen 0, 1, oder 2 gemessen wurden. Die Muskelkraftstufe 3 wurde bei 0,00% (M. rectus femoris) bis 2,49% (Mm. adductores) der Probanden ermittelt (vgl. KLAUSCH, Tab. 1), so daß es sich nicht um eine 6stufige, sondern um eine 2- bis bestenfalls 3stufige Skala handelte.³⁴ Dieses Beispiel dokumentiert die geringe Trennschärfe des Muskelfunktionstests nach JANDA.

Da bei KLAUSCH nicht beschrieben wird, wie die einzelnen Muskelfunktionstests vorgenommen werden, ist davon auszugehen, daß sie die verschiedenen Tests in unmodifizierter Form einsetzte. Bei der Messung des Verkürzungszustandes des M. iliopsoas nach JANDA (1986, 212 f.) ist eine Beeinflussung des Meßvorganges durch die Beckenneigung denkbar, der den ermittelten signifikanten Unterschied bzgl. der Beckenneigung verursacht haben könnte. Bei dieser Methode liegt der Proband in Rückenlage auf einer Bank, wobei sich das Steißbein über dem unteren Bankrand befindet. Aus dieser Position wird das kontralaterale Bein im Kniegelenk gebeugt zur Brust gezogen, "bis das Becken in Retroversion kippt und die *lumbale Lordose vollkommen ausgeglichen* [H.d.A.] wird" (212). Als normal wird bewertet, wenn sich der Oberschenkel des getesteten Beins in der Horizontalen befindet. Besitzt nun ein Proband z.B. aus strukturellen Gegebenheiten des passiven Bewegungsapparates ein vorgekipptes Becken, so wird er im Vergleich zu einem Probanden, der einen identischen Hüftbeugerverkürzungszustand, aber ein aufgerichtetes Becken hat, durch das Heranziehen des kontralateralen Beines an den Rumpf das Becken verstärkt retrovertieren. Infolgedessen wird der Oberschenkel des Testbeines über die Horizontale bewegt, und es werden fälschlicherweise verkürztere Hüftbeuger diagnostiziert als bei dem Probanden mit aufgerichtetem Becken.

ASMUSSEN u.a. führten 1959 mit einem "specially constructed inclinometer or goniometer" (175) eine mechanische Messung der Lordose, der Kyphose und der Beckenneigung sowie eine Kraftmessung der Bauch- und Rückenmuskeln bei 201 männlichen Schülern durch. Als Bezugspunkte an der Wirbelsäule nutzten sie die Spina iliaca posterior superior, den tiefsten Punkt der lumbalen Lordose, den höchsten Punkt der thoracalen Kyphose und den Processus mastoideus. Als Meßpunkte für die Beckenneigung legten sie an die Spina iliaca posterior superior und das Tuberculum pubicum zugrunde. Die Bauch- und Rückenmuskelkraftmessungen erfolgten im Stehen. Die statistische Auswertung erscheint unvollständig und ist schlecht dokumentiert. So weisen die Autoren rechnerisch ausschließlich positive Korrelationen zwischen der lumbalen Lordose und der Rückenmuskelkraft und zwischen der lumbalen

³⁴ "In der sportmedizinischen Praxis kann man sich fast ausschließlich auf die Grade 5, 4 und 3 des Muskeltests beschränken." (SCHMIDT u.a. 1983, 271)

Lordose und der Beckenneigung nach (186). Die übrigen Korrelationen werden lediglich graphisch dargestellt, bzw. werden im Text angedeutet.³⁵ Demzufolge zeigt die Beckenneigung positive Korrelationen zu den Wirbelsäulenschwingungen, aber nicht zu den Muskelkraftwerten (183), die Rückenmuskelkraft einen positiven Zusammenhang mit der Kyphose (185), die Lordose keine Beziehung zu der Bauchmuskelkraft (185) und das Ausmaß der Wirbelsäulenschwingungen eine positive Korrelation mit der Wirbelsäulenbeweglichkeit (186). In der ins Deutsche übersetzten Zusammenfassung äußert sich die fehlende statistische Absicherung der Ergebnisse in der folgenden Formulierung:

"Eine gewisse [m.H.] positive Korrelation zwischen Lendenlordose, Kyphose, Beckenneigung, Muskelstärke und Beugungsfähigkeit der Wirbelsäule wurde gefunden." (188)³⁶

KLAUSEN u.a. (1978) untersuchten in einem methodisch ähnlichen Versuch 134 Schülerinnen. Dabei nutzten sie dieselben Meßpunkte wie ASMUSSEN u.a. (1959) mit Ausnahme des oberen Markierungspunktes der Kyphose, für den sie die Vertebra prominens heranzogen. Als zusätzliche Parameter für haltungskonstituierende Merkmale dienten

- die Verbindung Vertebra prominens - Tragus (Gehörgang) als Indikator für die zervikale Lordose und
- die Verbindung Trochanter major - Tragus als Parameter für die ‚Gesamtstellung des Rumpfes‘ ("overall orientation of the trunk", 175).

Die Zusammenfassung der Ergebnisse wird folgendermaßen eingeleitet:

"In the boys investigated by Asmussen and Heeböll-Nielson (1959) there was a clear [m.H.] correlation between the curves of the spine and the strength of the trunk muscles." (175)

Hierzu muß angemerkt werden, daß es sich nur in zwei Fällen um rechnerische Korrelationen handelt (s.o.) und die Kommentierung der Ergebnisse der Untersuchung von ASMUSSEN u.a. in dieser Form ungerechtfertigt erscheint.

KLAUSEN u.a. fanden positive Zusammenhänge (graphisch) zwischen der Ausprägung der Lordose einerseits und der Beckenneigung und der Ausprägung der Kyphose andererseits, jedoch keinen Zusammenhang zwischen diesen haltungskonstituierenden Merkmalen und der Kraft der Bauch- und Rückenmuskeln (175). Ein interessantes Ergebnis der Untersuchung wurde durch die Elektromyographie der Bauch- und Rückenmuskulatur erzielt. Hierbei konnte zwischen Probanden unterschieden werden, bei denen bei der Ruhehaltung Aktivität der Bauchmuskeln (21,7%)

³⁵ vgl. zur graphischen Darstellung der Ergebnisse bei ASMUSSEN u.a. (1959) und KLAUSEN u.a. (1978) Kap. III.3.5, S. 135

³⁶ Der englische Originaltext lautet: "A tendency to a positive correlation [m.H.] between lumbar lordosis, kyphosis, pelvic inclination, muscular strength and flexibility of the spine was found." (187)

nachzuweisen ist und Probanden, bei denen die Rückenmuskeln elektrische Aktivität zeigen (72,5%) (175)³⁷. Dabei war bei den Probanden mit aktiver Bauchmuskulatur der Winkel zwischen dem Trochanter major und dem Tragus um 1,5 Grad geringer als bei den Probanden mit aktiver Rückenmuskulatur³⁸ (175). Ein weiteres bemerkenswertes Ergebnis dieser Untersuchung ist, daß die Summe der Wirbelsäulenkrümmungen bei der Gruppe mit aktiven Bauchmuskeln mit der Beckenneigung positiv - bei der Gruppe mit aktiven Rückenmuskeln negativ korreliert (178). Zu diesem Phänomen schreiben sie:

"Again no definite explanation can be given for this finding, but the greater variation in inclinatio pelvis in the groups with active abdominal muscles may indicate that these girls adjust their posture to a higher degree by a change in inclinatio pelvis. while the girls with active back muscles are more stable in this respect and hence regulate posture by more direct muscle action on the spinal curves." (177 f.)

Sowohl bei ASMUSSEN u.a. (1959) wie auch bei KLAUSEN u.a. (1978) überrascht, daß keine Kraftmessungen der pelvi-cruralen und pelvi-femorale Muskeln durchgeführt wurden.

Bei den Untersuchungen von ASMUSSEN u.a. (1959) und KLAUSEN u.a. (1978) wurden durch die Anwendung der metrischen Methoden der Haltungs- und Kraftmessung und durch die EMG-Untersuchungen wertvolle Erkenntnisse über die Haltung ermöglicht. Die Unzulänglichkeiten dieser Untersuchungen liegen in den inferenzstatistischen Auswertungen, bei denen das Fehlen multipler Korrelations- und Regressionsberechnungen auffällt.

Trotz intensiver Literaturrecherche konnten über diese Untersuchungen hinaus keine weiteren Veröffentlichungen zu diesem Thema aufgefunden werden, so daß resümiert werden kann, daß auf dem Forschungsgebiet "Zusammenhänge zwischen Muskelfunktion und Haltung" die Zahl der empirischen Untersuchungen gering ist und ein hoher Bedarf an wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnissen besteht.

³⁷ Dieses Phänomen wird in Kapitel 4.3 ausführlich dargestellt.

³⁸ Es wird bei KLAUSEN u.a. nicht explizit ausgesprochen, aber es ist anzunehmen, daß ein kleinerer Winkel der ‚Gesamtstellung des Rumpfes‘ eine stärkere Rückneigung des Oberkörpers bedeutet.

4.3 Untersuchungen zur biomechanischen Analyse der menschlichen Körperhaltung

Immer wieder begegnet man in der Literatur der Meinung, der menschliche Körper könne auch ohne Muskelaktivität aufgrund seiner passiven Haltevorrichtungen in einer aufrechten Haltung verbleiben.³⁹ Dieser Standpunkt kann jedoch schnell durch den Versuch, einen ohnmächtigen oder schlafenden Menschen in einer aufrechten Körperstellung zu fixieren, widerlegt werden.⁴⁰

Liegt der Schwerpunkt eines Körperteils nicht senkrecht oberhalb des folgenden kaudal gelegenen Gelenkes, muß dem Drehmoment, das die Schwerkraft diesem Körperteil verleiht, durch Muskelkraft ein entgegengerichtetes Drehmoment entgegengesetzt werden. Bei der Untersuchung der Statik der menschlichen Körperhaltung ist zum einen die Lage des Körperschwerpunktes und der Körperteilschwerpunkte und zum anderen die Position der Drehachsen von Interesse. Von der Kenntnis dieser Faktoren kann auf die Aktivität der Muskulatur geschlossen werden und umgekehrt.

Neben theoretischen Überlegungen und Untersuchungen an Modellen (STORCK 1951), innerhalb derer die Lage des Körperschwerpunktes und der Körperteilschwerpunkte berechnet werden, ermöglichen vor allem die Plattform-Standanalyse und die Elektromyographie wertvolle Erkenntnisse.

Bei der EMG-Analyse im Rahmen der Untersuchung der Körperhaltung werden Muskelaktionsströme gemessen, um das Aktivitätsmuster der Muskulatur unter den verschiedenen Haltungsbedingungen qualitativ und quantitativ bestimmen zu können. Bei der Bestimmung, welche Muskeln bei der Haltung aktiviert werden, treten Widersprüche auf. Diese resultieren einerseits aus Unterschieden in den Methoden (GROENEVELD 1976, 31 f.) und andererseits aus der Tatsache, daß die Teilschwerpunkte bei intra- und interindividuell unterschiedlichen Körperhaltungen verschieden große und ggf. entgegengerichtete Drehmomente in den entsprechenden kaudal gelegenen Gelenken verursachen, denen dann mit unterschiedlichen "Gegenschwergewichtsmuskeln" (ASMUSSEN 1960, 289) entgegengearbeitet werden muß.

³⁹ "Wir lassen die Muskeln ruhen, wenn das Zusammenspiel von Schwerkraft und Haltebändern genügt, um unsere Haltung zu sichern." (SCHEDE 1969, 50) "Die tiefe Ruhehaltung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Rumpf sich mechanisch auspendelt, so daß keine aktive Muskelspannung notwendig ist." (MATTHIAS 1977, 69) "Der Mensch vermag auch ohne aktive Muskelkraft ruhig zu stehen." (SCHOLTZMETHNER 1976, 111) Bei SCHIEBLER u.a. (1987, 375) wird von einem "amuskulären Stand" gesprochen.

⁴⁰ "As Steindler (1955) showed, a completely passive equilibrium is impossible because the centres of gravity of the links and the movement-centres of the joints between them cannot be all brought to coincide perfectly with the common line of gravity." (BASMAJIAN 1974, 177)

ASMUSSEN (1960), ASMUSSEN u.a. (1962), KLAUSEN (1965) und KLAUSEN u.a. (1978) weisen in überzeugender Weise für die Bauch- und Rückenmuskeln nach, daß eine normative Einteilung dieser antagonistischen Rumpfmuskeln in Haltungs- und Bewegungsmuskeln weder durch elektromyographische - noch durch Plattform-Untersuchungen belegt werden kann. Diese Untersuchungen werden aufgrund ihrer zentralen Bedeutung im folgenden ausführlich dargestellt.

ASMUSSEN (1960) wählte unter Bezugnahme auf AKERBLOM (zit. bei ASMUSSEN, 279) einen bemerkenswert ideenreichen und innovativen Versuchsaufbau⁴¹, um die horizontale Position der Vertikalen durch den Teilschwerpunkt der Körpermasse oberhalb des 4. Lendenwirbelkörpers zu bestimmen. Bei diesem Versuchsaufbau standen die Probanden in einem Behälter und waren bis zum oberen Rand des Kreuzbeines in Wasser eingetaucht, so daß die darunterliegenden Körperteile praktisch gewichtslos waren. Durch eine Kraftmeßplatte, die sich in dem Behälter befand, konnte die vertikale Position des Oberkörperschwerpunktes bestimmt und mit der Vertikalen durch den Gehörgang in Beziehung gesetzt werden. Dabei lag die Oberkörperschwerpunktlinie im Durchschnitt um 1,3 cm vor der Vertikalen durch den Gehörgang mit einer Streubreite von -3 cm bis +4,2 cm. Bei einem Meßfehler von maximal 1 cm folgerten die Autoren, daß die Oberkörperschwerelinie um mehrere Zentimeter bzgl. der Vertikalen durch den Gehörgang schwankt. Trotz dieser Unsicherheit wurde bei den weiteren Messungen die Vertikale durch den Gehörgang als beste Annäherung an die Oberkörperschwerpunktlinie zugrundegelegt (279).

Die Ergebnisse einer röntgenologischen Studie bewegten den Autor zu der Annahme⁴², daß die Oberkörperschwerpunktlinie im Durchschnitt ventral vor dem 4. Lendenwirbel liegt (280).

Bei seinen elektromyographischen Untersuchungen wurde die elektrische Aktivität des lumbalen Anteils des M. erector spinae und des M. rectus abdominis bei 22 Probanden in Ruhehaltung erfaßt. Die Versuche hatten die folgenden Ergebnisse:

1. Bei den verschiedenen Probanden ließ sich bei der Ruhehaltung jeweils ausschließlich bei **einer** der beiden antagonistischen Muskelgruppen elektrische Aktivität nachzuweisen.
2. Dabei waren in 19 Fällen die Rückenstrecker - und in 3 Fällen die Bauchmuskeln aktiv (283).

⁴¹ LEGER vertrat 1959 die Meinung, daß sich die Lage der Einzelschwerpunkte lediglich an Leichen bestimmen ließe (15).

⁴² ASMUSSEN schreibt: "... it seems reasonable to **assume** [m.H.] that on an average and for the majority the line of gravity runs ventrally to the center of the most prominent lumbar vertebra, L₄." (280) Dabei ist das Verb "to assume" vermutlich eine Konzession an das Verfahren, als Parameter für die Oberkörperschwerelinie die Vertikale durch den Gehörgang zugrunde zu legen.

3. Durch ein bewußtes langsames Vor- und Rückneigen des Oberkörpers im Hüftgelenk verlagerte sich die elektrische Aktivität abrupt von einem Antagonisten zum anderen, ohne sich zu überschneiden (284).

ASMUSSEN berechnete in einem weiteren Schritt anhand der Daten der 201 Probanden, die er innerhalb der Untersuchung von 1959 (ASMUSSEN u.a., s.o.) vermessen hatte, die Position der Vertikalen durch den Gehörgang bzgl. des 4. Lendenwirbelkörpers und stellte dabei eine zweigipflige Häufigkeitsverteilung fest, d.h. die Vertikale durch den Gehörgang verlief bei ca. 50 Probanden hinter - und bei ca. 150 Probanden vor dem Mittelpunkt des 4. Lendenwirbelkörpers. Weiterhin stellte er fest, daß sich diese 25% der Probanden auch in anderen Merkmalen von den übrigen Probanden unterschieden.

- Sie hatten im Durchschnitt eine größere lumbale Lordose und eine größere Beckenneigung.

- Ihre Bauch-, Rücken- und Finger Muskeln waren im Durchschnitt schwächer.

- Sie waren im Verhältnis zur Größe leichter und im Verhältnis zum Alter kleiner (287).

Es deutet sich durch diese Befunde die Möglichkeit an, daß die Stellung des Oberkörpers ein Schlüssel für die Beurteilung von Haltungsschwächen ist.⁴³ ASMUSSEN schließt die Diskussion seiner Untersuchung mit der Frage nach den potentiellen Spätfolgen der Körperhaltung mit rückgeneigtem Oberkörper.

"It would be of great interest to know if this about 25 pct. of the children, who carry their body somewhat more backward using the abdominal muscles as antigravity muscles and apparently are a little less well developed muscularly, later in life have more or less troubles with their backs than the majority." (287)

Durch die Untersuchung von ASMUSSEN u.a. (1962) wurden die Ergebnisse der elektromyographischen Untersuchung von ASMUSSEN (1960) bestätigt. Von den untersuchten 46 Probanden zeigten 36 Probanden eine elektrische Aktivität der lumbalen Rücken- und 10 Probanden eine elektrische Aktivität der Bauchmuskeln (57). Bei einer Zusatzbelastung von 20 Kg in jeder Hand nahm die elektrische Aktivität zu und wechselte nur in wenigen Fällen auf den Antagonisten (59).

KLAUSEN (1965) untersuchte in einer weiteren Studie die Wirkung von verschiedenen Zusatzlasten auf die elektrische Aktivität der lumbalen Rückenstrecker und der Bauchmuskeln.⁴⁴ Er macht bei der Darstellung der Ergebnisse erstmals quantitative Aussagen über das Ausmaß der elektrischen Aktivität. Demnach betrug die Spannung der lumbalen Rückenmuskeln in unbelasteter Ruhehaltung (Pos. 1) 7-8 μ V, mit 20 Kg

⁴³ Analogien zum MATTHIAS-Halte-Test sind unverkennbar.

⁴⁴ Als methodischer Unterschied zu den Untersuchungen von ASMUSSEN (1960), ASMUSSEN u.a. (1962) und KLAUSEN u.a. (1978) fällt auf, daß KLAUSEN (1965) als Meßpunkte für die Beckenneigung die Spina iliaca posterior superior und die Spina iliaca anterior superior wählte (177).

in jeder Hand (Pos. 2) 13-14 μ V, bei geringfügigem Vorwärtsneigen des Oberkörpers 50-60 μ V und 500-600 μ V bei maximaler Kontraktion (181). Die 24 Probanden konnten wieder in zwei Gruppen aufgeteilt werden, die folgendermaßen charakterisiert sind:

1. 17 Probanden zeigten eine auffällige Aktivität der unteren Rückenmuskeln in der Position 2 (180).

2. 7 Probanden wiesen in Position 1 zum Teil leichte - in Position 2 keine Aktivität der unteren Rückenmuskeln auf. Diese Probanden zeigten dafür elektrische Aktivität im M. rectus abdominis und im M. obliquus externus abdominis (181).

Sowohl die Unterscheidung in Vpn mit aktiver Bauchmuskulatur und Vpn mit aktiver Rückenmuskulatur als auch die prozentuale Verteilung stimmt mit den Ergebnissen ASMUSSENS (1960) überein. Bei der elektrischen Aktivität des thoracalen Anteils der Rückenmuskeln ließ sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen. Alle Probanden zeigten deutliche Aktivität in Position 2 und die meisten auch in Position 1. Dieser Befund wird durch ein Teilergebnis einer röntgenologischen Untersuchung ASMUSSENS gestützt, demzufolge der Kyphosenscheitel 5-10 cm hinter der Oberkörperschwerelinie liegt (1960, 280). Die Zahlen der EMG-Spannung verdeutlichen, daß nur sehr geringe Muskelkräfte für die aufrechte Körperhaltung eingesetzt werden müssen. Nach BASMAJIAN (1974, 175) verfügt der Mensch über den ökonomischsten Anti-Schwerkraft-Mechanismus unter den Säugetieren. Da in der Biologie das Problem der Energieersparnis eine entscheidende Rolle spielt und derjenige Organismus am konkurrenzfähigsten ist, der die notwendigen Lebensfunktionen mit einem Minimum an Energieaufwand erfüllt (KUMMER 1961, 13), kann die aufrechte Haltung somit auch als Ergebnis des entsprechenden Mutations- und Selektionsdrucks - den beiden gestaltenden Faktoren der Phylogenese - angesehen werden. Die Tatsache, daß die aufrechte Haltung trotz des geringen Anstrengungsgrades in den Beinen so ermüdend ist, erklärt BASMAJIAN (1974, 177) aus der Unzulänglichkeit der venösen und arteriellen Zirkulation und dem direkten Druck auf die inneren Strukturen.

KLAUSEN u.a. (1978) konnten die Unterscheidung zwischen Probanden mit aktiver lumbaler Rückenmuskulatur und zwischen Probanden mit aktiver Bauchmuskulatur auch bei weiblichen Probanden nachweisen (vgl. S. 60).

GROENEVELD stellte fest, daß Haltungsgesunde mit 29,4% (in Relation zu der EMG-Aktivität bei einem Belastungstest) signifikant höhere elektrische Aktivität der Rückenmuskeln unter Dauerbelastung (MATTHIAS-Halte-Test mit Zusatzbelastung) aufwiesen als Haltungsschwache mit 20,3%. Dieses Ergebnis resultiert nach GROENEVELD "dabei aus den günstigen mechanischen Kräfteverhältnissen des Erector trunci durch die bei allen Haltungsschwächen immer vermehrte lordotische

LWS-Krümmung unter Dauerbelastung und nicht, wie ursprünglich angenommen, durch einen weniger nach ventral verlagerten Schwerpunkt" (70).

Während also ASMUSSEN (1960), ASMUSSEN u.a. (1962), KLAUSEN (1965) und KLAUSEN u.a. (1978) die jeweilige Aktivität der Rücken- bzw. Bauchmuskeln durch die Lage des Schwerpunktes der Körpermasse oberhalb der Drehachsen der Lendenwirbelsäule erklären, die sich wiederum aus der ‚Gesamtstellung des Rumpfes‘ der Probanden ergibt, begründet GROENEVELD den Aktivitätsgrad der Rückenmuskeln durch die Länge des Hebelarmes der Rückenmuskeln, die durch die Ausprägung der LWS-Lordose bestimmt wird. Dieser Widerspruch ist bei einer genaueren Betrachtung zu relativieren.

In der Untersuchung GROENEVELDs wurde die Projektion des Gesamtkörperschwerpunktes in die Standfläche durch ein Statokinesiometer gemessen. Er beschreibt die in der Dauerbelastungsphase für die Haltungsschwachen typischen Haltingsveränderungen mit einem Verschieben des Beckens und einem Zurücklegen des Oberkörpers (61). Bei diesen entgegengesetzten Bewegungen der Körperteile ist es verständlich, daß sich der Schwerpunkt des Oberkörpers trotz eines fehlenden Verschiebens des Gesamtkörperschwerpunktes nach dorsal verlagert. Dieses Beispiel verdeutlicht, daß die Schwerelinie des Gesamtkörperschwerpunktes nur Aussagefähigkeit über die mechanischen Verhältnisse im oberen Sprunggelenk - nicht aber für diejenigen im Hüftgelenk und im Wirbelsäulenbereich besitzt. Durch das Modell eines zwei-segmentären, invertierten Pendels (two-segmental inverted pendulum, ODENRICK u.a. 1987, 437; TROPP u.a. 1987) mit den Drehpunkten Hüfte und oberes Sprunggelenk werden hier differenziertere Aussagen ermöglicht.

Bei CARLSÖÖ (1972, 75 f.) ist die folgende Passage nachzulesen:

"It has also been shown with electromyography that the deep back musculature, the erector spinae, are usually active in the symmetrical standing position while their antagonist, the rectus abdominis, remains passive. However, in certain rather slightly built youths the lumbar part of the erector spinae has often not been found to demonstrate activity while the rectus abdominis, on the other hand, is active. In these cases, the trunk's vertical line should pass behind the lumbar vertebrae's transverse movement axes. Anthropometric analysis performed on several hundred boys showed that in about every fourth boy the trunk's vertical line passed behind the fourth lumbar vertebra's movement axes."

Dieser Darstellung ist kein Literaturverweis nachgestellt. Es erscheint jedoch offensichtlich, daß der Autor auf die zuvor dargestellten Untersuchungen (ASMUSSEN 1960, ASMUSSEN u.a. 1962 und KLAUSEN 1965) Bezug nimmt.⁴⁵

Auch bei BASMAJIAN (1974, 183 f.) werden die Untersuchungen von ASMUSSEN (1960) und ASMUSSEN u.a. (1962) besprochen und das Ergebnis, daß in 20 bis 25 % die Bauchmuskeln der Schwerkraft entgegenwirken, unwidersprochen referiert, so daß

⁴⁵ In der Literaturliste sind die Artikel von ASMUSSEN (1960) und von ASMUSSEN u.a. (1962) aufgeführt.

davon auszugehen ist, daß es sich dabei um einen in der Wissenschaft allgemein akzeptierten Sachverhalt handelt.

Die dargestellten Untersuchungen verdeutlichen, daß eine normative Einteilung der Rumpfmuskeln in posturale und phasische Muskeln⁴⁶ weder durch elektromyographische Untersuchungen noch durch Plattform-Standanalysen zu belegen ist.

Dies gilt im selben Maße für die Hüftmuskeln. CARLSÖÖ (1972, 67) kommt nach der Durchsicht diesbezüglicher Untersuchungen zu dem folgenden Ergebnis: "It is not possible to say *a priori* [H.d.A.] if the joint's postural muscles should be sought among the hip's flexors or extensors."

Diese Aussage wird durch LEGER (1959) gestützt, dessen Untersuchungen ergaben, daß keine interindividuelle normative Festlegung der Position des Gesamtschwerpunktes möglich ist; vielmehr befand sich dessen Lage sich 50mal dorsal und 5mal ventral bezüglich des Hüftgelenkes und in 5 Fällen verlief die Schwerelinie genau durch das Hüftgelenk (55). Er resümiert, daß "die Schwer[e]linie aus dem Gesamtschwerpunkt bei der normalen Gewohnheitshaltung **im allgemeinen** [m.H.] dorsal von der Achse des Hüftgelenkes verläuft" (55)⁴⁷. LEGER zeigte weiterhin auf, daß auch keine normative Festlegung der Lage der Schwerelinie bzgl. des Promontoriums möglich ist (56). In einem weiteren röntgenologischen Untersuchungsteil überprüfte er die Darstellung, bei der Ruhehaltung könne die Stellung des Hüftgelenks durch das Ligamentum iliofemorale in einer überstreckten Position garantiert werden (MEYER, zit. bei LEGER, SCHIEBLER u.a. 1987, 375). Dabei zeigte sich, daß das Hüftgelenk aus der Position der normalen Haltung 8-14 Grad überstreckt werden konnte (55). LEGER bestätigt damit den überwiegenden Teil der Messungen und Angaben in der von ihm gesichteten Literatur (11).⁴⁸ Aus dem dorsalen Verlauf der Schwerelinie bzgl. des Hüftgelenkes und aus der Widerlegung der Darstellung, das Hüftgelenk würde durch passive Haltemechanismen fixiert, schließt er, daß die Stellung des

⁴⁶ Die Bauchmuskeln werden in der Literatur übereinstimmend als zur Abschwächung neigende und somit phasische Muskeln (Bewegungsmuskeln) - die Rückenstrecker als zur Verkürzung neigende und somit posturale Muskeln (Haltungsmuskeln) charakterisiert. (vgl. Tab. 3, S. 30)

⁴⁷ In diesem Punkt geht LEGER mit BASMAJIAN (1974) konform: "In the coronal plane the exact point [the weight-centre] lies 5 cm or less behind the line joining the hip joints, ..." (175)
LEGER weist darauf hin, daß dieses Ergebnis durch die Methode der Bestimmung der Schwerelinie (29-31) und die keineswegs fixe Lage des Schwerpunktes nur bedingten Wert besitzen (55). Weiterhin muß angemerkt werden, daß von der Lage der Schwerelinie des Gesamtkörpers nur bedingt auf die Lage der Schwerelinie des Oberkörpers geschlossen werden kann.

⁴⁸ LEGER schreibt: "In diesem Zusammenhang scheint uns die Ansicht Wiles erwähnenswert, nach der den Bändern jegliche Bedeutung für die Regulierung und Fixierung der Haltung abzusprechen ist." (11)

Beckens "vielmehr durch eine gewisse Spannung der Hüftbeuger garantiert werden" (55) muß.

Bei BASMAJIAN (1974) wird die Zuweisung einer posturalen Funktion im Hüftgelenk normativ vorgenommen. Er schreibt, daß es im Hüft- und Kniegelenk zum mindesten ("at least") einen Muskel mit einer posturalen Funktion gibt, die sich elektromyographisch nachweisen läßt, der *M. iliopsoas*⁴⁹. Bei einer kritischen Betrachtung der Untersuchung von 1958, auf die er dabei verweist, fällt auf, daß bei dieser von ihm selbst durchgeführten Studie lediglich 4 Probanden untersucht wurden. Diese Vpn-Zahl ist sicherlich zu gering, um eine Aussage mit einem Anspruch auf Allgemeingültigkeit zu rechtfertigen.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß weder bei den Rumpfmuskeln noch bei den Hüftmuskeln eine normative Zuordnung einer posturalen und phasischen Funktion aufgrund elektromyographischer Untersuchungen und Plattform-Standanalysen möglich ist.

4.4 Zusammenfassung

Als Beurteilungskriterium für die Quantität, mit der die einzelnen Muskeln haltungskonstituierende Merkmale beeinflussen sollen, werden am häufigsten der Muskelquerschnitt und die Länge des Hebelarmes genannt. Aufgrund der sehr komplexen statischen Verhältnisse im Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbereich und der Vielzahl der bei der Beurteilung der Muskelkraft zu berücksichtigenden Faktoren liegt keine Übereinstimmung bei den einzelnen Autoren bei der theoretischen Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Muskeln für die Körperhaltung vor.

Auf dem Forschungsgebiet "Zusammenhänge zwischen Muskelfunktion und Haltung" ist die Zahl der empirischen Untersuchungen gering und es besteht ein hoher Bedarf an wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnissen.

Am Beispiel der Bauch- und Rückenmuskeln wurde ausführlich dargestellt, daß eine normative Einteilung dieser Antagonisten in Haltungs- und Bewegungsmuskeln weder durch elektromyographische - noch durch Plattform-Untersuchungen belegt werden kann. Es handelt sich um einen in der Wissenschaft mehrfach nachgewiesenen und allgemein akzeptierten Sachverhalt, daß bei 20 bis 25 % der Menschen die Bauchmuskeln der Schwerkraft entgegenwirken, also Haltungsmuskeln sind.

⁴⁹ "Experiments (BASMAJIAN, 1958b) have shown, that iliopsoas remains constantly active in the erect posture (in contrast to the large thigh muscles)." (182)

5 Die Veränderung der Haltung durch Training

Eine der zentralen Fragen des Problemkomplexes Haltung lautet: Läßt sich die Haltung durch Muskeltraining verändern? Untersuchungen zur Beantwortung dieser Frage wurden vor allem im Rahmen von Effizienzuntersuchungen des Schulsonderturnens durchgeführt. In ihrer Dokumentation zum Stand der Forschung im Schulsonderturnen (1981) beklagt DORDEL, S., daß nur wenige Arbeiten empirischer Art über die Wirksamkeit von haltungsbeeinflussenden Programmen mit systematischer Planung und sorgfältiger Darstellung der Durchführung vorliegen, deren Zahl "im Vergleich zu der Anzahl der theoretischen Abhandlungen, Anweisungen für die Praxis und Erfahrungsberichte gering" (300) ist und vertritt damit einen Standpunkt, dem auch 1992 zuzustimmen ist. Dieser Darstellung zufolge weisen BUCHNER (1973), LETTOW (1966), LASCHNER (1976), HASSELKUS (1979) und WREDE (1976) Verbesserungen der Haltung durch Schulsonderturnen bzw. durch ähnliche Förderprogramme nach.

Diesen Untersuchungen mit positiven Ergebnissen stehen Untersuchungen gegenüber, innerhalb derer keine Verbesserung der Haltung durch zusätzliche Bewegungsangebote festgestellt werden konnte (HILDENBRANDT 1981; SCHNEIDER 1968; WASMUND-BODENSTEDT u.a. 1983), so daß "der Erfolg der Ausgleichsmaßnahme gerade von orthopädischer Seite, von der die Initiative zur Institutionalisierung ja ausgegangen war, bezweifelt wurde (ROMPE/SOMMER 1983)"⁵⁰ (ZIMMER u.a. 1987, 27). Sowohl die positiven wie auch die negativen Ergebnisse der entsprechenden Untersuchungen werden durch methodische Mängel relativiert. Diese Kritik bezieht sich einerseits auf die Gütekriterien der Meßmethoden und andererseits auf die Form des durchgeführten Trainings. So wurde bei WREDE (1976), HASSELKUS (1979), LETTOW (1966) und LASCHNER (1976) die Haltungsverbesserung lediglich durch Nachuntersuchungen innerhalb von orthopädischen Reihenuntersuchungen erhoben, während bei WASMUND-BODENSTEDT u.a. (1983) ein gezieltes, spezielles Trainingsprogramm nicht vorgesehen war. Bei der Untersuchung LASCHNERs, bei der die Effektivität des Modellversuchs aus der Abnahme des Anteils haltungsgefährdeter Kinder geschlossen wurde, fällt auf, daß an der Voruntersuchung 184 Kinder - an der Abschlußuntersuchung 81 Kinder teilnahmen. Der Vergleich der Prozentzahlen der auffälligen Merkmale dieser unterschiedlich zusammengesetzten Gruppen ist statistisch unzulässig, d.h. es hätten nur die Befunde der 81 Kinder, die an der Vor- und an der Abschlußuntersuchung teilgenommen haben, verglichen werden dürfen. Dieses Problem wird bei WASMUND-BODENSTEDT u.a. (1983) berücksichtigt. Die geringe Aussagefähigkeit der visuellen Haltingsbeurteilung für Effizienzuntersuchungen im Sportförderunterricht wird bei HAHMANN (1986) folgendermaßen formuliert:

⁵⁰ Der Verweis "ROMPE/SOMMER 1983" ist in der Literaturliste bei ZIMMER u.a. nicht nachgewiesen.

"Auf Grund der Untersuchungsmethoden und der erhaltenen Daten können Auswirkungen des Sportförderunterrichts, insbesondere für unsere orthopädischen Befunde, nur sehr beschränkt, wenn überhaupt, diskutiert werden." (84)

Im Anschluß an diese Feststellung empfiehlt er für zukünftige Untersuchungen "Methoden, die insbesondere Merkmale, die die Haltung betreffen, exakt und objektiv messen" (84). Die 221 Seiten umfassende Studie hat hinsichtlich der Haltungsveränderung ausschließlich das folgende Ergebnis:

"Bei der orthopädischen Untersuchung wirkte sich das Fehlen exakter Kriterien für die einzelnen untersuchten Parameter negativ im Hinblick auf Aussagen zur Effizienz des Sportförderunterrichts aus." (122)

Die "TABELLARISCHE ÜBERSICHT DER UNTERSUCHUNGEN ZUR KÖRPERLICHEN LEISTUNGSSCHWÄCHE" von DORDEL, S. (1981, 318-328) umfaßt 24 Arbeiten, die jedoch nur zum Teil die Veränderung der Körperhaltung durch Training zum Thema haben.

So untersuchten HOLLMANN u.a. (1970) an 12 Mädchen den Erfolg eines kurzfristigen Schulsonderturnens auf die Muskelkraft. Dabei trainierten die 9- bis 11-jährigen Schülerinnen durchschnittlich 17mal nach einem Standard-Übungsprogramm. Zu Beginn und am Ende des Untersuchungszeitraumes wurde die Muskelkraft des rechten und linken M. biceps brachii, des rechten und linken M. triceps brachii, des rechten und linken M. quadriceps femoris und der Rückenstreckmuskulatur mit dem Iso-Dynamometer nach HETTINGER gemessen. Bei allen Kindern konnte ein signifikanter bis hochsignifikanter Zuwachs an Muskelkraft nachgewiesen werden. Da eine Objektivierung des schulärztlichen Befundes der Haltungsschwächen usw. unterblieb, konnten keine präzisen Aussagen über die Besserung dieser Befunde gemacht werden, so daß diese Untersuchung für die Frage der Haltungsentwicklung durch Training keine Erkenntnisse ermöglicht.

Hervorzuheben sind die Arbeiten von SCHNEIDER (1968) und SCHWARZ u.a. (1972 u. 1973), die durch ihre Zielsetzung und durch die Anwendung metrischer Verfahren zur Haltungsmessung auffallen.

SCHNEIDER (1968) konnte nach einem 8wöchigem Training mit 24 Patienten "in keinem Fall ... eine echte Änderung der Gewohnheitshaltung in Bewegung oder in Ruhe [H.d.A.]" (82) feststellen. Dieses Ergebnis wird durch methodische Mängel relativiert. Diese bestehen zum einen in der Diagnose des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur und der Haltung und zum anderen in der Gestaltung des durchgeführten Trainings. So wurde der Zuwachs der Muskelkraft "nach der Art[,] die Übungen auszuführen und der Fähigkeit der Körperstraffung beurteilt" (49) und die von den Photographien abgezeichneten Rückenkonturen wurden danach beurteilt, ob sie "harmonischer" (82) oder "flacher" (83) geworden waren. Es wurde zwar ein Krümmungsindex für die Brustkyphose und für die Lendenlordose berechnet (54), dessen Veränderungen vom Vor- zum Nachtest dann aber wieder in die Kategorien

"gleich", "abgeflacht" und "verstärkt" (70) eingeordnet wurden. Die Ergebnisse wurden keiner inferenzstatistischen Auswertung unterzogen. Bei dem Training wurden "im Prinzip ... für alle Typen der schlechten Haltung die gleichen Übungen angewandt" (23). Die methodischen Versäumnisse dieser Untersuchung machen deutlich, daß die metrische Erfassung der **Haltung** **und** des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur und eine inferenzstatistische Auswertung unabdingbare Voraussetzung für absicherbare Aussagen ist.

SCHWARZ u.a. (1972 u. 1973) untersuchten mit einem stereoskopischen Aufnahmesystem und einem photogrammetrischen Auswertegerät die Wirbelsäulenform im Stehen und Sitzen vor und nach einem halbjährigen Schulsonderturnen. Die Versuchsgruppe bestand aus 29 Kindern, die 1 x wöchentlich trainierten und einer Kontrollgruppe von 16 Schülern. Die Untersuchung hat folgendes Ergebnis:

"Da bei den Kindern ohne Schulsonderturnen eine signifikante Vergrößerung der Varianz nach der zweiten Untersuchung festgestellt wurde, kann eine Verschlechterung der Körperhaltung innerhalb dieser Gruppe als gesichert angesehen werden. Umgekehrt läßt die signifikant erniedrigte Varianz der zweiten Untersuchung der Kinder mit Schulsonderturnen den Schluß zu, daß sich die Haltungsschwäche innerhalb der Gruppen gebessert hat." (16)

Bei SCHWARZ u.a. wurde keine Messung des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur durchgeführt, so daß Zusammenhänge zwischen den Haltungsveränderungen und veränderten Muskelfunktionszuständen statistisch nicht überprüft werden konnten. Es soll an dieser Stelle betont werden, daß in der Untersuchung von SCHWARZ u.a. eine Haltungsverbesserung durch Training hinsichtlich der Methoden (Photogrammetrie), des Versuchsdesigns (insbesondere der Einsatz einer Kontrollgruppe⁵¹) und der statistischen Auswertung im Vergleich zu entsprechenden Untersuchungen in der überzeugendsten Form nachgewiesen wird.

Zur Wirksamkeit der häufig als effektivere Alternative zum muskulären Training diskutierten Haltungsschulung ist z.Z. keine wissenschaftliche Untersuchung dokumentiert. KIPHARD (1982, 18) schreibt zwar:

"BERQUET (1970) ging von der Annahme aus, daß Haltungsschwächen durch einen Mangel an Muskelkraft verursacht seien und daß ein gezieltes Krafttraining geeignet sei, haltungsschwachen Kindern zu einer besseren Haltung zu verhelfen. Das Ergebnis seiner Untersuchung war, daß zwar die Muskelkraft gesteigert werden konnte, daß aber die Haltungsschwäche, bzw. die gewohnheitsmäßige Fehlhaltung unverändert vorhanden war. Er erbrachte damit den Beweis, daß gute oder schlechte Haltung nicht (allein) von der Muskelkraft abhängt, sondern daß dabei noch andere Variablen wirksam werden. Das Verblüffende an BERQUETS Versuchen aber war, daß es ihm über ein gezieltes Koordinationstraining dann doch gelang, die Haltungsschwäche günstig zu beeinflussen. Dabei wurden bewußt Übungen mit hineingenommen, welche den Kindern (zum Teil vor dem Spiegel) ein erhöhtes Haltungsgefühl vermitteln sollten."

⁵¹ Ohne den Vergleich mit einer Kontrollgruppe können die Veränderungen der Haltung und der Muskelfunktion, die durch eine Behandlung bewirkt werden sollen, nicht von wachstums- und entwicklungsbedingten Veränderungen abgegrenzt werden.

In dem angesprochenen Artikel BERQUETS, in dem die Untersuchung von SCHNEIDER (1968) dargestellt wird, findet sich jedoch ausschließlich der folgende Hinweis:

"Bei **einer** [m.H.] 32jährigen Patientin, die infolge ihrer schlechten Haltung mit Überdehnung der Muskulatur erhebliche Beschwerden hatte, ließ sich dadurch [Haltungs- und Koordinationserziehung vor dem Spiegel] eine Besserung der Haltung erzielen." (9)

Zusammenfassung

Die Zahl der empirischen Arbeiten über die Wirksamkeit von haltungsbeeinflussenden Programmen ist gering.

Sowohl die Ergebnisse der Untersuchungen, bei denen eine Verbesserung der Haltung durch zusätzliche Bewegungsangebote festgestellt werden konnte, als auch die Ergebnisse der Untersuchungen, innerhalb derer keine Haltungsverbesserung nachgewiesen wurde, werden durch methodische Mängel relativiert. Diese Kritik bezieht sich einerseits auf die Gütekriterien der Meßmethoden und andererseits auf die Form des durchgeführten Trainings.

Aufgrund dieser unbefriedigenden Situation wird in der Literatur zum Teil die Haltungsschulung als effektivere Alternative zum muskulären Training diskutiert. An einem Beispiel wurde aufgezeigt, daß der Nachweis für die Effizienz der Haltungsschulung - auch wenn sie verschiedentlich als gesichert dargestellt wird - noch nicht erbracht ist.

6 Zusammenfassung der themenbezogenen Literaturanalyse

Abschließend kann resümiert werden, daß zur Zeit

- eine nahezu unüberschaubare Menge von theoretischen Veröffentlichungen zum Themenkomplex "Haltung, muskuläre Balance und Training" existiert, bei deren Lektüre der Leser häufig keinen Erkenntniszugewinn mehr erfährt, da er nach einer gewissen Zeit der Einarbeitung immer wieder auf Bekanntes stößt,
- eine größere Zahl von empirischen Arbeiten vorhanden ist, bei denen die Haltung **oder** die Muskelfunktion vermessen wurden (vgl. Kap. 2.3, 2.4 und 3.3.1, 3.3.2),
- nur wenige Untersuchungen dokumentiert sind, bei denen die Haltung **und** die Muskelfunktion vermessen und in Zusammenhang gestellt wurden (vgl. Kap. 4.2 und 4.3),
- einige Studien veröffentlicht sind, bei denen die Wirkung von Trainingsmaßnahmen auf die posturale Muskulatur gemessen wurde,
- eine nur geringe Anzahl von Untersuchungen zur Effizienz von haltungsbeeinflussenden Programmen vorliegt, bei denen die Veränderung der Haltung mit metrischen Verfahren überprüft wurde (vgl. Kap. 5), und
- **keine** Untersuchung bekannt ist, bei der die Wirkung eines gezielten und ausschließlichen Muskeltrainings auf die Körperhaltung durch die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur am Anfang und Ende der Trainingsphase kontrolliert wurde.

7 Hypothesen, Zielsetzungen

Die Ausformulierung detaillierter Hypothesen wird durch 2 Tatsachen erschwert:

1. Es liegen keine bzw. nur sehr wenige Ergebnisse zu den einzelnen Untersuchungsschwerpunkten vor (s.o.).
2. Innerhalb des theoretischen Teils wurde gezeigt, daß die Erklärungen, die für das Entstehen muskulärer Dysbalancen herangezogen werden - die posturale bzw. phasische Funktion der verschiedenen Muskeln und die Phänomene des Dehnungs- und Kontraktionsrückstandes -, einer kritischen Überprüfung nicht standhalten.

Die Vorgehensweise innerhalb der vorliegenden Untersuchung muß demnach weitgehend explorativ sein, und es soll der Versuch unternommen werden, die Verfahren zur metrischen Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur, die in den verschiedenen Untersuchungen und Wissenschaftsgebieten meist isoliert angewandt werden, zu verbinden und auf diesem Wege Erkenntnisse über den Themenkomplex "Haltung und muskuläre Balance" zu ermöglichen. Dabei soll überprüft werden, ob die in der Literatur vermuteten Zusammenhänge zwischen

dem Funktionszustand der posturalen Muskulatur und der Haltung tatsächlich bestehen.

Darüber hinaus soll die Wirkung eines gezielten Muskeltrainings auf den Funktionszustand der posturalen Muskulatur und die Haltung untersucht werden.

Zu den folgenden 6 Themenschwerpunkten werden in der vorliegenden Untersuchung grundlegende Ergebnisse erwartet:

1. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" einerseits und der Muskelfunktion und den haltungskonstituierenden Merkmalen andererseits?
2. Welche Zusammenhänge existieren zwischen den Parametern "Maximalkraft", "Dehnungsgrad", "Ruhespannung" und "maximale Dehnungsspannung" eines Muskels oder denjenigen verschiedener Muskelgruppen?
3. Welche Zusammenhänge bestehen es zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen (Beckenneigung, Lordose, Kyphose)?
4. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen und den Muskelfunktionsvariablen? Dieser Themenschwerpunkt beinhaltet die Fragestellungen des Phänomens "arthromuskuläre Balance" im engeren Sinne.
5. Läßt sich durch ein 10wöchiges Kraft- und Dehnungstraining die Muskelfunktion einerseits und/oder die Körperhaltung und die Halteleistungsfähigkeit andererseits beeinflussen bzw. verbessern?
Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen?
Zeigt ein Muskel, der kräftiger wird, auch gleichzeitig einen geringeren Dehnungsgrad und eine höhere Ruhespannung?
6. Gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und denjenigen der haltungskonstituierenden Merkmale?

Dort, wo Erwartungen hinsichtlich der Ergebnisse bestehen - z.B. bei den Veränderungen der Muskelfunktion durch Training -, werden diese der Darstellung und Erörterung der Ergebnisse vorangestellt.

III EXPERIMENTELLER TEIL

Ursprünglich war geplant, die Untersuchungen in Sportförderunterrichtgruppen im Raum Wuppertal durchzuführen. Dies erwies sich jedoch als unrealistisch. Als entscheidende Gründe sind hierbei zu nennen, daß Primarstufenschüler⁵² für eine Untersuchung mit umfangreichen biomechanischen Untersuchungsmethoden ungeeignet erschienen und daß in den hospitierten Sportförderunterrichtgruppen kein konzentriertes und ausschließliches Muskeltraining durchgeführt wurde und auch nicht hätte durchgeführt werden können. Aus diesen und aus zahlreichen anderen inhaltlichen und organisatorischen Gründen wurde in einer Neukonzeption als Vpn-Zielgruppe der Sekundarstufenbereich I gewählt.⁵³

Die Untersuchungen wurden mit Schülern der Klassen 8-10 des Gymnasiums Sedanstraße in Wuppertal durchgeführt. Die Schüler wurden durch von den Klassenlehrern verteilte Mitteilungen angeworben, denen Vordrucke beigelegt waren, auf denen die Schüler und Erziehungsberechtigten ihre Einwilligung bekundeten. Das Training fand nachmittags in einem in der Nähe des Gymnasiums gelegenen Fitness-Studio statt. Die Durchführung des Trainings in diesem Studio erschien sowohl aus Gründen der Effektivität des Trainings als auch aus Gründen der Attraktivität des Angebotes für die Schüler und der damit verbundenen stärkeren Motivation sinnvoll.

Die verwaltungstechnischen Voraussetzungen zur Durchführung der Untersuchungen waren:

1. Die Genehmigung des Kultusministers des Landes Nordrhein-Westfalen für empirische Untersuchungen und Befragungen in Schulen.
2. Die Genehmigung des Regierungspräsidenten Düsseldorf, das Training der Schüler im Rahmen einer Fitness-AG (vgl. GABI. 1989, 3) als schulische Veranstaltung einzustufen.

⁵² Der Sportförderunterricht fand im Raum Wuppertal im Untersuchungszeitraum 1990/91 ausschließlich im Primarstufenbereich statt.

⁵³ An dieser Stelle möchte ich mich bei Frau Dr. Sigrid Dordel bedanken, die mir insbesondere bei dieser Entscheidung behilflich war.

1 Die Meßmethoden

1.1 Der Versuchsaufbau zur Messung des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung sollte die Funktion derjenigen Muskeln erfaßt werden, die die Becken- und Wirbelsäulenhaltung beeinflussen können, d.h.

- die isometrische Maximalkraft der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauch- und der Rückenmuskeln, und
- der Dehnungsgrad, die Ruhespannung und die maximale Dehnungsspannung der isch. M. und der Hüftbeuger.

Wie schon in den Kapiteln II.3.3.1 und II.3.3.2 dargestellt wurde, ist der Beschreibung und Erklärung des Versuchsaufbaues zur Messung des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur besondere Bedeutung beizumessen.

Auf der Photographie des Muskelfunktionsmeßstandes (Abb. 8, S. 79) ist links die Dehnungsgradmeßstation, rechts die Kraftmeßstation und in der Mitte der Computer, der Bildschirm und der Trägerfrequenzmeßverstärker zu erkennen.

Die Dehnungsgradmessung erfolgte über ein Hochleistungspotentiometer (vgl. Abb. 7, S. 78 Po), die Kraftmessung über einen Kraftaufnehmer (vgl. Abb. 10, S. 80 Ka). Beide Meßverfahren nehmen die durch die Drehung der Meßschiene, bzw. die durch die Kräfteerzeugung verursachten Spannungsschwankungen als Eingangssgröße, die über einen Trägerfrequenzmeßverstärker verstärkt werden. Dessen Ausgangssignal wiederum wird dann durch eine Analog-Digital-Karte und durch ein Programm in den Computer eingelesen und dort abgespeichert. Die Meßdauer betrug bei den Dehnungsgradmessungen 10" und bei den Kraftmessungen 5". Durch die Wiedergabe der Winkelgradkurve und des Kraftverlaufes auf dem Bildschirm (vgl. Abb. 11, S. 81 und Abb. 12, S. 81) wurde eine Kontrolle des Meßvorganges gewährleistet, die insbesondere bei der Kraftmessung relevant ist. Wie sich in Vorversuchen zeigte, können z.B. bei der Bauchmuskelformmessung durch eine schwunghafte Ausführung höhere Werte erzielt werden als bei einer korrekten, langsameren Ausführung. Die Vpn wurden bei der Kraftmessung angewiesen, die jeweilige Bewegung zügig aber ohne Schwung auszuführen. Messungen, bei denen sich deutliche Zacken im Verlauf zeigten, wurden nicht aufgezeichnet und mußten wiederholt werden.

Um eine interindividuell gleiche Ausrichtung der Vpn bezüglich der Meßstation und eine identische Position der jeweiligen Vp im Vor- und Nachtest bei den einzelnen Meßvorgängen zu gewährleisten, wurden einige Standardisierungen vorgenommen.

Vor der Dehnungsgradmessung der isch. M. wurden die Vpn anhand der Trochanter major Markierung auf die Drehachse der Meßschiene ausgerichtet.⁵⁴ Im Anschluß daran wurde durch einen funktionellen Test überprüft, ob sich die Drehachse der Meßschiene und die Drehachse des Hüftgelenkes deckten. Dabei wird beobachtet, ob sich beim Anheben des Beines in eine 80-90° Position der Meßfühler der Meßschiene am Schienbein verschiebt. Bei einer Deckung der Drehachsen ist kein Verschieben zu erkennen. Findet eine Verschiebung statt, so kann aus der Richtung der Verschiebung geschlossen werden, in welche Richtung die Vp auf der Unterlage verrutscht werden muß, um eine Deckung der Drehachsen zu erreichen. Im Anschluß an diese Hüftgelenksdrehachsenjustierung wurde die Position der Vp auf dem Versuchsstand durch eine "Kopfschieblehre" (KSL, Abb. 9, S. 79) fixiert und auf dem Vpn-Bogen vermerkt. Bei der Messung des Dehnungsgrades der Hüftbeuger wurde die Vp anhand der KSL ausgerichtet, so daß auch hier eine Deckung der Drehachsen vorlag. Die KSL verhinderte einerseits ein Verschieben der Vp während des Meßvorganges und garantierte andererseits eine identische Positionierung der Vp beim Nachtest. Bei den Dehnungsgradmessungen wurde das Becken durch einen Gurt fixiert. Bei der Dehnungsgradmessung der isch. M. wurde das Hüft- und Kniegelenk des kontralateralen Beines gebeugt und der Unterschenkel auf einen kleinen Turnkasten aufgelegt. Bei den Dehnungsgradmessungen wurde der Dehnvorgang so lange ausgeführt, bis die Vp den Abbruch verbal forderte. Die dabei eingesetzte Zugkraft wurde durch einen Kraftaufnehmer gemessen und gespeichert (vgl. Abb. 7, S. 78 und Abb. 11, S. 81).

Bei der Bauchmuskelformmessung zeigte sich in Vorversuchen, daß Unterschiede der Position der Vp bezüglich der Unterlage und Unterschiede bei der Anbringung des Zuggurtes am Oberkörper erhebliche Größenunterschiede der Meßwerte zur Folge haben. Eine Standardisierung dieser beiden Parameter wurde durch die Verwendung einer "Schlüsselbeinlehre" (SBL, Abb. 9, S. 79) erzielt. Nachdem sich die Vp auf die Meßstation gelegt hatte, wurde die SBL über die Vp gestellt und die Vp so lange in Längsrichtung verrutscht, bis sich die Schlüsselbeinlehre senkrecht unter der Metallschiene befand. In dieser Position wurde der Gurt um den Oberkörper festgezurr, wobei der obere Rand an der Schlüsselbeinlehre ausgerichtet wurde. Im Anschluß daran wurde die KSL angepaßt und fixiert, so daß es auch hier nicht zu einem Verrutschen während der 3 Versuche kam und beim Nachtest die identische Positionierung garantiert wurde.

Bei der Rückenmuskelformmessung können ähnliche Meßfehler auftreten. Um eine standardisierte Position des Gurtes zu gewährleisten und um ein Verrutschen des Gurtes während des Meßvorganges zu verhindern, wurde der Gurt im Nacken der Vp

⁵⁴ Dabei wurde berücksichtigt, daß sich die Drehachse des Hüftgelenkes bezüglich des Trochanter major einige Zentimeter in kranial-ventraler Richtung befindet.

befestigt. Befürchtungen bezüglich eines Unwohlbefindens seitens der Vpn bei diesem Meßvorgang erwiesen sich laut Nachfrage als unbegründet.

Bei der Bauchmuskelkraftmessung waren die Hüft- und Kniegelenke gebeugt und die Füße wurden nicht fixiert, um eine Mitwirkung der Hüftbeuger zu minimieren. Auch bei der Rückenmuskelkraftmessung wurden die Füße nicht fixiert, um so eine Unterstützung durch die Hüftstrecker zu verhindern. Sowohl bei der Bauch- wie auch bei der Rückenmuskelkraftmessung war ein Anheben der Beine und Füße und ein Wippen untersagt.

Bei der Hüftbeugerkraftmessung wurde darauf geachtet, daß kein unterstützendes seitliches Abbeugen des Oberkörpers erfolgte und daß das kontralaterale Bein nicht abgestützt wurde. Durch die Rückenlehne wurde ein Abbeugen nach hinten verhindert.

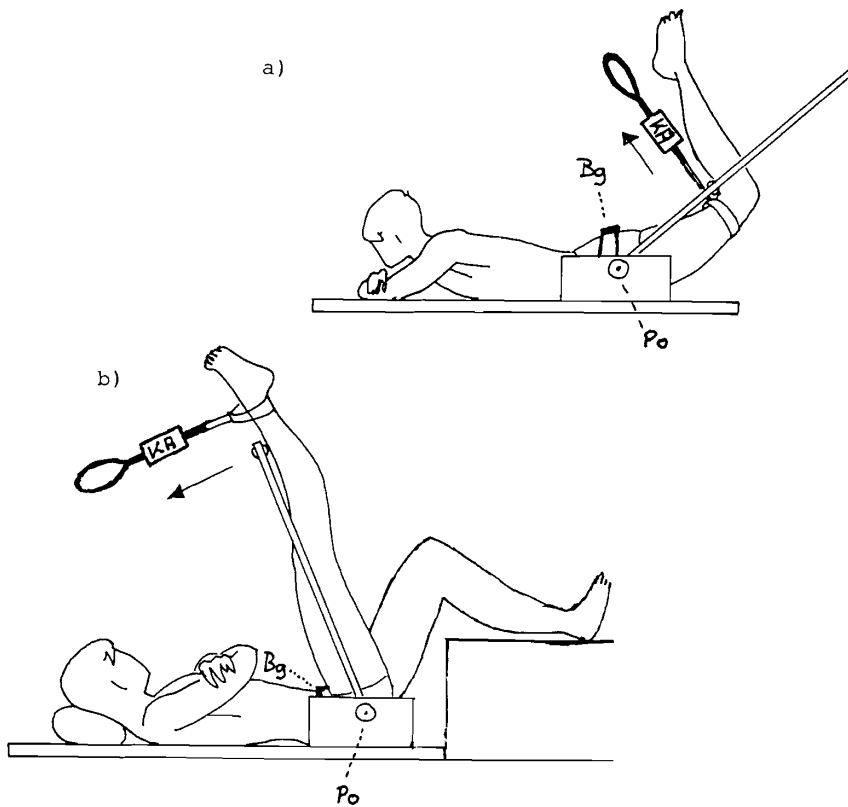


Abb. 7: die Dehnungsgradmessung der Hüftbeuger (a) und der ischiocruralen Muskeln (b); Bg: Befestigungsgurt, Ka: Kraftaufnehmer, Po: Potentiometer (verändert nach WIEMANN u.a. 1990a)

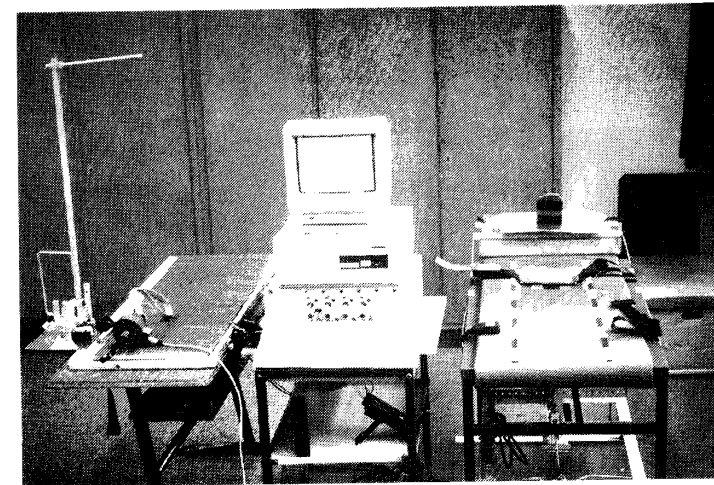


Abb. 8: der Muskelfunktionsmeßstand

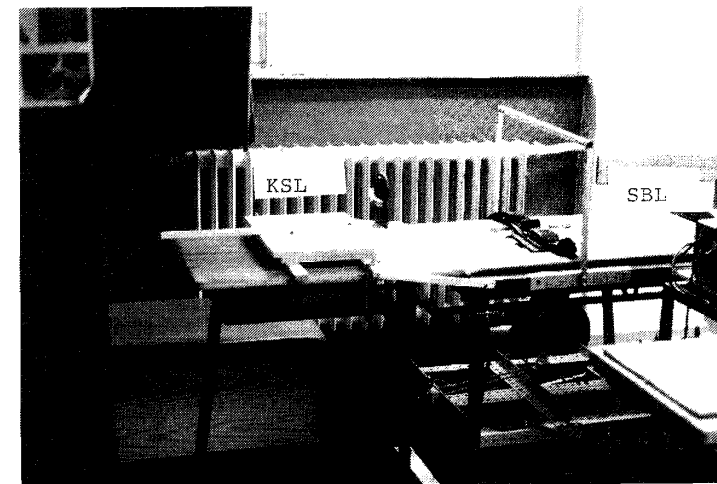


Abb. 9: die "Kopfschieblehre" (KSL) und die "Schlüsselbeinlehre" (SBL)

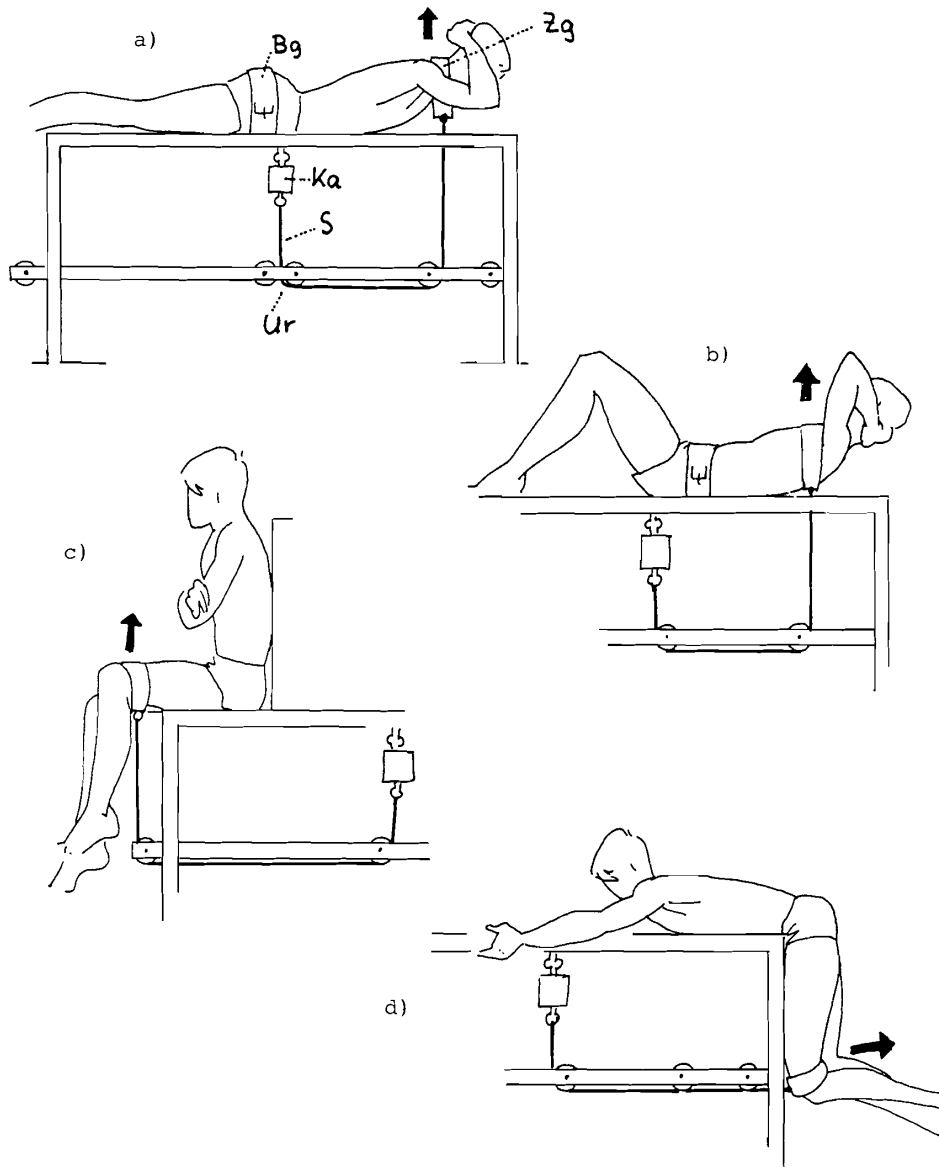


Abb. 10: "Krafttisch (schematisch) zur Bestimmung der Rumpfstreckkraft (a), Rumpfbeugekraft (b), Hüftbeugekraft (c) und Hüftstreckkraft (d). Bg: Befestigungsgurt. Ka: Kraftaufnehmer. S: Stahlseil. Ur: Umlenkrollen. Zg: Zuggurt." (WIEMANN u.a. 1990a)

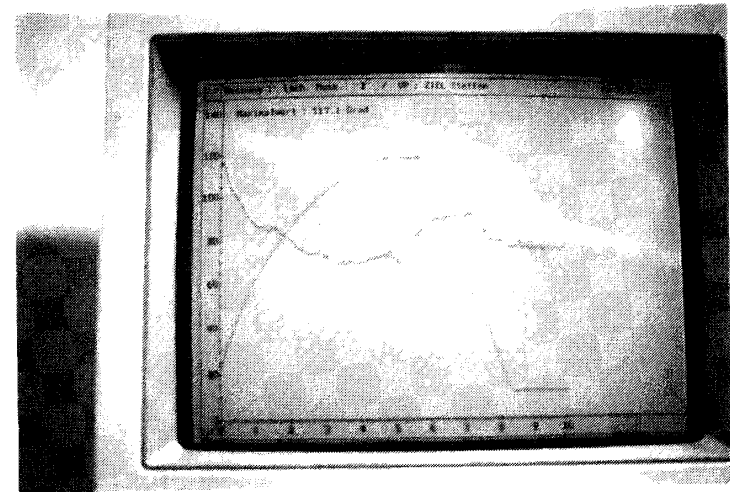


Abb. 11: Photographie des Bildschirmes: Dehnungsmessung

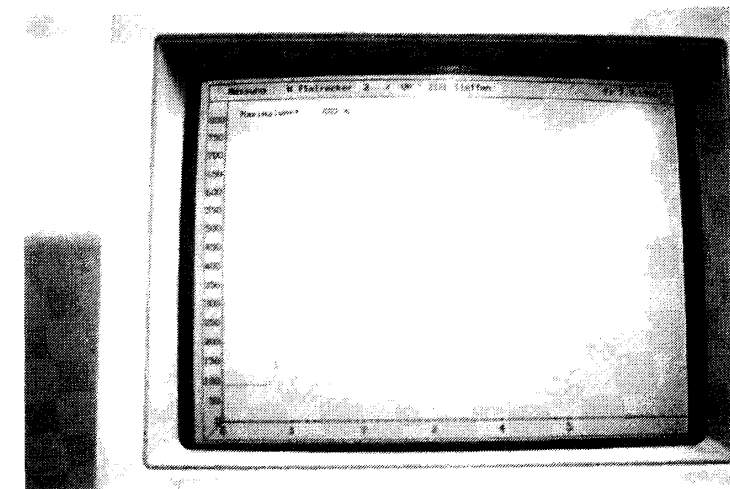


Abb. 12: Photographie des Bildschirmes: Kraftmessung

1.2 Der Versuchsaufbau zur Messung der haltungskonstituierenden Merkmale

Wie in Kap. II.2.1 und II.2.2 dargestellt wurde, bietet sich die photogrammetrische Methode bei der Haltungsmessung an. Die Kamera befand sich in einem Abstand von 4,88m von den Vpn. Die Position der Vp bezüglich der Kamera und der Stellwand im Hintergrund und die Stellung der Füße der Vp wurden durch einen Fußausrichter (vgl. Abb. 13, S. 83) standardisiert (vgl. hierzu GROENEVELD 1975, 28), der sich 35cm vor der Stellwand befand. Die Ausrichtung der Kamera anhand eines auf der Stellwand angebrachten Spiegels (Abb. 14, S. 83) gewährleistete, daß sich die Bildebene und die Abbildungsebene parallel zueinander befanden. Durch die senkrechte Ausrichtung der Stellwand anhand eines Lotes war bei allen Aufnahmen im Vor- und Nachtest ein identisches Bezugssystem vorhanden. Die 2 auf der Stellwand angebrachten Markierungspunkte dienen als Bezugspunkte bei der Diaauswertung. Die Wirbelsäule wurde durch 6 Styroporklötzchen markiert, die vor allem im Brustwirbelsäulenbereich eine genügende Länge besitzen mußten, um nicht von den Schulterblättern verdeckt zu werden.⁵⁵ Die Basis der Styroporklötzchen konnte bei der Auswertung durch die auf ihnen aufgezeichneten Raster bestimmt und so der Verlauf der Wirbelsäulenform vermessen werden.⁵⁶

Die Auswertung der Photographien

Die kinematographische Auswertung wurde an einem Auswertetisch vorgenommen, bei dem die Diapositive mittels eines Diaprojektors auf ein Digitalisierbrett (30 * 45cm) projiziert und die Meßpunkte über eine entsprechende Software in den Computer eingelesen werden. Zuzüglich zu den 12 markierten Körperpunkten (vgl. S. 85) wurden die Koordinaten der Nase (vgl. Abb. 15, S. 84; Meßpunkt 1), des Gehörganges (Mp 2), der Ferse (Mp 14), des Grundgelenkes der 5. Zehe (Mp 15), des Ellenbogengelenkes (Mp 17), des Handgelenkes (Mp 18) und der zwei Fixpunkte (Mp 19, 20) bestimmt, so daß in der Graphik insgesamt 20 Punkte dargestellt werden (vgl. Abb. 15, S. 84). Durch ein Computer-Programm werden pro Bild die 190 horizontalen, die 190 vertikalen und die 190 kürzesten Abstände der 20 Punkte untereinander ermittelt ($(N^2 - N) / 2$). Die größte Bedeutung für die Auswertung besitzen die 190 Winkel, die durch die Verbindungslinien jeweils zweier Meßpunkte und die Senkrechte gebildet werden. Insgesamt liegen nach der kinematographischen Auswertung von jedem Bild 760 metrische Informationen als Grundlage für die Berechnung haltungskonstituierender Merkmale vor.

⁵⁵ SEROO u.a. (1975) sahen den Nachteil der Photographien darin, daß der Schultergürtel dem Auge des Beobachters einen Teil der Wirbelsäule entzog und so ein "unüberwindliches Problem" [m.H.] (488) formte. Dem muß widersprochen werden.

⁵⁶ Die Meßgenauigkeiten der äußeren Messungen im Vergleich zu Röntgenuntersuchungen wurden dargestellt.

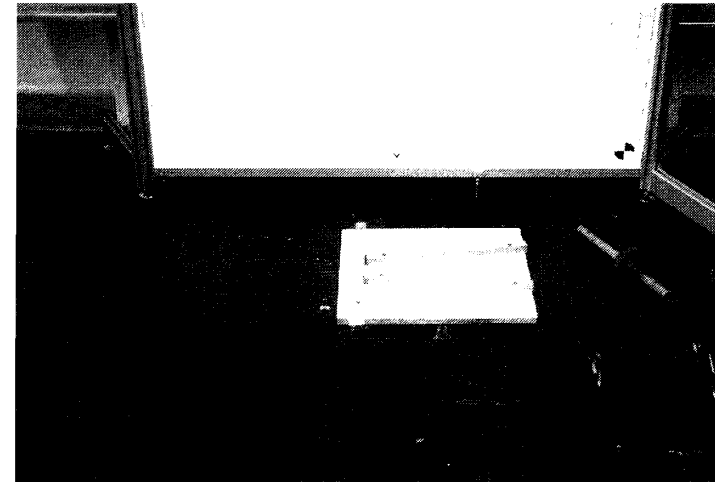


Abb. 13: der "Fußausrichter"



Abb. 14: die räumlichen Bedingungen der Photographie (Sp: der Spiegel)

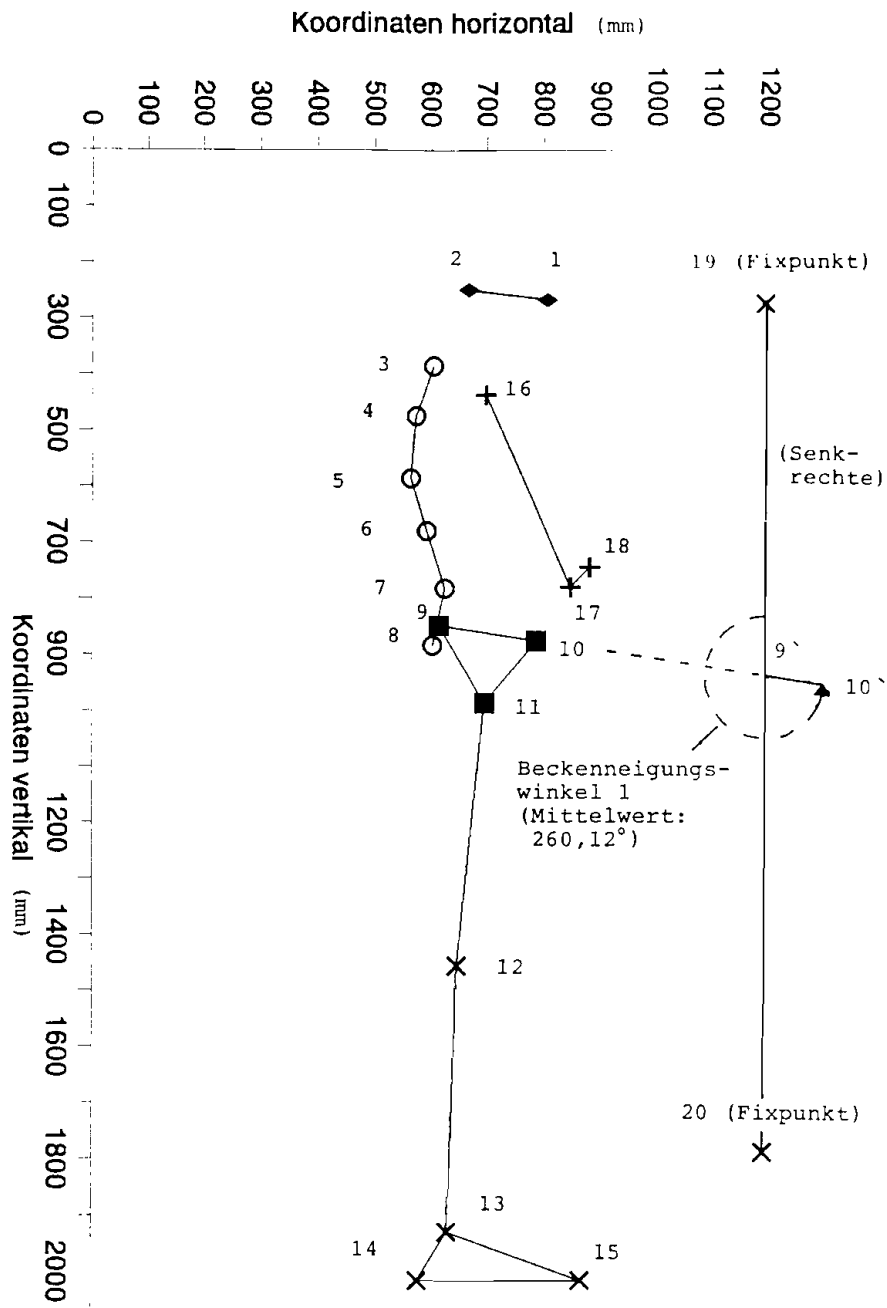


Abb. 15: Beispiel der EDV-Wiedergabe der Meßpunkte (vgl. S. 82 und 85)

2 Die Versuchsdurchführung

2.1 Der Vortest, der Versuchsablauf

Vom 01.08.90 bis zum 07.09.90 nahmen 54 Schüler am Vortest teil. Dabei handelte es sich um 41 Schüler, die aktiv an der Fitness-AG teilnehmen wollten, und um 13 Schüler, die ausschließlich am Vor- und Nachtest teilnahmen und als Kontrollgruppe dienen. Der Vor- und Nachtest waren inhaltlich gleich und zeigten folgenden Versuchsablauf:

1. Begrüßung, Erklärung des Versuchsablaufes

Zu Beginn des Untersuchungstermins wurde den Vpn der Versuchsablauf erklärt und die Befragung zu einigen persönlichen Daten durchgeführt (Alter, Zugehörigkeit zu Sportvereinen, Häufigkeit und Lokalisation von Rückenschmerzen). Dieses Gespräch verfolgte neben der erklärenden und anamnestischen Funktion die Intention, den zum Teil etwas befangenen Schülern die Scheu zu nehmen. Im Anschluß an die Befragung wurden die Vpn gebeten, sich bis auf die Unterhose zu entkleiden und es wurden das Körpergewicht und die Körpergröße gemessen.

2. Anbringen der Markierungen

Die Vpn wurden an 12 markanten knöchernen anthropologischen Meßpunkten mit Markierungen versehen (vgl. Abb. 16-19, S. 87-88):

1. der Malleolus lateralis (Mp 13),
2. der Epicondylus lateralis femoris (Mp 12),
3. der Trochanter major (Mp 11),
4. die Spina iliaca anterior superior (Mp 10),
5. die Spina iliaca posterior superior (Mp 9),
6. das Acromion (Mp 16),
7. die Vertebra prominens (Mp 3),
8. das Os sacrum (Mp 8) und
9. der Scheitel der Lendenlordose (Mp 7, visuell).
- 10., 11., 12. Die Strecke von der Vertebra prominens bis zum Scheitel der Lendenlordose wurde vermessen und in 4 gleichlange Strecken unterteilt und markiert (Mp 4-6).

3. Die photographische Erfassung haltungskonstituierender Merkmale

Es wurden von jedem Schüler je 9 Photographien im Vor- und Nachtest angefertigt:

1. habituelle Haltung (Abb. 16, S. 87; "so stehen wie man immer steht, keinen Muskel bewußt anspannen oder entspannen").
2. angespannte Haltung (Abb. 16, S. 87; "Muskeln anspannen, aufrichten, groß werden") und
3. Ruhehaltung (Abb. 16, S. 87; "Muskeln entspannen, einsinken, klein werden").

Die drei Haltungen wurden vom Versuchsleiter demonstriert und durch die Bewegungsanweisungen spezifiziert. Die Schüler sollten bei diesen Haltungen die Arme vor dem Oberkörper kreuzen und einen Fixpunkt in Augenhöhe an der Wand anschauen.

4., 5. MATTHIASS-Halte-Test

Die Vp bekam die Aufgabe, 30 sec. mit den Armen in der Vorhalte zu stehen. Als Zusatzbelastung diente eine nach dem Körpergewicht der Vpn gestaffelte Hantel (Abb. 17, S. 87):

- 40-55 kg Körpergewicht: Hantelstange (2,5 kg),
- 55-70 kg Körpergewicht: Hantelstange + 1,25 kg,
- 70-85 kg Körpergewicht: Hantelstange + 2,5 kg.

6. Die Vp nahm tiefe Rumpfbeuge ein und versuchte dabei, mit dem Kopf so tief und nah wie möglich an die Beine zu gelangen und die Handflächen auf den Boden zu legen (Abb. 18, S. 88).
7. Die Vp schob das Becken so weit wie möglich nach vorne und legte sich dabei ins Hohlkreuz. Die Hände wurden dabei hinter dem Kopf verschränkt (Abb. 18, S. 88).

Durch das 6. und 7. Photo sollten die Beuge- und Streckfähigkeit der Wirbelsäule und des Hüftgelenkes dokumentiert werden.

8., 9. Erweiterter MATTHIASS-Halte-Test

Die Vp absolvierte ein zweites Mal den MATTHIASS-Halte-Test, wurde jedoch vorher instruiert, solange wie möglich aufrecht stehen zu bleiben und das Becken nicht nach vorne zu schieben und sich nicht ins Hohlkreuz zu legen. Durch Unterschiede zwischen den Haltungsänderungen des ersten und des zweiten Tests kann das Haltungsgefühl geprüft werden, d.h. Vpn, die im ersten Test aus Bequemlichkeit die tiefe Ruhehaltung eingenommen haben, können von solchen Vpn unterschieden werden, die aufgrund einer Haltungsschwäche in die tiefe Ruhehaltung verfallen⁵⁷ (Abb. 19, S. 88).



Abb. 16: habituelle Haltung - angespannte Haltung - Ruhehaltung

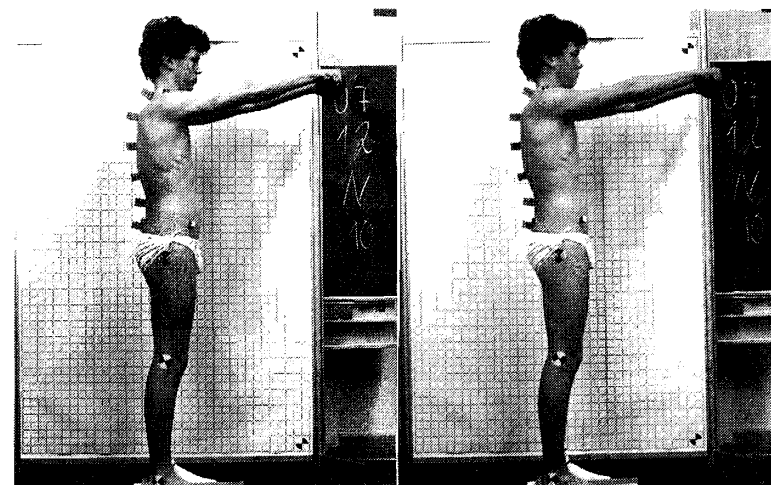


Abb. 17: Der MATTHIASS-Halte-Test (1), links: zu Beginn der 30", rechts: am Ende der 30"

⁵⁷ Auch für die Anregung zu diesem Test möchte ich mich bei Frau Dr. Sigrid DORDEL ausdrücklich bedanken.

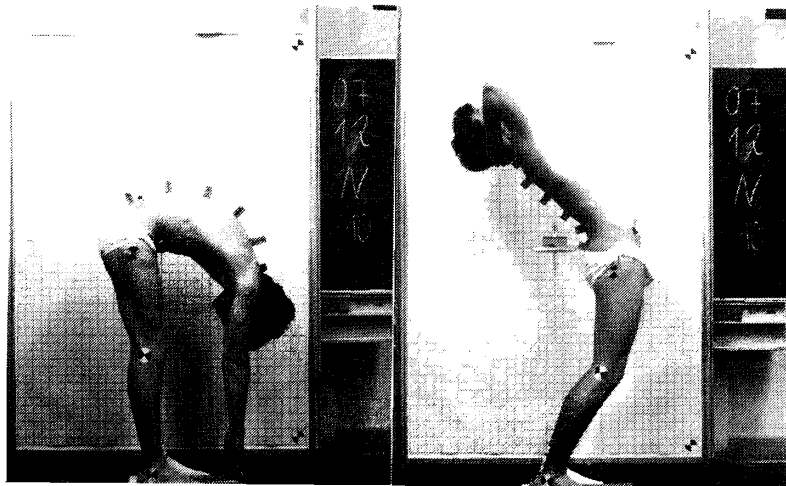


Abb. 18: die tiefe Rumpfheuge - die Rumpfheberstreckung

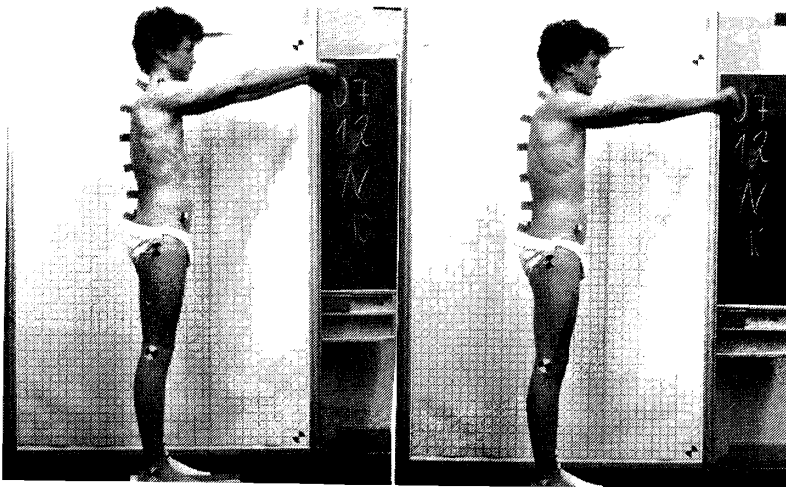


Abb. 19: Der MATTHIAS-Halte-Test (2), links: zu Beginn der 30", rechts: am Ende der 30"

Im Anschluß an die Anfertigung der Photographien wurden alle Markierungen mit Ausnahme der Trochanter major Markierung von den Vp entfernt und die Muskelfunktionsmessung wurde durchgeführt.

4. Muskelfunktionsmessung

Die Muskelfunktionsmessung bestand aus jeweils 3 Dehnungsgradmessungen der isch. M. (Abb. 7, S. 78) und der Hüftbeuger (spez. M. iliopsoas; Abb. 7, S. 78), sowie aus jeweils 3 Kraftmessungen der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauchmuskeln und der Rückenmuskeln (Abb. 10, S. 80).

2.2 Die Trainingsphase

Vom 24.09.90 bis zum 12.12.90 trainierten 41 Schüler in dem Fitness Studio "Body and Dance Company" in Wuppertal 2, Parlamentstr. 20-24.⁵⁸

Vor Beginn der Trainingsphase wurden die Dias und die Muskelfunktionsmessungen ausgewertet, um anhand der Ergebnisse die Vpn in Trainingsgruppen einzuteilen. Da die Ergebnisse der Muskelfunktionsmessung keine Einteilung in 2 Trainingsgruppen⁵⁹ zuließ, wurden die 41 Schüler schließlich anhand der Beckenneigung in zwei Gruppen mit 21 bzw. 20 Teilnehmern unterteilt. Die Vpn mit überdurchschnittlicher Beckenneigung absolvierten ein Trainingsprogramm, das Übungen zur Beckenaufrichtung beinhaltete (vgl. Anlage 1 (Trainingsgruppe A), Übungen: Bauchpressen => Bauchmuskelkräftigung, Hüftdehnung => Hüftbeugerdehnung, Beinpresse => Hüftstreckerkräftigung, Rückendehnung => Rückenmuskeldehnung; vgl. Abb. 20-23, S. 92-93). Die Vpn mit unterdurchschnittlicher Beckenneigung trainierten nach einem Programm mit dem Schwerpunkt Ventralrotation des Beckens (vgl. Anlage 2, (Trainingsgruppe B) Übungen: Rückenstrecken => Rückenmuskelkräftigung, Oberschenkeldehnung => Dehnung der isch. M., Beinheben am Barren und sit-ups => Kräftigung der Hüftbeuger; vgl. Abb. 24-27, S. 94-95). Da Dehnungsübungen für die Bauchmuskeln nach WIRHED (1984, 58) äußerst selten erforderlich sind und Trainingsgruppe B dennoch 4 haltungsbeeinflussende Übungen absolvieren sollte, führten diese Schüler 2 Übungen zur Hüftbeugerkräftigung aus. Es muß jedoch einschränkend hinzugefügt werden, daß eine vollständige Isolation einzelner Muskeln beim Krafttraining nicht realisierbar ist, d.h. bei einigen Übungen ist die Kontraktion synergistisch arbeitender Muskeln mit entsprechendem Kräftigungseffekt nicht auszuschließen (FLINT 1965a, FLINT 1965b, FLINT u.a. 1965). So ist z.B. bei den Übungen Beinheben am Barren und sit-ups ein Kräftigungseffekt für die Bauchmuskeln wahrscheinlich. Bei der Dehnungsübung der isch. M. werden vor allem bei einer

⁵⁸ Dieses Fitness Studio ist mit Geräten der gym 80 trainings systeme gelsenkirchen vertriebsgesellschaft mbH der unternehmensgruppe wolfgang tillmann, emscherstraße 53 in 45891 gelsenkirchen ausgestattet, die nach neuesten biomechanisch-medizinischen Gesichtspunkten konstruiert sind und somit ein funktionelles Training gewährleisten.

⁵⁹ Da nach RIEDER u.a. (1986, 279) die Anzahl der Vpn pro Zelle bei der statistischen Auswertung noch knapp über 30 liegen sollte, wurde von einer Einteilung in mehr als 2 Gruppen abgesehen.

Fixierung des kontralateralen Beines die Hüftbeuger mitgedehnt. Die Beeinträchtigung der Ergebnisse durch diese unvermeidlichen Effekte sollten durch den Nachtest kontrolliert werden.

Tab. 7: Die Trainingspläne der Gruppen im Vergleich

	Trainingsgruppe A => Beckenaufrichtung	Trainingsgruppe B => Ventralrotation des Beckens
haltungsbeeinflussende Übungen:		
Dehnungsübungen:	Hüftdehnung Rückendehnung	Oberschenkeldehnung
Kraftübungen:	Bauchpressen Beinpresse	Rückenstrecken Beinheben am Barren sit-ups
Trapezziehen		
Motivationsübungen:		
Bankdrücken Nackenziehen Beinstrecken Trizepsdrücken am Seilzug Bizepsmaschine		

Die Trainingspläne unterscheiden sich somit in den haltungsbeeinflussenden Übungen. Eine weitere haltungsbeeinflussende Übung, die beide Gruppen absolvierten, ist das Trapezziehen (Abb. 28, S. 96). Diese Übung trainiert vor allem den M. trapezius und soll eine straffere Schultergürtelhaltung bewirken. Die restlichen Übungen (Bankdrücken, Nackenziehen, Beinstrecken, Trizepsdrücken, Bizepsmaschine; Abb. 29-33, S. 96-98) sollten der Motivation der Schüler dienen, die primär trainierten Muskeln sind keine posturalen Muskeln im engeren Sinne. Die Aufwärmphase zu Beginn des Trainings bestand wahlweise in Fahrradfahren oder Seilchenspringen. Beim Krafttraining an den Geräten (Bankdrücken (A, B), Nackenziehen (A, B), Beinstrecken (A, B), Trizepsdrücken (A, B), Bizepsmaschine (A, B), Trapezziehen (A, B) und Beinpresse (A)) wurden pro Übung 3 Trainingssätze nach der Methode der wiederholten Krafteinsätze bis zur Erschöpfung mit 12-15 Wiederholungen (vgl. BÜHRLE u.a. 1984) absolviert. Bei denjenigen Kraftübungen, bei denen die äußere Belastung nicht verändert werden kann (den Eigengewichtsübungen: Bauchpressen (A), Rückenstrecken (B), Beinheben am Barren (B) und sit-ups (B)), galt als Trainingsziel, die Anzahl der Wiederholungen in den Trainingssätzen zu maximieren. Bei den Dehnungsübungen (Hüftdehnung (A), Rückendehnung (A) und Oberschenkeldehnung (B)) wurde den Schülern präzise erklärt, welche Muskeln gedehnt

werden - und wo sie das Dehnungsgefühl spüren sollten. Die Dehnungsübungen sollten 3mal ca. 20-30 Sekunden ausgeführt werden.

Das Fitness-Studio stand den Schülern täglich von 13:30 bis 16:30 zur Verfügung, wobei jeweils eine Gruppe von 13:30 bis 15:00 und eine Gruppe von 15:00 bis 16:30 trainierte. Die 41 Schüler waren in 4 Gruppen unterteilt, um eine intensive Aufsicht und Kontrolle zu gewährleisten. Als Einteilungskriterium der Gruppen diente die Klassenzugehörigkeit. Die Schüler sollten zweimal wöchentlich trainieren (Montag und Mittwoch; Dienstag und Donnerstag). Für die Schüler, die an ihren Trainingsterminen verhindert waren, wurde der Freitag als Ausweichtermin angeboten. Ein häufigeres Training erschien wegen einer drohenden Überlastung der Schüler nicht zumutbar. Zudem drohte bei einem häufigeren Training ein größerer Vpn-Schwund. Es existieren zahlreiche Untersuchungen, die bei einem Training von zweimal wöchentlich einen Kraft- und Dehnungsgradzuwachs nachgewiesen haben (HOLLMANN u.a. 1970; LETZELTER u.a. 1986, 188). Um einerseits die Motivation der Schüler zu steigern und andererseits den Trainingseffekt der Übungen, die nicht im Muskel-funktionstest geprüft wurden, zu quantifizieren, wurde im Abstand von 2 Wochen insgesamt 4mal die Maximalkraft im Bankdrücken ermittelt.

In der Trainingsperiode lagen die Herbstferien (08.10. - 13.10.90), in denen die Schüler ihr Training zum Teil fortsetzten.

Das Vorhaben, den Schülern durch das Training im Fitness-Studio ein attraktives Angebot zu bieten und somit den sonst in Langzeitstudien beklagten Vpn-Schwund zu vermeiden, hatte Erfolg, die Schüler kamen regelmäßig zum Training und erschienen auch zum Nachtest.

Tab. 8: Häufigkeitsverteilung der Anzahl der von den Schülern absolvierten Trainingseinheiten (obere Zahl: Anzahl der Trainingseinheiten, untere Zahl: N)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23
1	2	1	4	4	7	3	6	7	4	1

In der Tabelle sind die 710 Trainingseinheiten der 40 Schüler aufgelistet, die am Vor- und Nachtest teilgenommen haben (Mittelwert = 17,75).

2.3 Der Nachtest

Vom 06.12.90 bis zum 18.12.90 fand der Nachtest statt. Nur ein Schüler, der nach 2 Trainingswochen von der Schule verwiesen wurde, nahm nicht am Nachtest teil. Andererseits konnte ein Schüler, der aufgrund eines Bänderrisses nicht den Vortest absolvierte, nach 2 Wochen mit dem Training beginnen, so daß jeweils 54 Vpn am Vor- und Nachtest teilnahmen und von 53 Vpn komplette Vor- und Nachtestdaten vorliegen.



Abb. 20: Bauchpressen (A)



Abb. 22: Beinpresse (A)



Abb. 21: Hüftdehnung (A)

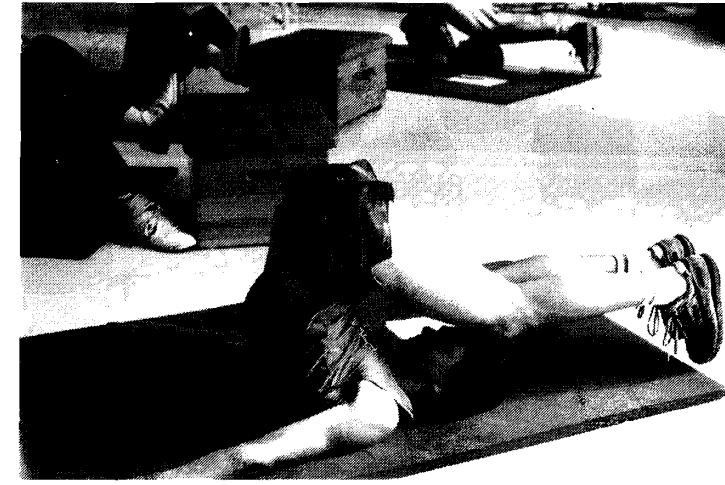


Abb. 23: Rückendehnung (A)



Abb. 24: Rückenstrecken (B)



Abb. 26: Beinheben am Barren (B)

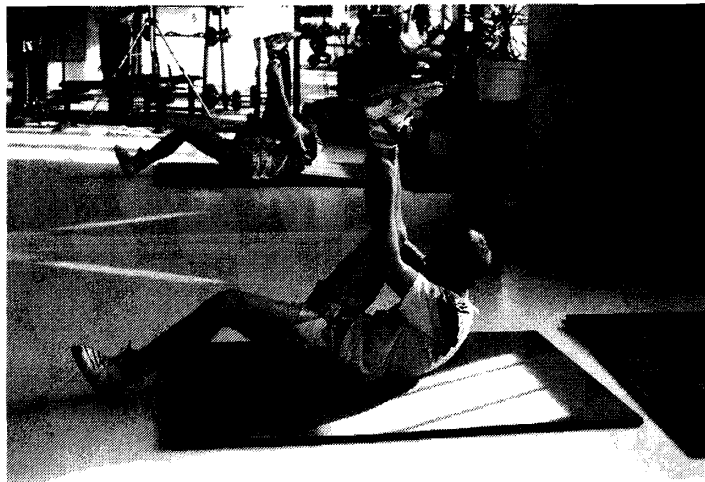


Abb. 25: Oberschenkeldehnung (B)

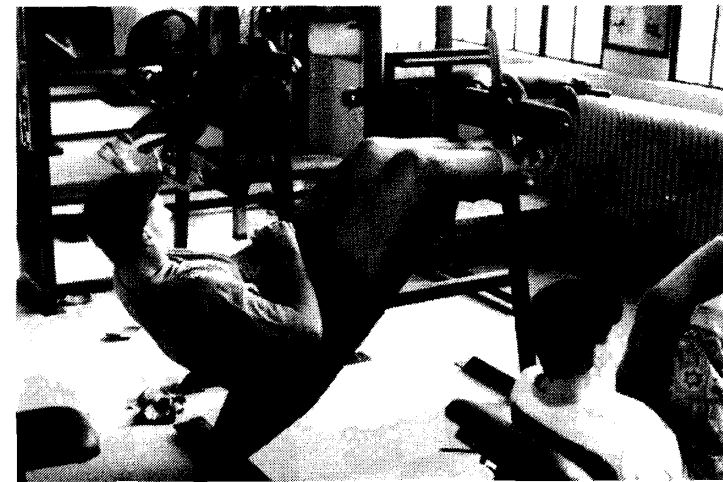


Abb. 27: sit-ups (B)



Abb. 28: Trapezziehen (A, B)

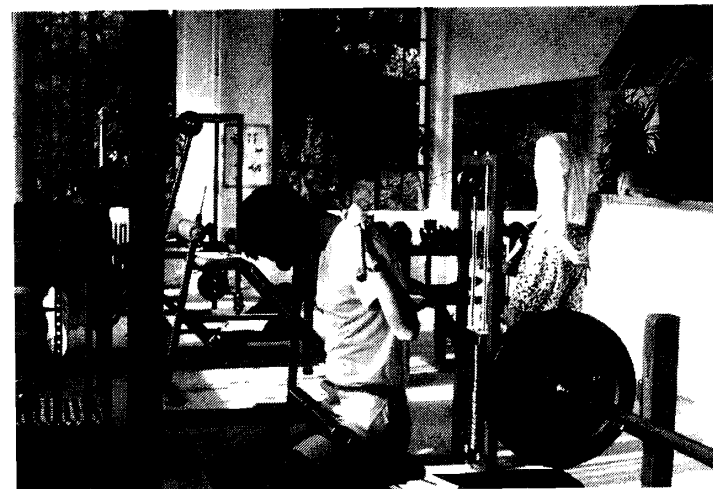


Abb. 30: Nackenziehen (A, B)

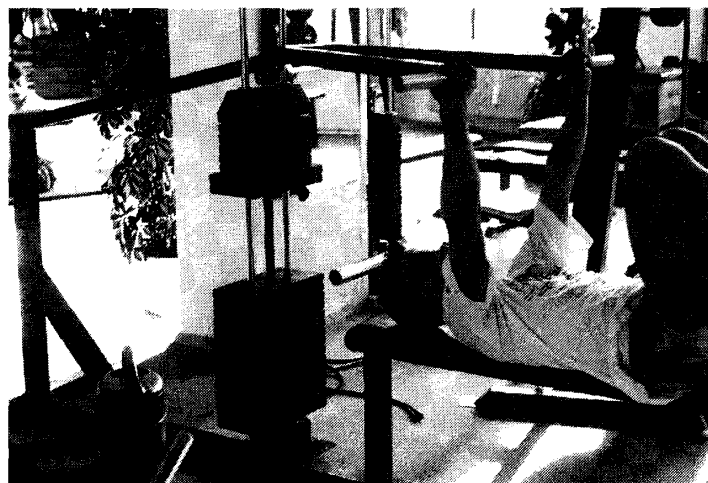


Abb. 29: Bankdrücken (A, B)

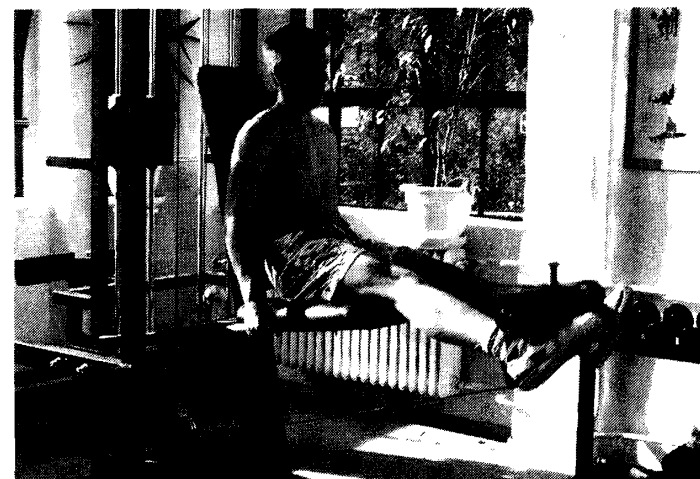


Abb. 31: Beinstrecken (A, B)

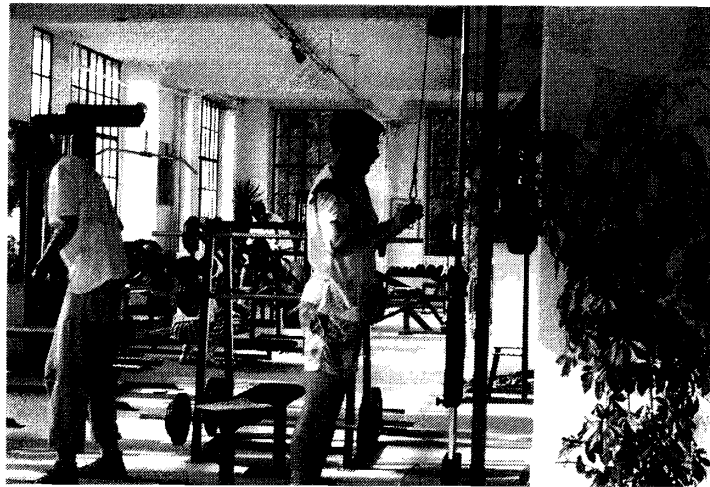


Abb. 32: Trizepsdrücken (A, B)



Abb. 33: Bizepsmaschine (A, B)

3 Darstellung der Befunde

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden die Vpn-Daten: Alter, Gewicht und Größe erhoben. Die folgenden Tabellen zeigen einen Überblick über die erhobenen Muskel-funktions- und Haltungsveränderungen. In der 1. Spalte wird jeweils das Variablenkürzel⁶⁰ genannt, unter dem die Variable in der Auswertung geführt wird. In der 2. Spalte sind die Variablenbezeichnungen aufgeführt. In der 3. Spalte wird die Skalierung der Variablen erklärt. Die unterschiedliche Skalierung von GROENEVELD (1976) und ASMUSSEN u.a. (1959) bei der Quantifizierung der WS-Krümmungen dokumentiert, daß dies Voraussetzung zum Verständnis der Ergebnisse ist. So wurden bei GROENEVELD die lumbalen und thoracalen WS-Winkel in der Weise gemessen und wiedergegeben, daß die Zahlen bedeuteten: je größer der Wert, um so **geringer** ist die Krümmung der WS-Abschnitte. Bei ASMUSSEN u.a. war die Skala so beschaffen, daß die Bedeutung der Werte lautete: je größer der Wert, um so **stärker** ausgeprägt ist die Krümmung der WS-Abschnitte. Dies ist z.B. bei der Interpretation von bivariaten Korrelationskoeffizienten entscheidend, da hier die Bedeutung der Variablen ggf. "gedreht" werden muß. Um hier ein schnelles Verständnis der Bedeutung der Variablen zu ermöglichen, wird diese in der 3. Spalte jeweils nach der Zeichenfolge "> ." aufgeführt. Lesebeispiel: Die Ausformulierung " $D_{isch} > .$ " : großer Dehnungsgrad" lautet: "Ein **großer** Wert der Variablen D_{isch} bedeutet **großer** Dehnungsgrad".

In der folgenden Tabelle bedeuten die 1. Buchstaben: "D": Dehnungsgrad, "Z": Zugkraft und "K": Maximalkraft. Die Abkürzungen im Index haben die folgende Bedeutung: "isch": isch. M., "Hs": Hüftstrecker, "Hb": Hüftbeuger, "Bm": Bauchmuskeln und "Rm": Rückenmuskeln. Die Zahlen im Index bei den Zugkraft-Variablen geben den Winkel wieder, bei dem die Ruhespannung gemessen wurde. Die Zugkraft wurde über den gesamten Verlauf der Dehnung aufgezeichnet und dann in Schritten von jeweils 10 Grad für die weitere Auswertung als Variablen definiert (Z_{10isch} , Z_{20isch} , ... $Z_{130isch}$; Z_{10Hb} , Z_{20Hb} , ... Z_{80Hb}). Die Vpn wurden vor der Dehnungsgradmessung instruiert, die Muskulatur zu entspannen, d.h. den Dehnungsvorgang weder durch aktives Anheben des Beines noch durch aktives Anspannen der zu dehnenden Muskeln zu beeinträchtigen. Bei der Auswertung zeigte sich, daß die Werte im unteren Dehnungsbereich dennoch von einem - offensichtlich unwillkürlichen - Anheben des Beines beeinflusst waren. Da diese Beeinträchtigung im oberen Dehnungsbereich geringer ausfiel, wurde bei der Quantifizierung der Ruhespannung der isch. M. und der Hüftbeuger der höchste 10er-Grad gewählt, der von allen Vpn erreicht wurde. Die entsprechende Gradzahl betrug bei der isch. M. 80° und bei den Hüftbeugern 50°.

⁶⁰ Die Variablenkürzel sind im Abkürzungsverzeichnis im Anhang mit den entsprechenden Seitenverweisen aufgelistet.

Tab. 9: Muskelfunktionsvariablen

Variab.- kürzel	Variablen- bezeichnung	Bedeutung
1. Dehnungsgradmessung		
D _{isch} [°]	maximaler Dehnungsgrad isch. M.	> : großer Dehnungsgrad < : geringer Dehnungsgrad
D _{Hb} [°]	max. Dehnungsgrad Hüftbeuger	
2. Zugkraft bei Dehnungsgradmessung		
Um den Gewichtsanteil des Beines von dem, von dem Zug-Kraftaufnehmer gemessenen Wert abzuziehen, werden die Variablen mit der folgenden Formel berechnet:		
$F_z = F_1 - F_2 \cdot r_1/r_2 \cdot \cos \alpha$ $F_z = \text{Spannung, die isch. M., bzw. Hüftbeuger der Dehnung entgegensetzen}$ $F_1 = \text{Rohwert der Zugkraft}$ $F_2 = \text{relativer Gewichtsanteil eines Beines} = \text{Körpergewicht [N]} \cdot 0,19$ $r_1/r_2 = \text{Lastarm/Kraftarm}^{61}$ $\alpha = \text{Winkel zwischen Bein und Auflage (Potentiometer)}$		
Z _{isch} [N]	max. Dehnungsspannung der isch. M.	> : große Dehnkraft < : geringe Dehnkraft
Z _{Hb} [N]	max. Dehnungsspannung der Hb	
Z _{80isch} [N]	Ruhspehnung der isch. M. bei 80°	> : hohe Ruhspehnung < : geringe Ruhspehnung
Z _{50Hb} [N]	Ruhspehnung der Hb bei 50°	
3. Kraftmessung		
K _{Hs} [N]	Maximalkraft Hüftstrecker	Bei allen 5 Kraftvariablen: > : große Maximalkraft < : geringe Maximalkraft
K _{Hb} [N]	Maximalkraft Hüftbeuger	
K _{Bm} [N]	Maximalkraft Bauchmuskeln	
K _{Rm} [N]	Maximalkraft Rückenmuskeln	
SuKr [N]	Summe der 4 Kraftwerte	

Bei den Skalierungen der Muskelfunktionsvariablen gilt also grundsätzlich: Ein Ansteigen des Wertes bedeutet ein Ansteigen des jeweiligen Parameters.

⁶¹ Bei der Dehnungsgradmessung der Hüftbeuger sind der Kraftarm für die dehrende Kraft und der Schwerpunktsradius des gewinkelten Beines identisch:
 $r_1/r_2 \cdot 0,19 = 0,19$;
 bei isch. M.: $r_1/r_2 \cdot 0,19 = 0,093$.

3.1 Variablenberechnungen, Datenmodifikationen

Bei den haltungskonstituierenden Merkmalen sind vor der inferenzstatistischen Auswertung Datenmodifikationen nötig, um durch "die Kombinierung der Werte mehrerer Variablen zu einem Skalen- oder Indexwert" (BENNINGHAUS 1990, 40) aussagekräftige Variablen zu erhalten. Dieser Prozeß der Datenmodifikation soll aufgrund einer besseren Transparenz ausführlich dargestellt und so das Verständnis der Ergebnisse erleichtert werden. Dabei ist es unvermeidlich, daß einige Ergebnisse vorweggenommen werden.

Tab. 10, S. 102 zeigt die Berechnung der Rohwerte der haltungskonstituierenden Merkmale. In der Spalte "Bestimmungsmodus" sind jeweils die 2 Meßpunkte (in Anführungszeichen, Bsp.: "9 - 10") aufgeführt, deren Verbindungslinie mit der Senkrechten, die sich oberhalb (cranial) des Schnittpunktes befindet (vgl. Fixpunkte, Abb. 15, S. 84), einen Winkel bildet, wobei

- der erstgenannte Punkt den Scheitel des Winkels darstellt.
- der Winkel jeweils gegen den Uhrzeigersinn (in dorsaler Richtung) gemessen wird, und
- der 0°-Wert in der Senkrechten über dem Scheitelpunkt liegt.

Bsp.: "9 - 10" steht für den Winkel, den die Verbindungslinie der Meßpunkte 9 (hinterer oberer Darmbeinstachel) und 10 (vorderer oberer Darmbeinstachel) und die Senkrechte bilden; Meßpunkt 9 ist der Scheitel des Winkels. Der Winkel wird von der Senkrechten aus, die sich oberhalb (cranial) des Meßpunktes 9 befindet (0°-Wert), gegen den Uhrzeigersinn bis zu der Verbindungslinie der Meßpunkte 9 und 10 gemessen (Mittelwert: 260,12°).

Diejenigen haltungskonstituierenden Merkmale, die primär innerhalb der Auswertung zugrundegelegt werden, sind der Beckenneigungswinkel "BN_{w1}", der Lordosewinkel "Lord_{w1}", der Kyphosewinkel "Kyph_{w1}" und der Gesamtkörperwinkel "GKW". Nach dem Buchstaben "B" (Bild) im Index der Variablen folgt jeweils die Nummer der Photographie. Beim Beckenneigungswinkel, beim Lordosewinkel und beim Kyphosewinkel wurden 2, bzw. 3 unterschiedliche Variablen berechnet. Diese werden im Index durch die dem Buchstaben "W" folgende Nummer gekennzeichnet. Bei der Auswertung wird nahezu ausschließlich die jeweils erste Variante genutzt.

Tab. 10: Haltungsvervariablen, Rohwerte (vgl. Abb. 15, S. 84)

Variab.-kürzel	Variablenbezeichnung	Bestimmungsmodus (Mp)	Bedeutung
BN _{w1} [°]	Beckenneigungswinkel 1	"9 - 10"	> : aufgerichtetes Becken
BN _{w2} [°]	Beckenneigungswinkel 2	"10 - 11"	< : vorgekipptes Becken
BN _{w3} [°]	Beckenneigungswinkel 3	"9 - 11"	
WS ₁ [°]	Wirbelsäulenwinkel 1	"3 - 4"	Die Bedeutung der Rohwerte WS ₁ - WS ₄ ist gering. Sie werden im hohen Maße durch die Wirbelsäulen-Längsachsenhaltung beeinflusst. Sie dienen bei der Berechnung der Lordose und Kyphose als Grundlage.
WS ₂ [°]	Wirbelsäulenwinkel 2	"4 - 5"	
WS ₃ [°]	Wirbelsäulenwinkel 3	"5 - 6"	
WS ₄ [°]	Wirbelsäulenwinkel 4	"6 - 7"	
KB [°]	Neigung des lumbosakralen WS-Abschn.	"7 - 8"	> : aufrechtes Kreuzbein < : vorgeneigtes KB ⁶²
KH [°]	Kopfhaltung	"1 - 2"	> : Kopf zurückgelegt < : Kopf vorgeneigt
HWS [°]	Halswirbelsäulenhaltung	"2 - 3"	> : Kopf in Rückhalte < : Kopf in Vorhalte
KLAH [°]	Körper-Längsachsenhaltung	"3 - 13"	> : rückgeneigte KLAH < : vorgeneigte KLAH
WSLAH [°]	Wirbelsäulen-Lä.achs.haltung	"3 - 8"	> : rückgeneig. WSLAH < : vorgeneigte WSLAH
BBLAH [°]	Bein-Becken-Lä.achs.haltung	"8 - 13"	> : rückgeneig. BBLAH < : vorgeneigte BBLAH
Sch_H [cm]	Schultergürtelhaltung	horiz.Abst. "3 - 16"	> : straffe Sch_H < : hängende Sch_H

⁶² Bei dieser Variable handelt es sich um den lumbosakralen Abschnitt der WS: sie wird im weiteren als "Kreuzbeinigung" geführt.

Die folgende Tabelle dokumentiert die Berechnung der komplexeren haltungskonstituierenden Merkmale.

Tab. 11: Übersicht über berechnete Haltungsvervariablen (Bild 1)

Variab.-kürzel	Variablenbezeichnung	Formel	Bedeutung
WSK _{r1} [°]	<u>Kyphose</u> Wirbelsäulenkrümmungswink.1	WS ₁ - WS ₂	> : wenig gekrümmt < : stark gekrümmt
WSK _{r2} [°]	Wirbelsäulenkrümmungswink.2	WS ₂ - WS ₃	> : wenig gekrümmt < : stark gekrümmt
WSK _{r3} [°]	<u>indifferent</u> Wirbelsäulenkrümmungswink.3	WS ₃ - WS ₄	> 0: lordotisch gekrümmt < 0: kyphotisch gekrümmt da hier positive und negative Winkel auftreten, ist die Bedeutung: je größer, um so "lordotischer"
WSK _{r4} [°]	<u>Lordose</u> Wirbelsäulenkrümmungswink.4	WS ₄ - KB	> : stark gekrümmt < : wenig gekrümmt
Kyph _{w1B1} [°]	Kyphosewinkel 1 (vgl. S. 104)	(WSK _{r1} + WSK _{r2} ggf. + WSK _{r3}) _{x-1}	> : stark gekrüm. Ky. < : wenig gekrüm. Ky.
Lord _{w1B1} [°]	Lordosewinkel 1	WSK _{r4} ggf. + WSK _{r1}	> : stark gekrüm. Lo. < : wenig gekrüm. Lo.
Kyph _{w2B1} [°]	Kyphosewinkel 2	(WSK _{r1} + WSK _{r2}) _{x-1}	> : stark gekrüm. Ky. < : wenig gekrüm. Ky.
Lord _{w2B1} [°]	Lordosewinkel 2	= WSK _{r4}	> : stark gekrüm. Lo. < : wenig gekrüm. Lo.
SuLoKy [°]	Summe Lordose- und Kyph.wink.	Kyph _{w1B1} + Lord _{w1B1}	> : stark gekrüm. WS. < : Flachrücken
GKW _{B1} [°]	Gesamtkörperwinkel (vgl. S. 104)	BBLAH - WSLAH	> : zurückgezogenes B. < : vorgeschob. Becken

Bei der Berechnung einiger Variablen der haltungskonstituierenden Merkmale ist eine Erklärung des Rechenverfahrens für das Verständnis der Aussagefähigkeit notwendig und wird aus diesem Grund in den Fällen, bei denen dies für erforderlich gehalten wird, geleistet.

Die Kyphose- und Lordosewinkel

An der Wirbelsäule wurden 6 Styroporklötzchen (Sk) angebracht, deren 5 Verbindungslinien 4 Winkel einschließen, die bei der weiteren Berechnung der Wirbelsäulenform als Grundlage dienen. Die 2 oberen Winkel (Sk. 3, 4, 5; Sk. 4, 5, 6) waren bei allen Vpn negativ, d.h. die zugehörigen WS-Krümmungen kyphotisch gewölbt. Der unterste Winkel (Sk. 6, 7, 8) war in allen Fällen positiv, der betreffende WS-Abschnitt somit lordotisch gekrümmt. Der 3. Winkel (Sk. 5, 6, 7) war in 11 Fällen (Nachtst: 9) negativ und in 43 Fällen (Nachtst: 45) positiv, d.h. bei 11 Vpn war dieser WS-Abschnitt kyphotisch, bei 43 Vpn lordotisch geschwungen. Um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch die unterschiedliche Ausprägung des 3. Winkels kontrollieren zu können, wurden jeweils 2 Lordose- und Kyphosewinkel für die weitere Auswertung berechnet. Zum einen wurden jeweils die negativen und positiven Winkel addiert ($Lord_{w_1}$ und $Kyph_{w_1}$), zum anderen wurden nur die 2 oberen Winkel zur Berechnung der Kyphose - und nur der unterste Winkel zur Berechnung der Lordose herangezogen ($Lord_{w_2}$ und $Kyph_{w_2}$). Aufgrund der hohen Korrelation zwischen $Lord_{w_1}$ und $Lord_{w_2}$ und zwischen $Kyph_{w_1}$ und $Kyph_{w_2}$ (vgl. Tab. 34, S. 153) werden in der weiteren Auswertung die Variablen "Lord_{w1}" und "Kyph_{w1}" zugrundegelegt. Um die Skalierung der Lordose- und Kyphosewinkel zu vereinheitlichen, wurden die Kyphosewinkel mit "- 1" multipliziert, so daß bei beiden Skalen die Bedeutung lautet: Je größer der Wert, um so stärker ist der WS-Abschnitt gekrümmt.

Der Gesamtkörperwinkel (GKW)

Der typische Eindruck einer Haltungsschwäche bei der Beurteilung der Haltung und beim MATTHIAS-Halte-Test ergibt sich durch die vorgeschobene Position des Beckens bzgl. der Wirbelsäule und der Beine, die sich durch die Formel

$$(BBLAH. | \text{°}) - (WSLAH. | \text{°})$$

quantifizieren läßt (vgl. Abb. 39, S. 113).

Tab. 12: Mittelwerte (MW), Standardabweichungen (STDEV), Minimum (MIN) und Maximum (MAX) der Körper-Längsachsenhaltung (KLAH), der WS-Längsachsenhaltung (WSLAH), der Bein-Becken-Längsachsenhaltung (BBLAH) und des Gesamtkörperwinkels (GKW) bei der habituellen -, bei der angespannten Haltung und bei der Ruhehaltung

		KLAH	WSLAH	BBLAH	GKW
angespannte H.	MW	181,37	180,20	181,92	1,72
	STDEV	1,19	3,75	1,65	4,74
	MIN	177,41	172,77	177,92	-9,99
	MAX	183,13	189,83	185,84	12,00
habituelle H.	MW	180,59	178,30	181,65	3,35
	STDEV	1,00	3,61	1,55	4,68
	MIN	178,30	169,24	178,95	-5,51
	MAX	182,87	185,42	185,81	14,96
Ruhehaltung	MW	180,25	176,27	182,13	5,86
	STDEV	1,95	7,00	1,81	8,10
	MIN	174,07	155,55	177,38	-11,08
	MAX	184,81	191,94	186,91	27,60

Wie die Tabelle zeigt, weisen die KLAH und die BBLAH bei der habituellen -, bei der angespannten Haltung und bei der Ruhehaltung eine geringe Variabilität auf und betragen im Durchschnitt ca. 180°. Die WSLAH zeigt deutlichere Differenzen und beim GKW summieren sich die Differenzen der BBLAH und der WSLAH. Diese Variable ist somit am besten geeignet, die für die Haltungsschwäche typische vorgeschobene Position des Beckens zu quantifizieren. Die Korrelationen der Variablen "BBLAH", "WSLAH" und "GKW" werden in Tab. 35, S. 155 dargestellt. Die Korrelation zwischen der WSLAH und dem GKW ist mit $r = -.963$ bemerkenswert hoch.

Die folgende Tabelle zeigt die Auswertung der Photographien der angespannten Haltung und der Ruhehaltung, bei der nur die wesentlichen Variablen berücksichtigt werden.

Tab. 13: Die Auswertung der Photographien: angespannte Haltung und Ruhehaltung

Variab.-kürzel	Variab.-kürzel	Bestimmungsmodus, Formel; Bedeutung	
Bild 2 BN _{w1B2} Lord _{w1B2}	Kyph _{w1B2} GKW _{B2}	Die haltungskonstituierenden Merkmale der angespannten Haltung und der Ruhehaltung wurden in derselben Weise wie diejenigen der habituellen Haltung bestimmt bzw. berechnet. vgl. Tab. 10, S. 102; Tab. 11, S. 103	
Bild 3 BN _{w1B3} Lord _{w1B3}			
Variab.-kürzel	Variablenbezeichnung	Formel	Bedeutung
Bilder 2,3 R-h-a-KW [dimlos]	Ruheh. - habit. H. - angesp. H. Kennwert	vgl. S. 109	> : habituelle H. gleicht mehr der angesp. H. als der Ruhehaltung

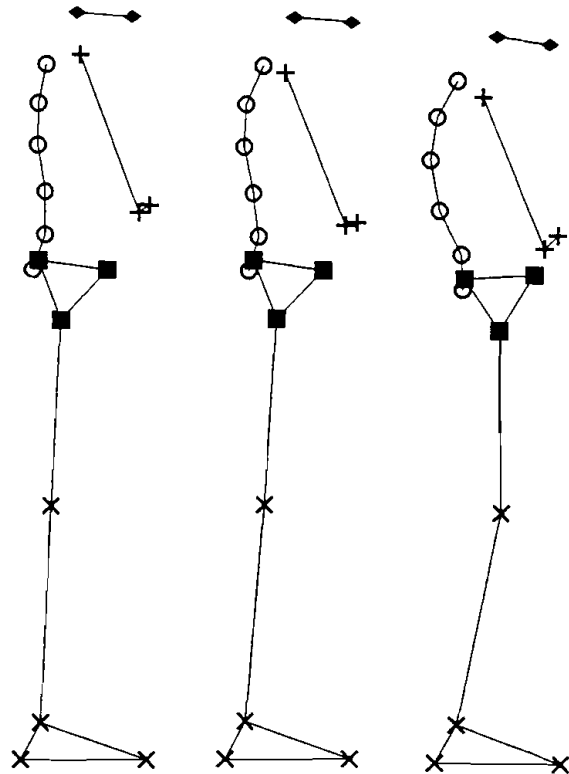


Abb. 34: Vp 2 Nachtst; links: angespannte H. (Kyph_{w1} = 20,48), Mitte: habitueller H. (Kyph_{w1} = 35,67), rechts: Ruhehaltung (Kyph_{w1} = 56,41); R-h-a-KW: 0,58

Die Unterschiede zwischen der habitueller Haltung, der angespannten Haltung und der Ruhehaltung

Neben der habitueller Haltung der Schüler wurden des weiteren die angespannte Haltung und die Ruhehaltung photographisch erfasst. Mit dieser Vorgehensweise wurden 2 Zielsetzungen verfolgt:

1. Es sollte überprüft werden, ob die Schüler in der Lage sind, ihre Haltung aufzurichten. Für die Überprüfung dieser Frage wurden für die angespannte Haltung und die Ruhehaltung die zentralen haltungskonstituierenden Merkmale (BN_{w1}, Kyph_{w1}, Lord_{w1} und GKW) berechnet.
2. Es sollte die Möglichkeit gegeben werden, den Anspannungsgrad der Muskulatur bei der habitueller Haltung durch den Vergleich mit der angespannten Haltung und der Ruhehaltung zu quantifizieren. Um eine entsprechende Variable für dieses Verhalten zu berechnen, wurden zunächst einmal die Mittelwerte der zentralen haltungskonstituierenden Merkmale (BN_{w1}, Kyph_{w1}, Lord_{w1} und GKW) der 3 Haltungsformen verglichen.

Tab. 14: Die Mittelwerte der haltungskonstituierenden Merkmale "BN_{w1}" (Beckenneigungswinkel), "Kyph_{w1}" (Kyphosewinkel), "Lord_{w1}" (Lordosewinkel) und "GKW" (Gesamtkörperwinkel) bei der angespannten Haltung, der habitueller Haltung und der Ruhehaltung in Grad [°], N = 54

	BN _{w1}	Kyph _{w1}	Lord _{w1}	GKW
angespannte Haltung	259,85	22,85	28,66	1,72
habitueller Haltung	260,12	33,74	26,05	3,35
Ruhehaltung	263,36	42,44	20,88	5,86

Im Durchschnitt wird beim Übergang von der angespannten Haltung über die habitueller Haltung hin zur Ruhehaltung das Becken und die Lordose aufgerichtet, die Kyphose verstärkt und das Becken zurückverlagert.

Nach dem Lehrbuch für Schulsonderturnen (BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT 1977, 45) sind die Hauptkennzeichen der Ruhehaltung:

- Erschlaffung der Rückenmuskulatur,
- vermehrte Kyphose der Brustwirbelsäule,
- kompensatorische Rückneigung des Rumpfes."

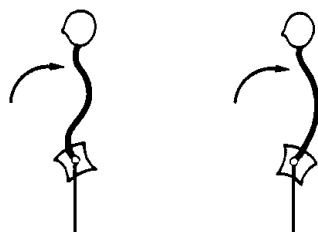


Abb. 35: "Ruuehaltung (zwei Möglichkeiten der kompensatorischen Rückneigung des Rumpfes)" (BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT 1977, 45)

Aufgrund dieser Information wurde erwartet, das Becken würde durch die kompensatorische Rückneigung des Rumpfes beim Übergang von der angespannten Haltung über die habituelle Haltung hin zur Ruuehaltung weiter nach vorn geschoben und aus diesem Verhalten ließe sich eine entsprechende Variable berechnen.

Dies war jedoch nur bei 7 Vpn der Fall. Insgesamt zeigten sich in diesem Punkt alle möglichen 6 Variationen.

Tab. 15: Die Position des Beckens bei der angespannten Haltung, der habituellen Haltung und der Ruuehaltung im Vergleich

Becken ist	am weitesten vorgeschoben	in mittlerer Position	am weitesten zurückgenommen
N = 4	Ruuehaltung	angespannte H.	habituelle H.
N = 8	habituelle H.	angespannte H.	Ruuehaltung
N = 23	angespannte H.	habituelle H.	Ruuehaltung
N = 4	habituelle H.	Ruuehaltung	angespannte H.
N = 8	angespannte H.	Ruuehaltung	habituelle H.
N = 7	Ruuehaltung	habituelle H.	angespannte H.

Der Gesamtkörperwinkel als Parameter für die Position des Beckens bezüglich der Wirbelsäule und der Beine/Becken ist offensichtlich wenig geeignet, den Anspannungsgrad der Muskulatur bei der habituellen Haltung durch den Vergleich mit der angespannten Haltung und der Ruuehaltung zu quantifizieren. Ähnlich uneinheitlich ist das Verhalten der Beckenneigung und der Lordose. Die größte Übereinstimmung zeigt das Verhalten der Kyphose, die beim Vergleich der angespannten Haltung mit der habituellen Haltung und beim Vergleich der angespannten Haltung mit der Ruuehaltung bei allen Vpn bei der angespannten Haltung - und beim Vergleich der habituellen Haltung mit der Ruuehaltung bis auf 3 Vpn bei der habituellen Haltung jeweils weiter aufgerichtet ist:

$$Kyph_{w1B2} \text{ (angespannte H.)} < Kyph_{w1B3} \text{ (Ruuehaltung)} \text{ (N = 54),}$$

$$Kyph_{w1B2} \text{ (angespannte H.)} < Kyph_{w1B1} \text{ (habituelle H.)} \text{ (N = 54), und}$$

$$Kyph_{w1B1} \text{ (habituelle H.)} < Kyph_{w1B3} \text{ (Ruuehaltung)} \text{ (N = 51).}$$

Auf der Grundlage dieser Beziehung wird der

"Ruuehaltung - **habituelle Haltung** - angespannte Haltung" - Kennwert (R-h-a-KW)

entwickelt, der durch die folgende Formel berechnet wird:

$$(Kyph_{w1B3} - Kyph_{w1B1}) / (Kyph_{w1B3} - Kyph_{w1B2})$$

Dieser R-h-a-KW ermöglicht eine Aussage, ob die habituelle H. stärker der Ruuehaltung oder stärker der angespannten H. gleicht, d.h. ein kleiner Wert bedeutet, daß die habituelle H. eher der Ruuehaltung entspricht, ein hoher Wert zeigt an, daß die habituelle H. stärker der angespannten H. gleicht.

Bsp. 1: $(50 - 35) / (50 - 30) = 0,75$ bedeutet: der Kyphosewinkel der habituellen Haltung entspricht stärker dem Kyphosewinkel der angespannten Haltung als dem der Ruuehaltung.

Bsp. 2: $(50 - 45) / (50 - 30) = 0,25$ bedeutet: der Kyphosewinkel der habituellen Haltung entspricht stärker dem Kyphosewinkel der Ruuehaltung als dem der angespannten Haltung (vgl. Abb. 34, S. 106).

Die folgende Tabelle zeigt die Berechnung der Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeugefähigkeit (Bild 6).

Tab. 16: Übersicht über berechnete Haltungsvervariablen (Bild 6)

Variab.-kürzel	Variablenbezeichnung	Formel	Bedeutung
Kyph _{B6} [°]	Kyphosewinkel	$(WSKr_{w1} + WSKr_{w2}) \cdot -1$	> : große WS-b-f (= stark gekrüm. Ky.) < : geringe WS-b-f (= wenig gekrüm. Ky.)
Lord _{B6} [°]	Lordosewinkel	$(WSKr_{w3} + WSKr_{w4}) \cdot -1$	> : große WS-b-f (= stark gekrüm. Lo.) < : geringe WS-b-f (= wenig gekrüm. Lo.)
WS-b-f [°]	Wirbelsäulenbeugefähigkeit	Kyph _{B6} + Lord _{B6}	> : große WS-b-f < : geringe WS-b-f
Hg-b-f [°]	Hüftgelenksbeugefähigkeit	("11 - 13") - ("7 - 8")	> : große Hg-b-f < : geringe Hg-b-f

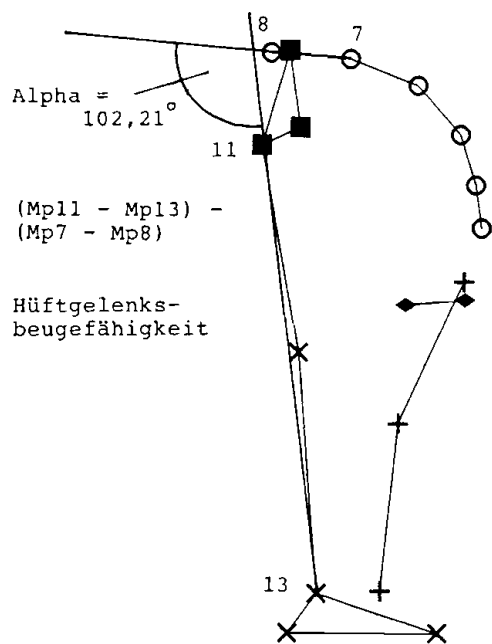


Abb. 36: Die Auswertung des Bild 6

Die folgende Tabelle zeigt die Berechnung der WS- und Hüftgelenksstreckfähigkeit (Bild 7).

Tab. 17: Übersicht über berechnete Haltungsvervariablen (Bild 7)

Variab.-kürzel	Variablenbezeichnung	Formel	Bedeutung
Kyph _{B7} [°]	Kyphosewinkel	$WSKr_{w1} + WSKr_{w2}$	> : große WS-st-f (= aufgerichtete Ky.) < : geringe WS-st-f (= stark gekrüm. Ky.)
Lord _{B7} [°]	Lordosewinkel	$WSKr_{w3} + WSKr_{w4}$	> : große WS-st-f (= stark gekrüm. Lo.) < : geringe WS-st-f (= wenig gekrüm. Lo.)
WS-st-f [°]	Wirbelsäulenstreckfähigkeit	Kyph _{B7} + Lord _{B7}	> : große WS-st-f < : geringe WS-st-f
Hg-st-f [°]	Hüftgelenksstreckfähigkeit	("10 - 11") - ("11 - 12")	> : große Hg-st-f < : geringe Hg-st-f

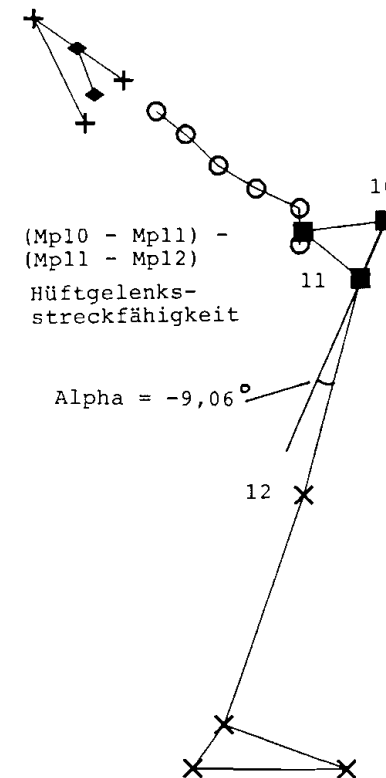


Abb. 37: Die Auswertung des Bild 7

Die folgende Abbildung zeigt die Merkmale, die beim MATTHIAS-Halte-Test beurteilt werden.

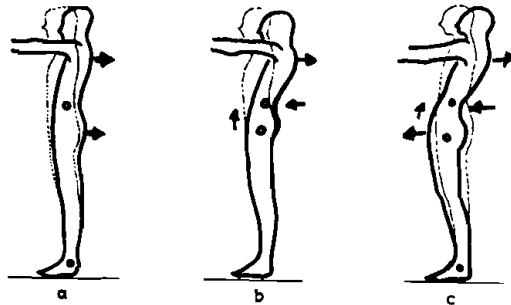


Abb. 38: "Haltungstest nach *Matthias* mittels Arm-Vorhebe-Prüfung. Durch die Armvorhalte verlagert sich der Schwerpunkt nach vorn. Das haltungsstarke Kind verlagert den Gesamtkörper nur gering nach rückwärts (a), wobei es manchmal die Brustkyphose und die Lendenlordose leicht verstärkt (b). Das haltungsschwache Kind schiebt das Becken nach vorn und vertieft die Lordose erheblich: Haltungsverfall (c)" (JUNGHANNS 1986, 199)

Die Beurteilung des MATTHIAS-Halte-Test wird bei der kinematographischen Auswertung folgendermaßen quantifiziert.

Tab. 18: Die Auswertung des MATTHIAS-Halte-Test (Bilder 4, 5, 8 und 9)

Variab.-kürzel	Variablenbezeichnung	Formel	Bedeutung
GKW _{B4} [°]	Gesamtkörperwinkel Bild 4	BBLAH - WSLAH	> : zurückgezogenes B. < : vorgeschob. Becken
GKW _{B5-B4} [°]	Berechnung: GKW _{B5} - GKW _{B4}	> : Becken wird wenig vorgeschoben < : Becken wird stark vorgeschoben	
GKW _{B8} [°]	Gesamtkörperwinkel Bild 8	BBLAH - WSLAH	> : zurückgezogenes B. < : vorgeschob. Becken
GKW _{B9-B8} [°]	Berechnung: GKW _{B9} - GKW _{B8}	> : Becken wird wenig vorgeschoben < : Becken wird stark vorgeschoben	

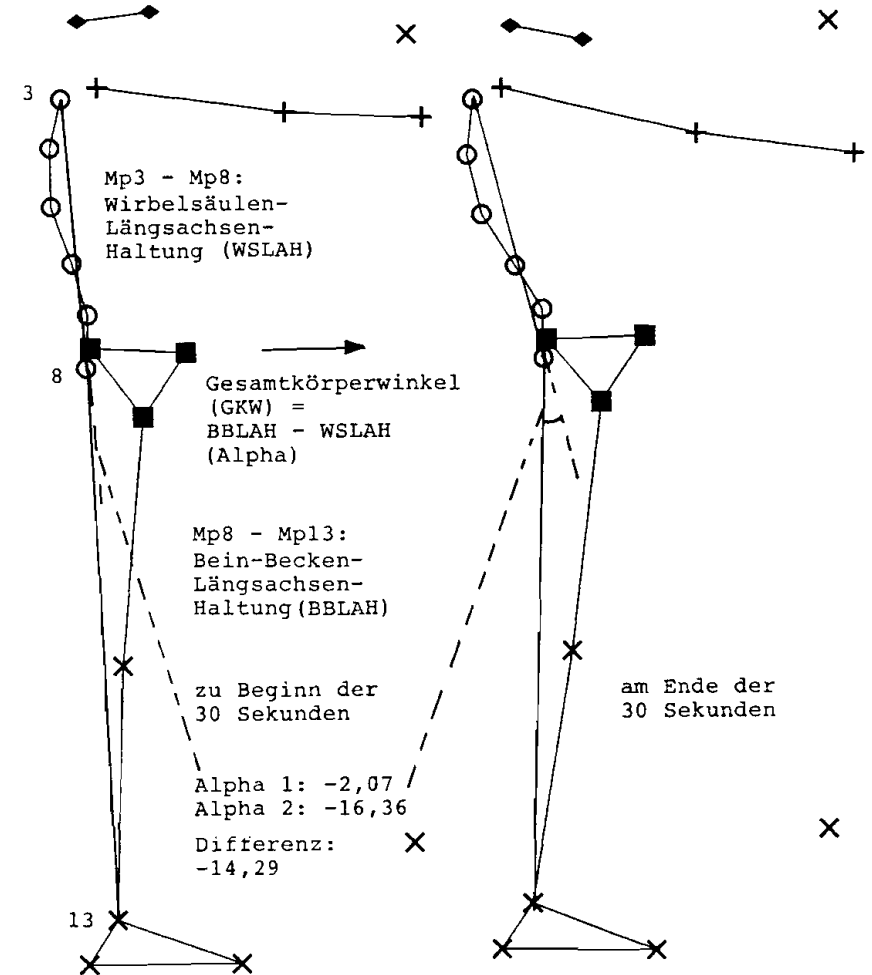


Abb. 39: Die Auswertung des MATTHIAS-Halte-Test

3.2 Beschreibung der Daten

In Tab. 19, S. 116 ff. werden jeweils die Mittelwerte, die Standardabweichungen und die Stichprobenumfänge der Variablen der Gruppe der Vpn gesamt, der Trainingsgruppe A, der Trainingsgruppe B, der Kontrollgruppe und der Trainingsgruppe A und B im Vortest und im Nachtest dargestellt. Auf diese Tabelle wird in Tab. 52, S. 209 ff. bei der Darstellung und inferenzstatistischen Auswertung der Veränderungen vom Vor- zum Nachtest Bezug genommen.

Die Differenz zwischen den Stichprobenumfängen der Vor- und Nachtest Auswertung (54) einerseits und dem Stichprobenumfang der Auswertung der Differenzen der Vpn gesamt (53) andererseits resultiert aus der Tatsache, daß eine Vp von der Schule verwiesen wurde und eine andere Vp nach 2 Wochen in das Training einstieg. Bei den Variablen, bei denen die Stichprobenumfänge des Vor- und Nachtests aufgrund fehlender Werte voneinander abweichen, bzw. bei denen die Werte verschiedener Merkmalsträger im Vor- und Nachtest fehlen, sind die Differenz "Nachtest - Vortest" und die in Tab. 52, S. 209 ff. angegebene Differenz nicht identisch.

Die Umrechnung des Beckenneigungswinkel 1 in den Wertebereich, in dem dieser Winkel in der Regel angegeben wird, erfolgt durch die Formel: $270 - BN_{bi}$, beträgt also durchschnittlich im Vortest $9,88^\circ$ (vgl. Tab. 19, S. 119) und ist somit etwas geringer als der in der Literatur angegebene Mittelwert von 12° ⁶³ (vgl. Kap. II.2.3.1).

Die deutliche Differenz bzgl. der Beckenneigung zwischen den beiden Trainingsgruppen beruht auf der Tatsache, daß die Beckenneigung als Einteilungskriterium diente (vgl. Kap. 4.5.2.B, S. 193).

Beim Vergleich der maximalen Spannungen bei den Dehnungsgradmessungen der Hüftbeuger und der isch. M. fällt ein höherer Wert bei den Hüftbeugern auf (vgl. Tab. 19, S. 117), der jedoch durch den etwa doppelt so langen Kraftarm beim Dehnvorgang der isch. M. relativiert wird. In Bezug zum maximal erreichten Winkel (Dehnungsgrad) besitzen die Winkel, in denen bei den Hüftbeugern und bei der isch. M. die Ruhespannung berechnet wurde, in etwa den gleichen relativen Dehnungsgrad (isch. M. $73,39\%$ ($80/109,01 \times 100$), Hüftbeuger $75,51\%$ ($50/66,22 \times 100$)).

Beim Vergleich der Mittelwerte der ermittelten Kyphose- und Lordosewinkel ($Kyph_{w|bi}$: $33,74^\circ$, $Lord_{w|bi}$: $26,05^\circ$; vgl. Tab. 19, S. 120) mit den Werten, die GROENEVELD (1976) angibt (Kyphose: 26° (180 - 154), Lordose: 17° (180 - 163)), zeigt sich, daß die Werte der vorliegenden Arbeit sowohl im kyphotischen als auch im lordotischen Bereich über den Werten GROENEVELDs liegen, d.h. in der vorliegenden Arbeit eine stärkere Krümmung der WS im Vergleich

zu der Untersuchung GROENEVELDs ermittelt wurde. Als Ursache hierfür könnten 2 Erklärungen herangezogen werden:

1. die höhere Auflösung durch die höhere Zahl der Meßpunkte innerhalb der vorliegenden Untersuchung, und/oder
2. die Entscheidung, bei der Lordose nicht wie GROENEVELD eine schematisierte Form der WS-Markierung zu nutzen, sondern den tiefsten Punkt zu markieren.

Die höhere Übereinstimmung der Werte der vorliegenden Arbeit mit den Werten, die ASMUSSEN u.a. (1959) angeben (Kyphose: $31,8^\circ - 35,4^\circ$ und Lordose: $19,7^\circ - 23,2^\circ$ für die verschiedenen Körpergrößegruppen) stützt bzgl. der Lordose die unter 2. dargestellte Erklärung, denn auch ASMUSSEN u.a. nutzten den tiefsten Punkt der Lordose als Meßpunkt, während bei der Kyphose die 1. Begründung zutreffend erscheint.

Bei den beiden MATTHIASS-Halte-Tests fallen die folgenden 2 Unterschiede auf (vgl. Tab. 19, S. 125):

1. Beim Beginn des 2. M.H.T. ist der Gesamtkörperwinkel um $1,72^\circ$ größer als zu Beginn des 1. M.H.T., d.h., das Becken ist in einer weniger vorgeschobeneren Position ($p = .001$).
2. Während der $30''$ des 2. M.H.T. wird das Becken um $0,99^\circ$ weniger vorgeschoben als während der $30''$ des 1. M.H.T. ($p = .012$).

Diese Unterschiede dokumentieren, daß die Aufmerksamkeitslenkung beim M.H.T. das Verhalten der Vpn in der Weise beeinflusst, daß bei der Aufmerksamkeitslenkung eine bessere Halteleistungsfähigkeit erreicht wird, also manche Vpn beim 1. M.H.T. sowohl zu Beginn als auch im Verlauf des M.H.T. aus Bequemlichkeit das Becken nach vorne schieben.

Im Anschluß an den 1. M.H.T. im Nachtest wurden die Schüler bzgl. einer bewußten Erinnerung an die Aufgabenstellung des 2. M.H.T. im Vortest befragt. Dies war bei keinem Schüler der Fall, so daß die Werte aller Schüler in die Auswertung mit eingingen.

⁶³ APPLETON (zit. bei MATTHIASS 1966, 80) gibt Normalwerte von $5-10^\circ$ an.

Tab. 19: Mittelwerte (jeweils 1. Zahl), Standardabweichungen (jeweils 2. Zahl) und Stichprobenumfänge (jeweils 3. Zahl) der erhobenen und berechneten Variablen im Vor- und Nachtest der Gruppen: Vpn gesamt (N = 54), Trainingsgruppe A (N = 20), Trainingsgruppe B (N = 20), Kontrollgruppe (N = 13) und Trainingsgruppe A und B (N = 40)

1. Vpn-Variablen: Alter, Gewicht und Größe

		Vpn gesamt Vortest	Nachtest	Trai.gr. A Vortest	Nachtest	Trai.gr. B Vortest	Nachtest	Kont.gr. Vortest	Nachtest	Trai.gr. A + B Vortest	Nachtest
[JJ.MM.TT]		14.10.29	15.02.14	14.09.22	15.01.19	14.10.01	15.02.03	14.11.13	15.02.27	14.09.27	15.01.25
[Tage]		380,78	350,97	341,08	339,22	306,39	304,60	436,10	440,03	320,06	318,28
[N]		54	54	20	20	20	20	13	13	40	40
Gewicht	[Kg]	63,52	65,16	59,23	61,59	68,43	70,33	61,69	63,12	63,83	65,96
		11,73	11,63	11,59	11,62	9,92	9,90	12,41	12,50	11,62	11,54
		54	54	20	20	20	20	13	13	40	40
Größe	[cm]	173,60	174,61	168,48	170,22	178,19	179,27	173,88	174,88	173,33	174,75
		8,95	8,49	9,02	8,58	7,54	7,12	7,20	6,81	9,57	9,03
		54	54	20	20	20	20	13	13	40	40

Tab.: Fortsetzung: 2.1 Muskelfunktionsvariablen: Dehnung

		Vpn gesamt Vortest	Nachtest	Trai.gr. A Vortest	Nachtest	Trai.gr. B Vortest	Nachtest	Kont.gr. Vortest	Nachtest	Trai.gr. A + B Vortest	Nachtest
D_{isch}	[°]	109,01	113,14	110,33	112,18	108,82	119,25	106,86	104,89	109,57	115,72
		11,22	13,71	12,24	13,20	12,52	12,99	7,74	12,17	12,25	13,41
		54	54	20	20	20	20	13	13	40	40
Z_{isch}	[N]	79,52	96,99	70,86	84,46	91,70	125,66	70,63	73,87	81,55	105,06
		32,40	45,01	26,47	28,60	38,03	52,13	25,36	33,11	34,15	46,45
		53	54	19	20	20	20	13	13	39	40
$Z_{90\text{isch}}$	[N]	22,95	29,29	17,70	28,38	30,00	28,77	20,38	34,04	24,01	28,57
		20,22	25,49	20,20	18,64	21,32	23,14	17,35	36,78	21,43	20,74
		53	54	19	20	20	20	13	13	39	40
D_{th}	[°]	66,22	67,19	62,51	65,85	66,63	68,82	70,39	65,73	64,40	67,34
		9,24	7,95	8,32	8,40	10,27	7,77	6,99	6,89	9,37	8,13
		51	54	20	20	17	20	13	13	37	40
Z_{th}	[N]	178,73	192,11	159,34	193,18	194,60	194,64	182,75	183,41	175,54	193,91
		51,13	50,29	49,77	47,73	46,84	50,15	51,81	57,87	50,99	48,32
		51	54	20	20	17	20	13	13	37	40
$Z_{50\text{th}}$	[N]	73,58	85,47	80,09	97,46	80,25	79,49	55,38	76,70	80,16	88,71
		39,23	37,83	35,84	37,39	45,00	39,59	34,37	35,27	39,72	39,04
		51	53	20	20	17	19	13	13	37	39

Tab.: Fortsetzung: 2.2 Muskelfunktionsvariablen: Kraft

		Vpn gesamt		Trai.gr. A		Trai.gr. B		Kont.gr.		Trai.gr. A + B	
		Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
K_{It}	[N]	613,87 136,09 54	670,81 159,77 54	585,30 146,24 20	621,80 163,57 20	617,50 106,14 20	721,55 140,96 20	633,85 153,34 13	658,46 170,68 13	601,40 127,18 40	671,68 158,95 40
K_{Hb}	[N]	242,98 51,00 54	245,11 51,68 54	248,80 60,66 20	245,15 55,67 20	242,65 33,52 20	247,95 47,29 20	234,54 61,23 13	242,31 57,34 13	245,73 48,47 40	246,55 51,00 40
K_{Bm}	[N]	267,22 70,29 54	300,24 68,90 54	253,50 77,99 20	286,90 76,45 20	279,60 59,12 20	320,75 53,79 20	260,08 69,55 13	286,77 76,50 13	266,55 69,57 40	303,83 67,46 40
K_{Rm}	[N]	214,87 52,38 54	208,91 46,70 54	215,45 62,87 20	202,90 49,04 20	218,75 40,65 20	215,45 43,93 20	207,31 56,10 13	205,46 50,25 13	217,10 52,28 40	209,18 46,39 40
SuKr	[N]	1338,94 249,95 54	1425,07 276,71 54	1303,05 288,52 20	1356,75 297,92 20	1358,50 163,53 20	1505,70 220,09 20	1335,77 296,16 13	1393,00 314,30 13	1330,78 233,18 40	1431,23 269,31 40

- 118 -

Tab.: Fortsetzung: 3.1.1 Haltungsmessung: Bild 1 (habituelle Haltung (1))

		Vpn gesamt		Trai.gr. A		Trai.gr. B		Kont.gr.		Trai.gr. A + B	
		Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
BN_{WIB1}	[°]	260,12 5,43 54	261,23 5,82 54	255,21 4,34 20	257,37 5,27 20	264,40 2,72 20	264,90 4,16 20	261,01 4,15 13	261,77 5,47 13	259,81 5,86 40	261,14 6,04 40
KB	[°]	167,95 5,46 54	167,38 5,18 54	166,00 5,01 20	164,62 3,87 20	169,23 5,19 20	169,78 5,02 20	168,48 6,02 13	167,83 5,69 13	167,61 5,29 40	167,20 5,14 40
KH	[°]	77,80 7,08 54	78,73 6,49 54	75,64 4,70 20	76,38 5,31 20	78,43 9,08 20	78,95 7,85 20	80,74 5,75 13	81,50 4,74 13	77,04 7,28 40	77,67 6,74 40
KLAH	[°]	180,59 1,00 54	180,49 0,98 54	180,54 1,15 20	180,46 1,02 20	180,70 1,04 20	180,66 0,97 20	180,39 0,63 13	180,46 0,75 13	180,62 1,09 40	180,56 0,99 40
WSLAH	[°]	178,30 3,61 54	177,86 2,78 54	177,58 3,86 20	177,28 2,78 20	178,96 3,86 20	178,41 3,16 20	178,15 2,82 13	178,06 2,17 13	178,27 3,87 40	177,84 2,99 40
BBLAH	[°]	181,65 1,55 54	181,74 1,47 54	181,88 1,52 20	181,94 1,52 20	181,51 1,65 20	181,74 1,56 20	181,48 1,55 13	181,64 1,17 13	181,69 1,58 40	181,84 1,52 40

- 119 -

Tab.: Fortsetzung: 3.1.2 Haltungsmessung: Bild 1 (habituelle Haltung (2))

	Vpn gesamt	Nachtest	Trai.gr. A	Nachtest	Trai.gr. B	Nachtest	Kont.gr.	Nachtest	Trai.gr. A + B	Nachtest
	Vortest		Vortest		Vortest		Vortest		Vortest	
GKW _{B1} [°]	3,35 4,68 54	3,88 3,70 54	4,29 4,78 20	4,66 3,71 20	2,55 5,04 20	3,33 4,24 20	3,33 4,17 13	3,58 2,92 13	3,42 4,93 40	4,00 3,99 40
Sch_H [cm]	-8,00 1,92 54	-8,08 1,85 54	-7,67 1,71 20	-8,22 1,89 20	-8,38 2,39 20	-8,15 1,88 20	-7,80 1,38 13	-7,80 1,94 13	-8,02 2,08 40	-8,18 1,86 40
Kyph _{w1B1} [°]	33,74 6,73 54	32,91 5,73 54	31,64 7,15 20	31,49 6,71 20	34,80 5,18 20	34,37 4,96 20	34,57 7,64 13	32,80 5,28 13	33,22 6,37 40	32,93 6,00 40
Lord _{w1B1} [°]	26,05 7,03 54	25,51 5,89 54	27,14 6,84 20	28,14 4,74 20	25,54 7,00 20	23,51 5,35 20	25,46 7,90 13	24,86 7,23 13	26,34 6,88 40	25,82 5,51 40
SuLoKy [°]	59,79 11,17 54	58,43 9,08 54	58,78 11,53 20	59,63 9,19 20	60,34 10,51 20	57,88 8,99 20	60,02 12,66 13	57,66 9,91 13	59,56 10,92 40	58,75 9,02 40

- 120 -

Tab.: Fortsetzung: 3.2 Haltungsmessung: Bild 2 (angespannte Haltung)

	Vpn gesamt	Nachtest	Trai.gr. A	Nachtest	Trai.gr. B	Nachtest	Kont.gr.	Nachtest	Trai.gr. A + B	Nachtest
	Vortest		Vortest		Vortest		Vortest		Vortest	
BN _{w1B2} [°]	259,85 5,52 54	261,44 5,67 54	255,30 5,01 20	257,85 5,21 20	263,89 3,14 20	265,06 4,31 20	260,42 4,07 13	261,36 5,13 13	259,60 6,00 40	261,46 5,97 40
Kyph _{w1B2} [°]	22,85 7,18 54	23,39 6,54 54	20,65 7,49 20	22,63 6,54 20	23,89 7,28 20	24,77 5,73 20	23,54 5,23 13	22,97 6,80 13	22,27 7,48 40	23,70 6,16 40
Lord _{w1B2} [°]	28,66 6,77 54	28,49 6,25 54	30,58 5,94 20	31,24 5,34 20	27,88 7,57 20	27,32 6,31 20	27,83 5,99 13	26,11 6,57 13	29,23 6,85 40	29,28 6,10 40
GKW _{B2} [°]	1,72 4,74 54	1,98 3,73 54	1,72 4,13 20	2,28 3,58 20	0,89 5,45 20	1,08 4,33 20	2,52 4,50 13	3,25 2,58 13	1,30 4,79 40	1,68 3,97 40

- 121 -

Tab.: Fortsetzung: 3.3 Haltungsmessung: Bild 3 (Ruhehaltung)

	Vpn gesamt	Nachtest	Trai.gr. A	Nachtest	Trai.gr. B	Nachtest	Kont.gr.	Nachtest	Trai.gr. A + B	Nachtest
	Vortest		Vortest		Vortest		Vortest		Vortest	
BN _{w1B3} [°]	263,34 7,29 54	264,60 7,71 54	258,16 6,15 20	261,21 8,06 20	268,40 4,86 20	268,94 4,42 20	263,54 7,06 13	263,24 8,69 13	263,28 7,54 40	265,08 7,52 40
Kyph _{w1B3} [°]	42,44 8,36 54	41,79 7,93 54	39,93 9,29 20	40,82 8,61 20	44,64 6,70 20	45,11 7,21 20	42,01 8,37 13	38,26 6,70 13	42,28 8,34 40	42,96 8,13 40
Lord _{w1B3} [°]	20,88 7,61 54	21,49 7,16 54	23,09 8,07 20	22,83 7,49 20	22,04 6,58 20	21,88 6,94 20	15,46 5,19 13	18,55 6,92 13	22,56 7,29 40	22,36 7,14 40
GKW _{B3} [°]	5,86 8,10 54	6,33 7,54 54	6,35 7,55 20	8,11 6,94 20	3,36 7,97 20	3,29 7,53 20	9,40 8,49 13	8,89 7,15 13	4,86 7,81 40	5,70 7,56 40
R-h-a-KW [dimlos]	0,41 0,24 54	0,44 0,21 54	0,40 0,22 20	0,49 0,15 20	0,44 0,22 20	0,49 0,21 20	0,37 0,31 13	0,32 0,24 13	0,42 0,21 40	0,49 0,18 40

Tab.: Fortsetzung: 3.4 Haltungsmessung: Bild 6 (WS- und Hüftgelenksbeugefähigkeit)

	Vpn gesamt	Nachtest	Trai.gr. A	Nachtest	Trai.gr. B	Nachtest	Kont.gr.	Nachtest	Trai.gr. A + B	Nachtest
	Vortest		Vortest		Vortest		Vortest		Vortest	
Kyph _{B6} [°]	43,15 8,52 54	44,69 7,76 53	41,07 9,53 20	43,61 8,28 20	43,95 7,07 20	46,91 6,04 19	44,00 8,36 13	43,04 9,22 13	42,51 8,41 40	45,22 7,37 39
Lord _{B6} [°]	44,36 6,53 54	44,43 6,53 53	42,86 5,93 20	43,26 6,96 20	45,99 6,29 20	46,04 5,77 19	44,26 7,86 13	43,78 7,15 13	44,42 6,24 40	44,62 6,48 39
WS-b-f [°]	87,51 9,64 54	89,12 9,58 53	83,93 8,96 20	86,88 8,61 20	89,93 8,51 20	92,96 8,53 19	88,26 11,01 13	86,81 11,54 13	86,93 9,15 40	89,84 9,00 39
Hg-b-f [°]	75,49 11,42 54	76,65 11,17 53	80,00 10,81 20	78,99 10,82 20	71,82 11,56 20	74,87 11,04 19	74,88 10,77 13	76,65 11,98 13	75,91 11,80 40	76,98 10,98 39

Tab.: Fortsetzung: 3.5 Haltungsmessung: Bild 7 (WS- und Hüftgelenksstreckfähigkeit)

	Vpn gesamt		Trai.gr. A		Trai.gr. B		Kont.gr.		Trai.gr. A + B	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
Kyph ₈₇ [°]	-15,12 11,08 54	-16,19 10,73 54	-13,91 12,98 20	-16,34 11,34 20	-16,82 9,08 20	-16,55 9,73 20	-13,52 11,14 13	-14,81 12,14 13	-15,36 11,16 40	-16,45 10,43 40
Lord ₈₇ [°]	43,79 9,86 54	44,00 11,31 54	44,20 8,20 20	45,37 9,94 20	43,81 11,13 20	42,64 11,78 20	42,65 11,05 13	42,15 11,47 13	44,01 9,65 40	44,00 10,85 40
WS-st-f [°]	28,67 13,71 54	27,81 17,26 54	30,30 15,00 20	29,04 17,59 20	27,00 12,97 20	26,08 16,97 20	29,14 14,02 13	27,34 18,45 13	28,65 13,94 40	27,56 17,13 40
Hg-st-f [°]	-25,52 7,97 54	-24,30 7,76 54	-29,49 7,93 20	-26,32 8,40 20	-23,94 7,94 20	-22,45 5,40 20	-22,12 6,12 13	-24,08 9,78 13	-26,71 8,32 40	-24,39 7,24 40

- 124 -

Tab.: Fortsetzung: 3.6 Haltungsmessung: Bilder 4, 5, 8 und 9 (MATTHIAS-Halte-Test)

	Vpn gesamt		Trai.gr. A		Trai.gr. B		Kont.gr.		Trai.gr. A + B	
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest
GKW _{B4} [°]	3,41 5,40 54	3,94 4,79 54	3,57 4,64 20	4,84 4,40 20	2,91 6,34 20	3,45 4,93 20	4,02 5,46 13	3,50 5,46 13	3,24 5,50 40	4,14 4,67 40
GKW _{B3-B4} [°]	-3,98 2,47 54	-3,15 2,72 54	-3,77 2,42 20	-3,28 1,65 20	-4,25 2,43 20	-2,83 3,15 20	-3,78 2,84 13	-2,92 2,97 13	-4,01 2,41 40	-3,05 2,49 40
GKW _{B8} [°]	5,07 5,45 52	6,69 4,97 52	5,53 4,85 19	6,77 5,22 19	4,60 5,69 20	6,25 4,72 19	5,03 6,52 12	7,40 5,41 13	5,06 5,25 39	6,51 4,92 38
GKW _{B3-B8} [°]	-2,99 3,50 52	-2,59 3,20 52	-2,92 3,63 19	-1,84 3,09 19	-3,34 3,54 20	-2,77 2,72 19	-2,67 3,59 12	-3,65 3,89 13	-3,13 3,54 39	-2,31 2,91 38

- 125 -

3.3 Zur Reliabilität der Meßverfahren

Bevor mit der inferenzstatistischen Auswertung begonnen wird, soll die Reliabilität der Meßverfahren überprüft werden. Bei der Angabe der Reliabilitätskoeffizienten, die ein Meßverfahren aufweisen sollte, um als zuverlässig zu gelten, werden nach BALLREICH in der Literatur sehr unterschiedliche Zahlen genannt. Demnach fordert EKMANN einen Reliabilitätskoeffizienten von "mindestens 0.90", während man erst bei einem Reliabilitätskoeffizienten von 0,95 von "guter Reliabilität" spreche. Nach MATHEWS sollten sportmotorische Tests Reliabilitätskoeffizientenwerte in Höhe 0.90 - 0.99 aufweisen. MEYERS und BLESCH geben als untere Schranke bei Gruppenanalysen 0.75 und für Individualanalysen 0.85 an. TUCKER nennt als minimalen Wert des Reliabilitätskoeffizienten 0.90 (zit. bei BALLREICH 1970; 48 f.).

Bei WILLIMCZIK findet sich die folgende Tabelle:

Tab. 20: "Bewertung von Reliabilitäts- und Objektivitätskoeffizienten" (WILLIMCZIK 1983, 118)

r	Bewertung
> = 0.95	ausgezeichnet
0.90 - 0.94	sehr gut
0.80 - 0.89	annehmbar
0.70 - 0.79	gering
< = 0.69	fraglich

Es ist offensichtlich, daß keine übereinstimmenden Werte für die Reliabilitätskoeffizienten existieren. Im weiteren wird die Einteilung WILLIMCZIKs übernommen.

3.3.1 Muskelfunktionsmessung

Bei der Prüfung der Reliabilität des Meßverfahrens der Muskelfunktion werden jeweils die Korrelationen der 3 Versuche im Vortest zugrundegelegt, d.h. die Korrelation des 1. und des 2. Versuchs (V1/V2), des 1. und des 3. Versuchs (V1/V3) und des 2. und des 3. Versuchs (V2/V3).

Tab. 21: Reliabilitätskoeffizienten (jeweils 1. Zahl), Stichprobenumfänge (jeweils 2. Zahl) und Irrtumswahrscheinlichkeiten (jeweils 3. Zahl) der 3 Versuche bei der Muskelfunktionsmessung im Vortest

	V1/V2	V1/V3	V2/V3		V1/V2	V1/V3	V2/V3
D_{sch}	.9077	.8413	.9370	K_{Hb}	.8731	.8302	.9227
	54	54	54		54	54	54
	.000	.000	.000		.000	.000	.000
D_{Hb}	.9093	.9305	.9206	K_{Bm}	.9104	.8297	.9143
	50	49	50		54	54	54
	.000	.000	.000		.000	.000	.000
K_{Hs}	.8253	.8111	.9132	K_{Rm}	.8568	.8453	.8853
	54	54	54		52	53	53
	.000	.000	.000		.000	.000	.000

Daß die höchste Korrelation bei allen Messungen (mit Ausnahme von D_{Hb}) zwischen dem 2. und dem 3. Versuch besteht, ist darauf zurückzuführen, daß kein Versuch zur Gewöhnung an das Meßverfahren durchgeführt wurde. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei den Meßverfahren zur Muskelfunktion eine annehmbare (K_{Rm}) bis sehr gute (D_{sch} , D_{Hb} , K_{Hs} , K_{Hb} , K_{Bm}) Reliabilität gegeben ist.

3.3.2 Die Messung haltungskonstituierender Merkmale

Bei der Prüfung der Reliabilität des Verfahrens zur Messung haltungskonstituierender Merkmale muß unterschieden werden in:

- die kinematographische Auswertung, und
- die Arbeitsschritte, die bei der Anfertigung der Photographien anfallen.

A Die kinematographische Auswertung

Um die Reliabilität der kinematographischen Auswertung zu ermitteln, wurden die gesamten Dias des Vor- und Nachtests 2mal ausgewertet. Dabei wurden die folgenden Korrelationen zwischen den 2 Auswertungen festgestellt:

BN_{w1B1} $r = .9959$, $Kyph_{w1B1}$ $r = .9745$ und $Lord_{w1B1}$ $r = .9779$ im Vortest; und

BN_{w1B1} $r = .9947$, $Kyph_{w1B1}$ $r = .9688$ und $Lord_{w1B1}$ $r = .9746$ im Nachtest.

Das Gütekriterium der Reliabilität ist bei der kinematographischen Auswertung demnach mit "ausgezeichnet" zu bewerten. Die Differenz der Reliabilitätskoeffizienten der Variablen " $Kyph_{w1B1}$ " und " $Lord_{w1B1}$ " zu denjenigen des " BN_{w1B1} " resultieren aus 2 Gegebenheiten:

1. Bei der Bestimmung der WS-Winkel waren die Basen der Markierungsklötzchen z.T. nicht sichtbar, so daß ihre Positionen durch die auf ihnen angebrachten Linien rekonstruiert werden mußten.
2. Für die Berechnung der WS-Winkel mußten entsprechend mehr Markierungspunkte bestimmt werden.

B Die Anfertigung der Photographien

Um die Reliabilität der Arbeitsschritte, die bei der Anfertigung der Photographien anfallen, zu überprüfen, hätten die Vpn 2mal markiert und photographiert werden müssen. Dies konnte aus organisatorischen Gründen nicht durchgeführt werden. Bei der Korrelation der Variablen des Vortests mit denen des Nachtests ergaben sich die folgenden Koeffizienten:

Tab. 22: Die Reliabilität der Messungen

BN _{w1B1}	.799	BN _{w2B1}	.694	BN _{w3B1}	.640
KB	.630	KH	.618	KLAH	.758
WSLAH	.826	BBLAH	.833	GKW _{B1}	.845
Sch_H	.600	Kyph _{w1B1}	.823	Lord _{w1B1}	.617
SuLoKy	.801	Kyph _{B6}	.834	Lord _{B6}	.762
WS-b-f	.879	Hg-b-f	.775	Kyph _{B7}	.740
Lord _{B7}	.650	WS-st-f	.832	Hg-st-f	.609
GKW _{B4}	.787	GKW _{B5-B4}	.569	GKW _{B8}	.596
GKW _{B9-B8}	.310	BN _{w1B2}	.729	Kyph _{w1B2}	.786
Lord _{w1B2}	.592	GKW _{B2}	.656	BN _{w1B3}	.646
Kyph _{w1B3}	.678	Lord _{w1B3}	.542	GKW _{B3}	.644
R-h-a-KW	.365				

Trotz des großen zeitlichen Abstandes (knapp 4 Monate) sind die Reliabilitätskoeffizienten zum großen Teil annehmbar. Daß der BN_{w1B1} im Vergleich zu dem BN_{w2B1} und dem BN_{w3B1} die höchste Korrelation aufweist, beruht auf der Tatsache, daß der Trochanter major im Vergleich zu der Spina iliaca anterior superior und der Spina iliaca posterior superior am ungenauesten ertastet werden kann. In der weiteren Auswertung wird aufgrund dieses höchsten Reliabilitätskoeffizienten ausschließlich der BN_{w1B1} zugrundegelegt. Der geringe Reliabilitätskoeffizient der Sch_H resultiert aus einer ungenügenden Standardisierung des Meßvorganges. So konnte bei einer

Betrachtung der Dias festgestellt werden, daß die Tatsache, ob beim Armeverschränken die linke Hand unter den rechten Arm - oder die rechte Hand unter den linken Arm geschoben wurde, die Schulterhaltung der Vpn deutlich sichtbar beeinflußt wird. Hier hätten die Vpn mit hängenden Armen photographiert werden sollen. Angesichts der durchschnittlichen Größenzunahme von 1,31cm mit einer Standardabweichung von 1,15 und einem Maximum von 4,5cm kann gefolgert werden, daß sich die Haltung der Vpn z.T. tatsächlich geändert hat (geringe Merkmalskonstanz⁶⁴), so daß bei einer Überprüfung der Reliabilität in einem kürzeren Test-Retest-Zeitintervall mit höheren Koeffizienten zu rechnen ist.

3.4 Zur inferenzstatistischen Auswertung

Die folgende Tabelle verdeutlicht die Gliederung der Auswertung der vorliegenden Untersuchung.

Tab. 23: Die Auswertung des Experiments im Überblick

(MFM = Muskelfunktionsmessung, HM = Haltungsmessung, V = Vortest, N = Nachtest; die Zahlen in den Zellen liegen der Gliederung zugrunde (s.u.))

	Vpn Var.	MFMV	HMV	MFMN	HMN	MFMN-MFMV	HMN-HMV
MFMV	1(V)	2(V)	4(V)	5(A)			
HMV	1(V)		3(V)		5(B)		
MFMN	1(N)			2(N)	4(N)		
HMN	1(N)				3(N)		
MFMN-MFMV						5(C)	6
HMN-HMV							

⁶⁴ Vgl. zur Bedingungskonstanz und Merkmalskonstanz von Tests WILLIM-CZIK 1983, 118 f.

Das Versuchsdesign ermöglicht die Bearbeitung der folgenden Fragen:

1. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den Vpn-Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" einerseits und den Muskelfunktionsvariablen und den haltungskonstituierenden Merkmalen andererseits?
2. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Muskelfunktionsvariablen?
3. Welche Zusammenhänge existieren zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen?
4. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen und den Muskelfunktionsvariablen?
5. Sind die Mittelwertunterschiede zwischen dem Vor- und Nachtest signifikant?
 - A) Muskelfunktionsmessung
 - a) Vpn gesamt

Sind die Mittelwertunterschiede zwischen dem Vor- und Nachtest in den 3 Gruppen (A, B, K) und in der zusammengefaßten Gruppe A B signifikant?

 - b) Trainingsgruppe A
 - c) Trainingsgruppe B
 - d) Kontrollgruppe
 - e) Trainingsgruppe A+B
 - f) Unterscheiden sich die Differenzen zwischen dem Vor- und Nachtest der Gruppen untereinander?
 - f.1) Trainingsgruppe A - Kontrollgruppe
 - f.2) Trainingsgruppe B - Kontrollgruppe
 - f.3) Trainingsgruppe A - Trainingsgruppe B
 - f.4) Trainingsgruppe A+B - Kontrollgruppe
 - B) Haltungsmessung (vgl. 5.A.a - 5.A.f.4)
 - C) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen?
6. Gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und denjenigen der haltungskonstituierenden Merkmale?

Bei den Untersuchungsschwerpunkten 1-4 könnten die erhobenen Werte des Vor- und Nachtests ausgewertet werden; hier findet jedoch eine Konzentration auf die Vortestauswertung statt.

Die inferenzstatistische Auswertung wurde mit dem Statistik-Programm SPSS/PC+ Version 3.0 durchgeführt. Die angegebenen Irrtumswahrscheinlichkeiten p beziehen sich sowohl bei den T-Tests als auch bei den Produkt-Moment Korrelations-

koeffizienten r von Pearson auf eine zweiseitige Fragestellung ('two-tailed probability'); eine Division durch 2 ergibt den Wert für eine einseitige Fragestellung (UEHLINGER 1988, 272). In Anlehnung an die SPSS Schreibweise wird in den Tabellen die Zeichenfolge "0," durch das Zeichen "." ersetzt.

Bei Ergebnissen mit bemerkenswerten Irrtumswahrscheinlichkeiten ($< 0,05$) wird p jeweils durch Fettdruck hervorgehoben. Bei der Auswertung der Unterschiedshypothesen in Kap. 4.5 und in der Tab. 34, S. 153 werden die Ergebnisse des weiteren durch die folgenden Zeichen gekennzeichnet:

Tab. 24: Kennzeichnung der Ergebnisse in den Tabellen 34, S. 153 und 52, S. 209 ff.

Irrtumswahrscheinlichkeit p	$< 0,10$ signifikanter Trend	$< 0,05$ signifikant	$< 0,01$ sehr signifikant
einseitige Fragestellung	*	**	***
zweiseitige Fragestellung	+	++	+++

Bei einseitiger Fragestellung werden die aufgeführten Werte zusätzlich unterstrichen. Die Begründung für die Wahl der einseitigen Fragestellung wird jeweils in der Erörterung der Ergebnisse dargelegt.

3.5 Zum multivariaten Ansatz bei der Untersuchung von Zusammenhangshypothesen

Im theoretischen Teil wurde häufiger Kritik an den Vorgehensweisen der inferenzstatistischen Auswertungen der dargestellten Untersuchungen geäußert. Dabei wurde insbesondere das Fehlen multivariater Verfahren bemängelt. Diese Kritik soll an dieser Stelle noch einmal aufgegriffen und durch die Vorstellung der multiplen Regression begründet werden. Dieser Exkurs in die Statistik ist zum Verständnis der Wahl des Auswerteverfahrens und der Ergebnisse unabdingbar.

Grundsätzlich können bei der Untersuchung von Zusammenhangshypothesen 4 Vorgehensweisen angewandt werden.

1. Die Variablen werden paarweise miteinander korreliert. Dabei treten 2 Nachteile auf:
 - 1.1. Mit steigender Variablenzahl ist die Grenze der Überschaubarkeit schnell erreicht.

1.2. Durch die Dominanz bestimmter Merkmale in den Prädiktorvariablen, deren Varianz durch eine Suppressorvariable⁶⁵ innerhalb einer multiplen Korrelation unterdrückt werden kann, können höhere Korrelationen verhindert (BORTZ 1989, 564 ff.) oder Scheinkorrelationen (SAURWEIN u.a. 1991, 347 ff.; WILLIMCZIK 1975, 145) verursacht werden. Hierbei sind vor allem die Vpn-Variablen "Alter", "Gewicht" und "Größe" zu nennen, die hohe Korrelationen mit den Muskelfunktions- und mit den Haltungsvariablen aufweisen (vgl. Tab. 27, S. 143 f.).

2. Um den Zusammenhang zwischen dem Verhältnis mehrerer unabhängiger Variablen untereinander und einer abhängigen Variablen zu untersuchen, werden mehrere Variablen durch Addition, Subtraktion, Division und Multiplikation verbunden.

Bei der vorliegenden Untersuchung würden solche Zusammenfassungen folgendermaßen aussehen:

a1) Bei der Untersuchung von "Muskelbalancevariablen Kraft":

$K_{Hs} / (K_{Hs} + K_{Bm} + K_{Rm})$, $K_{Hb} / (K_{Hs} + K_{Bm} + K_{Rm})$, $K_{Bm} / (K_{Hs} + K_{Hb} + K_{Rm})$ und $K_{Rm} / (K_{Hs} + K_{Hb} + K_{Bm})$, um den Zusammenhang zwischen der Kraft **einer** der vier Muskelgruppen in Relation zu den anderen 3 Muskelgruppen und haltungskonstituierenden Merkmalen zu untersuchen.

a2) Bei der Untersuchung von "Muskelbalancevariablen Kraft":

K_{Hs}/K_{Hb} , K_{Hs}/K_{Bm} , K_{Hs}/K_{Rm} , K_{Hb}/K_{Bm} , K_{Hb}/K_{Rm} und K_{Bm}/K_{Rm} , um den Zusammenhang zwischen der Kraft **einer** Muskelgruppe in Relation zu **einer** der drei anderen Muskelgruppen und haltungskonstituierenden Merkmalen zu untersuchen.

a3) Bei der Untersuchung von "Muskelbalancevariablen Kraft":

$(K_{Hs} + K_{Hb}) / (K_{Bm} + K_{Rm})$, $(K_{Hs} + K_{Bm}) / (K_{Hb} + K_{Rm})$ und $(K_{Hs} + K_{Rm}) / (K_{Hb} + K_{Bm})$, um den Zusammenhang zwischen der Kraft von **zwei** Muskelgruppen in Relation zu den anderen 2 Muskelgruppen und haltungskonstituierenden Merkmalen zu untersuchen.

b) Bei der Untersuchung von "Muskelschwächevariablen":

$K_{Hs}/\text{Gewicht}$, $K_{Hb}/\text{Gewicht}$, $K_{Bm}/\text{Gewicht}$ und $K_{Rm}/\text{Gewicht}$, um den Zusammenhang zwischen der Kraft der Muskelgruppen in Relation zum Körpergewicht und haltungskonstituierenden Merkmalen zu untersuchen.

c) Bei der Untersuchung von "Muskelbalancevariablen Dehnung":

D_{isch}/D_{Hb} , Z_{isch}/Z_{Hb} und Z_{90isch}/Z_{90Hb} , um den Zusammenhang zwischen dem Verhältnis der Dehnungsvariablen der isch. M. und der Hüftbeuger zueinander und haltungskonstituierenden Merkmalen zu untersuchen.

⁶⁵ "Eine Suppressorvariable ist eine Variable, die den Vorhersagebeitrag einer (oder mehrerer) anderer Variablen erhöht, indem sie irrelevante Varianzen in der (den) anderen Prädiktorvariablen unterdrückt." (BORTZ, 564)

Ob diese Rechenverfahren angewandt werden dürfen, ist abhängig vom Skalenniveau, mit dem die Merkmale gemessen werden. Divisionen und Multiplikationen sind auf dem höchsten Skalenniveau, der Verhältnisskala bzw. Ratioskala zulässig, die durch eine Äquidistanz der Intervalle und durch einen invarianten Nullpunkt gekennzeichnet sind (BORTZ, 30; BENNINGHAUS, 21). Dabei ist die Frage nach dem wahren Null-Punkt (BORTZ, 31) entscheidend.⁶⁶ Werden die Rohwerte von Skalen, die nicht die Bedingungen einer Ratioskala erfüllen, durch Addition, Subtraktion, Division und Multiplikation verbunden, kann es zu einer unterschiedlichen Gewichtung der Rohwerte kommen (vgl. BENNINGHAUS, 63), da Unterschiede der Skalendimensionen und der Varianz der Rohwerte die Ausprägung der neuen Variablen beeinflussen. Bei den Skalen, die den Messungen der Muskelfunktion zugrundeliegen, handelt es sich jeweils um metrische Skalen ([N], [°]), bei denen jedoch die Erfüllung der Bedingungen der Ratioskala fraglich ist.⁶⁷ Neben diesen Problemen, die durch das Rechenverfahren verursacht werden, hat diese Vorgehensweise gegenüber der multiplen Regression Nachteile, die unter 3. genannt werden.

3. Das unter 2. dargestellte Problem bei der Berechnung von Variablen besteht in der Frage nach dem Rechenverfahren, mit dem die Rohwerte "mehrerer Variablen zu einem Skalen- oder Indexwert" (BENNINGHAUS, 40) kombiniert werden, um aussagekräftige Variablen zu erhalten.

"Die Datenmatrix kann ebensogut *zeilenweise* [H.d.A.] ausgewertet werden (engl. unit centered analysis, horizontal analysis). Bei zeilenweiser Auswertung oder Analyse werden Merkmalsausprägungen mehrerer Merkmale eines Merkmalsträgers (...) betrachtet und zur Bildung von Skalen-, Index- oder Testwerten etc. verwendet. Auf diese Weise entstehen neue Merkmale oder Variablen ... Die neuen Variablen können dann wie alle übrigen behandelt, d.h. spaltenweise ausgewertet werden." (BENNINGHAUS, 9)

Um die unterschiedliche Gewichtung der zu kombinierenden Variablen in der neuen Variablen zu vermeiden, werden die Rohwerte durch z-Transformation normalisiert und dann kombiniert (vgl. BENNINGHAUS, 61-63 und 157).

"Um die Abweichungen zweier Leistungen vom Mittelwert besser vergleichen zu können, müssen sie zuvor an der Unterschiedlichkeit aller Werte im jeweiligen Kollektiv relativiert werden [H.d.A.]. Dies geschieht, indem die Abweichungen durch die Standardabweichungen im jeweiligen Kollektiv dividiert werden. Ein solcher Wert wird als **z-Wert** [H.d.A.] bezeichnet." (BORTZ, 62)

⁶⁶ vgl. BALLREICH 1970, 87

⁶⁷ Werden z.B. in einer Stichprobe bei Kraftmessungen der Bauchmuskeln 200 N - 300 N - bei den Rückenmuskeln 100 N - 200 N gemessen und sind die tiefsten und höchsten Werte jeweils von denselben 2 Vpn, so ergibt sich einmal ein Quotient von 2 (200/100) und einmal ein Quotient von 1,5 (300/200). Werden nun die Messungen etwas verändert, so daß z.B. die Bauchmuskeln nicht in sitzender, sondern in liegender Position vermessen werden und somit alle Vpn um 100 N niedrigere Werte erreichen, so ergibt sich in beiden Fällen ein Quotient von 1 (100/100, bzw. 200/200).

"In anderen Fällen kombiniert man die Werte mehrerer Variablen, von denen gegebenenfalls einige zuvor "gedreht" [H.d.A.] wurden, durch **additive** [m.H.] Verknüpfung zu einem Skalen- oder Indexwert." (BENNINGHAUS, 40)

"Durch die z-Transformation werden Meßwerte in eine Form umgewandelt, die es erlaubt, sie mit anderen Werten derselben oder einer anderen Verteilung zu vergleichen. ... Oder man möchte die Meßwerte ... kombinieren." (157)⁶⁸

Bei diesem Verfahren würden die Variablen folgendermaßen verknüpft ("z_" bedeutet: z-transformierter Rohwert):

$$a1) \quad z_{K_{Hs}} - (z_{K_{Hb}} + z_{K_{Bm}} + z_{K_{Rm}}), \quad z_{K_{Hb}} - (z_{K_{Hs}} + z_{K_{Bm}} + z_{K_{Rm}}), \quad z_{K_{Bm}} - (z_{K_{Hs}} + z_{K_{Hb}} + z_{K_{Rm}}) \text{ und } z_{K_{Rm}} - (z_{K_{Hs}} + z_{K_{Hb}} + z_{K_{Bm}});$$

$$a2) \quad z_{K_{Hs}} - z_{K_{Hb}}, \quad z_{K_{Hs}} - z_{K_{Bm}}, \quad z_{K_{Hs}} - z_{K_{Rm}}, \quad z_{K_{Hb}} - z_{K_{Bm}}, \quad z_{K_{Hb}} - z_{K_{Rm}} \text{ und } z_{K_{Bm}} - z_{K_{Rm}};$$

$$a3) \quad (z_{K_{Hs}} + z_{K_{Hb}}) - (z_{K_{Bm}} + z_{K_{Rm}}), \quad (z_{K_{Hs}} + z_{K_{Bm}}) - (z_{K_{Hb}} + z_{K_{Rm}}) \text{ und } (z_{K_{Hs}} + z_{K_{Rm}}) - (z_{K_{Hb}} + z_{K_{Bm}});$$

$$b) \quad z_{K_{Hs}} - z_{\text{Gewicht}}, \quad z_{K_{Hb}} - z_{\text{Gewicht}}, \quad z_{K_{Bm}} - z_{\text{Gewicht}} \text{ und } z_{K_{Rm}} - z_{\text{Gewicht}};$$

$$c) \quad z_{D_{\text{sch}}} - z_{D_{Hb}}, \quad z_{Z_{\text{sch}}} - z_{Z_{Hb}} \text{ und } z_{Z_{\text{Bisach}}} - z_{Z_{\text{soHb}}}.$$

Diese Vorgehensweise hat gegenüber der multiplen Regression die folgenden Nachteile.

3.1. Bei der multiplen Regression geben die b-Gewichte Aufschluß über die Bedeutsamkeit der einzelnen Prädiktorvariablen:

"Je höher das b-Gewicht einer Prädiktorvariablen (unabhängig vom Vorzeichen), desto bedeutsamer ist die Prädiktorvariable für die Vorhersage der Kriteriumsvariablen." (BORTZ, 561)

Während also Variablen, die durch das unter 3. dargestellte Rechenverfahren verknüpft werden, bei der Korrelation mit einer abhängigen Variablen nur etwas über den multiplen Korrelationskoeffizienten R aussagen, liefert die multiple Korrelation Informationen über die Beteiligung der einzelnen Prädiktorvariablen an dem Korrelationskoeffizienten R.

3.2. Die multiple Korrelation gibt neben der Information über die Höhe der Beteiligung einer Prädiktorvariablen an der Gesamtkorrelation Auskunft über die Signifikanz der Beta-Gewichte (Sig T; BORTZ, 559) und über die Signifikanz des multiplen Zusammenhangs (Signif F; BORTZ, 558).

3.3. Multiple Korrelationen überschätzen den wahren Zusammenhang (BORTZ, 558). Werden also Variablen nach dem unter 3. dargestellten Verfahren zusammengefaßt und mit einer abhängigen Variablen korreliert, so können die vom Programm SPSS+Pc angegebenen Irrtumswahrscheinlichkeiten bzw. die in Tabellen

⁶⁸ Vgl. auch: FRÖHLICH u.a. 1972, Kap. 3.7.3. "Der Gebrauch von z-Werten zum Zwecke des Vergleiches numerisch verschiedenartiger Maßzahlreihen"

für Signifikanzgrenzen für Produkt-Moment-Korrelationen nachgeschlagenen Werte **nicht** bei der Überprüfung der Signifikanz herangezogen werden. Um das Überschätzen des wahren Zusammenhangs durch die multiple Korrelation zu kompensieren, wurden Formeln zur "Schrumpfungskorrektur" (BORTZ, 558) entwickelt. Im Programm SPSS+Pc wird bei der Ergebnisausgabe der Wert des Multiple R, des R Square und des Adjusted R Square angegeben. Das unter 3. dargestellte Rechenverfahren beinhaltet also neben dem Nachteil des **Informationsverlustes** die Gefahr des **Alpha-Fehlers**.

3.4. Durch die multiple Korrelation können redundante Variablen identifiziert werden.

3.5. Bei der multiplen Korrelation im Programm SPSS+Pc werden die Prädiktorvariablen ggf. gedreht und so die günstigste Verknüpfung erreicht, die bei dem unter 3. beschriebenen Verfahren bei unerwarteten Zusammenhängen nicht - bzw. nur durch langwieriges Probieren herausgefunden werden kann.

4. Bei der multiplen Korrelation handelt es sich um ein kompliziertes Rechenverfahren, das an dieser Stelle nicht explizit erklärt werden soll. Es ist jedoch bemerkenswert, daß es sich bei der Verknüpfung der Variablen um eine Addition der 2 (oder auch mehrerer) z-transformierten Rohwerte handelt (BORTZ, 556), also in diesem Punkt dem unter 3. dargestellten Rechenverfahren entspricht. Wie bereits angesprochen wurde, sind in der Literatur keine Untersuchungen dokumentiert, in denen der Zusammenhang zwischen der Körperhaltung und der Muskelfunktion durch die multiple Korrelation erhoben wird. Es liegen jedoch Untersuchungen vor, in denen auf anderem Wege versucht wurde, Suppressionseffekte zu erzielen. Bei ASMUSSEN u.a. (1959) und KLAUSEN u.a. (1978) wurde die Wirkung von Suppressorvariablen durch die folgende Vorgehensweise berücksichtigt.

1. Die Probanden wurden in 6 Gruppen unterteilt, die nach der Körpergröße geordnet waren.
2. Diese Gruppen wurden wiederum in 2 Gruppen unterteilt, wobei z.B. der Mittelwert der Lordosewinkel als Einteilungskriterium diente, d.h. in einer Gruppe befanden sich Probanden mit überdurchschnittlich - und in der anderen Gruppe die Probanden mit unterdurchschnittlich großen Lordosewinkeln.
3. Der Mittelwert der Rückenmuskelmaximalkraft der 12 Gruppen (6 mal 2) wurde berechnet und zusammen mit den Mittelwerten der Lordosewinkel in einer X/Y-Grafik dargestellt.

Bei dieser Vorgehensweise zeigt sich eine positive Korrelation, wenn in allen bzw. in der Mehrzahl der 6 Körpergrößengruppen die Probanden mit überdurchschnittlich stark ausgeprägten Lordosewinkeln auch überdurchschnittlich kräftige Rückenmuskeln haben (vgl. ASMUSSEN u.a. 182, KLAUSEN u.a. 176).

4 Darstellung und Erörterung der Ergebnisse

Wie bereits im theoretischen Teil dargestellt wurde, liegen nur zu einigen untersuchten Teilaspekten vergleichbare Untersuchungen vor, so daß nur in wenigen Fällen ein Vergleich mit Befunden der entsprechenden Untersuchungen möglich ist.

Im Kap. 3.5 wurde die Bedeutung des multivariaten Ansatzes bei der Untersuchung von Zusammenhängen dargestellt. Wenn in der weiteren Auswertung dennoch jeweils die Korrelationsmatrizen aufgeführt werden, so dient dies der ersten Orientierung:

"Eine Korrelationsmatrix bietet nicht nur einen raschen Überblick über die bivariaten Zusammenhänge zwischen den eingegebenen Variablen, sie ermöglicht auch erste Einblicke in die Struktur der Beziehungen zwischen den Variablen. Ein solches Vorgehen ist explorativ und bietet keinen Ersatz für die Anwendung multivariater statistischer Verfahren," (SAURWEIN u.a. 1991, 366).

4.1 Zusammenhänge zwischen den Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" einerseits und den Muskelfunktionsvariablen und den haltungskonstituierenden Merkmalen andererseits

Wie bereits in Kap. III.3.5 dargestellt wurde, können die Vpn-Variablen aufgrund ihrer Korrelationen mit den Muskelfunktionsvariablen und den haltungskonstituierenden Merkmalen Suppressioneffekte ausüben, bzw. Scheinkorrelationen verursachen:

"Zur Scheinkorrelation kommt es, wenn bivariable Verteilungen in starkem Maße von weiteren, unabhängigen Variablen beeinflusst werden." (WILLIMCZIK 1975, 144)

Tabelle 27, S. 143 f. zeigt die Korrelationen zwischen den Vpn-Variablen einerseits und den Muskelfunktionsvariablen und den haltungskonstituierenden Merkmalen andererseits.

Um diese Korrelationsmatrix auf die Phänomene der Scheinkorrelationen und der Suppressioneffekte hin zu untersuchen, wurde jeweils mit allen Variablen eine multiple Korrelation (im weiteren "m.K.") durchgeführt (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES DISCH [u.s.w.] ALTER GROESSE GEWICHT /DEPENDANT DISCH [u.s.w.] /METHOD BACKWARD). Bei der Methode BACKWARD (Rückwärts-Elimination) werden zunächst alle Prädiktorvariablen (im weiteren "P.v.") in die Regressionsgleichung aufgenommen. Danach wird bei jedem weiteren Schritt die Variable mit der größten Wahrscheinlichkeit von F eliminiert.⁶⁹ Die Methode "BACKWARD nimmt als Ausschlußkriterium das maximale Signifikanzniveau von F (POUT-Subparameter)" (UEHLINGER 1988, 236), für das in der weiteren Auswertung generell 0.10 gewählt wurde.

⁶⁹ (vgl. UEHLINGER 1988, 233)

In Tab. 28, S. 145 sind in der 1. Zeile (DEPENDENT) jeweils die Kriteriumsvariablen (im weiteren "K.v.") aufgeführt. Es werden nur die Ergebnisse derjenigen multiplen Korrelationen dargestellt, bei denen ein bemerkenswerter Unterschied zur bivariaten Korrelation besteht.

Die m.K. mit der Variablen "D_{isch}" ergibt, daß Vpn, die in Relation zur Größe leicht sind, eine geringere Dehnungsfähigkeit der isch. M. aufweisen (Tab. 28, S. 145).

Bei der m.K. mit der Variablen "Z_{isch}" zeigt sich, daß die Variablen "Alter" und "Größe" redundant sind. Es besteht somit ausschließlich ein positiver, sehr signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gewicht und der maximalen Dehnungsspannung (Tab. 27, S. 143).

Bei der Variablen "Z_{soisch}" ergibt sich durch die m.K. kein höherer Zusammenhang. Es besteht also lediglich ein positiver signifikanter Trend (p < 0,10 bei zweiseitiger Fragestellung) zwischen den Variablen "Größe" und "Z_{soisch}": Je größer die Vp, um so höher ist die Ruhespannung der isch. M. (Tab. 27, S. 143).

Bei der Variablen "D_{hb}" offenbart die m.K., daß die Vpn-Variablen "Größe" und "Gewicht" redundant sind, d.h. daß die Kriteriumskorrelationen somit Scheinkorrelationen sind. Der positive Zusammenhang zwischen der Dehnungsfähigkeit der Hüftbeuger und dem Alter (Tab. 27, S. 143) steht im Widerspruch zu dem Untersuchungsergebnis KLAUSCHs (1982), demzufolge die Häufigkeit der Verkürzungen des M. iliopsoas und des M. rectus femoris in diesem Altersabschnitt zunimmt. Die Untersuchungsergebnisse KLAUSCHs werden jedoch durch die geringe Reliabilität, Objektivität und Validität des JANDA Muskelfunktionstest relativiert. So wurde die Verkürzung bei KLAUSCH mit einer dichotomisierten Skala ("verkürzt" oder "nicht verkürzt" (30)) bewertet.

Bei der m.K. mit der Variablen "Z_{hb}" zeigt sich, daß die Variable "Größe" redundant ist (Tab. 28, S. 145). Das positive Beta-Gewicht der Variablen "Alter" innerhalb der m.K. steht im Widerspruch zu dem Ergebnis der m.K. mit der K.v. "D_{hb}": Während die m.K. mit der K.v. "D_{hb}" auf einen Trend zur Abnahme der Verkürzung schließen läßt, deutet die m.K. mit der K.v. "Z_{hb}" auf eine Zunahme der Verkürzungen mit zunehmenden Alter hin. Dieser Widerspruch ergibt sich jedoch nur, wenn man die Voraussetzung, daß ein verkürzter Muskel durch einen geringen Dehnungsgrad und eine hohe maximale Dehnungsspannung gekennzeichnet ist, akzeptiert. Wie noch innerhalb des Kapitels 4.2 "Zusammenhänge zwischen den Muskelfunktionsvariablen" gezeigt wird, besteht jedoch sowohl bei der isch. M. als auch bei den Hüftbeugern ein positiver Zusammenhang zwischen dem Dehnungsgrad und der maximalen Dehnungsspannung.

Die m.K. mit der K.v. "Z_{sohb}" liefert keine weiteren Anhaltspunkte. Weder bei der bivariaten Korrelation noch bei der m.K. zeigen sich signifikante Zusammenhänge

zwischen der Ruhespannung der Hüftbeuger und den Vpn-Variablen "Alter", "Gewicht" und "Größe".

Wie die folgende Tabelle zeigt, besteht bei den bivariaten Korrelationen eine Übereinstimmung der vorliegenden Untersuchung und der Untersuchung von TAUCHEL u.a. (1989) in dem Ergebnis, daß die Rückenmuskelkraft enger mit der Größe und dem Gewicht korreliert als die Bauchmuskelkraft, wohingegen die Untersuchung von BRENKE u.a. (1986) einen gegenteiligen Befund hatte. Ein übereinstimmendes Ergebnis aller 3 Untersuchungen ist, daß das Gewicht jeweils höher mit der Bauch- und Rückenmuskelkraft korreliert als die Größe.

Tab. 25: Die Befunde im Vergleich

		Gewicht	Größe
vorl. Untersuchung	Bauchm.	.3865	.3304
	Rückenm.	.4788	.3455
TAUCHEL	Bauchm.	.6080	.5754
	Rückenm.	.6790	.6218
BRENKE	Bauchm.	.71	.50
	Rückenm.	.70	.25

Bei der m.K. der Maximalkraft der 4 Muskelgruppen und der Kraftsumme (SuKr) mit den Vpn-Variablen zeigt sich, daß die Variable "Größe" jeweils redundant ist (Tab. 28, S. 145). Bei den Hüftbeugern ist darüber hinaus das Alter - bei den Bauchmuskeln das Gewicht redundant, so daß hier bei den Bauchmuskeln ausschließlich ein Zusammenhang mit dem Alter und bei den Hüftbeugern ausschließlich ein Zusammenhang mit dem Gewicht besteht (Tab. 27, S. 143). Bei den Variablen "K_{Ha}", "K_{Rm}" und "SuKr" wird die erklärte Varianz durch die m.K. erhöht. Der ausschließliche Zusammenhang des Alters mit der Bauchmuskelkraft und das positive Beta-Gewicht der Variablen "Alter" innerhalb der m.K. mit den K.v. "K_{Ha}", "K_{Rm}" und "SuKr" wird durch den bekannten Zusammenhang zwischen dem Alter, dem Testosteronspiegel und der Maximalkraft erklärt (WEINECK 1985, 132 f.). Demnach steigt bei Jungen ab dem 12. Lebensjahr die Kraft durch das vermehrte Vorkommen des eiweißanabolen (eiweißaufbauenden) Sexualhormons "Testosteron" rapide an.

Bei m.K. mit der K.v. "BN_{w1B1}" (Tab. 26, S. 140) ist die Variable Gewicht - bei der m.K. mit der K.v. "KB" das Alter redundant, so daß bei beiden Variablen ausschließlich die positive Kriteriumskorrelation mit der Variablen "Größe" Bedeutung hat: Je größer die Vp, um so aufgerichteter ist das Becken und der lumbosakrale WS-Abschnitt (Tab. 27, S. 143). Die m.K. mit den K.v. "BN_{w1B2}" und "BN_{w1B3}" führen zu demselben Ergebnis wie die m.K. mit der K.v. "BN_{w1B1}", auch bei der Beckenneigung bei der angespannten Haltung und bei der Ruhehaltung besteht somit ausschließlich ein positiver Zusammenhang mit der Größe (vgl. Tab. 27, S. 144). Dieses Resultat

wird durch Ergebnisse entsprechender Untersuchungen gestützt, bei denen ebenfalls eine Aufrichtung des Beckens mit zunehmender Größe sowohl bei Jungen (ASMUSSEN u.a. 1959, 179) als auch bei Mädchen (KLAUSEN u.a. 1978, 173) festgestellt wurde. Untersuchungen, bei denen die Beckenneigung mit dem Alter in Zusammenhang gestellt wurde, hatten zum Teil eine Abnahme (KRANEURG (bei Jungen) 1929, zit. bei KLAUSCH; LEGER 1959, 74; SCHUBERT zit. bei KLAUSCH), zum Teil eine Zunahme (KRANEURG (bei Mädchen) 1929, zit. bei KLAUSCH) der Beckenneigung mit steigendem Alter zum Ergebnis. Bei der Untersuchung von KLAUSCH (1982, 52; Tab. 33 f.), die eine Zunahme der Beckenneigung vom 6. bis zum 17. Lebensjahr feststellte, werden die Schwierigkeiten beim Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen deutlich.

1. KLAUSCH nutzte ein anderes Meßverfahren (Zirkel) und andere Orientierungspunkte (Symphysenoberrand und Spina iliaca posterior superior) zur Messung der Beckenneigung.
2. Die Zunahme der Beckenneigung wurde nicht durch Korrelation der Beckenneigung mit dem Lebensalter nachgewiesen, sondern mit dem CHI²-Test, bei dem sich trotz großer Stichprobenumfänge nur wenige Altersstufen signifikant voneinander unterschieden.

Da in der vorliegenden Untersuchung keine signifikante, bivariate Korrelation zwischen dem Alter und der Beckenneigung festgestellt werden konnte ($r = .090$, $p = .519$) und die P.v. "Alter" auch in der m.K. mit den K.v. "BN_{w1B1}", "BN_{w1B2}" und "BN_{w1B3}" keinen signifikanten Zusammenhang mit der Beckenneigung zeigt, sind die Ergebnisse der Untersuchungen, die einen Zusammenhang der Beckenneigung mit dem Alter ermittelten, zu relativieren. Zumindest im Alter von 13-18 Jahren besteht bei Jungen ein sehr signifikanter Zusammenhang zwischen der Größe und der Beckenneigung. Die Tatsache, daß SCHUBERT bei reifen Frauen eine stärkere Beckenneigung als bei Frauen im Senium fand, legt die Vermutung nahe, daß die Variable "Alter" nach der Wachstumsphase an Bedeutung gewinnt. Dieses Beispiel zeigt, wie sehr unterschiedliche Stichproben, unterschiedliche Meßverfahren und unterschiedliche statistische Auswertungen den Vergleich der Untersuchungsergebnisse erschweren.

Tab. 26: Multiple Korrelation ((SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES ALTER GROESSE GEWICHT BNW1 /DEPENDENT BNW1 /METHOD BACKWARD), Ergebnis

Removed		GEWICHT	ALTER
GEWICHT	Beta	.09722	
	Sig T	.6328	
ALTER	Beta	-.18352	-.16299
	Sig T	.2069	.2363
GRÖßE	Beta	.48902	.48082
	Sig T	.0149	.0002
Multiple R		.50566	.50224
R Square		.25569	.25225
Adjusted R Square		.21103	.22292
Signif F		.0019	.0006

Das Ergebnis dieser multiplen Korrelation dokumentiert beispielhaft das Phänomen einer Scheinkorrelation.⁷⁰ Die Prädiktorvariable Größe beeinflusst sowohl die Kriteriumsvariable Beckenneigung (je größer, desto aufgerichteter ist das Becken; $r = .4808$, $p < 0,01$) als auch die Prädiktorvariable Gewicht (je größer, desto schwerer; $r = .7750$, $p < 0,01$). Die Ursprungsbeziehung Gewicht - Beckenneigung ($r = .3807$, $p < 0,01$) verschwindet nach Einführung der Variablen Größe, die hier als Kontrollvariable wirkt.

Bei den Variablen "KH" und "KLAH" ergeben sich durch die m.K. keine Unterschiede zur bivariaten Korrelation. Es besteht demnach bei der Kopfhaltung kein Zusammenhang mit den Vpn-Variablen, bei der KLAH besteht ein signifikanter Trend ($p < 0,10$ bei zweiseitiger Fragestellung): Je schwerer die Vp, um so rückgeneigter ist die Körper-Längsachsenhaltung (Tab. 27, S. 143).

Die m.K. mit den K.v. "WSLAH", "BBLAH" und "GKW_{B1}" ergeben übereinstimmend, daß große leichte Vpn eine rückgeneigtere Wirbelsäulen-Längsachsenhaltung, eine vorgeneigtere Bein-Becken-Längsachsenhaltung und infolgedessen eine vorgeschobenere Beckenposition aufweisen (Tab. 28, S. 145). Das Ergebnis wird durch die m.K. mit den K.v. "GKW_{B2}" und "GKW_{B3}" und durch die m.K. mit den K.v. "GKW_{B4}" und "GKW_{B8}" (der Gesamtkörperwinkel der Vpn zu Beginn der 30'' beim MATTHIAS-Halte-Test) belegt (Tab. 28, S. 145). Dieser Befund bestätigt das Resultat der Untersuchung von ASMUSSEN (1960), der feststellte, daß die 25 % der Vpn, die eine rückgeneigte Oberkörperhaltung aufwiesen, in Relation zur Größe leicht waren (vgl. S. 64). Bei den Veränderungen des Gesamtkörperwinkels während der beiden MATTHIAS-Halte-Tests (GKW_{B3-B4} und GKW_{B7-B8}) sind weder durch die

bivariaten - noch durch die m.K. Zusammenhänge mit den Vpn-Variablen nachzuweisen.

Bei der m.K. mit der K.v. "Sch_H" zeigt sich, daß große leichte Vpn eine hängende Schulterhaltung aufweisen (Tab. 28, S. 145). Dieses Ergebnis wird jedoch durch die geringe Reliabilität des Meßverfahrens relativiert (vgl. Kap. III 3.3.2.B).

Die m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}" ergibt, daß - wie bei den Variablen "Hg-b-f" und "WS-st-f" - keine der 3 Vpn-Variablen redundant ist. Die m.K. läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Große leichte alte Vpn haben stark ausgeprägte Kyphosen (Tab. 28, S. 145). Bei den Variablen "Kyph_{w1B2}" und "Kyph_{w1B3}" werden über die Ergebnisse der bivariaten Korrelation hinaus keine Zusammenhänge durch die m.K. aufgedeckt. Demnach korreliert die Variable "Kyph_{w1B2}" ausschließlich mit dem Alter sehr signifikant (vgl. Tab. 27, S. 144); bei der Variablen "Kyph_{w1B3}" lassen sich weder durch die bivariate - noch durch die m.K. signifikante Zusammenhänge aufzeigen. Eine mögliche Ursache hierfür könnte in den jeweils geringeren Reliabilitätskoeffizienten bestehen (Kyph_{w1B1} $r = .823$; Kyph_{w1B2} $r = .786$; Kyph_{w1B3} $r = .678$).

Auch bei den folgenden Variablen ergeben sich weder durch die bivariate - noch durch die m.K. signifikante Zusammenhänge: Lord_{w1B1}, Lord_{w1B2}, Lord_{w1B3}, SuLoKy und Lord_{B6}.

Durch die m.K. mit der K.v. "R-h-a-KW" wird der signifikante Trend des bivariaten Zusammenhangs mit der Größe bestätigt: Bei großen Vpn gleicht die habituelle Haltung eher der Ruhehaltung als der angespannten Haltung (vgl. Tab. 27, S. 144).

Bei den Variablen "Kyph_{B6}" und "Kyph_{B7}" bestätigt die m.K. z.T. die Ergebnisse der m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}": Große leichte Vpn haben sowohl bei der maximalen WS-Beugung als auch bei der maximalen WS-Streckung stärker ausgeprägte Kyphosen (Tab. 28, S. 145). Damit sind die möglichen Ursachen auf Wachstumsprozesse des passiven Bewegungsapparates eingegrenzt.

Das Adjusted R Square der m.K. mit der K.v. "WS-b-f" ist nur unwesentlich größer als die m.K. mit der K.v. "Kyph_{B6}" (R^2 Kyph_{B6} = 20,151%; R^2 WS-b-f = 26,058%). Dies ist angesichts der Tatsache, daß sich bei der Variablen "Lord_{B6}" weder bei der m.K. noch bei der bivariaten Korrelation signifikante Zusammenhänge herausstellten, verständlich. Bei der K.v. "WS-st-f" ist die m.K. etwas geringer als bei der m.K. mit der K.v. "Kyph_{B7}" (R^2 Kyph_{B7} = 9,873%, R^2 WS-st-f = 8,731%, vgl. Tab. 28, S. 145). Dies wird durch die Tatsache erklärt, daß die Variable "Lord_{B7}", die ausschließlich mit dem Gewicht tendenziell korreliert ($p = .065$), hierbei im Gegensatz zur Variablen "Kyph_{B7}", einen negativen Zusammenhang aufweist (vgl. Tab. 27, S. 144).

⁷⁰ vgl. zum Phänomen der Scheinkorrelation SAURWEIN u.a. (1991, 347 ff.)

Bei der m.K. mit der K.v. "Hg-b-f" ist keine der Vpn-Variablen redundant. Die m.K. läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Alte kleine schwere Vpn zeigen eine gute Hüftgelenksbeugefähigkeit (umgekehrt: junge große leichte Vpn zeigen eine schlechte Hg-b-f, vgl. Tab. 28, S. 145). Dieses Ergebnis korrespondiert mit der m.K. mit der K.v. "D_{isch}".

Bei der Variablen "Hg-st-f" besteht ausschließlich ein tendenzieller Zusammenhang (p = .057) mit der Größe: Je größer die Vpn, um so besser ist ihre Hüftgelenksstreckfähigkeit ausgeprägt (vgl. Tab. 27, S. 144).

Zusammenfassend soll noch einmal hervorgehoben werden, daß durch die m.K. einerseits bivariate Kriteriumskorrelationen gesteigert werden können, d.h. der Anteil der erklärten Varianz der K.v. durch die m.K. erhöht wird (Bsp.: r² BBLAH - Gewicht = 17,115%; Adjusted R Square BBLAH (K.v.) - Größe, Gewicht (P.v.) = 42,028%), bzw. die m.K. im Gegensatz zu den nicht signifikanten Kriteriumskorrelationen einen signifikanten Beitrag zur Erklärung der K.v. liefern können (Bsp.: D_{isch}) und daß sich andererseits durch die m.K. hohe Kriteriumskorrelationen als Scheinkorrelationen (redundante Variablen) herausstellen können (Bsp.: r SuKr - Größe = .5178).

Tab. 27: Korrelationsmatrix Vpn-Variablen (vgl. Text)

	Alter	Groesse	Gewicht		Alter	Groesse	Gewicht
Groesse	.4553 54 .001			SuKr	.6339 54 .000	.5178 54 .000	.6409 54 .000
Gewicht	.5202 54 .000	.7750 54 .000		BN _{w1B1}	.0897 54 .519	.4808 54 .000	.3807 54 .005
D _{isch}	.1483 54 .284	-.0750 54 .590	.1728 54 .211	KB	.2721 54 .047	.3081 54 .023	.1362 54 .326
Z _{isch}	.3781 53 .005	.3773 53 .005	.4895 53 .000	KH	.0421 54 .762	.0712 54 .609	.0982 54 .480
Z _{90isch}	-.0134 53 .924	.2358 53 .089	.0653 53 .642	KLAH	.1563 54 .259	.1178 54 .396	.2346 54 .088
D _{Hb}	.3649 51 .008	.3267 51 .019	.2941 51 .036	WSLAH	.0372 54 .789	.1190 54 .391	-.1604 54 .247
Z _{Hb}	.5228 51 .000	.5054 51 .000	.5846 51 .000	BBLAH	.1137 54 .413	-.0084 54 .952	.4137 54 .002
Z _{90Hb}	.0576 51 .688	-.0356 51 .804	.0307 51 .830	Sch_H	-.2196 54 .111	-.0799 54 .566	-.3507 54 .009
K _{Ht}	.5680 54 .000	.4938 54 .000	.5586 54 .000	Kyph _{w1B1}	.3394 54 .012	.2356 54 .086	.0553 54 .691
K _{Hb}	.3543 54 .009	.4100 54 .002	.6261 54 .000	Lord _{w1B1}	-.1205 54 .385	-.1218 54 .380	-.1925 54 .163
K _{Bm}	.5276 54 .000	.3304 54 .015	.3865 54 .004	SuLoKy	.1287 54 .354	.0653 54 .639	-.0878 54 .528
K _{Rm}	.4965 54 .000	.3455 54 .010	.4788 54 .000	GKW _{B1}	.0089 54 .949	-.0945 54 .497	.2603 54 .057

Tab.: Fortsetzung

	Alter	Groesse	Gewicht		Alter	Groesse	Gewicht
Kyph _{B6}	-.0710	-.0272	-.3248	GKW _{B9-B8}	.1200	-.0740	-.1414
	.54	.54	.54		.52	.52	.52
	.610	.845	.017		.397	.602	.317
Lord _{B6}	-.2022	.0496	-.0666	BN _{w1B2}	.1288	.3642	.3470
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.142	.722	.632		.353	.007	.010
WS-b-f	-.1997	.0096	-.3320	Kyph _{w1B2}	.3167	.1941	.1221
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.148	.945	.014		.020	.160	.379
Hg-b-f	.3928	-.0240	.2076	Lord _{w1B2}	-.1948	-.0942	-.1713
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.003	.863	.132		.158	.498	.215
Kyph _{B7}	-.0888	-.0411	.1969	GKW _{B2}	.1704	-.0472	.1892
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.523	.768	.153		.218	.735	.171
Lord _{B7}	-.2227	-.2348	-.2526	BN _{w1B3}	.0345	.2405	.1854
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.106	.087	.065		.804	.080	.180
WS-st-f	-.2319	-.2020	-.0225	Kyph _{w1B3}	.0687	.0269	-.1157
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.092	.143	.872		.622	.847	.405
Hg-st-f	.2254	.2610	.1428	Lord _{w1B3}	-.0002	-.0622	-.1221
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.101	.057	.303		.999	.655	.379
GKW _{B4}	.1074	.0063	.3300	GKW _{B3}	-.0414	.0225	.2122
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.439	.964	.015		.767	.872	.123
GKW _{B5-B4}	.0762	.0326	-.0215	R-h-a-KW	.1519	-.2537	-.1836
	.54	.54	.54		.54	.54	.54
	.584	.815	.878		.273	.064	.184
GKW _{B8}	.0526	-.0414	.2671				
	.52	.52	.52				
	.711	.771	.056				

Tab. 28: Multiple Korrelationen, Ergebnisse (vgl. Text)

DEPENDENT		GEWICHT	D _{isch}	Z _{Hh}	K _{Hh}	K _{Rh}
ALTER	Beta	.21116		.28714	.38030	.33916
	Sig T	.0305		.0377	.0037	.0158
GROESSE	Beta	.67886	-.52303			
	Sig T	.0000	.0140			
GEWICHT	Beta	.57816	.42565	.36077	.30237	
	Sig T	.0070	.0027	.0058	.0305	
Multiple R		.79747	.37300	.63162	.64616	.55960
R Square		.63595	.13913	.39894	.41753	.31315
Adjusted R Square		.62167	.10537	.37390	.39469	.28621
Signif F		.0000	.0219	.0000	.0000	.0001
DEPENDENT		SuKr	WSLAH	BBLAH	SCH_H	Kyph _{w1R1}
ALTER	Beta	.41203				.39508
	Sig T	.0006				.0102
GROESSE	Beta		.60923	-.82377	.48043	.43112
	Sig T		.0039	.0000	.0179	.0359
GEWICHT	Beta	.42657	-.63253	1.05209	-.72300	-.48433
	Sig T	.0004	.0028	.0000	.0006	.0243
Multiple R		.73116	.41709	.66495	.46385	.45704
R Square		.53459	.17396	.44216	.21516	.20889
Adjusted R Square		.51634	.14157	.42028	.18438	.16142
Signif F		.0000	.0076	.0000	.0021	.0080
DEPENDENT		GKW _{B1}	Kyph _{B6}	WS-b-f	Hg-b-f	Kyph _{B7}
ALTER	Beta				.42754	
	Sig T				.0043	
GROESSE	Beta	-.74157	.56206	.66812	-.51859	-.48502
	Sig T	.0002	.0056	.0008	.0099	.0227
GEWICHT	Beta	.83498	-.76035	-.84974	.38705	.57282
	Sig T	.0000	.0003	.0000	.0605	.0077
Multiple R		.53608	.48129	.53710	.51060	.36433
R Square		.28738	.23164	.28848	.26071	.13274
Adjusted R Square		.25943	.20151	.26058	.21636	.09873
Signif F		.0002	.0012	.0002	.0016	.0265
DEPENDENT		WS-st-f	GKW _{B4}	GKW _{B8}	GKW _{B2}	GKW _{B3}
ALTER	Beta	-.27135				
	Sig T	.0849				
GROESSE	Beta	-.42663	-.62453	-.57472	-.48527	-.35542
	Sig T	.0461	.0018	.0048	.0228	.0978
GEWICHT	Beta	.44928	.81403	.70307	.56533	.48768
	Sig T	.0441	.0001	.0007	.0086	.0247
Multiple R		.37279	.51449	.46003	.36037	.30903
R Square		.13897	.26470	.21163	.12987	.09550
Adjusted R Square		.08731	.23586	.17945	.09575	.06003
Signif F		.0562	.0004	.0030	.0288	.0773

4.2 Zusammenhänge zwischen den Muskelfunktionsvariablen

In Tabelle 33, S. 152 wird die Korrelationsmatrix der Muskelfunktionsvariablen dargestellt. Darüber hinaus wurde auch bei diesem Untersuchungsschwerpunkt bei einigen Variablen durch die m.K. nachgeprüft, ob die bivariaten Korrelationen durch die Vpn-Variablen beeinflusst werden, d.h. es wurden m.K. durchgeführt, bei denen neben der Kriteriumsvariablen und der Prädiktorvariablen, deren Zusammenhang zuvor in der bivariaten Korrelation untersucht wurde, die Prädiktoren "Alter", "Größe" und "Gewicht" aufgenommen wurden. Daß dies nicht für alle bivariaten Korrelationen in der systematischen Form wie im vorangegangenen Kapitel sinnvoll ist, wird - eingeleitet durch das nachstehende Zitat - durch die anschließende Darstellung erläutert.

"Das Verfahren der multiplen Regression wird zur Analyse der Beziehung zwischen einer abhängigen (Kriterium) und einer Anzahl unabhängiger Variablen (Prädiktoren) eingesetzt. Die Einteilung in unabhängige und abhängige Variablen muß vorab aufgrund eines sachlogischen Urteils [m.H.] vorgenommen werden." (UEHLINGER 1988, 230)

Bei den m.K. des letzten Kapitels war das sachlogische Urteil unzweifelhaft, denn, daß die Vpn-Variablen die Muskelfunktionsvariablen bzw. die haltungskonstituierenden Merkmale beeinflussen und nicht umgekehrt, ist eindeutig. Auch bei den m.K. in Tabelle 29, S. 147 Spalte 3-5 ist die Wahl der Variablen "D_{isch}" (Dehnungsgrad der isch. M) als K.v. naheliegend. Bei den m.K. in Tab. 29, S. 147 Spalte 1 und 2 ist diese Entscheidung komplizierter, denn bei den Variablen "Z_{80isch}" (Ruhespannung der isch. M.) und "Z_{isch}" (maximale Dehnungsspannung isch. M.) ist keine eindeutige Einteilung in Prädiktor- und Kriteriumsvariable aufgrund eines "sachlogischen Urteils" möglich. Da jedoch die Entscheidung, welche der beiden Variablen innerhalb der m.K. als K.v. und welche als P.v. gewählt wird, Konsequenzen auf die Berechnung der m.K. hat (infolge der unterschiedlichen Korrelationen der beiden Variablen mit den Prädiktoren "Alter", "Gewicht" und "Größe"; vgl. Tab. 29, S. 147, Spalte 1 und 2), müßten jeweils 2 m.K. durchgeführt, verglichen und die Unterschiede diskutiert werden. Aufgrund dieser Problematik werden nur die bivariaten Korrelationen durch die m.K. näher untersucht, bei denen eine eindeutige Bestimmung der K.v. möglich ist, bzw. bei denen in der Literatur bestehende Annahmen zum Zusammenhang der Muskelfunktionsparameter untereinander untersucht werden. Es sei jedoch noch einmal darauf hingewiesen, daß die übrigen bivariaten Korrelationen in Tab. 33, S. 152 unter den Gesichtspunkten der Scheinkorrelation und des Suppressionseffekts zu relativieren sind. So werden z.B. die hohen Korrelationen zwischen den Muskelkraftvariablen "K_{Hs}", "K_{Hb}", "K_{Bm}" und "K_{Rm}" durch die Vpn-Variablen "Alter" und "Gewicht" sowie durch die Variable "Trainingszustand" verursacht und sind somit Scheinbeziehungen.

Die folgende Tabelle zeigt die m.K. mit den Dehnungsvariablen der isch. M..

Tab. 29: Multiple Korrelationen (isch. M.), Ergebnisse (vgl. Text)

DEPENDENT		Z _{80isch}	Z _{isch}	D _{isch}	D _{isch}	D _{isch}
4. Prädiktorvariable		Z _{isch}	Z _{80isch}	Z _{isch}	Z _{80isch}	Z _{isch}
5. Prädiktorvariable		Z _{isch}	Z _{80isch}	Z _{isch}	Z _{80isch}	Z _{isch}
GRÖßE	Beta	.47691		-.49126		
	Sig T	.0212		.0221		
GEWICHT	Beta	-.51615	.46831	.42521	.20323	
	Sig T	.0189	.0002	.0599	.0780	
4. Präd.va. (s.o.)	Beta	.42788	.32460	.25162	-.58245	.54536
	Sig T	.0045	.0067	.0980	.0000	.0000
5. Präd.va. (s.o.)	Beta					-.76288
	Sig T					.0000
Multiple R		.48033	.58697	.41358	.60423	.76411
R Square		.23071	.34453	.17105	.36509	.58386
Adjusted R Square		.18362	.31831	.12030	.33969	.56721
Signif F		.0047	.0000	.0257	.0000	.0000

Bei allen dargestellten m.K. ist die P.v. "Alter" redundant. Der Vergleich der m.K. in Spalte 1 und in Spalte 2 dokumentiert, daß die Entscheidung, ob die Variable "Z_{isch}" oder die Variable "Z_{80isch}" als K.v. gewählt wird, beträchtliche Konsequenzen auf das Ergebnis der m.K. hat (vgl. auch Spalte 1 und 2 in Tab. 30, S. 148). In beiden Fällen besteht - wie auch bei der bivariaten Korrelation - ein positiver Zusammenhang zwischen der Ruhespannung und der maximalen Dehnungsspannung. Dieses Ergebnis wird in gleicher Weise bei den Hüftbeugern erzielt. Durch die m.K. in Spalte 3 wird der positive bivariate Zusammenhang zwischen der maximalen Dehnungsspannung und dem erreichten Dehnungsgrad bestätigt. Die m.K. in Spalte 4 belegt den negativen bivariaten Zusammenhang zwischen der Ruhespannung und dem erreichten Dehnungsgrad. Beide Ergebnisse entsprechen den Befunden WIEMANNs (1991b), der mit einem aufwendigeren Versuchsaufbau eine bivariate Korrelation zwischen der Dehnungsfähigkeit der isch. M. und der maximalen Dehnungsspannung von $r = .5575$ und zwischen der Dehnungsfähigkeit der isch. M. und der Ruhespannung von $r = -.6952$ feststellte.

In Spalte 5 wird das Ergebnis der m.K. mit der K.v. "D_{isch}" und den 5 Prädiktoren "Alter", "Gewicht", "Größe", "Z_{isch}" und "Z_{80isch}" dargestellt. Die Variablen "Alter", "Gewicht" und "Größe" sind redundant, die Variablen "Z_{isch}" und "Z_{80isch}" erklären zu 56,721% die Varianz der Variablen "D_{isch}", d.h. Vpn, deren isch. M. eine geringe Ruhespannung und eine hohe maximale Dehnungsspannung aufweist, zeigen einen hohen Dehnungsgrad. Die folgende Tabelle zeigt die entsprechenden m.K. mit den Dehnungsvariablen der Hüftbeuger.

Tab. 30: Multiple Korrelationen (Hüftbeuger), Ergebnisse (vgl. Text)

DEPENDENT		Z _{sohb}	Z _{hb}	D _{hb}	D _{hb}	D _{hb}
4. Prädiktorvariable		Z _{hb}	Z _{sohb}	Z _{hb}	Z _{sohb}	Z _{hb}
5. Prädiktorvariable						Z _{sohb}
ALTER	Beta		.27249		.40034	
	Sig T		.0395		.0003	
GEWICHT	Beta		.42606			-.15569
	Sig T		.0018			.0402
4. Präd.va.	Beta	.27913	.25034	.49418	-.61441	.81220
(s.o.)	Sig T	.0473	.0239	.0002	.0000	.0000
5. Präd.va.	Beta					-.81327
(s.o.)	Sig T					.0000
Multiple R		.27913	.67927	.49418	.71374	.91460
R Square		.07791	.46140	.24421	.50942	.83650
Adjusted R Square		.05910	.42702	.22879	.48898	.82606
Signif F		.0473	.0000	.0002	.0000	.0000

Die Ergebnisse der m.K. der Hüftbeuger-Dehnungsvariablen entsprechen weitgehend den Ergebnissen der Dehnungsvariablen der isch. M.. Die Variable "Größe" ist in allen 5 m.K. redundant. Die bemerkenswert hohe erklärte Varianz der K.v. "D_{hb}" in Spalte 5 durch die Prädiktoren "Z_{hb}" und "Z_{sohb}" unterstreicht das Ergebnis der m.K. mit den Dehnungsvariablen der isch. M.: Zwischen der Ruhespannung, der maximalen Dehnungsspannung und dem Dehnungsgrad besteht ein hoher Zusammenhang. Das Ergebnis der m.K. mit der K.v. "D_{hb}" und den P.v. "Z_{hb}" und "Z_{sohb}" lautet: Adjusted R Square = .81354; Beta Z_{hb} = .71494; Beta Z_{sohb} = -.79090. Das jeweils höhere Beta Gewicht der Ruhespannung im Vergleich zur maximalen Dehnungsspannung sowohl bei der isch. M. als auch bei den Hüftbeugern offenbart, daß diese bedeutsamer für die Vorhersage des Dehnungsgrades ist.

Die Ergebnisse der m.K. zeigen, daß der in der Literatur angenommene Zusammenhang zwischen dem Dehnungsgrad, der Ruhespannung und der maximalen Dehnungsspannung eines Muskels nicht besteht, d.h. ein verkürzter Muskel ist nicht durch einen geringen Dehnungsgrad **und** eine hohe Ruhespannung **und** eine hohe maximale Dehnungsspannung gekennzeichnet.

Zu diesem Ergebnis muß jedoch angemerkt werden, daß der positive Zusammenhang zwischen den Variablen "Dehnungsgrad" und "maximale Dehnungsspannung" z.T. Folge einer Scheinkorrelation ist, die durch die nicht kontrollierbare und nicht quantifizierbare Störvariable "Toleranz der Vp gegen Dehnungsschmerz" verursacht wird: Bei einer Vp mit einer hohen Toleranz gegen Dehnungsschmerz kann beim Dehnungsvorgang eine größere maximale Dehnungsspannung eingesetzt werden als bei einer Vp mit einer geringen Toleranz gegen Dehnungsschmerz, so daß irrtümlich eine höhere Dehnfähigkeit diagnostiziert wird. Wie sich die Beziehungen zwischen den Dehnungsvariablen darstellen würden, wenn die Störvariable "Toleranz der Vp

gegen Dehnungsschmerz" kontrolliert bzw. quantifiziert werden könnte, kann nur vermutet werden. Es ist plausibel anzunehmen, daß der positive Zusammenhang zwischen dem Dehnungsgrad und der maximalen Dehnungsspannung geringer ausfallen würde; ob diese Beziehung sich dann jedoch - wie in der Literatur vermutet - als negativer Zusammenhang erweisen würde, muß offenbleiben.

Mit den vorliegenden Daten kann eine Annahme SPRINGs überprüft werden, die bereits im theoretischen Teil dargestellt wurde (vgl. Kap. II.3.2.5, S. 42 und Tab. 2, S. 29) und die dieser folgendermaßen ausformuliert:

- Ein verkürzter posturaler Muskel bewirkt über eine reflektorische Hemmung eine Abschwächung seiner phasischen Antagonisten. Als Beispiel sei die Abschwächung der Bauch- und Glutealmuskulatur durch den verkürzten M. iliopsoas erwähnt.
- Ein abgeschwächter phasischer Muskel kann wegen der reflektorischen Hemmung durch den verkürzten posturalen Antagonisten nicht maximal aktiviert werden." (SPRING 1981, 143 f.)

Akzeptiert man die Annahme, daß ein geringer Dehnungsgrad auf einen verkürzten Muskel und ein hoher Dehnungsgrad auf einen verlängerten Muskel schließen läßt, so bestätigt die bivariate Korrelation der Variablen "K_{bm}" und "D_{hb}" (r = .5138) diesen Zusammenhang. Akzeptiert man allerdings weiterhin die Annahme, daß eine geringe maximale Dehnungsspannung auf einen verlängerten Muskel und eine hohe maximale Dehnungsspannung auf einen verkürzten Muskel schließen läßt, so steht dies im Widerspruch zu der Korrelation zwischen den Variablen "K_{bm}" und "Z_{hb}" (r = .4694).

Zur eingehenden Untersuchung dieser Hypothese wurde eine m.K. mit der Variablen "K_{bm}" als K.v. und den Hüftbeuger-Dehnungsvariablen und den Vpn Variablen als P.v. berechnet (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES KBM DHB ZHB Z50HB ALTER GROESSE GEWICHT /DEPENDENT KBM /METHOD BACKWARD).

Tab. 31: Multiple Korrelation (K.v.: K_{bm}, Ergebnis (vgl. Text))

REMOVED		GROESSE GEWICHT			Z _{hb}	Z _{sohb}
ALTER	Beta	.40204	.40018	.43199	.42025	.47122
	Sig T	.0065	.0062	.0014	.0012	.0001
GROESSE	Beta	-.07296				
	Sig T	.6817				
GEWICHT	Beta	.14069	.08842			
	Sig T	.4860	.5681			
D _{hb}	Beta	.59512	.59203	.53634	.45600	.34184
	Sig T	.0369	.0360	.0404	.0042	.0044
Z _{hb}	Beta	-.15904	-.16392	-.08635		
	Sig T	.5452	.5287	.6946		
Z _{sohb}	Beta	.28239	.28623	.23253	.16160	
	Sig T	.2677	.2565	.3156	.2583	
Multiple R		.69200	.69054	.68775	.68645	.67563
R Square		.47886	.47684	.47300	.47121	.45648
Adjusted R Square		.40780	.41872	.42717	.43746	.43383
Signif F		.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

Die bivariate Korrelation zwischen den Variablen "K_{bm}" und "Z_{hb}" ist redundant, der Zusammenhang zwischen den Variablen "K_{bm}" und "D_{hb}" wird durch die m.K. bestätigt. Aufgrund des Ergebnisses der m.K. muß die Annahme SPRINGs z.T. bestätigt werden. Zwischen der Kraft der Bauchmuskeln und dem Hüftbeuger-Dehnungsgrad besteht ein positiver Zusammenhang. Ob hier jedoch der von SPRING dargestellte Ursache-Wirkungs-Zusammenhang besteht, oder ob es unter Umständen eine Variable (z.B. "Trainingszustand") gibt, die diese Variablen kausal beeinflusst und es so zu einer Scheinkorrelation kommt, kann nicht entschieden werden (vgl. zum Problem der Kausalität Kap. 4.4).

Durch eine weitere m.K. wurden die bivariaten Korrelationen zwischen der Variablen "K_{hb}" einerseits und den Hüftbeuger-Dehnungsvariablen "D_{hb}" (r = .3085, p = .028), "Z_{hb}" (r = .3097, p = .027) und "Z_{sohb}" (r = -.1831, p = .198) andererseits überprüft (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES KHB DHB ZHB Z50HB ALTER GROESSE GEWICHT /DEPENDENT KHB /METHOD BACKWARD).

Tab. 32: Multiple Korrelation, Ergebnis (K.v. K_{hb}, vgl. Text)

REMOVED		Z _{hb}	D _{hb}	ALTER	GROESSE
ALTER	Beta	.04814	.04859	.05157	
	Sig T	.7343	.7289	.6901	
GROESSE	Beta	-.27471	-.27572	-.27455	-.26923
	Sig T	.1277	.1218	.1169	.1195
GEWICHT	Beta	.83905	.82958	.82993	.85425
	Sig T	.0001	.0000	.0000	.0000
D _{hb}	Beta	.03786	9.2969E-03		
	Sig T	.8919	.9530		
Z _{hb}	Beta	-.03285			
	Sig T	.9005			
Z _{sohb}	Beta	-.18986	-.21569	-.22133	-.21892
	Sig T	.4550	.1419	.0448	.0648
Multiple R		.69101	.69087	.69084	.68952
R Square		.47749	.47731	.47727	.47544
Adjusted R Square		.40626	.41923	.43181	.44195
Signif F		.0000	.0000	.0000	.0000

Es zeigt sich, daß die bivariaten Korrelationen zwischen den Variablen "K_{hb}" und "D_{hb}" und zwischen "K_{hb}" und "Z_{hb}" redundant sind. Der in der bivariaten Korrelation nicht signifikante Zusammenhang zwischen der Variablen "K_{hb}" und "Z_{sohb}" ist in der m.K. schwach signifikant (Sig T = .0648). Die Ausformulierung lautet: Je geringer die Ruhespannung der Hüftbeuger (in Relation zum Körpergewicht), um so höher ist ihre Maximalkraft.

Auch bei dieser m.K. ist die Einteilung in P.v. und K.v. nicht unzweifelhaft. Um entsprechende Konsequenzen auszuschließen, wurden 3 weitere m.K. berechnet, bei

denen die Maximalkraft der Hüftbeuger als P.v. und jeweils eine der drei Hüftbeuger-Dehnungsvariablen als K.v. definiert wurden (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES KHB DHB ZHB Z50HB ALTER GROESSE GEWICHT /DEPENDENT (1.) DHB (2. ZHB, 3. Z50HB) /METHOD BACKWARD).

Bei allen 3. m.K. sind die P.v. "Maximalkraft der Hüftbeuger", "Alter" und "Größe" redundant, und es werden die hohen multiplen Zusammenhänge zwischen den Hüftbeuger-Dehnungsvariablen und dem Körpergewicht bestätigt (vgl. Tab. 30, S. 148).

Diese Ergebnisse belegen, daß ein Muskel mit hoher Maximalkraft nicht gleichzeitig die - in der Literatur verkürzten Muskeln zugesprochenen - Kennzeichen "hohe Ruhespannung", "geringer Dehnungsgrad" und "hohe maximale Dehnungsspannung" aufweist.

Auch innerhalb dieses Kapitels konnte gezeigt werden, daß der zuverlässige Nachweis von multivariaten Zusammenhängen ausschließlich durch eine multivariate Auswertemethode - die multiple Korrelation - ermöglicht wird. Die folgenden Ergebnisse können festgestellt werden:

Zwischen dem Dehnungsgrad der isch. M. einerseits und der Ruhespannung und der maximalen Dehnungsspannung dieser Muskelgruppe andererseits besteht ein Zusammenhang von 56,721%. Dieser Zusammenhang beträgt bei den Hüftbeuger 81,354%. Dabei ist vor allem der negative Zusammenhang zwischen der Ruhespannung und dem Dehnungsgrad bedeutend. Der positive Zusammenhang zwischen dem Dehnungsgrad und der maximalen Dehnungsspannung ist zu einem nicht bestimmaren Teil Folge einer Scheinkorrelation, die durch die Störvariable "Toleranz der Vp gegen Dehnungsschmerz" verursacht wird.

Weiterhin besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Dehnungsgrad der Hüftbeuger und der Kraft der Bauchmuskeln und ein geringer negativer Zusammenhang zwischen der Kraft und der Ruhespannung der Hüftbeuger.

Tab. 33: Korrelationsmatrix der Muskelfunktionsvariablen im Vortest

	D _{isch}	Z _{isch}	Z _{80isch}	D _{1hb}	Z _{1hb}	Z _{50hb}
D _{isch}				.2897 51 .039	.2169 51 .126	-.1372 51 .337
Z _{isch}	.2744 53 .047			.1818 50 .206	.7401 50 .000	.4431 50 .001
Z _{80isch}	-.5692 53 .000	.3552 53 .009		-.2309 50 .107	.1343 50 .352	.4812 50 .000
Z _{1hb}				.4942 51 .000		
Z _{50hb}				-.5913 51 .000	.2791 51 .047	
K _{1ta}	.3781 54 .005	.3728 53 .006	-.1112 53 .428	.5251 51 .000	.5177 51 .000	-.1685 51 .237
K _{1hb}	.3184 54 .019	.1481 53 .290	-.1600 53 .252	.3085 51 .028	.3097 51 .027	-.1831 51 .198
K _{Bm}	.4200 54 .002	.4615 53 .001	-.0411 53 .770	.5138 51 .000	.4694 51 .001	-.0838 51 .559
K _{Rm}	.3113 54 .022	.1344 53 .337	-.0732 53 .603	.1960 51 .168	.0886 51 .536	-.1711 51 .230
		K _{1hb}	K _{1hb}	K _{Bm}		
K _{1hb}		.5642 54 .000				
K _{Bm}		.6102 54 .000	.5378 54 .000			
K _{Rm}		.3317 54 .014	.5325 54 .000	.3718 54 .006		

4.3 Zusammenhänge zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen

Wie bereits in Kap. II.2.4 dargestellt wurde, steht bei Untersuchungen zum Zusammenhang haltungskonstituierender Merkmale untereinander der Zusammenhang zwischen der Beckenneigung und der Wirbelsäulenform im Mittelpunkt.

Die Korrelation der entsprechenden Variablen des Vortests ergab die folgenden Ergebnisse:

Tab. 34: Korrelationsmatrix haltungskonstituierender Merkmale im Vortest Bild 1 (1); zur Kennzeichnung der Ergebnisse vgl. Tab. 24, S. 131

	KB	Lord _{w1B1}	Lord _{w2B1}	Kyph _{w1B1}	Kyph _{w2B1}
BN _{w1B1}	.3624 54 .007	**-.2569 54 .058	-.1466 54 .290	.1281 54 .356	.0723 54 .603
KB		-.6113 54 .000	-.4276 54 .001	.3772 54 .005	.3404 54 .012
Lord _{w1B1}			.8228 54 .000	.3181 54 .019	.3248 54 .017
Lord _{w2B1}				.4379 54 .001	.3784 54 .005
Kyph _{w1B1}					.9541 54 .000

Die positive Korrelation zwischen der Beckenneigung (BN_{w1B1}) und der Neigung des lumbosakralen WS-Abschnitts (KB) und die negative Korrelation zwischen der Beckenneigung und dem Lordosewinkel 1 (Lord_{w1B1}), die bei einseitiger Fragestellung signifikant ist (p < 0,05), bestätigen die Ergebnisse der Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen der Beckenneigung und der Ausprägung der Lordose ermittelten (vgl. Kap. II.2.4): Je aufgerichteter das Becken ist, um so geringer ist die Lordose ausgeprägt.

Die negativen Korrelationen zwischen KB einerseits und Lord_{w1B1} und Lord_{w2B1} andererseits bedeuten: Je aufgerichteter der lumbosakrale WS-Abschnitt, desto geringer ist die Lendenlordose ausgeprägt.

Der positive Zusammenhang zwischen der Ausprägung der Lordose und der Ausprägung der Kyphose korrespondiert mit r = .3181 (Lord_{w1B1} und Kyph_{w1B1}) bis

$r = .4379$ ($Lord_{w2B1}$ und $Kyph_{w1B1}$) mit der Höhe des Zusammenhangs, den auch MENGE (1982) feststellte ($r = 0,322$).

Diese Ergebnisse entsprechen den Erwartungen.

Die Zusammenhänge zwischen $Lord_{w1B1}$ und $Lord_{w2B1}$ und zwischen $Kyph_{w1B1}$ und $Kyph_{w2B1}$ beruhen auf sehr ähnlichen Rechenverfahren; in der weiteren Auswertung werden vor allem die Variablen " $Lord_{w1B1}$ " und " $Kyph_{w1B1}$ " zugrundegelegt.

Überraschende und z.T. diesen Ergebnissen widersprechende Resultate ergeben die folgenden Korrelationen.

Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Beckenneigung und der Kyphose deutet sich eine positive Korrelation an: Je aufgerichteter das Becken ist, um so ausgeprägter ist die Kyphose. Diese Korrelation ist nicht signifikant,

- entspricht jedoch tendenziell dem Zusammenhang, den MENGE zwischen der Beckenneigung und der Kyphose feststellte ($r = .051$)⁷¹ und

- wird durch die signifikanten positiven Zusammenhänge zwischen der Variablen "KB" einerseits und den Variablen " $Kyph_{w1B1}$ " ($r = .3772$) und " $Kyph_{w2B1}$ " ($r = .3404$) andererseits gestützt: Je aufgerichteter der lumbosakrale WS-Abschnitt, um so stärker ist die Kyphose ausgeprägt.

Dieser Widerspruch läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

Während die Aufrichtung des Beckens und des lumbosakralen WS-Abschnitts erwartungsgemäß mit einer Aufrichtung der Lordose einhergehen ($r = -.2596$, bzw. $r = -.6113$) und eine Aufrichtung der Lordose mit einer Aufrichtung der Kyphose korreliert ($r = .3181$), ist die Aufrichtung des Beckens und des lumbosakralen WS-Abschnitts entgegen den Erwartungen nicht mit einer Aufrichtung - sondern mit einer Verstärkung der Kyphose ($r = .1281$, bzw. $r = .3772$) verbunden.

Diesem Widerspruch wird in der weiteren Auswertung nachgegangen.

Zunächst einmal fallen hohe Zusammenhänge zwischen den Variablen "WSLAH", "BBLAH", "GKW" einerseits und "KB", " $Lord_{w1}$ ", " $Lord_{w2}$ ", " $Kyph_{w1}$ ", " $Kyph_{w2}$ " andererseits auf.

⁷¹ Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß MENGE zur Erfassung der Beckenneigung ein alternatives Meßverfahren nutzte.

Tab. 35: Korrelationsmatrix haltungskonstituierender Merkmale im Vortest Bild 1 (2)

	WSLAH	BBLAH	GKW	WSLAH	BBLAH	GKW
KB	.4327 54 .001	-.3168 54 .002	-.4380 54 .001	$Kyph_{w2B1}$.4846 54 .000	-.3959 54 .003	-.5041 54 .000
$Lord_{w1B1}$	.3516 54 .009	-.1827 54 .186	-.3312 54 .014	SuLoKy .5101 54 .000	-.3265 54 .016	-.5009 54 .000
$Lord_{w2B1}$	.3523 54 .009	-.0821 54 .555	-.2985 54 .028	WSLAH	-.5840 54 .000	-.9633 54 .000
$Kyph_{w1B1}$	.4795 54 .000	-.3512 54 .009	-.4854 54 .000	BBLAH		.7804 54 .000

Die folgenden Zusammenhänge sind bemerkenswert:

1. Es besteht ein hoher negativer Zusammenhang zwischen der Wirbelsäulen-Längsachsenhaltung und der Bein-Becken-Längsachsenhaltung ($r = -.5840$), der mechanisch bedingt ist, d.h. ein Rückneigen des Oberkörpers ist aus Gründen der Gleichgewichtserhaltung mit einem Vorneigen der Bein-Becken-Längsachse und somit mit einem Verschieben des Beckens verbunden. Bei der Berechnung des Gesamtkörperwinkels ist die WSLAH gegenüber der BBLAH dominant (Korr. WSLAH und GKW $r = -.9633$; Korr. BBLAH und GKW $r = .7804$). Dies wird durch die größere Standardabweichung der Variablen WSLAH (Mittelwert = 178,3; Stdev = 3,61) im Vergleich zu der Variablen BBLAH (Mittelwert = 181,7; Stdev = 1,55) verursacht. Dies zeigt auch, daß das Zurücklegen des Oberkörpers in einem stärkeren Maß erfolgt als das Vorneigen der Bein-Becken-Längsachse.
2. Es liegen hohe positive Korrelationen zwischen der Wirbelsäulen-Längsachsenhaltung und der Ausprägung der Lordose und der Kyphose vor, d.h. ein Rückneigen des Oberkörpers geht mit einer Vergrößerung der Lordose und der Kyphose einher. Die positive Korrelation zwischen der Wirbelsäulen-Längsachsenhaltung und der Ausprägung der Lordose bestätigt das Resultat der Untersuchung von ASMUSSEN (1960), der feststellte, daß die 25% der Vpn, die eine rückgeneigte Oberkörperhaltung aufwiesen, eine durchschnittlich größere Lordose hatten (vgl. S. 64).
3. Eine Rückneigung des Oberkörpers bzw. ein Verschieben des Beckens sind mit einer Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts verbunden.

Auch hier zeigt sich ein Widerspruch, denn während eine vorgeschobene Position des Beckens mit einer Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts korreliert ($r = -.4380$) und die Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts mit einer geringeren Ausprägung der Lordose korreliert ($r = -.6113$, vgl. Tab. 34, S. 153), korreliert eine vorgeschobene Position des Beckens entgegen den Erwartungen mit einer stärkeren Ausprägung der Lordose ($r = -.3312$, vgl. Tab. 35, S. 155).

Um den 1. Widerspruch zu klären (s.o.), wurde die folgende multiple Korrelation durchgeführt (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES KYPHW1 ALTER GROESSE GEWICHT BNW1 KB GWK /DEPENDENT KYPHW1 /METHOD BACKWARD).

Tab. 36: Multiple Korrelation, Ergebnis (K.v.: $Kyph_{w1B1}$, vgl. Text)

Removed		BNW1	GEWICHT	GROESSE	KB
GWK	Beta	-.42216	-.41986	-.44620	-.44656
	Sig T	.0076	.0072	.0011	.0010
ALTER	Beta	.33147	.32204	.30702	.31747
	Sig T	.0268	.0249	.0234	.0102
BNW1	Beta	.03726			
	Sig T	.7947			
KB	Beta	.07899	.09089	.09022	.09520
	Sig T	.5903	.5105	.5098	.4748
GROESSE	Beta	.06898	.08321	.02592	
	Sig T	.7539	.6934	.8444	
GEWICHT	Beta	-.08565	-.07980		
	Sig T	.7111	.7262		
Multiple R		.60292	.60215	.60078	.60036
R Square		.36351	.36259	.36094	.36043
Adjusted R Square		.28226	.29619	.30877	.32206
Signif F		.0012	.0005	.0002	.0000

Diese multiple Korrelation offenbart, daß

- die Zusammenhänge zwischen der Kyphose und der Größe ($r = .2356$, $p = .086$; vgl. Tab. 27, S. 143) und zwischen der Kyphose und der Neigung des lumbosakralen WS-Abschnitts (KB; $r = .3772$, $p = .005$; vgl. Tab. 34, S. 153) redundant sind, und
- die Variablen "Alter" und "Gesamtkörperwinkel" die Ausprägung der Kyphose zu 32,846% erklären: Je älter die Vp ist und (gleichzeitig) je vorgeschobener das Becken ist, um so stärker ist die Kyphose ausgeprägt. Der ermittelte positive Zusammenhang zwischen Alter und Kyphose wurde auch bei NEUGEBAUER (1976, 696) festgestellt:

"Bei den Knaben (...) vermindern sich vom 6. bis zum 18. Lebensjahr die "Flachrücken" von 16% auf 2,5% und die sogenannten "Normalrücken" von 66% auf 33%. Dafür vermehren sich die "Rundrücken" von 18% auf 55% und die schweren "Rundrücken" von 0% auf etwa 10%."

Vergleicht man diese m.K. mit der m.K. (vgl. Kap. 4.1, Tab. 28, S. 145) der Kyphose (K.v.) und der Vpn-Variablen (P.v.), so zeigt sich, daß die Variablen "Größe" und "Gewicht" hier redundant sind. Der Beitrag an der Erklärung der Varianz der Kyphose der Variablen "Größe" und "Gewicht" dort wird hier durch die Variable "GWK" geleistet. Wie bereits in Kap. 4.1 festgestellt wurde, weisen große leichte Vpn einen kleineren GWK, d.h. ein vorgeschobeneres Becken auf. Daß die Variable "GWK" darüber hinaus noch einen eigenen Beitrag leistet, wird durch den Vergleich der multiplen Zusammenhänge deutlich (32,846 hier und 16,142% dort).

Der 1. Widerspruch (s.o.) läßt sich also folgendermaßen aufschlüsseln:

1. Der lumbosakrale WS-Abschnitt richtet sich bei einem Verschieben des Beckens auf ($r = -.4380$).
2. Durch ein Verschieben des Beckens wird die Kyphose verstärkt ($r = -.4854$).
3. Der widersprüchliche Zusammenhang zwischen der Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts und der stärkeren Ausprägung der Kyphose ($r = .3772$) wird durch die Variable "Gesamtkörperwinkel" verursacht und ist eine Scheinkorrelation.

Auch zur Auflösung des 2. Widerspruchs wurde eine multiple Korrelation berechnet (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES LORDW1 ALTER GROESSE GEWICHT BNW1 KB GWK /DEPENDENT LORDW1 /METHOD BACKWARD)

Tab. 37: Multiple Korrelation, Ergebnis (K.v.: $Lord_{w1B1}$, vgl. Text)

Removed		BNW1	GROESSE	GEWICHT
KB	Beta	-1.00127	-1.00017	-1.00272
	Sig T	.0000	.0000	.0000
GEWICHT	Beta	.12368	.12422	.09360
	Sig T	.2803	.2709	.1862
BNW1	Beta	3.4210E-03		
	Sig T	.9613		
GWK	Beta	-.80629	-.80608	-.79577
	Sig T	.0000	.0000	.0000
ALTER	Beta	.11170	.11083	.11071
	Sig T	.1245	.1119	.1090
GROESSE	Beta	-.03788	-.03657	
	Sig T	.7267	.7248	
Multiple R		.91955	.91955	.91933
R Square		.84557	.84557	.84516
Adjusted R Square		.82586	.82948	.83252
Signif F		.0000	.0000	.0000

Von den Vpn-Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" korreliert nur das Alter gering mit der Lordose: Je höher das Alter der Vp, um so ausgeprägter ist die Lordose. Der auffällig hohe multiple Zusammenhang von 82,295% läßt auf Suppres-

sionseffekte der Variablen untereinander schließen. Um zu überprüfen, ob die Suppressionseffekte durch die P.v. "Alter" ausgeübt wird, wurde eine weitere multiple Korrelation ohne die Vpn-Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" durchgeführt (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES LORDWI KB GWK /DEPENDENT LORDWI /METHOD BACKWARD). Das Ergebnis (Multiple R = .90422, R Square = .81826, Adjusted R Square = .80735, Signif F = .000) belegt, daß die Suppressionseffekte durch die P.v. "GWK" und "KB" ausgeübt werden.

Die multiple Korrelation läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Eine vorgeschobene Position des Beckens und ein vorgeneigter lumbosakraler WS-Abschnitt verursachen eine ausgeprägte Lordose. Die Auflösung des 2. Widerspruchs lautet somit:

1. Das Vorschieben des Beckens ist mit einer Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts verbunden ($r = -.4380$).
2. Die Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts führt zu einer Aufrichtung der Lordose ($r = -.6113$).
3. Das Vorschieben des Beckens ist mit einer stärkeren Ausprägung der Lordose verbunden ($r = -.3312$). Ursache hierfür ist, daß das Vorschieben des Beckens und das Zurücklegen des Oberkörpers in den Drehpunkten Hüftgelenk und untere Lendenwirbelsäule vollzogen wird. Dieser Zusammenhang zeigt sich noch deutlicher, wenn die Varianz der Variablen "KB" kontrolliert wird. Der unmittelbar lordosierende Effekt des Beckenvorschiebens ist gegenüber dem mittelbar entlordosierenden Effekt über die kausale Abfolge

"1. Beckenvorschubung führt zu Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts, und

2. Aufrichtung des lumbosakralen WS-Abschnitts führt zur Aufrichtung der Lordose" dominant.

Ist trotz des lumbosakralen-WS-Abschnitt-aufrichtenden Effekts des Beckenvorschiebens bei einer vorgeschobenen Beckenposition der lumbosakrale WS-Abschnitt vorgeneigt, so ist dies mit einer stärkeren Ausprägung der Lordose verbunden.

Um den Zusammenhang der Beckenneigung mit der Lordose auf das Phänomen der Scheinkorrelation hin zu überprüfen, wurde die zuletzt dargestellte multiple Korrelation ohne die Variable "KB" durchgeführt (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES LORDWI ALTER GROESSE GEWICHT BNWI GWK /DEPENDENT LORDWI /METHOD BACKWARD).

Tab. 38: Multiple Korrelation, Ergebnis (K.v.: Lord_{wi,bi}, vgl. Text)

Removed		GROESSE	GEWICHT	ALTER
GKW	Beta	-.39856	-.37925	-.35140
	Sig T	.0127	.0079	.0079
ALTER	Beta	-.13697	-.14024	-.09246
	Sig T	.3817	.3646	.4701
BNW1	Beta	-.30168	-.31313	-.27784
	Sig T	.0492	.0329	.0339
GROESSE	Beta	-.06892		
	Sig T	.7768		
GEWICHT	Beta	.15079	.09841	
	Sig T	.5556	.5738	
Multiple R		.45408	.45260	.44681
R Square		.20619	.20484	.19964
Adjusted R Square		.12350	.13993	.15162
Signif F		.0437	.0219	.0105
				.43722
				.19116
				.15944
				.0045

Bei dieser multiplen Korrelation werden die Ursprungsbeziehungen (Kriteriumskorrelationen: BN_{wi,bi} und Lord_{wi,bi}, $r = -.2596$; vgl. Tab. 34, S. 153; GKW und Lord_{wi,bi}, $r = -.3312$; vgl. Tab. 35, S. 155) bestätigt. Sie ergänzen sich und lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Ein vorgeschobenes vorgekipptes Becken korreliert mit einer ausgeprägten Lordose.

Durch die folgende multiple Korrelation wurde untersucht, ob der positive Zusammenhang zwischen Lordose und Kyphose auch Folge einer Scheinkorrelation ist (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES KYPHWI ALTER GROESSE GEWICHT BNWI LORDWI GWK /DEPENDENT KYPHWI /METHOD BACKWARD).

Tab. 39: Multiple Korrelation, Ergebnis (K.v.: Kyph_{wi,bi}, vgl. Text)

Removed		GROESSE	GEWICHT	BNW1
GKW	Beta	-.34504	-.37118	-.38964
	Sig T	.0190	.0054	.0018
ALTER	Beta	.38865	.39263	.36300
	Sig T	.0061	.0051	.0019
BNW1	Beta	.14405	.15835	.13563
	Sig T	.2899	.2268	.2445
LORDWI	Beta	.27420	.27198	.26800
	Sig T	.0329	.0326	.0330
GROESSE	Beta	.09033		
	Sig T	.6677		
GEWICHT	Beta	-.12913	-.06027	
	Sig T	.5607	.6913	
Multiple R		.64747	.64569	.64418
R Square		.41922	.41691	.41497
Adjusted R Square		.34508	.35617	.36722
Signif F		.0002	.0001	.0000
				.63120
				.39841
				.36231
				.0000

Die Variable "Lordose" ist nicht redundant. Wie der Vergleich mit der 1. multiplen Korrelation zeigt (vgl. Tab. 36, S. 156, erhöht sich der Wert der erklärten Varianz durch Aufnahme der Variablen "Lordose" um 3,385 % (36,231 - 32,846).

Bei der Auswertung wurde ein Zusammenhang zwischen der Beckenneigung und dem Gesamtkörperwinkel erwartet, d.h. es wurde angenommen, daß eine vorgeschobene Beckenposition mit einem aufgerichteten Becken korreliert. Diese Hypothese konnte nicht bestätigt werden, es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen Variablen ($r = -.0756$, $p = .587$). Da aufgrund der hohen Korrelationen der Beckenneigung mit den Vpn-Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" Suppressionseffekte als Ursache der geringen Korrelation wahrscheinlich erschienen, wurde eine multiple Korrelation mit diesen Variablen berechnet (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES ALTER GROESSE GEWICHT BNW1 GKW /DEPENDENT BNW1 /METHOD BACKWARD). Die Vermutung der Suppressionseffekte bestätigte sich nicht; es stellte sich keine höhere Korrelation zwischen der Beckenneigung und dem Gesamtkörperwinkel heraus.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß hohe Zusammenhänge zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen ermittelt werden konnten. Eine zentrale Stellung nimmt der Gesamtkörperwinkel ein, der die Position des Beckens bzgl. des Oberkörpers und der Fußgelenke quantifiziert. Eine Körperhaltung mit vorgeschobenem Becken führt zu einer stärkeren Ausprägung sowohl bei der Lordose als auch bei der Kyphose.

4.4 Zusammenhänge zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen und den Muskelfunktionsvariablen

Da zu dieser zentralen Fragestellung keine statistisch abgesicherten Ergebnisse vorliegen, muß die Vorgehensweise explorativ sein (vgl. Kap. II.4.4.2). Die ausführliche Darstellung der Auswertungsergebnisse verfolgt u.a. das Ziel, anschließenden Untersuchungen Material zu bieten und somit Ansatzpunkt einer statistisch belegbaren Diskussion zum Thema "Körperhaltung und Muskelfunktion" zu sein. Die dabei anfallende Datenmenge bedingt, daß nicht alle Ergebnisse erschöpfend diskutiert werden können.

In einem ersten Schritt wurden die Muskelfunktionsvariablen und die Haltungsvariablen bivariat korreliert (vgl. Tab. 44, S. 178 ff.). Da sich die Untersuchungsschwerpunkte 4 und 6 (vgl. Kap. III.3.4, S. 129 f.) gleichen, wurde bei der Auswertung weitgehend identisch vorgegangen. Um bei diesen recht umfangreichen Tabellen ein schnelles Auffinden der **bemerkenswerten Ergebnisse** zu erleichtern, sind die entsprechenden Irrtumswahrscheinlichkeiten in **Fettdruck** dargestellt und werden darüber hinaus folgendermaßen gekennzeichnet:

Tab. 40: Kennzeichnung der Ergebnisse in der Tab. 44, S. 178 ff. und in der Tab. 55, S. 225 ff.

Irrtumswahrscheinlichkeit $p <$	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
Kennzeichnung	+	++	+++	++++	+++++

Des weiteren wurden mit allen 33 Haltungsvariablen als Kriteriumsvariablen und den 10 Muskelfunktionsvariablen als Prädiktorvariablen multiple Korrelationen durchgeführt, wobei der Einfluß der Vpn-Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" durch Einbezug in die m.K. als P.v. kontrolliert wurde (Tab. 45, S. 183 ff., oben). Bei der Betrachtung dieser m.K. fallen z.T. sehr **unverständliche** Ergebnisse auf, die es notwendig erscheinen lassen, einige grundsätzliche Anmerkungen zum Problem der Kausalität zu machen.

Mit dem Adjektiv "unverständlich" soll zum Ausdruck gebracht werden, daß es sich um Ergebnisse handelt, bei denen der signifikante Einfluß eines Prädiktors innerhalb einer m.K. nicht plausibel im Sinne eines kausalen Zusammenhangs erklärt werden kann. So besitzen z.B. die Dehnungsvariablen "D_{lisch}", "Z_{80Tsch}", "Z_{11b}" und "Z_{50Hb}" in der m.K. mit der K.v. "Kyph_{w181}" hohe, signifikante Beta-Gewichte (vgl. Tab. 45, S. 183). Ein unmittelbarer Ursache-Wirkungs-Zusammenhang ist hier jedoch nicht einsichtig, denn wie sollen die Hüftmuskeln die Kyphose beeinflussen? Wie können dieser Fall und ähnlich gelagerte Fälle erklärt werden? Die folgende Abbildung zeigt

mögliche Beziehungsstrukturen beim Vorliegen eines signifikanten Zusammenhangs zwischen 2 Variablen X und Y.

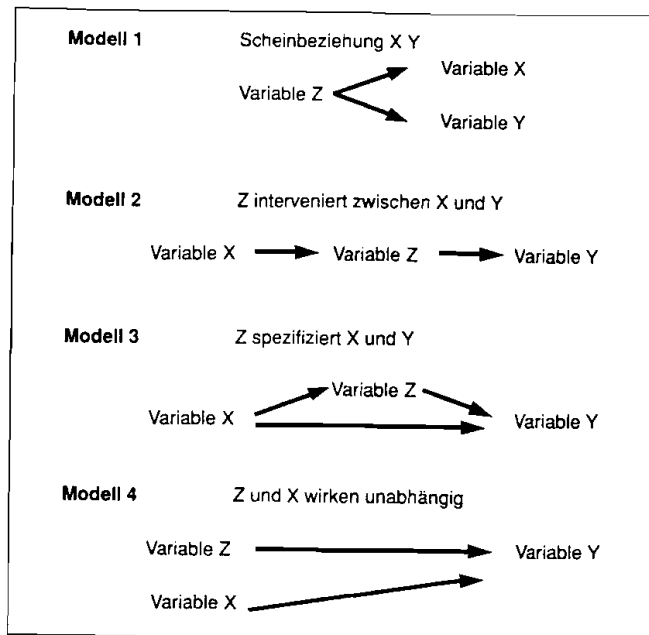


Abb. 40: "Modelle der Beziehung zwischen drei Variablen" (SAURWEIN u.a. 1991, 348)

BENNINGHAUS (1990, 276 f.) nennt die nachstehenden Kriterien, die zur Interpretation eines Zusammenhangs als Kausalbeziehung berechtigen.

"Kausalitätskriterien [H.d.A.]. ... herrscht eine generelle Übereinstimmung darüber vor, daß die Annahme einer Kausalbeziehung an der Erfüllung der folgenden drei Kriterien gebunden ist:

1. Zwischen der Variablen X und der Variablen Y besteht eine statistische Beziehung ("association").
2. Die Variable X geht der Variablen Y kausal voran ("causal order", "temporal precedence").
3. Die Beziehung zwischen X und Y verschwindet nicht, wenn der Einfluß dritter Variablen, die X und Y kausal vorangehen, kontrolliert wird ("lack of spuriousness").

Danach kann X als Ursache von Y betrachtet werden, wenn alle drei Kriterien erfüllt sind; um zu zeigen, daß X keine [H.d.A.] Ursache von Y ist, genügt die Demonstration, daß eines der drei Kriterien nicht [H.d.A.] erfüllt ist."

Im diesem Sinne sind auch die Anmerkungen im wissenschaftstheoretischen Teil zum empirisch-analytischen und induktiv-synthetischen Verfahren zu verstehen, die durch das folgende Zitat von BORTZ (1989, 301) konkretisiert werden:

"Eher im Sinne einer kausalen Beeinflussung sind dagegen Untersuchungen interpretierbar, in denen mehrere randomisierte Stichproben unterschiedlich "behandelt" werden und in denen sich die Stichproben nach der "Behandlung" hinsichtlich einer abhängigen Variablen signifikant voneinander unterscheiden."

Es sind demnach vor allem die Untersuchungsschwerpunkte 5 und 6 (vgl. Kap. III.3.4, S. 129 f.), die gesicherte Aussagen über kausale Zusammenhänge ermöglichen, wobei Untersuchungsschwerpunkt 5 Aussagen zuläßt, ob sich durch die "Behandlung" (das Training) die Haltung der Vpn verändert hat und Untersuchungsschwerpunkt 6 Schlußfolgerungen zuläßt, welche kausalen Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktion und den Veränderungen der Haltung bestehen.

Bei dem vorliegenden Beispiel der m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}" ist es naheliegend anzunehmen, daß es sich hierbei um ein Phänomen handelt, wie es in Modell 1 (vgl. Abb. 40) dargestellt wird, d.h., es muß eine Variable geben (Z), die sowohl die Dehnungsparameter (X) wie auch die Ausprägung der Kyphose (Y) beeinflusst. Ließe sich diese Variable Z extrahieren und quantifizieren⁷², so würden die Ursprungsbeziehungen zwischen den Dehnungsvariablen und der Kyphose in einer m.K. nicht mehr auftreten. Es wäre auch denkbar, daß eine Beziehungsstruktur in der Form des zweiten Modells vorliegt, d.h., daß die Dehnungsvariablen (X) eine intervenierende Variable (Z) - z.B. die Beckenneigung - beeinflussen, die dann ihrerseits auf die Kyphose (Y) einwirkt.⁷³

Ein weiteres Problem der m.K. mit einer hohen Anzahl von P.v. ist, daß die Ergebnisse nur schwer zu interpretieren sind. So verbleiben bei der m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}" 9 P.v. in der Gleichung, was zur Folge hat, daß eine Ausformulierung der m.K. unverständlich ist und die gegenseitigen Suppressionseffekte kaum mehr zu erfassen sind. Um die Anzahl der Prädiktoren überschaubar zu halten und die Fragestellung auf das Thema "Muskelbalance" zu reduzieren, wurden m.K. mit den Haltungsvariablen als K.v. und den 4 Muskelkraftvariablen als P.v. durchgeführt. Diese werden zum besseren Vergleich jeweils unter den entsprechenden m.K. mit allen 13 P.v. dargestellt (vgl. Tab. 45, S. 183 ff., unten).

Die m.K. mit allen 13 P.v. ergaben bei den folgenden K.v. keine signifikanten Ergebnisse: "BN_{w1B2}" (Gewicht⁷⁴), "Lord_{w1B1}" (Z_{80isch}), "Lord_{w1B2}", "Lord_{w1B3}".

⁷² Eine solche Variable könnte heißen: "Sportivität", "Verspannung", "Streß", "Konstitutionstyp".

⁷³ "Daß der Einfluß einer Variablen auf eine andere durch eine intervenierende [H.d.A.] Variable vermittelt wird, ist mit unserer Vorstellung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen durchaus vereinbar. Praktisch werden alle Kausalbeziehungen durch intervenierende Variablen vermittelt" (BENNINGHAUS 1990, 275)

⁷⁴ Falls nur eine P.v. in der Gleichung verblieb, so wird diese in Klammern hinter die jeweilige K.v. gesetzt; vgl. dann die bivariate Korrelationsmatrix Tab. 44, S. 178 ff..

"Hg-st-f" (D_{Hr}) und "GKW_{B3-B4}". Bei den m.K. mit den 4 Muskelkraftvariablen war dies darüber hinaus bei den K.v. "BN_{w1B1}", "BN_{w1B3}", "HWS", "SCH_H" (K_{Rm}), "KLAH", "Lord_{B6}", "KypH_{B6}" (K_{Hb}), "WS-b-f" (K_{Hb}), "Lord_{R7}" (K_{Bm}), "GKW_{B8}" und "GKW_{B9-B8}" der Fall.

4.4.1 Der Gesamtkörperwinkel, der MATTHIAS-Halte Test

Innerhalb des Kap. 4.1 wurde nachgewiesen, daß die Vpn-Variablen "Gewicht" und "Größe" die Ausprägung des Gesamtkörperwinkels entscheidend beeinflussen: Große leichte Vpn haben eine rückgeneigtere Wirbelsäulen-Längsachsenhaltung, eine vorgelegtere Bein-Becken-Längsachsenhaltung und infolgedessen eine vorgeschobenere Beckenposition.

Die m.K. mit den K.v. "GKW_{B1}" und "GKW_{B2}" ergeben, daß sich die P.v. "Größe" und "Gewicht" beim Einbezug der Muskelfunktionsvariablen nicht als redundant erweisen (vgl. Tab. 45, S. 185). Über diesen Zusammenhang hinaus zeigt sich noch eine Beziehung des GWK zur Bauchmuskelfkraft: Je höher die Kraft der Bauchmuskeln, um so mehr wird das Becken nach vorn geschoben und der Oberkörper zurückgeneigt (vgl. m.K. mit der K.v. "WSLAH"; Tab. 45, S. 185). Diese Zusammenhänge deuten sich auch schon bei der bivariaten Korrelation an (vgl. Tab. 44, S. 178 f.) und relativieren damit das Resultat der Untersuchung von ASMUSSEN (1960), der feststellte, daß die 25% der Vpn, die eine rückgeneigte Oberkörperhaltung aufwiesen, im Durchschnitt schwächere Bauchmuskeln hatten (vgl. S. 64). Eine weitergehendere Interpretation ist problematisch, denn es ist einerseits vorstellbar, daß

- 1. Vpn mit kräftigeren Bauchmuskeln diese als Haltungsmuskeln einsetzen und deshalb einen rückgeneigteren Oberkörper und eine vorgeschobenere Beckenposition haben, und andererseits denkbar, daß
- 2. Vpn, die die Körperhaltung mit vorgeschobenem Becken bevorzugen, durch einen damit verbundenen Kräftigungsreiz besser entwickelte Bauchmuskeln aufweisen.

Um diese Frage zu untersuchen, wurden die folgenden m.K. berechnet und verglichen.

Tab. 41: m.K. im Vergleich

DEPENDENT		K_{Bm}	K_{Rm}	GKW _{B1}	GKW _{B1}
1. Prädiktorvariable		Gewicht	Alter	Groesse	Groesse
2. Prädiktorvariable		GKW _{B1}	(Gewicht)	Gewicht	Gewicht
3. Prädiktorvariable		Alter	(Groesse)	K_{Bm}	(Alter)
4. Prädiktorvariable		(Groesse)		(Alter)	
1. Präd.va.	Beta	.26687	.52761	-.71169	-.74157
(s.o.)	Sig T	.0544	.0000	.0001	.0002
2. Präd.va.	Beta	-.32302		.96120	.83498
(s.o.)	Sig T	.0074		.0000	.0000
3. Präd.va.	Beta	.39165		-.38645	
(s.o.)	Sig T	.0043		.0019	
Multiple R		.62496	.52761	.64347	.53608
R Square		.39058	.27837	.41405	.28738
Adjusted R Square		.35401	.26449	.37889	.25943
Signif F		.0000	.0000	.0000	.0002

Der Vergleich der m.K. läßt darauf schließen, daß der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang in der unter 2. dargestellten Form wirkt, d.h. Vpn, die die Körperhaltung mit vorgeschobenem Becken aufweisen, bekommen durch einen damit verbundenen Reiz kräftigere Bauchmuskeln. Indiz dieser Annahme ist, daß der Gesamtkörperwinkel stärker an der Vorhersage der Bauchmuskelfkraft beteiligt ist als die Bauchmuskelfkraft an der Vorhersage des Gesamtkörperwinkels, wie die Gegenüberstellung des relativen Anteils der Beta-Gewichte⁷⁵ der P.v. "GKW_{B1}" und der P.v. "K_{Bm}" in den jeweiligen m.K. zeigt (vgl. Fettdruck: Kriteriumskorrelation K_{Bm} und GKW_{B1} , $r = -.2501$, $p = .068$ bei zweiseitiger Fragestellung).

Zumindest in diesem Punkt scheint es also so zu sein, daß die Körperhaltung die Muskelfunktion beeinflußt und nicht umgekehrt. Die enge Verbindung der Variablen "GKW_{B1}" und "K_{Hb}" läßt auf ähnliche Beziehungen schließen. Bei einer entsprechenden Vorgehensweise ergeben sich jedoch keine weiterführenden Ergebnisse. Eine m.K. mit der K.v. "GKW_{B1}" und den P.v. "Alter", "Größe", "Gewicht" und "K_{Hb}" bestätigt ausschließlich den Zusammenhang mit den P.v. "Größe" und "Gewicht"; die beiden P.v. "Alter" und "K_{Hb}" sind redundant. Bei der m.K. mit der K.v. "K_{Hb}" und den P.v. "Alter", "Größe", "Gewicht" und "GKW_{B1}" verbleibt ausschließlich die P.v. "Gewicht" in der Gleichung; die P.v. "Alter", "Größe" und "GKW_{B1}" sind redundant.

⁷⁵ "Je höher das b-Gewicht einer Prädiktorvariablen (unabhängig vom Vorzeichen) [im Vergleich zu den übrigen b-Gewichten], desto bedeutsamer ist die Prädiktorvariable für die Vorhersage der Kriteriumsvariablen." (BORTZ 1989, 561) vgl. zur Berechnung des partiellen Bestimmtheitsmaßes RINNE, H. 1976, S. 78 ff.

Das Ergebnis der m.K. mit der K.v. "GKW_{B3}" (Ruhehaltung) unterscheidet sich von den m.K. mit den K.v. "GKW_{B1}" (habituelle Haltung) und "GKW_{B2}" (angespannte Haltung). Der bestimmende Einfluß der Variablen "Größe" und "Gewicht" ist in dieser m.K. nicht vorhanden (vgl. Tab. 45, S. 185). Hingegen zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zur Kraft der Rückenmuskeln und der Hüftbeuger: Vpn, die gleichzeitig schwache Hüftbeuger und kräftige Rückenmuskeln besitzen, weisen eine vorgeschobenere Beckenposition auf. Eine plausible Erklärung für dieses Ergebnis liegt nicht vor.

Bei der Auswertung der Variablen "GKW_{B4}" und "GKW_{B8}" (dem GKW zu Beginn der 30` des 1. und 2. M.H.T.) und der Variablen "GKW_{B3-B4}" und "GKW_{B9-B8}" (die Veränderung des GKW im Verlauf des 1. und 2. M.H.T.) wurde ein Zusammenhang mit der Muskelkraft im allgemeinen und mit der Rückenmuskelkraft im besonderen erwartet, d.h. es wurde angenommen, Vpn mit geringerer Muskelkraft würden ihr Becken zu Beginn und im Verlauf des M.H.T. weiter nach vorn schieben als Vpn mit relativ hoher Muskelkraft.

Die m.K. der Variablen "GKW_{B4}" und "GKW_{B8}" zeigen, daß die hohe erklärte Varianz der Beckenposition (28,104% und 22,290%) jeweils weitgehend durch die Variablen "Größe" und "Gewicht" getragen wird und darüber hinaus keine Zusammenhänge zur Muskelkraft bestehen (Tab. 45, S. 185 f.).

Die m.K. mit der K.v. "GKW_{B3-B4}" ergibt kein signifikantes Ergebnis, bei der K.v. "GKW_{B9-B8}" besteht ein signifikanter Zusammenhang zur Kraft der Bauchmuskulatur und zum Gewicht, d.h. Vpn, die in Relation zum Körpergewicht eine kräftige Bauchmuskulatur aufweisen, schieben ihr Becken im Verlauf des 2. M.H.T. weniger nach vorn (vgl. Tab. 45, S. 186). Der Vergleich mit den bivariaten Korrelationen der Variablen "GKW_{B9-B8}" mit den Variablen "Gewicht" (vgl. Tab. 27, S. 144) und "Bauchmuskelkraft" (vgl. Tab. 44, S. 181) zeigt, daß es zwischen diesen beiden P.v. innerhalb der m.K. zu Suppressionseffekten kommt. Da die Irrtumswahrscheinlichkeit aufgrund des Vorliegens einer einseitigen Fragestellung halbiert werden kann, ist die Signifikanz des Beta-Gewichtes der Variablen "Gewicht" nur ganz schwach über der 5%-Grenze (5,003) und der multiple Zusammenhang ist signifikant (Signif. F = 0,0702/2 = 0,0356).

Angesichts dieses Ergebnisses muß die Aussagefähigkeit des MATTHIAS-Halte-Tests in Frage gestellt werden, erhärtet es doch die Vermutung, daß die Beurteilung des M.H.T. durch das Phänomen der "self-fulfilling-prophecy" beeinflusst sein könnte: Der Beurteiler sieht eine große, leichte Person, die - möglicherweise aus statischen Gründen - das Becken nach vorn schiebt, und schließt auf eine Haltungsschwäche. Innerhalb der m.K. ist kein Zusammenhang der Haltung beim - bzw. der Handlungsveränderungen während des M.H.T. zur Rückenmuskelkraft

nachweisbar. Es besteht lediglich ein leichter, der allgemeinen Hypothese entsprechender Zusammenhang zur Kraft der Bauchmuskeln.

4.4.2 Die Kyphose

Die Kyphose weist bivariat sehr signifikante Zusammenhänge zur Bauchmuskelkraft und zur maximalen Spannung beim Dehnvorgang der Hüftbeuger auf, d.h. Vpn mit kräftigen Bauchmuskeln und hohen maximalen Hüftbeuger-Dehnungsspannungen haben eine stark ausgeprägte Kyphose. Darüber hinaus zeigt sich eine tendenziell signifikante positive Korrelation mit dem Dehnungsgrad der Hüftbeuger (vgl. Tab. 44, S. 179).

Die m.K. mit der K.v. "Kyp_{w1B1}" und den 13 P.v. ergibt eine hohen multiplen Zusammenhang (49,586%, vgl. Tab. 45, S. 183). Vernachlässigt man die hohen Beta-Gewichte der Dehnungsvariablen (s.o.), so zeigt sich darüber hinaus ein Zusammenhang mit der Hüftbeuger-, mit der Bauch- und mit der Rückenmuskelkraft: Je höher die Kraft der Bauch- und der Rückenmuskeln und je geringer die Kraft der Hüftbeuger, um so stärker ist die Kyphose ausgeprägt.

Es überrascht, daß die P.v. "Alter", die in Kap. 4.3 als erklärende Variable für die Ausprägung der Kyphose erkannt wurde, in dieser m.K. redundant ist. Eine mögliche Ursache für dieses Ergebnis könnte darin bestehen, daß in einer m.K. mit einer hohen Anzahl von P.v. (in den vorliegenden m.K. handelt es sich um 13 Prädiktoren) der Fall eintreten kann, daß P.v. aus der Regressionsgleichung entfernt werden, die beim Verbleib in der Gleichung im weiteren Verlauf einen signifikanten Beitrag an der Erklärung der K.v. geleistet hätten. Da sich bei der Kyphose die höchsten und interessantesten Zusammenhänge zu den P.v. nachweisen lassen, soll an diesem Beispiel der Aufbau eines Regressionsmodells dargestellt werden.

4.4.3 Zum Aufbau des Regressionsmodells mit der Kriteriumsvariablen "Kyphose"

In den bisherigen m.K. wurden verschiedene aussagekräftige P.v. für die K.v. "Kyp_{w1B1}" ermittelt. In einem weiteren Schritt wird versucht, durch den Vergleich mehrerer m.K. mit der K.v. "Kyp_{w1B1}" Redundanzen aufzudecken und die günstigste Prädiktorenkombination zu ermitteln.

Kennzeichen einer redundanten P.v. ist das 3. Kausalitätskriterium von BENNINGHAUS (vg. S. 162).

"Die Beziehung zwischen X und Y verschwindet ... , wenn der Einfluß dritter Variablen, die X und Y kausal vorangehen, kontrolliert wird (...)."

BORTZ (1989, 563) faßt diesen Sachverhalt folgendermaßen zusammen:

"Offenbar ist die Information, die die Prädiktorvariable 2 enthält, bereits in der Prädiktorvariablen 1 enthalten (...), so daß eine Vorhersage des Kriteriums aufgrund beider Prädiktorvariablen nicht viel besser ist als die Vorhersage aufgrund einer Prädiktorvorhersage allein. (...) Prädiktorvariable 2 ist deshalb ... eine **redundante Prädiktorvariable** [H.d.A.]."

In Tab. 42, S. 171 f. Spalte 1-13 werden die m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}" dargestellt, wobei sich die eingeklammerten P.v. jeweils als redundant erwiesen.

In der 1.-3. Spalte werden noch einmal die m.K. des Kap. 4.1 und des Kap. 4.3 dargestellt, bei denen sich herausstellte, daß

- die P.v. "Alter", "Größe" und "Gewicht" die Varianz der K.v. "Kyph_{w1B1}" zu 16,142% erklären (Spalte 1),
- sich bei einer m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}", bei der neben den P.v. "Größe" und "Gewicht" die P.v. "GKW_{B1}" beteiligt ist, die P.v. "Größe" und "Gewicht" als redundant herausstellen (Spalte 2; bivariate Korrelation "GKW_{B1}" und "Kyph_{w1B1}" $r = -.4854$, $p = .000$, vgl. Tab. 35, S. 155), und
- eine m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}" und den P.v. "Alter" und "GKW_{B1}" ein angepaßtes R^2 von 32,846% (Spalte 2) - und eine m.K. mit der K.v. "Kyph_{w1B1}" und den P.v. "Alter", "GKW_{B1}" und "Lord_{w1B1}" ein angepaßtes R^2 von 36,231% ergibt (Spalte 3).

Die m.K. in Spalte 4 gibt das Ergebnis der m.K. mit den 4 Muskelkraftvariablen als P.v. wieder: Je kräftiger die Bauchmuskeln und je schwächer die Hüftbeuger, um so stärker ist die Kyphose ausgeprägt.

Wird neben den Muskelkraftvariablen "K_{Bm}" und "K_{Hb}" die Variable "Alter" eingeführt, so erweist sich diese als redundant (Spalte 5).

Bei einer m.K. mit den P.v. "GKW_{B1}", "K_{Bm}" und "K_{Hb}" ist die Variable "K_{Hb}" redundant (Spalte 6): Die Variable "GKW_{B1}" beinhaltet die Information der Variablen "K_{Hb}".

Überraschend ist das Ergebnis der m.K. in Spalte 7: Sowohl die Variable "K_{Hb}" als auch die Variable "K_{Bm}" sind gegenüber den Variablen "GKW_{B1}" und "Alter" redundant. Es war anzunehmen, daß die Variable "GKW" die Variable "K_{Hb}" verdrängt; da sich jedoch die P.v. "K_{Bm}" in Spalte 5 gegen die Variable "Alter" durchsetzte und auch neben der Variablen "GKW_{B1}" in der m.K. in Spalte 6 verblieb, ist die Redundanz in dieser m.K. unerwartet und nur durch komplexe Suppressions-effekte zwischen den Variablen zu erklären.

Tab. 43, S. 172 zeigt die bivariaten Korrelationen der Kyphose-Variablen "Kyph_{w1B1}", "Kyph_{B6}", "Kyph_{B7}", "Kyph_{w1B2}" und "Kyph_{w1B3}". Die Variable "Kyph_{B6}" sollte die Ausprägung der Kyphose, die durch die Strukturen des passiven Bewegungsapparates vorgegeben werden, quantifizieren, und es wurde erwartet, daß bei einer m.K. mit

der K.v. "Kyph_{w1B1}", bei der neben den Kraftvariablen die Variable "Kyph_{B6}" als P.v. wirkt, ein höherer multipler Zusammenhang festgestellt werden könnte.

Die m.K. in Spalte 8 zeigt, daß sich bei Einführung der Variablen "Kyph_{w1B2}" und "Kyph_{w1B3}" die Muskelkraftvariablen als redundant erweisen. Ursache hierfür sind die hohen Kriteriumskorrelationen zwischen "Kyph_{w1B1}" und "Kyph_{w1B2}" und zwischen "Kyph_{w1B1}" und "Kyph_{w1B3}", d.h. die P.v. "Kyph_{w1B2}" und "Kyph_{w1B3}" beinhalten alle Informationen, die die Muskelkraftvariablen tragen, da sie in ähnlicher Weise von den Muskelkraftvariablen beeinflusst werden, und darüber hinaus eigene Informationen. Die m.K. ergibt, daß die Varianz der K.v. "Kyph_{w1B1}" durch die P.v. "Kyph_{w1B2}" und "Kyph_{w1B3}" zu 66,616% erklärt wird; durch Einbezug der P.v. "Alter" und "GKW_{B1}" erhöht sich der erklärte Anteil auf 70,980% (Spalte 9).

Bei einer m.K. mit den P.v. "Kyph_{B6}", "K_{Bm}", "K_{Hb}", "K_{Rm}", "K_{Hs}" und "Alter" leisten ausschließlich die P.v. "Kyph_{B6}" und "K_{Bm}" einen Betrag von 23,492% zur Erklärung der Kyphose (Spalte 10): Je kräftiger die Bauchmuskeln sind und je stärker gekrümmt die Kyphose durch ihre passiven Elemente strukturiert ist, um so stärker ist sie auch im aufrechten Stand bei der habituellen Haltung ausgeprägt.

Durch Einbezug der P.v. "Lord_{w1B1}" erhöht sich der erklärte Anteil der Varianz auf 33,725% (Spalte 12).

Eine der Annahmen bei der Auswertung bestand darin, daß ein negativer Zusammenhang zwischen der Rückenmuskelkraft und der Ausprägung der Kyphose erwartet wurde. Die m.K. mit allen 13 P.v. zeigte weder bei der K.v. "Kyph_{w1B1}" noch bei den K.v. "Kyph_{w1B2}" und "Kyph_{w1B3}" ein dieser Hypothese entsprechendes Ergebnis. Bei den m.K. mit den 4 Kraftvariablen ist dieser Zusammenhang bei der K.v. "Kyph_{w1B2}" nachzuweisen (vgl. Tab. 45, S. 183). Durch verschiedene Prädiktorenkombinationen zeigte sich der erwartete Zusammenhang dann deutlicher (Spalte 11, 13-15). Diesen 4 m.K. ist zu entnehmen, daß sich der negative Zusammenhang der Kraft der Rückenmuskeln mit der Kyphose und der positive Zusammenhang der Kraft der Bauchmuskeln mit der Kyphose durchsetzt. Vor allem bei der K.v. "Kyph_{w1B2}" ist dieser Einfluß deutlich: Je kräftiger die Rückenmuskeln und je schwächer die Bauchmuskeln sind, um so geringer ist die Kyphose bei der angespannten Haltung ausgeprägt, d.h. um so besser sind die Vpn in der Lage, ihre Kyphose aufzurichten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich durch die multiple Korrelation durchaus Zusammenhänge zwischen der Ausprägung der Kyphose und der Muskelfunktion nachweisen lassen. Diese sind jedoch nicht so deutlich, wie in der Diskussion zum Thema "Haltung und muskuläre Balance" angenommen wird. Die folgenden Ausführungen sollen mögliche Ursachen hierfür aufzeigen und Perspektiven für anschließende Untersuchungen andeuten:

1. Durch die multiple Korrelation können die Varianzen der Vpn-Variablen "Alter", "Gewicht" und "Größe" **weitgehend** kontrolliert werden. Durch den Begriff "weitgehend" wird der Tatsache Rechnung getragen, daß die Linearitätsannahme⁷⁶ nicht bei allen Prädiktorenkombinationen in perfekter Ausprägung erfüllt wird. So ist beispielsweise die Korrelation zwischen dem Gewicht und der Maximalkraft nur annähernd linear. Als Lösung bietet sich hier eine Transformation der Ausgangsdaten oder eine Untersuchung in einer bzgl. dieser Merkmale homogeneren Stichprobe an.
2. Durch die Einbeziehung weiterer potentiell relevanter Variablen könnte eine Optimierung des Regressionsmodells erzielt werden.
3. Innerhalb der vorliegenden Arbeit war ein theoriegeleitetes Vorgehen bei der Auswertung aufgrund fehlender vergleichbarer Untersuchungen nur in Einzelfällen möglich.

Es ist zu hoffen und zu erwarten, daß sich die Informationen auf dem Gebiet "Körperhaltung und Muskelfunktion" durch die Anwendung metrischer Meßmethoden und multivariater Auswertungen verdichten und sich somit nach und nach plausible Regressionsmodelle für die verschiedenen Parameter der Körperhaltung und der Muskelfunktion angeben lassen.

4. Über die multiple Korrelation hinaus existieren in der Statistik weiterführende Methoden, deren Einsatz bei der Auswertung nachfolgender Untersuchungen geprüft werden sollte: die kanonische Korrelationsanalyse, die Faktorenanalyse und die Clusteranalyse (vgl. BORTZ 1989, 547 f.).

⁷⁶ Innerhalb des Programms SPSS wird durch den Befehl "SCATTERPLOT" das bivariate Streudiagramm der Schätz- und Residualwerte erstellt, durch das gravierende Abweichungen von der Linearitätsannahme erkannt werden können (UEHLINGER 1988, 252).

Tab. 42: m.K. zum Aufbau eines Regressionsmodells mit der K.v. "Kyph_{w1B1}"

DEPENDENT		1.	2.	3.	4.	5.
1. Prädiktorvariable		Alter	GKW	GKW	K _{Hb}	K _{Hb}
2. Prädiktorvariable		Gewicht	Alter	Alter	K _{Bm}	K _{Bm}
3. Prädiktorvariable		Größe	(Gewicht)	Lord _{w1B1}	(K _{Hb})	(Alter)
4. Prädiktorvariable			(Größe)	(Gewicht)	(K _{Hb})	
5. Prädiktorvariable			(BN _{w1B1})	(Größe)	(K _{Bm})	
6. Prädiktorvariable			(KB)	(BN _{w1B1})		
3. Präd.va.	Beta	.39508	-.48849	-.41401	-.34507	-.34507
(s.o.)	Sig T	.0102	.0001	.0008	.0201	.0201
4. Präd.va.	Beta	-.48433	.34374	.37027	.59245	.59245
(s.o.)	Sig T	.0243	.0036	.0015	.0001	.0001
3. Präd.va.	Beta	.43112		.22561		
(s.o.)	Sig T	.0359		.0599		
Multiple R		.45704	.59481	.63120	.50018	.50018
R Square		.20889	.35380	.39841	.25018	.25018
Adjusted R Square		.16142	.32846	.36231	.22077	.22077
Signif F		.0080	.0000	.0000	.0006	.0006

Tab.: Fortsetzung

DEPENDENT		6.	7.	8.	9.	10.
1. Prädiktorvariable		GKW	GKW	Kyph _{w1B2}	Kyph _{w1B2}	Kyph _{B6}
2. Prädiktorvariable		K _{Bm}	Alter	Kyph _{w1B3}	Kyph _{w1B3}	K _{Bm}
3. Prädiktorvariable		(K _{Hb})	(K _{Bm})	(K _{Hb})	GKW	(K _{Hb})
4. Prädiktorvariable			(K _{Hb})	(K _{Hb})	Alter	(K _{Bm})
5. Prädiktorvariable			(K _{Bm})	(K _{Bm})		(K _{Hb})
6. Prädiktorvariable			(KB)	(K _{Bm})		(Alter)
3. Präd.va.	Beta	-.40928	-.48849	.49671	.40656	.31349
(s.o.)	Sig T	.0012	.0001	.0000	.0001	.0119
4. Präd.va.	Beta	.30452	.34374	.42466	.38064	.41937
(s.o.)	Sig T	.0135	.0036	.0001	.0004	.0010
3. Präd.va.	Beta				-.18362	
(s.o.)	Sig T				.0332	
4. Präd.va.	Beta				.18611	
(s.o.)	Sig T				.0228	
Multiple R		.56796	.59481	.82387	.85540	.51360
R Square		.32258	.35380	.67876	.73171	.26379
Adjusted R Square		.29601	.32846	.66616	.70980	.23492
Signif F		.0000	.0000	.0000	.0000	.0004

Tab.: Fortsetzung

DEPENDENT		11.	12.	13.	Kyph _{w1B3}	Kyph _{w1B2}
1. Prädiktorvariable	Alter		Lord _{w1B1}	Lord _{w1B1}	Kyph _{B6}	K _{Bm}
2. Prädiktorvariable	GKW _{B1}		Kyph _{B6}	Kyph _{B6}	K _{Bm}	K _{Rm}
3. Prädiktorvariable	Lord _{w1B1}		K _{Bm}	K _{Bm}	K _{Rm}	Alter
4. Prädiktorvariable	K _{Bm}			K _{Rm}	(Lord _{w1B3})	(Kyph _{w1B2})
5. Prädiktorvariable	K _{Hs}			Alter	(Alter)	(Lord _{w1B2})
6. Prädiktorvariable	K _{Rm}					
7. Prädiktorvariable	(K _{Hb})					
1. Präd.va.	Beta	.45885	.33348	.37891	.32234	.45466
(s.o.)	Sig T	.0022	.0045	.0010	.0061	.0018
2. Präd.va.	Beta	-.31361	.30987	.28119	.55653	-.39880
(s.o.)	Sig T	.0105	.0079	.0135	.0000	.0047
3. Präd.va.	Beta	.27963	.43418	.34083	-.27087	.27483
(s.o.)	Sig T	.0167	.0003	.0101	.0297	.0682
4. Präd.va.	Beta	.34717		-.22370		
(s.o.)	Sig T	.0207		.0875		
5. Präd.va.	Beta	-.26493		.33625		
(s.o.)	Sig T	.0657		.0183		
6. Präd.va.	Beta	-.23299				
(s.o.)	Sig T	.0654				
Multiple R		.70406	.61218	.67190	.63108	.57401
R Square		.49570	.37476	.45145	.39826	.32949
Adjusted R Square		.43132	.33725	.39431	.36216	.28926
Signif F		.0000	.0000	.0000	.0000	.0002

Tab. 43: Korrelationsmatrix, Vt. HM: Kyph_{w1B1}, Kyph_{B6}, Kyph_{B7}, Kyph_{w1B2}, Kyph_{w1B3}

	Kyph _{B6}	Kyph _{B7}	Kyph _{w1B2}	Kyph _{w1B3}
Kyph _{w1B1}	.2970 54 .029	-.4853 54 .000	.7501 54 .000	.7210 54 .000
Kyph _{B6}		-.4588 54 .000	.1563 54 .259	.3586 54 .008
Kyph _{B7}			-.4913 54 .000	-.4813 54 .000
Kyph _{w1B2}				.5967 54 .000

4.4.4 Der "Ruhehaltung - habituelle Haltung - angespannte Haltung" - Kennwert

Die m.K. mit allen 13 P.v. ergibt einen Zusammenhang der K.v. "R-h-a-KW" zur Größe und zur Bauchmuskelfkraft: Bei Vpn, die in Relation zur Größe kräftige Bauchmuskeln haben, gleicht die habituelle Haltung stärker der angespannten Haltung als der Ruhehaltung (vgl. Tab. 45, S. 183). Durch die m.K. mit den 4 Muskelkraftvariablen wird ein Zusammenhang zur Bauch- und zur Rückenmuskelfkraft nachgewiesen: Je kräftiger die Bauchmuskeln und je schwächer die Rückenmuskeln, um so stärker gleicht die habituelle Haltung der angespannten Haltung als der Ruhehaltung. Dieser Zusammenhang deutet sich auch schon bei der bivariaten Korrelation an (vgl. Tab. 44, S. 182). Mögliche Ursache für dieses Ergebnis ist, daß Vpn mit kräftigen Rückenmuskeln die Kyphose aus der habituellen Haltung zur angespannten Haltung stärker aufrichten können. Dies zeigt aber auch, daß ein Zusammenhang: "Kräftige Rückenmuskeln sind gleichzeitig als verkürzt zu bewerten und führen durch ihre hohe Ruhespannung zu einer Aufrichtung der Kyphose" **nicht** besteht.

4.4.5 Lordose und Summe der Wirbelsäulen-Schwingungen

Die Ausprägung der Lordose zeigt weder bei der bivariaten Korrelation, noch bei der m.K. mit 13 P.v., bzw. den 4 Muskelkraftvariablen als Prädiktoren Zusammenhänge zur Muskelfunktion. Angesichts der Tatsache, daß die Ausprägung der Lordose zu 80,735% durch den Gesamtkörperwinkel und die Neigung des lumbosakralen WS-Abschnitts bestimmt wird (vgl. Kap. 4.3), ist dieses Ergebnis keineswegs unerwartet. Die Auswertungsergebnisse der Variablen "SuLoKy" (Summe der WS-Schwingungen) weisen eine hohe Ähnlichkeit mit den Ergebnissen der Variablen "Kyph_{w1B1}" auf; sie sind demnach durch die Varianz dieser Variablen verursacht (vgl. Tab. 45, S. 183).

4.4.6 Die Neigung des lumbosakralen Wirbelsäulen-Abschnitts

Die m.K. mit der K.v. "KB" und den 4 Kraftvariablen als P.v. zeigt, daß Vpn, die in Relation zu den Hüftbeugern kräftige Bauchmuskeln aufweisen, einen aufgerichteten lumbosakralen WS-Abschnitt haben; umgekehrt: Vpn, die in Relation zu den Bauchmuskeln kräftige Hüftbeuger haben, weisen ein vorgeneigteren lumbosakralen WS-Abschnitt auf (vgl. Tab. 45, S. 184). Bedenkt man, daß der M. psoas am letzten Brust- und am 1. - 4. Lendenwirbel ansetzt, so ist dieser Zusammenhang plausibel und bestätigt die in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge. Dieser Zusammenhang liegt bei der P.v. "K_{Bm}" auch bei den bivariaten Korrelationen vor (vgl. Tab. 44, S. 178). Bei der m.K. mit den 13 P.v. ist der Einfluß der Bauchmuskeln gleichfalls zu erkennen (vgl. Tab. 45, S. 184). Die Ausformulierung lautet hier: Vpn, die relativ

kräftige Bauchmuskeln, einen kleinen Dehnungsgrad der isch. M. und eine hohe maximale Hüftbeuger-Dehnungsspannung aufweisen, haben ein aufgerichteteren lumbosakralen WS-Abschnitt. Setzt man voraus, daß ein geringer Dehnungsgrad auf einen verkürzten Muskel hindeutet und die isch. M. durch ihre beckenaufrichtende Funktion (= intervenierende Variable) auch den lumbosakralen WS-Abschnitt aufrichten kann, so ist der Einfluß dieser Variablen plausibel. Bei dem Zusammenhang der K.v. "KB" mit der P.v. "Z_{hb}" gelingt diese Einordnung nicht, denn eine hohe maximale Hüftbeuger-Dehnungsspannung deutet den Annahmen in der Literatur zufolge auf einen verkürzten Muskel hin, der dann eine Vorneigung des lumbosakralen WS-Abschnitt zur Folge hätte.

4.4.7 Beckenneigung

Das Ergebnis der m.K. mit der K.v. "BN_{w1b3}" entspricht dem in der Literatur vermuteten Zusammenhang: Vpn, die in Relation zu ihrem Gewicht kräftige Hüftbeuger haben, weisen bei der Ruhehaltung durchschnittlich vorgekipptere Becken auf (vgl. Tab. 45, S. 184).

Die erklärte Varianz der K.v. "BN_{w1b1}" (habituelle Haltung) ist mit 37,182% bemerkenswert hoch, wird jedoch weitgehend durch die Vpn-Variable "Größe" bestimmt (vgl. Tab. 45, S. 184). Das Beta-Gewicht der P.v. "K_{rm}" zeigt einen negativen Zusammenhang mit der Beckenneigung an: Je schwächer die Rückenmuskeln, um so aufgerichteter ist das Becken. Während dieser Zusammenhang erwartet werden konnte, widerspricht der negative Zusammenhang mit der P.v. "K_{hb}" der in der Literatur angenommenen Bedeutung der Hüftstrecker für die Beckenaufrichtung. Akzeptiert man die Annahmen, daß eine hohe maximale Dehnungsspannung und eine hohe Ruhespannung der Hüftbeuger auf eine Verkürzung dieser Muskeln hindeuten, so kann nur eine der beiden Hüftbeuger-Zugkraftvariablen den erwarteten Zusammenhang bestätigen. Da die Irrtumswahrscheinlichkeit der P.v. "Z_{sohb}" etwas geringer ist als die der P.v. "Z_{hb}" und zudem der Tendenz nach den Erwartungen entspricht, könnte man sich dafür entscheiden, diesem Ergebnis höhere Bedeutung beizumessen. Die Widersprüchlichkeit zwischen den Einzelergebnissen der beiden Dehnungsvariablen sowie zwischen den Einzelergebnissen der beiden Kraftvariablen zeigt, daß die in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge nicht mit der dort geäußerten Gewißheit existieren.

4.4.8 Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeugefähigkeit

Die m.K. innerhalb des Kap. 4.1 hatte ergeben, daß große leichte Vpn eine bessere Beugefähigkeit der kyphotischen WS aufweisen, d.h., daß ihre Kyphose durch die passiven Elemente (z.B. Wirbelkörperform) stärker gekrümmt ist (vgl. Tab. 28,

S. 145). Die erklärte Varianz der K.v. "Kyph_{be}" betrug 20,151%. Durch die m.K. mit den 13 P.v. erhöht sich der erklärte Anteil auf 37,359% (vgl. Tab. 45, S. 187). Die 4 Kraftvariablen zeigen weder in der m.K. mit den 13 P.v. noch in der m.K., an der ausschließlich sie beteiligt sind, einen Zusammenhang mit der K.v. "Kyph_{be}". Die Erhöhung der erklärten Varianz beruht auf den Beta-Gewichten der P.v. "D_{isch}", "Z_{isch}" und "Z_{sohb}". Auf die isch. M. reduziert lautet die Ausformulierung: Vpn, die trotz hoher Zugkraft einen geringen Dehnungsgrad der isch. M. erreichen (was auf einen verkürzten Muskel hindeutet), haben eine stark ausgeprägte Beugefähigkeit der WS im kyphotischen Bereich, d.h. eine stark gekrümmte Kyphose. Das negative Beta-Gewicht der P.v. "Z_{sohb}" läßt auf einen verlängerten Muskel schließen. Auch bei dieser m.K. ist somit kein einheitlicher Trend der Dehnungsvariablen zu verzeichnen.

Bei den K.v. "Lord_{be}" und "WS-b-f" besteht ein Zusammenhang mit dem Alter: Je älter die Vpn sind, um so geringer ist die Beugefähigkeit der Wirbelsäule im lordotischen Bereich ausgeprägt (vgl. Tab. 45, S. 187). Der hohe Anteil der P.v. "D_{isch}" an der erklärten Varianz der K.v. "Hg-b-f" entspricht den Erwartungen (vgl. Tab. 45, S. 187). Die Tatsache, daß die P.v. "D_{isch}" in der m.K. mit der K.v. "WS-b-f" ein negatives - und in der m.K. mit der K.v. "Hg-b-f" ein positives Beta-Gewicht hat, läßt auf eine Wechselwirkung schließen (vgl. auch die bivariaten Korrelationen Tab. 44, S. 180). Die bivariate Korrelation zwischen der Variablen "WS-b-f" und "Hg-b-f" beträgt $r = -0,5940$: Je schlechter die Beugefähigkeit der WS, um so besser ist die Beugefähigkeit des Hüftgelenks. Es kann vermutet werden, daß hier eine wechselseitige Kompensation vorliegt.

Für die signifikanten Beta-Gewichte der Kraftvariablen innerhalb der m.K. mit den K.v. "Lord_{be}", "WS-b-f" und "Hg-b-f" besteht keine plausible Erklärung.

4.4.9 Wirbelsäulen- und Hüftgelenksstreckfähigkeit

Bei der K.v. "Kyph_{st}" mit den 4 Kraftvariablen als P.v. stellt sich eine Variablenkombination ein, die schon in anderen m.K. auftrat: Je kräftiger die Hüftbeuger und je schwächer die Bauchmuskeln, um so weniger ist die Kyphose gekrümmt, d.h. um so besser ist die Vp in der Lage, die WS im kyphotischen Bereich zu überstrecken (vgl. Tab. 45, S. 186). Aus der Tatsache, daß die m.K. mit der K.v. "Lord_{st}" und den 4 Muskelkraftvariablen als P.v. kein signifikantes Ergebnis hat, und aus der Tatsache, daß das Ergebnis der m.K. mit der K.v. "WS-st-f" dem Ergebnis der m.K. mit der K.v. "Kyph_{st}" entspricht, kann geschlossen werden, daß das Ergebnis der m.K. mit der K.v. "WS-st-f" auf der Varianz der Variablen "Kyph_{st}" beruht.

Die m.K. mit der K.v. "Lord_{st}" mit allen 13 P.v. ergibt einen Zusammenhang mit der Kraft der Bauch- und Rückenmuskeln, der sich jedoch bei der m.K. mit den 4 Kraftvariablen nicht einstellt. Demzufolge weisen Vpn mit kräftigen Rücken- und

mit schwachen Bauchmuskeln eine stark gekrümmte Lordose auf, d.h. sie können ihre WS im lordotischen Bereich besser überstrecken.

Bei der m.K. mit der K.v. "Hg-st-f" verbleibt ausschließlich die P.v. "D_{10b}" in der Gleichung. Die bivariate Korrelation beträgt $r = .3649$ ($p < 0,01$). Der plausible Zusammenhang lautet also: Je größer der Dehnungsgrad der Hüftbeuger ist, um so besser ist die Vp in der Lage, ihr Hüftgelenk zu überstrecken.

Die m.K. mit der K.v. "Sch_H" zeigt über den Zusammenhang mit der Größe und dem Gewicht (vgl. Kap. 4.1) hinaus keinen Zusammenhang zur Muskelkraft (vgl. Tab. 45, S. 187). Eine Ursache könnte in der ungenügenden Standardisierung des Meßvorgangs bestehen (vgl. Kap. III.3.3.2.B).

Die erklärte Varianz der K.v. "HWS" fällt gering aus. Große leichte Vpn halten den Kopf weiter zurück (vgl. Tab. 45, S. 186). Die Bezeichnung und Berechnung dieser Variablen wurde in Anlehnung an die Untersuchung von KLAUSEN u.a. (1978, 173 f.) vorgenommen, die als Indikator für die zervikale Lordose die Verbindung Vertebra prominens - Tragus nutzten. Die Diskrepanz der Variablenbezeichnung "Halswirbelsäulenhaltung" und der Variablenbedeutung "Kopf in Vor- bzw. Rückhalte" innerhalb der vorliegenden Untersuchung liegt schon bei KLAUSEN u.a. vor:

"There is no direct measure of the cervical lordosis either in the boys or in the girls. However, the inclination of the line connecting vertebra prominens with tragus may be used as a measure of the **cervical lordosis** [m.H.]. ... This means that the **forward positioning of the head** [m.H.]

Die bivariate Korrelation zwischen der Variablen "KH" und der Variablen "HWS" beträgt $r = .4178$. Da die Messung einer Krümmung durch mindestens 3 Meßpunkte erfolgen muß, sind die beiden Meßpunkte Vertebra prominens und Tragus für die Messung der Halswirbelsäule unzureichend.

Für den Zusammenhang: "Vpn mit kräftigen Hüftstreckern und schwachen Rückenmuskeln weisen einen zurückgelegten Kopf auf", der sich bei den m.K. mit der K.v. "KH" und den 4 Muskelkraftvariablen als Prädiktoren und mit den 13 Prädiktoren zeigt (vgl. Tab. 45, S. 187), liegt keine plausible Erklärung vor.

4.4.10 Zusammenfassung

Innerhalb der Auswertung dieses Kapitels zeigten sich die folgenden Zusammenhänge:

- Vpn, die gleichzeitig schwache Hüftbeuger und kräftige Rückenmuskeln besitzen, weisen bei der Ruhehaltung eine vorgeschobenere Beckenposition auf.
- Die Aussagefähigkeit des MATTHIASS-Halte-Tests muß aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung in Frage gestellt werden. Es ist kein Zusammenhang der Haltung beim - bzw. der Haltungsveränderungen während des MATTHIASS-Halte-Tests zur Rückenmuskelkraft nachweisbar. Es besteht lediglich ein geringer Zusammenhang mit der Kraft der Bauchmuskeln.
- Je kräftiger die Rückenmuskeln in Relation zu den Bauchmuskeln sind, um so geringer ist die Kyphose ausgeprägt.
- Vpn, die in Relation zu ihrem Gewicht kräftige Hüftbeuger haben, weisen bei der Ruhehaltung vorgekipptere Becken auf.
- Vpn, die in Relation zu den Hüftbeugern kräftige Bauchmuskeln haben, weisen eine geringere Kreuzbeinneigung, d.h. einen aufgerichteteren lumbosakralen WS-Abschnitt auf.
- Es besteht eine negative Korrelation zwischen der WS- und der Hüftgelenksbeugefähigkeit: Je schlechter die Beugefähigkeit der WS, um so besser ist die Beugefähigkeit des Hüftgelenks (und/oder umgekehrt).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich die Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und der Körperhaltung zum Teil nicht in der Weise und nicht mit der Deutlichkeit darstellen, wie sie in der Diskussion zum Thema "muskuläre Balance" vermutet -, bzw. als Tatsachen deklariert werden. Bei diesen Fehleinschätzungen lassen sich 3 Ebenen voneinander abgrenzen (vgl. auch die Teilzusammenfassung auf S. 170):

1. Wie im Kap. 4.2 nachgewiesen wurde, bestehen die Fehleinschätzungen z.T. schon auf der Ebene der Definition der Muskelfunktion (abgeschwächt oder verkürzt).
2. Am Beispiel der Bauchmuskeln und des Gesamtkörperwinkels konnte gezeigt werden, daß der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang - zumindest in diesem Fall - nicht die vermutete Richtung hat, denn die Stellung des Oberkörpers in der Sagittalebene (vor- oder rückgeneigt) hängt nicht von der Kraft der Bauchmuskeln ab, sondern die Kraft der Bauchmuskeln von der Stellung des Oberkörpers.
3. Darüber hinaus muß auch die Zuordnung der Bedeutung der einzelnen Muskeln und deren Funktion für die Körperhaltung grundsätzlich überdacht und überprüft werden.

Tab. 44: Korrelationsmatrix der Muskelfunktionsvariablen und der haltungs-konstituierenden Merkmale im Vortest; zur Kennzeichnung der Ergebnisse vgl. Tab. 40, S. 161

	BN _{W1B1}	KB	KH	HWS	KLAH	WSLAH	BBLAH
D _{isch}	-.1125 54 .418	-.1715 54 .215	-.0020 54 .988	-.1028 54 .460	.0530 54 .703	-.0175 54 .900	.0820 54 .555
Z _{isch}	.2256 53 +.104	.2902 53 +.035	.1731 53 .215	-.0922 53 .512	.0590 53 .675	.1160 53 .408	-.0753 53 .592
Z _{8risch}	.2565 53 +.064	.2432 53 +.079	.0584 53 .678	.0808 53 .565	-.0616 53 .661	.0602 53 .669	-.1451 53 .300
D _{Hb}	.2472 51 +.080	.2576 51 +.068	.0686 51 .633	-.0055 51 .969	.2865 51 +.042	.2640 51 +.061	-.0032 51 .982
Z _{Hb}	.2927 51 +.037	.3116 51 +.026	.1457 51 .308	-.2487 51 +.078	.0667 51 .642	.1009 51 .481	-.0433 51 .763
Z _{soHb}	-.0790 51 .582	.0119 51 .934	.0528 51 .713	-.1237 51 .387	-.2545 51 +.072	-.1419 51 .321	-.1042 51 .467
K _{Hs}	.1319 54 .342	.1731 54 .211	.2434 54 +.076	-.0294 54 .833	.0880 54 .527	.0951 54 .494	-.0122 54 .930
K _{Hb}	.0008 54 .995	-.0048 54 .973	.0128 54 .927	-.1568 54 .257	.1518 54 .273	-.1428 54 .303	.3052 54 +.025
K _{Bm}	.0966 54 .487	.3488 54 +.010	.1818 54 +.188	-.0015 54 .991	.2154 54 +.118	.2834 54 +.038	-.0962 54 .489
K _{Rm}	-.0277 54 .842	.0095 54 .946	-.1363 54 .326	-.1036 54 .456	.2079 54 +.131	-.0042 54 .976	.2103 54 +.127
SuKr	.0934 54 .502	.1934 54 +.161	.1577 54 .255	-.0701 54 .614	.1830 54 +.185	.1014 54 .465	.0727 54 .601

Tab.: Fortsetzung

	SCH_H	Kyph _{W1B1}	Lord _{W1B1}	SuLoKy	GKW _{B1}	Kyph _{B6}	Lord _{B6}
D _{isch}	-.1567 54 .258	-.0433 54 .756	.1621 54 .242	.0759 54 .585	.0406 54 .771	-.3440 54 +.011	-.1746 54 .207
Z _{isch}	-.0639 53 .649	.1825 53 +.191	-.1453 53 .299	.0178 53 .899	-.1133 53 .419	.0637 53 .650	-.1411 53 .313
Z _{8risch}	.1600 53 .253	-.0079 53 .955	-.2393 53 +.084	-.1563 53 .264	-.0932 53 .507	.3741 53 ++++.006	.0434 53 .758
D _{Hb}	-.2104 51 +.138	.2719 51 +.054	-.0261 51 .856	.1529 51 .284	-.2004 51 +.158	.0678 51 .636	.1147 51 .423
Z _{Hb}	-.1276 51 .372	.4258 51 +.002	-.0927 51 .517	.2063 51 +.146	-.0912 51 .525	-.0399 51 .781	.0443 51 .758
Z _{soHb}	.2147 51 +.130	.1240 51 .386	-.0384 51 .789	.0528 51 .713	.0710 51 .621	-.0266 51 .853	-.0955 51 .505
K _{Hs}	-.2201 54 +.110	.1391 54 .316	-.0550 54 .693	.0493 54 .724	-.0773 54 .579	-.1348 54 .331	-.1089 54 .433
K _{Hb}	-.1645 54 .235	-.0265 54 .849	-.0886 54 .524	-.0717 54 .606	.2109 54 +.126	-.3730 54 ++++.005	-.0674 54 .628
K _{Bm}	-.0449 54 .747	.4069 54 ++++.002	-.0449 54 .747	.2169 54 +.115	-.2501 54 +.068	-.0398 54 .775	.0062 54 .965
K _{Rm}	-.3308 54 +.015	.0241 54 .863	.0390 54 .780	.0390 54 .779	.0728 54 .601	-.2156 54 +.117	-.1917 54 +.165
SuKr	-.2353 54 +.087	.1898 54 +.169	-.0525 54 .706	.0814 54 .559	-.0541 54 .698	-.2059 54 +.135	-.1115 54 .422

Tab.: Fortsetzung

	WS-b-f	Hg-b-f	Kyph _{B7}	Lord _{B7}	WS-st-f	Hg-st-f	GKW _{B4}
D _{isch}	-.4221 54 ++++.001	.6264 54 ++++.000	.1359 54 .327	.1827 54 +.186	.2411 54 ++.079	.0799 54 .566	.1697 54 .220
Z _{isch}	-.0398 53 .777	.1421 53 .310	-.1340 53 .339	-.1998 53 +.151	-.2556 53 ++.065	.0538 53 .702	.0321 53 .819
Z _{80isch}	.3624 53 ++++.008	-.4277 53 ++++.001	-.1247 53 .374	-.2441 53 +.078	-.2813 53 +++0.041	-.1155 53 .410	-.0998 53 .477
D _{hb}	.1332 51 .352	.2260 51 +.111	-.2006 51 +.158	.1032 51 .471	-.0868 51 .545	.3649 51 ++++.008	-.1912 51 +.179
Z _{hb}	-.0064 51 .965	.1839 51 +.197	-.1041 51 .467	-.0613 51 .669	-.1257 51 .379	.1614 51 .258	.0792 51 .581
Z _{sohb}	-.0848 51 .554	-.0323 51 .822	.0632 51 .659	-.1679 51 .239	-.0678 51 .637	-.2072 51 +.145	.1897 51 +.182
K _{Hs}	-.1928 54 +.162	.4203 54 ++++.002	.1191 54 .391	-.1213 54 .382	.0090 54 .948	.1402 54 .312	.0289 54 .835
K _{Hb}	-.3751 54 ++++.005	.4490 54 ++++.001	.2994 54 +++0.028	-.1213 54 .382	.1546 54 .264	-.0364 54 .794	.2606 54 ++.057
K _{Bm}	-.0310 54 .824	.3879 54 ++++.004	-.0929 54 .504	-.2398 54 +.081	-.2475 54 ++.071	.1423 54 .305	-.1122 54 .419
K _{Rm}	-.3202 54 +++0.018	.4034 54 ++++.002	.2249 54 +.102	-.0274 54 .844	.1619 54 .242	.0397 54 .775	.1110 54 .424
SuKr	-.2574 54 ++.060	.5141 54 ++++.000	.1469 54 .289	-.1640 54 .236	.0008 54 .995	.1173 54 .398	.0606 54 .663

Tab.: Fortsetzung

	GKW _{B5-B4}	GKW _{B8}	GKW _{B9-B8}	BN _{W1B2}	Kyph _{W1B2}	Lord _{W1B2}
D _{isch}	-.0226 54 .871	.0946 52 .505	.0701 52 .621	-.0230 54 .869	.0326 54 .815	-.0170 54 .903
Z _{isch}	.1394 53 .319	.0946 51 .509	.0034 51 .981	.2183 53 +.116	.1817 53 +.193	-.1061 53 .450
Z _{80isch}	.0595 53 .672	-.0288 51 .841	-.0322 51 .822	.2405 53 ++.083	-.1096 53 .435	-.0951 53 .498
D _{hb}	-.0482 51 .737	-.2098 49 +.148	.0362 49 .805	.1418 51 .321	.2582 51 ++.067	-.0539 51 .707
Z _{hb}	-.0062 51 .966	.0988 49 .499	-.0348 49 .813	.2548 51 ++.071	.3826 51 ++++.006	-.1089 51 .447
Z _{sohb}	.1172 51 .413	.2275 49 +.116	-.0059 49 .968	.0093 51 .948	.1427 51 .318	-.0373 51 .795
K _{Hs}	-.0175 54 .900	.0050 52 .972	.0425 52 .765	.1885 54 +.172	.2439 54 ++.076	-.0859 54 .537
K _{Hb}	.0714 54 .608	.1220 52 .389	.0575 52 .686	.0698 54 .616	.0755 54 .587	-.0512 54 .713
K _{Bm}	.1561 54 .260	-.0939 52 .508	.1820 52 +.197	.1292 54 .352	.4514 54 ++++.001	-.0677 54 .627
K _{Rm}	.0736 54 .597	.0010 52 .994	.1214 52 .391	.0535 54 .701	-.0933 54 .502	-.0816 54 .557
SuKr	.0643 54 .644	.0015 52 .991	.1117 52 .431	.1644 54 .235	.2556 54 ++.062	-.0933 54 .502

Tab.: Fortsetzung

	GKW _{B2}	BN _{W1B3}	Kyph _{W1B3}	Lord _{W1B3}	GKW _{B3}	R-h-a-KW
D _{isch}	.0613 54 .660	-.0418 54 .764	-.0123 54 .930	.1052 54 .449	.0681 54 .625	.0304 54 .827
Z _{isch}	-.1175 53 .402	.1329 53 .343	.1678 53 .230	-.1705 53 .222	.0995 53 .478	.0871 53 .535
Z _{8isch}	-.1888 53 +.176	.0939 53 .504	-.0538 53 .702	-.0889 53 .527	-.0323 53 .818	-.0757 53 .590
D _{Hh}	-.0645 51 .653	.1351 51 .344	.3788 51 ++++.006	-.0463 51 .747	.0432 51 .763	.1997 51 +.160
Z _{Hh}	.0038 51 .979	.1643 51 .249	.2963 51 +++ .035	-.1869 51 +.189	.2133 51 +.133	-.0142 51 .921
Z _{90Hh}	.0624 51 .664	-.0711 51 .620	-.0640 51 .655	-.0368 51 .798	.0810 51 .572	-.1374 51 .336
K _{Hs}	-.0358 54 .797	.0952 54 .493	.0533 54 .702	-.0986 54 .478	.0427 54 .759	.0302 54 .828
K _{Hh}	.0708 54 .611	-.0986 54 .478	-.1363 54 .326	-.0764 54 .583	.2657 54 + .052	-.1356 54 .328
K _{Bm}	-.2535 54 ++ .064	.1101 54 .428	.4430 54 ++++ .001	-.0785 54 .573	-.0294 54 .833	.2065 54 +.134
K _{Rm}	.0792 54 .569	-.0484 54 .728	-.1335 54 .336	.1268 54 .361	-.0486 54 .727	-.2461 54 + .073
SuKr	-.0597 54 .668	.0525 54 .706	.0978 54 .482	-.0647 54 .642	.0590 54 .672	-.0047 54 .973

Tab. 45: 1. Multiple Korrelationen, Vt, K.v.: Haltungsvariablen, P.v.: Muskelfunktionsvariablen (mit Alter, Größe, Gewicht)
2. Multiple Korrelationen, Vt, K.v.: Haltungsvariablen, P.v.: Kraftvariablen

DEPENDENT		Kyph _{W1B1}	Kyph _{W1B2}	Kyph _{W1B3}	R-h-a-KW	SuLoKy
ALTER	Beta			-.35302		
	Sig T			.0103		
GROESSE	Beta	.34317			-.37622	.45777
	Sig T	.0749			.0103	.0416
GEWICHT	Beta	-.48984				-.81176
	Sig T	.0352				.0012
D _{isch}	Beta	-.60212	-.58977	-.53563		-.33763
	Sig T	.0005	.0007	.0006		.0669
Z _{isch}	Beta					
	Sig T					
Z _{90isch}	Beta	-.68421	-.70156	-.48574		-.72594
	Sig T	.0001	.0001	.0006		.0004
D _{Hh}	Beta		.46509			
	Sig T		.0090			
Z _{Hh}	Beta	.54144		.40630		.48444
	Sig T	.0015		.0023		.0090
Z _{90Hh}	Beta	.27279	-.71382			.32791
	Sig T	.0457	.0001			.0396
K _{Hs}	Beta					
	Sig T					
K _{Hh}	Beta	-.35260		-.57442		
	Sig T	.0337		.0000		
K _{Bm}	Beta	.50052	.45080	.94304	.33097	
	Sig T	.0012	.0028	.0000	.0230	
K _{Rm}	Beta	.28331				.38273
	Sig T	.0422				.0149
Multiple R		.76711	.69680	.77485	.41112	.62618
R Square		.58845	.48554	.60040	.16902	.39210
Adjusted R Square		.49586	.42708	.54464	.13366	.29078
Signif F		.0000	.0000	.0000	.0129	.0025
DEPENDENT		Kyph _{W1B1}	Kyph _{W1B2}	Kyph _{W1B3}	R-h-a-KW	SuLoKy
K _{Hs}	Beta					
	Sig T					
K _{Hh}	Beta	-.34507		-.52692		-.26500
	Sig T	.0201		.0002		.0993
K _{Bm}	Beta	.59245	.56405	.72636	.34574	.35945
	Sig T	.0001	.0001	.0000	.0154	.0270
K _{Rm}	Beta		-.30304		-.37461	
	Sig T		.0215		.0090	
Multiple R		.50018	.53187	.62735	.40443	.31141
R Square		.25018	.28289	.39357	.16356	.09697
Adjusted R Square		.22077	.25477	.36979	.13076	.06156
Signif F		.0006	.0002	.0000	.0105	.0742

Tab.: Fortsetzung

DEPENDENT		BN _{W1B1}	BN _{W1B3}	KB	KLAH	BBLAH
ALTER	Beta					
	Sig T					
GROESSE	Beta	.64079				-.80977
	Sig T	.0001				.0000
GEWICHT	Beta		.54883		.35364	1.37113
	Sig T		.0023		.0291	.0000
D _{isch}	Beta			-.46067	-.30399	
	Sig T			.0012	.0831	
Z _{isch}	Beta					
	Sig T					
Z _{80isch}	Beta				-.31472	
	Sig T				.0628	
D _{Hb}	Beta				.42631	.22745
	Sig T				.0093	.0682
Z _{Hb}	Beta	.29939		.23409		-.34112
	Sig T	.0713		.0937		.0146
Z _{50Hb}	Beta	-.24801				
	Sig T	.0643				
K _{Hs}	Beta	-.32744			-.32290	-.35730
	Sig T	.0407			.0814	.0113
K _{Hb}	Beta		-.45945			
	Sig T		.0096			
K _{Bm}	Beta			.45332		
	Sig T			.0034		
K _{Rm}	Beta	-.29520				
	Sig T	.0226				
Multiple R		.66024	.43718	.57858	.52648	.76719
R Square		.43592	.19113	.33476	.27719	.58858
Adjusted R Square		.37182	.15671	.29137	.19505	.54183
Signif F		.0001	.0068	.0003	.0115	.0000
DEPENDENT		KB			BBLAH	
K _{Hs}	Beta					
	Sig T					
K _{Hb}	Beta			-.27068	.50222	
	Sig T			.0789	.0015	
K _{Bm}	Beta			.49442	-.36625	
	Sig T			.0019	.0179	
K _{Rm}	Beta					
	Sig T					
Multiple R				.41686	.43419	
R Square				.17377	.18852	
Adjusted R Square				.14137	.15670	
Signif F				.0077	.0049	

Tab.: Fortsetzung

DEPENDENT		WSLAH	GKW _{B1}	GKW _{B2}	GKW _{B3}	GKW _{B4}
ALTER	Beta					
	Sig T					
GROESSE	Beta	.69073	-.78498	-.60045		-.59338
	Sig T	.0010	.0001	.0042		.0043
GEWICHT	Beta	-.85639	1.14713	.84803		.93566
	Sig T	.0001	.0000	.0001		.0000
D _{isch}	Beta					
	Sig T					
Z _{isch}	Beta					-.32634
	Sig T					.0471
Z _{80isch}	Beta					
	Sig T					
D _{Hb}	Beta					
	Sig T					
Z _{Hb}	Beta		-.24994			
	Sig T		.0885			
Z _{50Hb}	Beta					.28491
	Sig T					.0478
K _{Hs}	Beta					
	Sig T					
K _{Hb}	Beta				.45660	
	Sig T				.0069	
K _{Bm}	Beta	.34527	-.28267	-.34616		
	Sig T	.0123	.0287	.0132		
K _{Rm}	Beta				-.31350	
	Sig T				.0582	
Multiple R		.56731	.68421	.55003	.38552	.58287
R Square		.32184	.46814	.30253	.14863	.33973
Adjusted R Square		.27761	.42087	.25704	.11240	.28104
Signif F		.0004	.0000	.0008	.0228	.0008
DEPENDENT		WSLAH	GKW _{B1}	GKW _{B2}	GKW _{B3}	GKW _{B4}
K _{Hs}	Beta					
	Sig T					
K _{Hb}	Beta	-.41539	.48597	.29143	.40698	.45153
	Sig T	.0072	.0016	.0665	.0114	.0046
K _{Bm}	Beta	.50678	-.51143	-.41023		-.35508
	Sig T	.0012	.0009	.0110		.0239
K _{Rm}	Beta				-.26529	
	Sig T				.0933	
Multiple R		.45050	.48000	.35303	.34789	.39688
R Square		.20295	.23040	.12463	.12103	.15751
Adjusted R Square		.17169	.20022	.09030	.08656	.12447
Signif F		.0031	.0013	.0336	.0373	.0126

Tab.: Fortsetzung

DEPENDENT		GKW _{B8}	GKW _{B9-B8}	Kyph _{B7}	Lord _{B7}	WS-st-f	HWS
ALTER	Beta			-.28468		-.48597	
	Sig T			.0496		.0026	
GROESSE	Beta	-.55786					.39305
	Sig T	.0087					.0767
GEWICHT	Beta	.75257	-.25972		-.41699		-.61278
	Sig T	.0005	.1006		.0255		.0070
D _{isch}	Beta						
	Sig T						
Z _{isch}	Beta						
	Sig T						
Z _{90isch}	Beta				-.36781		
	Sig T				.0062		
D _{Hb}	Beta	-.24423		-.24241			
	Sig T	.0760		.0860			
Z _{Hb}	Beta				.42517		
	Sig T				.0202		
Z _{50Hb}	Beta						
	Sig T						
K _{Hs}	Beta						
	Sig T						
K _{Hb}	Beta			.52028			
	Sig T			.0005			
K _{Bm}	Beta		.34580		-.48501		
	Sig T		.0307		.0034		
K _{Rm}	Beta				.30865	.32257	
	Sig T				.0557	.0400	
Multiple R		.52202	.33370	.52313	.56392	.42687	.38925
R Square		.27250	.11135	.27367	.31801	.18222	.15151
Adjusted R Square		.22290	.07186	.22630	.24051	.14742	.11541
Signif F		.0027	.0702	.0019	.0038	.0088	.0210
DEPENDENT				Kyph _{B7}		WS-st-f	
K _{Hs}	Beta						
	Sig T						
K _{Hb}	Beta			.49152		.40477	
	Sig T			.0019		.0097	
K _{Bm}	Beta			-.35726		-.46514	
	Sig T			.0213		.0033	
K _{Rm}	Beta						
	Sig T						
Multiple R				.42468		.42153	
R Square				.18035		.17769	
Adjusted R Square				.14821		.14544	
Signif F				.0063		.0068	

Tab.: Fortsetzung

DEPENDENT		Kyph _{B6}	Lord _{B6}	WS-b-f	Hg-b-f	SCH_H	KH
ALTER	Beta		-.49159	-.39881	.20402		
	Sig T		.0052	.0102	.0655		
GROESSE	Beta	.34096					.45394
	Sig T	.0935					.0355
GEWICHT	Beta	-.82087					-.68756
	Sig T	.0002					.0020
D _{isch}	Beta	-.38622	-.26076	-.52271	.54294		
	Sig T	.0058	.0876	.0001	.0000		
Z _{isch}	Beta	.52827					
	Sig T	.0021					
Z _{80isch}	Beta						
	Sig T						
D _{Hb}	Beta						
	Sig T						
Z _{Hb}	Beta			.31563			
	Sig T			.0342			
Z _{50Hb}	Beta	-.27776		-.27690			.25667
	Sig T	.0539		.0275			.0537
K _{Hs}	Beta						.34927
	Sig T						.0171
K _{Hb}	Beta			-.51634	.22794		
	Sig T			.0004	.0489		
K _{Bm}	Beta		.45187	.51527			
	Sig T		.0179	.0029			
K _{Rm}	Beta						-.27836
	Sig T						.0548
Multiple R		.66144	.43114	.69855	.73228	.48461	.37737
R Square		.43751	.18588	.48797	.53623	.23485	.14241
Adjusted R Square		.37359	.13279	.41653	.50598	.18495	.10591
Signif F		.0001	.0227	.0000	.0000	.0060	.0270
DEPENDENT					Hg-b-f		KH
K _{Hs}	Beta				.32191		.32432
	Sig T				.0152		.0244
K _{Hb}	Beta						
	Sig T						
K _{Bm}	Beta						
	Sig T						
K _{Rm}	Beta				.29667		-.24387
	Sig T				.0246		.0872
Multiple R					.50496		.33495
R Square					.25499		.11219
Adjusted R Square					.22577		.07738
Signif F					.0005		.0481

4.5 Veränderungen vom Vor- zum Nachtest

In Tab. 52, S. 209 ff. werden in den ersten 5 Spalten die Veränderungen der Gruppen Vpn gesamt (N = 53), Trainingsgruppe A (N = 20), Trainingsgruppe B (N = 20), Kontrollgruppe (N = 13) und Trainingsgruppe A+B (N = 40) vom Vor- zum Nachtest dargestellt (1.-3. Zeile: Mittelwert, Standardabweichung und Stichprobenumfang) und auf Signifikanz (4. Zeile) überprüft.

In den Spalten 7-10 werden die Unterschiede zwischen den Veränderungen der Gruppen verglichen (1. Zeile: Differenz, 2. Zeile: Irrtumswahrscheinlichkeit). Da positive bzw. negative Differenzen (Veränderungen der Gruppen vom Vor- zum Nachtest, Unterschiede zwischen den Veränderungen der Gruppen) durch die jeweilige Skalierung der Variablen unterschiedliche Bedeutung haben können (vgl. Kap. 3, S. 99), wird diese in der Spalte "Bedeutung bei positiver Differenz" jeweils erläutert.

Die Berechnung der Signifikanz der Differenzen der Variablen (Nachtest - Vortest) wurde durch den T-Test für abhängige Stichproben vorgenommen. Die Signifikanz der Differenzen der Gruppen (A-K, B-K, A-B und A+B-K) untereinander wurde durch den T-Test für unabhängige Stichproben überprüft, wobei je nach Größe des F-Wertes die Irrtumswahrscheinlichkeit für den t-Wert unter 'pooled variance estimate' ($F > 0,05$; = Varianzhomogenität) oder diejenige des t-Wertes unter 'seperate variance estimate' ($F < 0,05$; = Inhomogenität der Varianzen) angegeben ist.

4.5.1 Vorbemerkung

Bei der inferenzstatistischen Auswertung der Veränderungen vom Vor- zum Nachtest kann es durch die unterschiedlichen Stichprobenumfänge der Gruppen A (20) und B (20) im Vergleich zu der Kontrollgruppe (13) zu Verzerrungen der Ergebnisse kommen.

Da die Irrtumswahrscheinlichkeit der t-Werte mit zunehmender Zahl der Freiheitsgrade df (bei abhängigen Stichproben: $n - 1$; bei unabhängigen Stichproben: $n_1 + n_2 - 2$) sinkt, können die Veränderungen der Kontrollgruppe (df = 12) in manchen Fällen trotz größerer Differenzen und höherer t-Werte (abhängige Stichproben) in Relation zu denjenigen der Trainingsgruppen (df = 19) eine höhere Irrtumswahrscheinlichkeit aufweisen.

Dieser Fall kann auch beim Vergleich der Gruppe A und der Gruppe B mit der Kontrollgruppe (df = 31) auftreten, denn auch hierbei ist bei gleicher Differenz und gleichem t-Wert (unabhängige Stichproben) wie beim Vergleich der Trainingsgruppen untereinander (df = 38) die Irrtumswahrscheinlichkeit höher.

Wie man der Tabelle D der t-Verteilungen (BORTZ, 840 f.) entnehmen kann, sind die Unterschiede der Signifikanzgrenzen bei den bestehenden Differenzen der Stichprobenumfänge (19-12, 38-31) jedoch gering und die daraus resultierenden Verzerrungen der Ergebnisse vernachlässigbar.⁷⁷

4.5.2 Muskelfunktionsmessung

A Dehnungsgradmessung

Bei der Veränderung der Dehnungsvariablen wurde bei den Trainingsgruppen z.T. von einseitiger Fragestellung ausgegangen, d.h. es wurde erwartet, daß im Nachtest bei der Messung der Dehnfähigkeit und der Dehnungsspannung zur Erzeugung des maximalen Winkels Gruppe A bei der isch. M. - und Gruppe B bei den Hüftbeugern höhere Werte aufweisen würden. Diese einseitigen Hypothesen basieren auf Ergebnissen eines durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaften geförderten Forschungsprojektes, bei dem eine Erhöhung der Dehnfähigkeit der isch. M. und eine Zunahme der Dehnungsspannung zur Erzeugung des maximalen Winkels nach einem zehnwöchigen Dehnungstraining festgestellt wurden (WIEMANN 1991b, Tab. II, 302). Weil in dieser Untersuchung bei den weiblichen Vpn eine signifikante Zunahme - bei den männlichen Vpn keine Veränderung der Dehnungsspannung zur Erzeugung eines Hüftbeugewinkels von 80° ermittelt wurde, lag bei der Untersuchung dieser Variablen ($Z_{80\text{isch}}$, $Z_{80\text{Hb}}$) eine zweiseitige Fragestellung zugrunde. Bei der Kontrollgruppe wurden bei allen Dehnungsparametern keine gerichteten Veränderungen erwartet (zweiseitige Fragestellung).

Beim Vergleich der Veränderungen der Gruppen untereinander wurde in entsprechender Weise ausschließlich bei der isch. M. beim Vergleich der Gruppe B mit der Kontrollgruppe und mit Gruppe A - und bei den Hüftbeugern beim Vergleich der Gruppe A mit der Kontrollgruppe und mit Gruppe B bei der Dehnfähigkeit und bei der Dehnungsspannung zur Erzeugung des maximalen Winkels eine einseitige Hypothese aufgestellt.

Bei der Veränderung der Dehnfähigkeit und der Dehnungsspannung zur Erzeugung des maximalen Winkels zeigen sich sowohl bei Gruppe B bei der isch. M. als auch bei Gruppe A bei den Hüftbeugern den Hypothesen entsprechende, sehr signifikante Differenzen, d.h. es werden unter dem Einsatz höherer Zugkräfte größere Winkel erreicht (vgl. Tab. 52, S. 210). Bei der isch. M. wird dieses Ergebnis durch die

⁷⁷ Bei zweiseitiger Fragestellung ist der T-Wert 1,684 bei df = 40 auf 0,95%-Niveau signifikant. Bei df = 13 ist der T-Wert 1,796 auf 0,95%-Niveau - der T-Wert 1,350 auf 0,90%-Niveau signifikant.

Veränderungen der Gruppe A und der Kontrollgruppe und durch den Vergleich der Gruppen untereinander gestützt:

- Weder bei Gruppe A noch bei der Kontrollgruppe sind signifikante Veränderungen dieser beiden Variablen festzustellen.
- Beim Vergleich der Gruppe B mit Gruppe A und mit der Kontrollgruppe bestehen sehr signifikante Differenzen bei der Dehnfähigkeit. Bei der maximalen Dehnungsspannung zeigt sich beim Vergleich der Gruppe B mit der Kontrollgruppe eine signifikante Differenz und beim Vergleich mit der Kontrollgruppe ein signifikanter Trend.

Bei den Hüftbeugern weist Gruppe B überraschenderweise einen signifikanten Trend zur höheren Dehnfähigkeit auf, die jedoch nicht durch eine höhere Dehnungsspannung verursacht wird. Die höhere Irrtumswahrscheinlichkeit resultiert aus der höheren Standardabweichung und nur im geringen Ausmaß aus dem kleineren Stichprobenumfang. Bei der Kontrollgruppe wird im Nachttest eine sehr signifikant geringere Dehnfähigkeit ermittelt. Beim Vergleich der Gruppen untereinander ist sowohl die Differenz zwischen der Gruppe A und der Kontrollgruppe als auch der Vergleich der Gruppe B mit der Kontrollgruppe sehr signifikant, d.h. beide Trainingsgruppen zeigen eine verbesserte Dehnfähigkeit. Bei der maximalen Dehnungsspannung entspricht die signifikante Differenz zwischen der Gruppe A und der Gruppe B und zwischen der Gruppe A und der Kontrollgruppe den Erwartungen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Veränderungen der beiden Dehnungsparameter "Dehnungsgrad" und "maximale Dehnungsspannung" mit einer Ausnahme - der signifikante Trend zur Verbesserung der Dehnfähigkeit der Gruppe B bei den Hüftbeugern - mit den Hypothesen übereinstimmen. Bei der Deutung dieser Ausnahme sind zwei Erklärungen möglich.

Akzeptiert man dieses Ergebnis, so könnte man eine mögliche Ursache in der Dehnungsübung für die isch. M. finden (vgl. Abb. 25, S. 94), bei der es auch zu einem Dehnungseffekt für die Hüftbeuger kommt (umgekehrt kommt es bei der Dehnungsübung für die Hüftbeuger nicht zu einem Dehnungseffekt für die isch. M.).

Bezieht man allerdings bei der Bewertung die Tatsachen mit ein, daß

- die maximale Dehnungsspannung der Hüftbeuger bei Gruppe B nicht angestiegen ist,
- die Reliabilität bei der Dehnungsgradmessung bei Gruppe B ($r = .713$) niedriger als bei Gruppe A ($r = .817$) und bei der Kontrollgruppe ($r = .824$) ist, und
- die Hüftgelenksstreckfähigkeit (Hg-st-f) bei Gruppe A im Gegensatz zu Gruppe B und zur Kontrollgruppe sehr signifikant zugenommen hat (vgl. Tab. 52, S. 217),

ist die Entscheidung, diese Ausnahme als Folge eines Phänomens bei der Dehnungsgradmessung der Hüftbeuger einzuordnen, begründeter. Während es bei der Messung

des Dehnungsgrades der isch. M. in allen Fällen zur Muskelhemmung kam, d.h. die Hüftbeugefähigkeit durch die Dehnfähigkeit der isch. M. begrenzt wurde (Vpn baten um Abbruch), war dies bei der Messung der Dehnfähigkeit der Hüftbeuger nicht der Fall. Hier wurde nur von etwa der Hälfte der Vpn (Vortest: 16 von 27 Befragten; Nachttest: 14 von 29 Befragten) ein Dehngefühl im Hüftbeugerbereich geäußert. Leider wurde dieser Aspekt nicht systematisch erhoben und kann aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs nicht weiter ausgewertet werden. Offensichtlich wird die Hüftüberstreckung aber nicht bei allen Vpn durch die Dehnfähigkeit der Hüftbeuger begrenzt, sondern durch Bänder- und/oder Kapselhemmung.

Weiterhin muß zum Meßvorgang der Dehnfähigkeit der Hüftbeuger angemerkt werden, daß sich trotz einer soliden Fixierung der Vpn durch die Gurte Beckenbewegungen und daraus resultierende Meßungenauigkeiten nicht vermeiden ließen.

Bei der Untersuchung der Veränderung der Ruhespannung zeigen sich sehr uneinheitliche Ergebnisse. So weisen die Hüftbeuger der Gruppe A nach dem Training neben einem höheren Dehnungsgrad ($p < 0,01$) und einer größeren Dehnungsspannung ($p < 0,01$) auch eine größere Ruhespannung auf ($p < 0,05$). Dieses Ergebnis bestätigt das Resultat der Untersuchung der isch. M. WIEMANNs bei den weiblichen Vpn. Im Gegensatz dazu zeigt die isch. M. neben einer verbesserten Dehnfähigkeit ($p < 0,01$) und einer höheren Dehnungsspannung ($p < 0,01$) keine größere Ruhespannung und bestätigt damit das Ergebnis, das WIEMANN bei seiner Untersuchung bei den männlichen Vpn ermittelte. Diese widersprüchliche Entwicklung schlägt sich beim Vergleich der Gruppen untereinander nieder. Bei der isch. M. deutet der signifikante Trend der Differenz zwischen Gruppe B und der Kontrollgruppe und der signifikante Trend der Differenz zwischen Gruppe B und Gruppe A auf eine Abnahme der Ruhespannung hin - bei den Hüftbeugern bestehen beim Vergleich der Gruppe A mit Gruppe B und mit der Kontrollgruppe keine signifikanten Differenzen.

Auch der Einfluß des Krafttrainings auf die Ruhespannung zeigt keine einheitliche Tendenz. Während Gruppe A, die ein Krafttraining für die Hüftstrecker absolvierte, im Nachttest eine sehr signifikant höhere Ruhespannung ($p < 0,01$) der isch. M. aufweist, ist bei der Gruppe B, die ein Krafttraining für die Hüftbeuger ausführte, kein Anstieg der Ruhespannung dieser Muskelgruppe nachzuweisen. Die Ruhespannung der Gruppe B zeigt sogar im Vergleich mit der Kontrollgruppe einen signifikanten Trend zur geringeren Zunahme.

B Kraftmessung

Da bei der Gruppe A, der Gruppe B und der Gruppe A+B eine stärkere Zunahme der Kraft als bei der Kontrollgruppe erwartet wurde, wird bei der Auswertung hier von einer einseitigen Fragestellung ausgegangen.

Die Verbesserungen der Maximalkraft der Hüftstrecker der Gruppe B und der Gruppe A+B sind sehr signifikant, bei Gruppe A zeigt sich ein signifikanter Trend und die Differenz der Kontrollgruppe ist nicht signifikant (vgl. Tab. 52, S. 211). Dieses Ergebnis entspricht bis auf die Tatsache, daß bei Gruppe A, die ein Programm zur Kräftigung der Hüftstrecker durchführte (Übung: Beinpresse), mit der größten Verbesserung gerechnet wurde, den Erwartungen. Ganz entgegen dieser Hypothese zeigte Gruppe B eine größere Zunahme der Hüftstreckerkraft als Gruppe A ($p < 0,10$), die möglicherweise durch die Übung "Rückenstrecken" verursacht wird, bei der ein Trainingseffekt für die Hüftstrecker wahrscheinlich ist. Im Vergleich zur Kontrollgruppe verbessert Gruppe B die Hüftstreckerkraft signifikant und die Differenz zur Gruppe A+B zeigt einen signifikanten Trend.

Die Verbesserungen der Bauchmuskelmaximalkraft der Gruppen A, B und A+B sind sehr signifikant, bei der Kontrollgruppe ist ein signifikanter Trend zu vermerken. Die Differenzen der Gruppen untereinander sind nicht signifikant. Während also das Ergebnis der T-Tests für abhängige Stichproben den Hypothesen entspricht, läßt sich dieser Befund nicht durch die T-Tests für unabhängige Stichproben belegen. Diese Resultate lassen den Schluß zu, daß in der gesamten Stichprobe ein Trend zur Zunahme der Bauchmuskelkraft besteht, der durch das Training verstärkt wurde.

Bei den Hüftbeugern und bei den Rückenmuskeln zeigen sich weder bei den Veränderungen der Gruppen noch bei dem Vergleich der Veränderungen der Gruppen untereinander signifikante Differenzen. Dieses Ergebnis läßt auf grundsätzliche Unterschiede zwischen den Hüftstreckern und Bauchmuskeln einerseits und den Hüftbeugern und Rückenmuskeln andererseits schließen:

1. Es besteht in diesem Altersabschnitt kein Kraftzuwachs der Hüftbeuger und Rückenmuskeln durch Reifungs- und Wachstumsvorgänge.
2. Die Trainierbarkeit der Hüftbeuger und der Rückenmuskeln ist in diesem Altersabschnitt gering.

Bei der Summe der 4 Muskelkraftrohre setzen sich die Tendenzen der Einzelergebnisse der Hüftstrecker und der Bauchmuskeln fort. Die Veränderungen der Gruppen B und A+B sind sehr signifikant, diejenige der Gruppe A zeigt einen signifikanten Trend, während sich die Kontrollgruppe nicht signifikant verbessert. Der Vergleich der Gruppen untereinander offenbart, daß das den Hypothesen entsprechende Ergebnis der abhängigen T-Tests vor allem aus der Tatsache resultiert, daß bei den Trainingsgruppen einseitige - bei der Kontrollgruppe zweiseitige Fragestellung

zugrunde lag, denn hier zeigen sich lediglich beim Vergleich der Gruppe B mit Gruppe A und mit der Kontrollgruppe signifikante Trends.

Bei der Suche nach Erklärungen für die geringen Verbesserungen der Trainingsgruppen und den nur in Einzelfällen signifikanten Differenzen im Vergleich mit der Kontrollgruppe können 2 Begründungen herangezogen werden.

Zum einen waren Trainingshäufigkeit, Reizintensität (Stärke des einzelnen Reizes) und Reizumfang (Dauer und Zahl der Reize pro Trainingseinheit) relativ klein. Bei der Untersuchung besaß das Ziel, möglichst alle Vpn zur dauerhaften Teilnahme am Training zu motivieren, absolute Priorität und es wurden nur jeweils 4 haltungsbeeinflussende Übungen mit je 3 Trainingssätzen pro Gruppe in die Trainingspläne aufgenommen.

Zum anderen zeigt sich, daß durch bestehende Unterschiede der Gruppen untereinander bzgl. des Alters, der Größe und des Gewichts Unterschiede der Veränderungen erklärt werden können. Aus der Wahl der Beckenneigung als Einteilungskriterium für die Trainingsgruppen und dem Zusammenhang der Beckenneigung mit den Vpn-Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" (vgl. Tab. 27, S. 143) wurden z.T. augenfällige Unterschiede dieser Daten der Trainingsgruppen untereinander verursacht, d.h. die Vpn der Trainingsgruppe B waren vor allem schwerer (9,20 Kg) und größer (9,71 cm) als die Vpn der Trainingsgruppe A; die Differenz des Alters ist hingegen vernachlässigbar gering (vgl. Tab. 19, S. 116). Bei der Untersuchung der Frage, ob diese Unterschiede Einfluß auf die Verbesserung der Maximalkraft haben, wurden die folgenden Berechnungen durchgeführt.

1. Die 4 Muskelkraftrohre des Vortests wurden z-transformiert und addiert (SU_KR), um Unterschiede der Varianzen der Variablen auszugleichen.
2. Die Differenzen der 4 Muskelkraftrohre (Nachttest-Vortest) wurden z-transformiert und addiert (D_SU_KR).

Danach wurde eine multiple Regression dieser beiden Variablen und den Variablen "Alter", "Größe", "Gewicht" und "Trainingshäufigkeit" (TRAI_H) mit dem folgenden Ergebnis durchgeführt (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES D_SU_KR TRAI_H SU_KR ALTER GROESSE GEWICHT /DEPENDENT D_SU_KR /METHOD BACKWARD).

Tab. 46: Multiple Korrelation (K.v.: Kraftzuwachs). Ergebnis

Removed			TRAI_H	GROESSE
ALTER	Beta	.31416	.32909	.35681
	Sig T	.0698	.0597	.0399
TRAI_H	Beta	.17739		
	Sig T	.2021		
GEWICHT	Beta	.49571	.49735	.65846
	Sig T	.0270	.0278	.0002
SU_KR	Beta	-.80735	-.80909	-.81292
	Sig T	.0001	.0001	.001
GROESSE	Beta	.29522	.21860	
	Sig T	.1718	.2938	
Multiple R		.68480	.66522	.65148
R Square		.46895	.44252	.42443
Adjusted R Square		.39085	.37881	.37646
Signif F		.0004	.0003	.0002

Die multiple Regression ergibt, daß die Varianzen der Variablen TRAI_H, SU_KR, ALTER, GROESSE und GEWICHT zu 39,085% (Adjusted R Square) die Varianz der Variablen D_SU_KR erklären. Die Beta-Gewichte der Variablen Trainingshäufigkeit und Größe sind nicht signifikant und nach ihrer Entfernung beträgt der Zusammenhang 37,646%. Dieses Ergebnis kann folgendermaßen interpretiert werden: Vpn, die im Vortest in Relation zu ihrem Gewicht, ihrer Größe und ihrem Alter eine geringe Kraft aufwiesen und häufig trainierten, zeigen den größten Kraftzuwachs. Mögliche Ursachen für die stärkere Kraftentwicklung der Trainingsgruppe B sind, daß diese Vpn

- einen schlechteren Trainingszustand aufwiesen und/oder
- in der Pubertät weiter fortgeschritten waren und/oder
- einen höheren Testosteronspiegel hatten.

Das Ergebnis der multiplen Regression läßt den Schluß zu, daß die Differenzen der Trainingsgruppen bzgl. des Kraftzuwachses bei einer Randomisierung der Stichproben nicht aufgetreten wären. Die multiple Regression dieser Variablen, bei der nur die Werte der Gruppe A und der Kontrollgruppe berücksichtigt werden, zeigt einen ähnlichen, jedoch geringer ausgeprägten Trend, d.h. auch hier hätte sich eine Randomisierung der Stichproben günstig ausgewirkt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß die gezielte Beeinflussung der Kraft durch das Training bei den Hüftstreckern und Bauchmuskeln erfolgreich war, während sie sich bei den Hüftbeugern und Rückenstreckern nicht nachweisen ließ.

Die folgenden Untersuchungen lassen einen Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit zu.

BRENKE u.a. (1986) stellten bei 212 Sportlern verschiedener Sportarten nach einem täglichen Kraftprogramm für die Bauch- und Rückenmuskulatur innerhalb von 23 Tagen dynamographisch einen höheren Kraftzuwachs bei den Rückenmuskeln (15,6%) als bei den Bauchmuskeln (9,7%) fest. Wie bereits in Kap. II.3.3.1 dargestellt wurde, läßt die Höhe der Werte (1155 N bzw. 1335 N bei den Rückenmuskeln, 1298 N bzw. 1424 N bei den Bauchmuskeln) auf eine andere Meßdurchführung (schwungvolles Reißen) schließen. Weiterhin wird die Vergleichbarkeit der Ergebnisse durch Unterschiede im Meßaufbau erschwert (Fixierung der Füße bei der Rückenmuskelkraftmessung, sitzende Position der Vpn bei der Bauchmuskelkraftmessung).

LEHMANN (1991) diagnostizierte bei der Altersklasse 14, die bereits ein einjähriges sprintspezifisches Training absolviert hatte, eine stärkere Entwicklung der Bauchmuskelkraft im Vergleich zur Rückenmuskelkraft (483 N/468 N) als bei der Altersklasse 13, die ein leichtathletisches Grundlagentraining durchführte (311 N/435 N). Die Unterschiede bzgl. des Meßaufbaus zwischen der vorliegenden Untersuchung und der Untersuchung LEHMANNs bei der Messung der Hüftbeuger- und Hüftstreckerkraft (Messung der Hüftbeuger- im gedehnten - der Hüftstreckerkraft im entdehnten Zustand) lassen keinen Vergleich der erhobenen Werte zu; augenfällig ist die extreme Höhe der Hüftbeugerkraft (1388 N). LEHMANN stellte nach einem 12-wöchigen Kräftigungsprogramm für die Hüftbeuger bei der Experimentalgruppe eine Entwicklung von 1066 N auf 1329 N - bei der Kontrollgruppe von 1009 N auf 1081 N fest.

TAUCHEL u.a. (1989) konnten bei Gewichthebern nach 6 Monaten (N = 24), nach 12 Monaten (N = 19) und nach 14 Monaten (N = 11) keine signifikanten Veränderungen der Bauch- und Rückenmuskelkraft ermitteln. Trotz dieser fehlenden statistischen Absicherung resümieren die Untersucher:

"Die Längsschnittbetrachtung der Probanden in der Sportart Gewichtheben zeigt deutlich, daß im Untersuchungszeitraum die RM-Kraft kontinuierlich zunimmt, während die BM-Kraft vielfach stagniert bzw. nur eine geringere Entwicklung aufweist." (204)

Hervorzuheben ist, daß TAUCHEL u.a. bzgl. der Festlegung eines optimalen Quotienten Bauchmuskel-/Rückenmuskelkraft differenziertere und weniger normative Aussagen machen als BRENKE u.a. (1986) und LEHMANN (1991), die ein Optimum von 1 : 1 fordern.⁷⁸

WEBER u.a. (1985) berichten von einem Fallbeispiel, bei dem ein gezieltes Muskeltrainingsprogramm von 7 Wochen zur deutlichen Zunahme der Kraft der Rückenmuskeln von 160 N auf 194 N - und der Bauchmuskeln von 144 N auf 160 N führte.

⁷⁸ LEHMANN fordert diesen Quotienten auch beim Verhältnis Hüftstrecker/Hüftbeuger.

TRUNZ (1987) stellte bei 94 Vpn nach einem vierwöchigem Kuraufenthalt einen hochsignifikanten Anstieg der Bauch- und Rückenmuskulatur fest.

Während der Vergleich der vorliegenden Untersuchung mit den genannten Untersuchungen, bei denen metrische Methoden zur Kraftmessung eingesetzt wurden, trotz unterschiedlicher Meßverfahren sinnvoll erscheint, werden Ergebnisse, die mit dem JANDA-Muskelfunktions-Test innerhalb von Querschnittsuntersuchungen (KLAUSCH 1982, SCHNABEL u.a. 1991, TAUCHEL u.a. 1986) und Trainingsexperimenten (BERTHOLD u.a. 1981, BITTMANN u.a. 1987, BRINGMANN u.a. 1989, GARBE 1988, RUMLER u.a. 1986) ermittelt wurden, aufgrund der in Kap. II.3.3 dargestellten Mängel bzgl. der Gütekriterien nicht mit in die Diskussion einbezogen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen bei der Gegenüberstellung mit den Ergebnissen der dargestellten Untersuchungen die folgenden Übereinstimmungen und Widersprüche.

Wie in der vorliegenden Untersuchung stellen BRENKE und LEHMANN (Altersklasse 14) ein Überwiegen der Bauch- in Relation zur Rückenmuskelkraft fest. Im Gegensatz dazu wurde bei TAUCHEL, WEBER (ein Fallbeispiel), TRUNZ und bei LEHMANN (Altersklasse 13) eine größere Kraft der Rückenmuskeln ermittelt.

Die Untersuchung LEHMANNs ergab dem Befund der vorliegenden Arbeit entsprechend eine stärkere Entwicklung der Bauchmuskelkraft als der Rückenmuskelkraft durch Training, während WEBER u.a. (ein Fallbeispiel) eine gleichmäßige Kraftsteigerung der Bauch- und Rückenmuskeln ermittelten und schließlich BRENKE u.a. im Widerspruch dazu von einer stärkeren Entwicklung der Rückenmuskeln berichten (vgl. Kap. 4.1)

Dieser kurze Vergleich dokumentiert, wie verschiedenartig die Untersuchungsergebnisse sind. Neben den bereits angesprochenen Unterschieden bzgl. des Meßaufbaus können z.B. die augenfälligen Unterschiede zwischen den Vpn-Gruppen (TRUNZ: Patienten mit WS-Syndromen, Durchschnittsalter 45; TAUCHEL: Gewichtheber; BRENKE: Sportler, Durchschnittsalter 21,6; LEHMANN: jugendliche Leichtathleten) bzw. die verschiedenen Behandlungen (BRENKE: Kraftprogramm für Bauch- und Rückenmuskeln; TRUNZ: Lauftraining) Ursache dieser Differenzen sein.

Neben den deutschsprachigen Beiträgen zur Messung der Muskelkräfte im Rahmen der Diskussion um die muskuläre Balance fallen Beiträge in englischer Sprache auf, die den Zusammenhang zwischen Rückenschmerzen und muskulären (Dys)-Balancen untersuchen (ANDERSSON u.a. 1988; MCNEILL u.a. 1980; NACHEMSON u.a. 1969; THORSTENSSON u.a. 1982, 1985). Da bei diesen Untersuchungen eine andere Fragestellung im Vordergrund stand und wieder andere Meßverfahren zum Einsatz kamen (THORSTENSSON 1982, 1985 und ANDERSSON isokinetisch in

Seitlage; MCNEILL im Stand; NACHEMSON im Stand und im Liegen), ist ein Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung nicht möglich.

C Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen

Mit den Daten der vorliegenden Untersuchung läßt sich eine weitere Frage zum Thema "muskuläre Balance" untersuchen:

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen "Kraft", "Dehnungsgrad", "Ruhespannung" und "maximale Dehnungs-spannung"?

Zeigt ein Muskel, der kräftiger wird, auch gleichzeitig einen geringeren Dehnungsgrad und eine höhere Ruhespannung?

Zur Beantwortung dieser und entsprechender Fragen wurden die Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen miteinander korreliert (vgl. Tab. 50, S. 200).

Auffallend ist die Übereinstimmung der Korrelationen der 3 Dehnungsvariablen untereinander zwischen der isch. M. und den Hüftbeugern. Der Zusammenhang zwischen dem verbesserten Dehnungsgrad und der höheren maximalen Dehnungs-spannung entspricht dem Ergebnis WIEMANNs (1991b, 305), der die Ursache der verbesserten Dehnungsfähigkeit der isch. M. nach einem zehnwöchigen Dehnungs-training einer verstärkten Resistenz gegenüber Dehnungsbelastungen zuspricht. Darüber hinaus besteht ein negativer Zusammenhang zwischen dem verbesserten Dehnungsgrad und der Ruhespannung und ein positiver Zusammenhang zwischen der Ruhespannung und der maximalen Dehnungsbelastung. Um die Beziehung zwischen den 3 Dehnungsvariablen näher zu untersuchen, wurden die folgenden m.K. durchgeführt (SPSS Befehl: REGRESSION /VARIABLES DISCH (DHB) ZISCH (ZHB) Z80ISCH (Z50HB) /DEPENDENT DISCH (DHB) /METHOD BACKWARD; vgl. Kap. 4.2). Dabei wurden die m.K. jeweils für die Gruppen Vpn gesamt, Trai.gr. A, Trai.gr. B, Kontrollgruppe und Trai.gr. A,B berechnet, um ggf. vorhandene Unterschiede aufzudecken.

Tab. 47: Multiple Korrelationen (Nt-Vt; K.v.: D_{isch}; P.v.: Z_{isch}, Z_{80isch}), Ergebnisse

Vpn		gesamt	A	B	K	A + B
Z _{isch}	Beta	.71877	.64039	.90977	.53149	.75676
	Sig T	.0000	.0030	.0022	.1556	.0000
Z _{80isch}	Beta	-.63145	-.44385	-.76918	-.79130	-.62371
	Sig T	.0000	.0279	.0073	.0453	.0000
Multiple R		.74811	.69691	.66614	.58593	.73597
R Square		.55967	.48568	.44374	.34331	.54165
Adjusted R Square		.54170	.42139	.37829	.21197	.51618
Signif F		.0000	.0049	.0068	.1221	.0000

Tab. 48: Multiple Korrelationen (Nt-Vt; K.v.: D_{Hb}; P.v.: Z_{Hb}, Z_{soHb}), Ergebnisse

Vpn		gesamt	A	B	K	A + B
Z _{Hb}	Beta	.84974	.93423	.79430	.96740	.88902
	Sig T	.0000	.0000	.0001	.0066	.0000
Z _{soHb}	Beta	-.67945	-.63253	-.62266	-.92712	-.65134
	Sig T	.0000	.0004	.0011	.0083	.0000
Multiple R		.83251	.85291	.85768	.75617	.85591
R Square		.69306	.72746	.73561	.57179	.73257
Adjusted R Square		.67972	.69540	.69493	.48615	.71637
Signif F		.0000	.0000	.0002	.0144	.0000

Die m.K. ergeben sowohl bei der isch. M. als auch bei den Hüftbeugern bei allen Gruppen, daß die Veränderung des Dehnungsgrades im hohen Maße durch die Veränderung der Ruhespannung und die Veränderung der maximalen Dehnungsspannung erklärt werden kann: je geringer die Ruhespannung und je höher die maximale Dehnungsspannung im Nachttest in Relation zum Vortest ist, um so höher ist der Zuwachs des Dehnungsgrades.

Da die Dehnungsübungen bei beiden Trainingsgruppen zu einer Zunahme des Dehnungsgrades bei gleichzeitiger Zunahme der maximalen Dehnungsspannung der entsprechenden Muskelgruppen geführt haben, sich aber bei Trainingsgruppe B keine signifikante Veränderung -, bei Trainingsgruppe A sogar eine signifikante Zunahme der Ruhespannung ergab, kann der Zusammenhang zwischen der Zunahme des Dehnungsgrades einerseits und der Zunahme der maximalen Dehnungsspannung und der Abnahme der Ruhespannung andererseits, der sich durch die m.K. bemerkenswert deutlich zeigt, nicht auf die Dehnungsübungen zurückgeführt werden. Dies zeigt auch der Vergleich der Beta-Gewichte der P.v. "Ruhespannung" und "maximale Dehnungsspannung" in den m.K. der Trainingsgruppe A, der Trainingsgruppe B und der Kontrollgruppe. Es muß resümiert werden, daß eine Abnahme der Ruhespannung, wie sie Dehnungsübungen zugeschrieben wird, innerhalb der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden konnte. Dieses Ergebnis bestätigt den Befund

WIEMANNs (1991b, 305), der auch nach einem - im Vergleich zur vorliegenden Untersuchung - intensiverem Dehnungstraining keine Verminderung der Ruhespannung bei der isch. M. nachweisen konnte.

Die Korrelation zwischen den Veränderungen der beiden Ruhespannungs-Variablen "Z_{80isch}" und "Z_{soHb}" (r = .4245, p = .003) läßt auf eine generell verbesserte bzw. verschlechterte Entspannungsfähigkeit schließen.

Bei den Veränderungen der Kraftvariablen besteht ausschließlich zwischen den Variablen "K_{Hb}" und "K_{Bm}" ein signifikanter Zusammenhang (r = .3239, p = .018). Auffällig sind darüber hinaus die Korrelationen zwischen den Variablen "K_{Bm}" einerseits und den Variablen "D_{Hb}" (r = .2836, p = .046), "Z_{Hb}" (r = -.2919, p = .040) und "Z_{soHb}" (r = -.4645, p = .001) andererseits, die den von SPRING vermuteten Zusammenhang zwischen verkürzten Hüftbeugern und abgeschwächten Bauchmuskeln durch eine reflektorische Hemmung zu bestätigen scheinen. Die m.K. dieser Variablen zeigt das folgende Ergebnis:

Tab. 49: Multiple Korrelation (Nt-Vt; K.v.: K_{Bm}; P.v.: D_{Hb}, Z_{Hb}, Z_{soHb})

Multiple R	.58521	D _{Hb}	Beta	.60258
R Square	.34247		Sig T	.0001
Adjusted R Square	.31388	Z _{Hb}	Beta	-.64409
Signif F	.0001		Sig T	.0001
		Z _{soHb}	Beta	
			Sig T	

Obwohl die P.v. "Z_{soHb}" die höchste Kriteriumskorrelation aufweist, ist sie überraschenderweise gegenüber den P.v. "D_{Hb}" und "Z_{Hb}" redundant. Die Ausformulierung der m.K. lautet: Vpn, die im Nachttest trotz geringerer Zugkraft einen höheren Hüftbeuger-Dehnungsgrad erreichen, weisen im Nachttest auch kräftigere Bauchmuskeln auf. Dieses Ergebnis bestätigt z.T. das Ergebnis der m.K. mit der K.v. "K_{Bm}" und den P.v. "Alter", "Größe", "Gewicht", "D_{Hb}", "Z_{Hb}" und "Z_{soHb}" innerhalb der Vortestauswertung. Auch dort wurde ein positiver Zusammenhang zwischen der K.v. "K_{Bm}" und der P.v. "D_{Hb}" festgestellt. Ob hier tatsächlich der in Literatur dargestellte kausale Zusammenhang besteht (vgl. Zitat SPRING, Kap. 4.2, S. 149), muß jedoch weiterhin bezweifelt werden.

Durch eine m.K. mit der K.v. "K_{Hb}" und den Hüftbeuger-Dehnungsvariablen "D_{Hb}", "Z_{Hb}" und "Z_{soHb}" als P.v. wurde das Ergebnis der Vortestauswertung bestätigt: Zwischen der Veränderung der Kraft der Hüftbeuger und den Veränderungen der Hüftbeuger-Dehnungsparameter besteht kein Zusammenhang. Demnach führt ein Kraftzuwachs nicht gleichzeitig zu einer Verkürzung im Sinne einer Abnahme des Dehnungsgrades bzw. einer Zunahme der Ruhespannung.

Tab. 50: Korrelation der Differenzen der Muskelfunktionsvariablen (Nt - Vt), zur Kennzeichnung der Ergebnisse vgl. Tab. 24, S. 131

	D _{isch}	Z _{isch}	Z _{80isch}	D _{Hb}	Z _{Hb}	Z _{50Hb}
D _{isch}				.2147 50 .134	-.0501 50 .730	-.2474 49 .087
Z _{isch}	.4713 52 +++ .000			-.0458 49 .755	.0188 49 .898	.0362 48 .807
Z _{80isch}	-.3498 52 ++ .011	.3918 52 +++ .004		-.1467 49 .314	.1328 49 .363	.4245 48 +++ .003
Z _{Hb}				.5436 50 +++ .000		
Z _{50Hb}				-.3184 49 ++ .026	.4249 49 +++ .002	
K _{Hs}	.3258 53 ++ .017	.2094 52 .136	-.1327 52 .348	.2166 50 .131	.1065 50 .462	-.0543 49 .711
K _{Hb}	.2668 53 + .053	.1268 52 .370	-.0616 52 .664	-.0441 50 .761	.0222 50 .879	-.1106 49 .449
K _{Bm}	.2260 53 .104	.2184 52 .120	.0804 52 .571	.2836 50 ++ .046	-.2919 50 ++ .040	-.4645 49 +++ .001
K _{Rm}	.1634 53 .242	.2540 52 .069	.0688 52 .628	-.2027 50 .158	-.2179 50 .129	-.1283 49 .380
		K _{Hs}	K _{Hb}	K _{Bm}		
K _{Hb}		.2071 53 .137				
K _{Bm}		.2107 53 .130	.3239 53 ++ .018			
K _{Rm}		.0705 53 .616	.2149 53 .122	.1150 53 .412		

4.5.3 Haltungsmessung

A Beckenneigung

Durch die unterschiedlichen Trainingsprogramme der Gruppen sollte die Beckenneigung beeinflusst werden. Während Gruppe A ein Programm zur Beckenaufrichtung absolvierte, trainierte Gruppe B nach einem Programm zur Beckenvorkippung. Bei der inferenzstatistischen Auswertung wurde deshalb hier von einer einseitigen Fragestellung ausgegangen. Wie Tab. 52, S. 212 zu entnehmen ist, richtet sich das Becken der Gruppe A der Hypothese entsprechend um 2,16° auf ($p < 0,01$), während die Differenzen der Beckenneigungswinkel der Gruppe B (0,50°) und der Kontrollgruppe (0,75°) nicht signifikant sind. Im Mittelwertvergleich der Gruppen untereinander besteht ein signifikanter Trend bei den Gruppen A und B ($p < 0,10$). Diese Befunde werden durch die Ergebnisse bei der Auswertung des Beckenneigungswinkels der Bilder 2 (angespannte Haltung) und 3 (Ruhehaltung) gestützt (vgl. Tab. 52, S. 214 f.).

Während das Ergebnis der Gruppe A den Erwartungen entspricht, ist es zunächst einmal überraschend, daß auch bei der Kontrollgruppe und bei der Gruppe B eine Beckenaufrichtung festzustellen ist, deren Übereinstimmung auf eine generelle Tendenz schließen läßt (bei der Zusammenfassung der Gruppen B und K beträgt die Irrtumswahrscheinlichkeit $p = .377$). Da jedoch bereits in Vortest ein positiver Zusammenhang zwischen der Beckenneigung und der Größe festgestellt wurde und die Größe in den 4 Monaten um durchschnittlich 1,31cm zugenommen hat, ist diese Tendenz durchaus erklärlich. Trotz der hohen Korrelation zwischen der Größe und der Beckenneigung konnte allerdings kein Zusammenhang zwischen der Zunahme der Größe und der Beckenaufrichtung nachgewiesen werden ($r = -.0323$, $p = .819$).

Angesichts der generellen Tendenz zur Beckenaufrichtung können die Ergebnisse **spekulativ** folgendermaßen eingeordnet werden. Das Becken richtet sich im Alter von durchschnittlich 15 Jahren in einem Zeitraum von 4 Monaten um 0,75° auf (Kontrollgruppe). Durch das Programm zur Beckenaufrichtung der Gruppe A wurde dieser Entwicklungsprozeß verstärkt (2,16°), während er bei der Gruppe B zum Teil aufgehoben wurde (0,50°). Die statistische Signifikanz der Beckenaufrichtung der Gruppe A ($p < 0,01$) und der signifikante Trend des Vergleichs der Gruppen A und B ($p < 0,10$) legitimieren diese Folgerungen, wobei jedoch noch einmal betont werden muß, daß sich die Differenzen zwischen den Veränderungen der Gruppen B und K und der Gruppen A und K statistisch nicht absichern lassen und die Beckenaufrichtungen der Gruppen B und K aufgrund der zu hohen Irrtumswahrscheinlichkeit als nicht ereignet gelten.

Wie im Kap. 4.6 noch dargestellt wird, lassen sich keine Zusammenhänge zwischen den Veränderungen des Beckenneigungswinkels und den Veränderungen der Muskel-

funktion nachweisen. Angesichts dieses Ergebnisses stellt sich die Frage, wie die tendenziell der Hypothese entsprechenden Veränderungen der Beckenneigung der Gruppen zu erklären sind. Hier bieten sich 2 Ansätze:

1. Die Veränderungen der Beckenneigungen sind durch veränderte Muskelfunktionszustände der untersuchten Muskelgruppen verursacht, die jedoch bei der Muskelfunktionsmessung aufgrund von Meßungenauigkeiten nicht ermittelt werden konnten. So ist insbesondere die Dehnungsgradmessung der Hüftbeuger nicht störungsfrei.
2. Die Veränderungen der Beckenneigung ist durch Trainingswirkung auf Variablen verursacht, die nicht erhoben wurden. So ist z.B. ein Einfluß des Dehnungstrainings auf die passiven Strukturen des Hüftgelenks (Gelenkkapsel und -bänder) vorstellbar.

Das vorliegende Ergebnis, das die Annahme einer gezielten Beeinflussung der Beckenneigung durch Muskeltraining erhärtet, muß durch anschließende Untersuchungen mit intensiveren Trainingsphasen überprüft werden.

B Wirbelsäulenform

Bei der Auswertung der Veränderungen der WS-Schwingungen muß die bei allen drei Haltungsformen in Relation zum Kyphosewinkel geringere Reliabilität des Lordosewinkels berücksichtigt werden. Ob diese geringe Reliabilität durch die Entscheidung, nicht wie GROENEVELD eine schematisierte Form der WS-Markierung zu nutzen, sondern den tiefsten Punkt der Lendenlordose zu markieren, verursacht wurde, müßte durch eine vergleichende Studie untersucht werden. Grundsätzlich scheint die Kyphose jedoch reliabler meßbar zu sein.

Die sich bei allen 3 Haltungsformen andeutende Zunahme der Kyphose bei den Schülern der Trainingsgruppen wird im folgenden Kapitel C diskutiert.

Bei der Differenzierung der Kyphose in den obersten Abschnitt (WSK_{r_1}) und in den kaudal folgenden Abschnitt (WSK_{r_2}) zeigte sich, daß sich die WSK_{r_2} bei allen Vpn um $1,1943^\circ$ aufrichtete ($p = .010$) und die WSK_{r_1} bei allen Vpn um $1,5198^\circ$ stärker gekrümmt war ($p = .002$) (vgl. Tab. 11, S. 103 und Abb. 15, S. 84). Da sich dieses Ergebnis durchgängig bei den einzelnen Gruppen zeigt, kann die Erklärung für diesen Befund nicht der Trainingswirkung zugeschrieben werden, sondern muß in Wachstumsprozessen gesucht werden.

C Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeugefähigkeit

Da bei Trainingsgruppe A eine Verbesserung der WS-Beugefähigkeit durch die Übung "Rückendehnung" - und bei der Trainingsgruppe B eine Steigerung der Hüftgelenks-

beugefähigkeit durch die Übung "Oberschenkeldehnung" erwartet wurde, werden bei der Auswertung einseitige Fragestellungen zugrundegelegt.

Trainingsgruppe A verbessert ihre WS-Beugefähigkeit sehr signifikant ($p < 0,01$), und auch die Verbesserung der WS-Beugefähigkeit der Trainingsgruppe B ist signifikant ($p < 0,05$, vgl. Tab. 52, S. 216). Diese Ergebnisse werden auch durch den Vergleich mit der Kontrollgruppe gestützt, hier ist bei beiden Trainingsgruppen eine sehr signifikant höhere Verbesserung der WS-Beugefähigkeit festzustellen ($p < 0,01$). Die signifikante Verbesserung der WS-Beugefähigkeit der Trainingsgruppe A entspricht der Hypothese, die signifikante Steigerung der Trainingsgruppe B hingegen ist unerwartet.

Bei der Differenzierung der WS-Beugefähigkeit in diejenige des kyphotischen und diejenige des lordotischen Bereichs zeigt sich, daß die Verbesserung der WS-Beugefähigkeit bei beiden Trainingsgruppen im kyphotischen Bereich signifikant ist ($p < 0,05$), während die WS-Beugefähigkeit im lordotischen Bereich bei keiner der Gruppen signifikante Unterschiede aufweist. Dieses Ergebnis wird auch durch den Vergleich der Gruppen untereinander gestützt, hier ergeben sich zum einen bei beiden Trainingsgruppen im Vergleich mit der Kontrollgruppe signifikant bessere Steigerungen der WS-Beugefähigkeit im kyphotischen Bereich ($p < 0,05$) und zum anderen keine Unterschiede im lordotischen Bereich.

Dieses Ergebnis läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Bei beiden Trainingsgruppen verbessert sich die Beugefähigkeit der WS im kyphotischen Bereich während im lordotischen Bereich keine Steigerung der WS-Beugefähigkeit festzustellen ist.

Eine Erklärung für diesen Befund könnte in dem bei JUNGHANN (1986) beschriebenen Phänomen der "Sportkyphosen" bestehen:

"In Anbetracht der Häufigkeit dieser früh entwickelten Sportkyphosen scheinen die Fragen berechtigt, welchen Anteil daran Vorschäden im Sinne der Adoleszentenkyphose haben und/oder wie weit die sportliche Trainingsbelastung der Jugendlichen, die oft schon in der frühen Schulzeit mit einem sportspezifischen Training sowie mit Wettkämpfen beginnt, eine verschlimmernde Rolle spielt" (431)

Die Veränderung der Kyphose bei der habituellen -, der angespannten Haltung und der Ruhehaltung bei den Trainingsgruppen und vor allem der Vergleich der Trainingsgruppen mit der Kontrollgruppe erhärten die Vermutung, daß die Kyphosen der Vpn der Trainingsgruppen einen Trend zur stärkeren Ausprägung zeigen (vgl. Tab. 51, S. 204). Die Frage, ob es sich bei dieser Zunahme der Kyphose nun um einen physiologischen Anpassungsprozeß der Wirbelkörper und/oder der Muskulatur und/oder der Bänder handelt oder ob es sich um einen unphysiologischen Prozeß mit Krankheitswert handelt, kann aufgrund fehlendem diagnostischen Materials (Röntgenaufnahmen) und dem Fehlen vergleichbarer Längsschnittstudien nicht schlußendlich entschieden werden.

Es sei jedoch noch einmal betont, daß das Training unter Berücksichtigung der für dieses Alter bestehenden Auflagen (WEINECK 1985, 50 f.) durchgeführt wurde und aufgrund der geringen Trainingshäufigkeit, Reizintensität und des geringen Reizumfangs nicht mit einem Leistungstraining, wie es von JUNGHANNIS für das Entstehen der Sportkyphosen für möglich gehalten wird, vergleichbar ist.

Bei der Hüftgelenksbeugefähigkeit verbesserte sich - aufgrund der Dehnungsübung für die isch. M. erwartungsgemäß - ausschließlich Trainingsgruppe B signifikant ($p < 0,05$). Dieses Resultat wird durch die signifikant höhere Verbesserung im Vergleich mit Trainingsgruppe A belegt ($p < 0,05$).

D Der "Ruhehaltung - habituelle Haltung - angespannte Haltung" Kennwert

Die Auswertung des "Ruhehaltung - habituelle Haltung - angespannte Haltung" Kennwerts kann aufgrund der geringen Reliabilität des Meßverfahrens ($r = .365$, vgl. hierzu auch S. 222 f.) nur orientierend sein. Ausgehend von der Voraussetzung, daß eine Annäherung der habituellen Haltung an die angespannte Haltung eine Verbesserung der Haltung darstellt, hat sich bei einer oberflächlichen Betrachtung bei beiden Trainingsgruppen der R-h-a-KW verbessert und derjenige der Kontrollgruppe verschlechtert, wobei die Verbesserungen der Gruppe A und der Gruppe A,B signifikant sind (vgl. Tab. 52, S. 215). Bei den Gruppenvergleichen zeigen sich entsprechende Ergebnisse, die jedoch nicht signifikant sind. Bei der Betrachtung der dem R-h-a-KW zugrundeliegenden Werten zeigt sich jedoch, daß eine Verbesserung der Haltung der Trainingsgruppen nicht gegeben ist.

Tab. 51: Die Veränderungen der Kyphosewinkel [°] bei der Ruhehaltung, der habituellen Haltung und der angespannten Haltung vom Vor- zum Nachtest der Gruppen im Vergleich

Vpn	gesamt	Gr. A	Gr. B	Kontr.gr.	Gr. AB
Ruheh.	- 0,41	0,88	0,47	- 3,75	0,68
hab.H.	- 0,65	- 0,15	- 0,44	- 1,76	- 0,29
angesp.H.	0,94	1,98	0,89	- 0,57	1,43

Bei allen drei Körperhaltungen ist die Kyphose der Trainingsgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe im Nachtest stärker ausgeprägt, bzw. hat sich weniger aufgerichtet. Die scheinbare Verbesserung der Haltung, die durch die Auswertung des R-h-a-KW ermittelt wird, beruht auf den Tatsachen, daß

- sich die Kyphose der Kontrollgruppe bei der Ruhehaltung unverhältnismäßig stark aufgerichtet und somit an die habituelle Haltung angenähert hat, und

- sich die Kyphose der Trainingsgruppen bei der angespannten Haltung verstärkt und somit an die habituelle Haltung angenähert hat.

Mögliche Ursachen für die stärkere Ausprägung der Kyphose wurden im vorangegangenen Kapitel diskutiert.

E Wirbelsäulen- und Hüftgelenksstreckfähigkeit

Bei der WS-Streckfähigkeit ergeben sich weder bei den abhängigen noch bei den unabhängigen Stichproben signifikante Differenzen (vgl. Tab. 52, S. 217). Hier können 3 mögliche Ursachen genannt werden:

1. Obgleich die Reliabilität der Meßmethode zur Überprüfung der WS-Streckfähigkeit relativ hoch ist ($r = .832$), ist für weitere Untersuchungen ein alternatives Verfahren zu erarbeiten, da der gewählte Test stark durch die Notwendigkeit, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, beeinflusst ist.
2. Es wurde keine Übung zur Verbesserung der WS-Streckfähigkeit absolviert. Dieser Parameter wurde schwerpunktmäßig für die Überprüfung der Untersuchungsfragen 1, 3 und 4 (vgl. S. 129 f.) erfaßt.
3. Die WS-Streckfähigkeit wird vornehmlich durch knöcherne Hemmung (Dornfortsätze) und Bänderhemmung (Lig. longitudinale anterior, Gelenkkapseln), weniger durch Muskelhemmung begrenzt und ist deshalb weniger trainierbar.

Bei Gruppe A lag bei der Untersuchung der Veränderung der Hüftgelenksstreckfähigkeit und bei den entsprechenden Gruppenvergleichen einseitige Fragestellung vor, da aufgrund der Übung "Hüftdehnung" eine verbesserte Hüftgelenksstreckfähigkeit erwartet wurde.

Die Auswertung ergab z.T. diese Hypothesen bestätigende Ergebnisse (vgl. Tab. 52, S. 217):

- Gruppe A verbesserte als einzige der 3 Gruppen die Hüftgelenksstreckfähigkeit sehr signifikant ($p < 0,01$).
- Die Steigerung der Hüftgelenksstreckfähigkeit der Gruppe A ist auch im Vergleich mit derjenigen der Kontrollgruppe signifikant ($p < 0,05$).

F MATTHIASS-Halte-Test

Bei der Auswertung der Daten des MATTHIASS-Halte-Tests lag bei den abhängigen Stichproben bei beiden Trainingsgruppen und bei den unabhängigen Stichproben bei den entsprechenden Gruppenvergleichen (A - K, B - K, A,B - K) einseitige Fra-

gestellung vor, da erwartet wurde, daß die Trainingsgruppen aufgrund verbesserter Kraftfähigkeiten im Nachtest eine höhere Leistung erbringen würden als die Kontrollgruppe, d.h. ihr Becken weniger nach vorn schieben würden.

Diese Hypothesen konnten durch die Auswertung z.T. bestätigt werden (vgl. Tab. 52, S. 218):

- Bei Bild 4 (1. MATTHIASS-Halte-Test zu Beginn der 30") zeigt die Veränderung der Trainingsgruppe A einen signifikanten Trend zur Verbesserung der Halteleistungsfähigkeit ($p < 0,10$), bei der Zusammenfassung der Trainingsgruppen ist die Verbesserung signifikant ($p < 0,05$).
- Beim 1. MATTHIASS-Halte-Test zeigen die Schüler der Trainingsgruppe B im Nachtest eine sehr signifikant verbesserte Leistungsfähigkeit, d.h. sie schieben ihr Becken innerhalb der 30" weniger nach vorn. Die ebenfalls sehr signifikante Verbesserung der zusammengefaßten Gruppe AB ist zu vernachlässigen; sie wird durch die Verbesserung der Gruppe B verursacht.
- Werden die Ergebnisse der abhängigen Stichproben bei der Auswertung des 1. MATTHIASS-Halte-Test durch die Ergebnisse der unabhängigen Stichproben zumindest tendenziell gestützt, so ist dies bei der Auswertung des Bild 8 (2. MATTHIASS-Halte-Test zu Beginn der 30") nicht der Fall. Die den Hypothesen entsprechenden Ergebnisse der abhängigen Stichproben verlieren somit an Bedeutung.
- Bei diesen ersten drei Variablen ergab die Auswertung der Daten der unabhängigen Stichproben nur tendenzielle Unterschiede (Bild 4, Bild 5-4), bzw. den Hypothesen widersprechende Differenzen (Bild 8). Die Auswertung des 2. MATTHIASS-Halte-Tests (Bild 9-8) ergibt bei den abhängigen Stichproben tendenziell den Hypothesen entsprechende Ergebnisse, die zwar nicht signifikant sind, aber durch die Mittelwertvergleiche der unabhängigen Stichproben gestützt werden. Hier ist die Verbesserung der Gruppe A im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant ($p < 0,05$), die Differenz der Gruppe AB zur Kontrollgruppe zeigt einen signifikanten Trend ($p < 0,10$).

Die Auswertung der Halteleistungsfähigkeit im Verlauf des 2. MATTHIASS-Halte-Tests besitzt aus 2 Gründen besondere Bedeutung:

1. Die Schüler sind durch den 1. MATTHIASS-Halte-Test vorermüdet. Dieser Test prüft somit die Halteleistungsfähigkeit unter erschwerten Bedingungen.
2. Durch die Bewußtmachung der Aufgabenstellung durch die Zusatzinstruktion zu Beginn des 2. MATTHIASS-Halte-Tests wurde die Beeinflussung der Erfassung der Halteleistungsfähigkeit der Muskulatur durch unbewußte Prozesse verhindert.

Die Auswertung der Daten des MATTHIASS-Halte-Tests berechtigt zu dem Resümee, daß die Schüler der Trainingsgruppen ihre Halteleistungsfähigkeit verbessert haben. Dieses Ergebnis wird jedoch durch die Tatsache relativiert, daß innerhalb des Kapitels 4.4 die Aussagefähigkeit des MATTHIASS-Halte-Tests aufgrund des geringen Zusammenhangs mit der Muskelkraft grundsätzlich in Frage gestellt wurde.

4.5.4 Zusammenfassung

Die Veränderungen der Muskelfunktion und der haltungskonstituierenden Merkmale, die durch die Dehn- und Kräftigungsübungen innerhalb der 10wöchigen Trainingsphase bewirkt wurden, stellen sich zusammengefaßt folgendermaßen dar:

Durch das Training wurde erwartungsgemäß eine Erhöhung des Dehnungsgrades und der maximalen Dehnungsspannungen bei den Hüftbeugern und bei der isch. M. bei den entsprechenden Trainingsgruppen bewirkt.

Eine Abnahme der Ruhespannung, wie sie Dehnungsübungen zugeschrieben wird, konnte innerhalb der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden.

Bei den Bauchmuskeln stieg die Kraft bei beiden Trainingsgruppen sehr signifikant an; bei der Kontrollgruppe zeigte sich ein tendenziell signifikanter Anstieg. Die Verbesserung der Hüftstreckermaximalkraft der Gruppe B ist sehr signifikant, bei Gruppe A zeigt sich ein signifikanter Trend und bei der Kontrollgruppe ist keine signifikante Differenz zu vermerken. Bei den Hüftbeugern und Rückenstreckern war bei keiner der Gruppen ein Kraftanstieg festzustellen.

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen zeigt sich, daß die Veränderung des Dehnungsgrades bei der isch. M. zu 54,170% und bei den Hüftbeugern zu 67,972% durch die Veränderung der Ruhespannung und die Veränderung der maximalen Dehnungsspannung erklärt werden kann: je geringer die Ruhespannung und je höher die maximale Dehnungsspannung im Nachtest in Relation zum Vortest ist, um so höher ist der Dehnungsgrad. Dieser Zusammenhang kann allerdings nicht auf die Dehnungsübungen zurückgeführt werden.

Weiterhin besteht ein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Bauchmuskelfkraft und den Veränderungen der Dehnungsvariablen der Hüftbeuger: Versuchspersonen, die im Nachtest trotz geringerer Zugkraft einen höheren Hüftbeuger-Dehnungsgrad erreichen, weisen im Nachtest auch kräftigere Bauchmuskeln auf.

Bei den Hüftbeugern zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Kraft und den Veränderungen der Dehnungsvariablen. Demnach führt ein Kraftzuwachs nicht gleichzeitig zu einer Verkürzung im Sinne einer Abnahme des Dehnungsgrades bzw. einer Zunahme der Ruhespannung.

Bei der Beeinflussung der Beckenneigung - dem zentralen Trainingsziel - zeigt sich tendenziell ein der Hypothese entsprechendes Ergebnis. Das Becken der Trainings-

Tab.: Fortsetzung: 2.1 Muskelfunktionsvariablen: Dehnung

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr. AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A, B - K
D _{isch} [°]	4,15 10,27 53 .005	1,85 7,99 20 .314	<u>10,44</u> <u>11,10</u> 20 *** <u>.000</u>	-1,97 6,75 13 .314	6,14 10,49 40 .001	isch. M. ist dehnbarer geworden	3,82 .165	<u>12,40</u> <u>.001</u> ***	<u>-8,59</u> <u>.008</u> ***	8,11 .012
Z _{isch} [N]	18,42 39,48 52 .001	12,46 30,85 19 +.095	<u>33,96</u> <u>49,81</u> 20 *** <u>.007</u>	3,24 23,64 13 .630	23,49 42,54 39 .001	größere Zugkraft beim Dehnvorgang der isch. M.	9,22 .371	<u>30,73</u> <u>.024</u> **	<u>-21,51</u> <u>.113</u> *	20,25 .039
Z _{abisch} [N]	6,47 20,36 52 .026	9,66 13,36 19 +++ <u>.006</u>	-1,24 21,09 20 .796	13,66 24,88 13 +.071	4,07 18,37 39 .174	größere Ruhespannung beim Dehnvorgang der isch. M. bei 80°	-4,00 .603	-14,90 <u>.074</u> +	10,90 <u>.063</u> +	-9,59 .143
D _{Hb} [°]	1,27 6,61 50 .180	<u>3,35</u> <u>5,06</u> 20 *** <u>.008</u>	3,36 7,21 17 +.073	-4,66 4,12 13 +++ <u>.002</u>	3,36 6,05 37 .002	Hüftbeuger sind dehnbarer geworden	<u>8,01</u> <u>.000</u> ***	8,02 <u>.001</u> +++	<u>-0,01</u> <u>.995</u>	8,01 .000
Z _{Hb} [N]	15,55 48,77 50 .029	<u>33,83</u> <u>45,61</u> 20 *** <u>.004</u>	5,42 49,66 17 .659	0,66 46,77 13 .960	20,78 48,99 37 .014	größere Zugkraft beim Dehnvorgang der Hüftbeuger	<u>33,17</u> <u>.052</u> **	4,76 .792	<u>28,41</u> <u>.078</u> **	20,12 .204
Z _{soHb} [N]	12,40 33,75 49 .013	17,38 30,28 20 ++ <u>.019</u>	-1,07 39,94 16 .916	21,32 27,20 13 ++ <u>.015</u>	9,18 35,61 36 .131	größere Ruhespannung beim Dehnvorgang der Hüftbeuger bei 50°	-3,94 .707	-22,39 <u>.097</u> +	18,45 .124	-12,14 .271

Tab.: Fortsetzung: 2.2 Muskelfunktionsvariablen: Kraft

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr. AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A, B - K
K _{Hs} [N]	59,08 108,66 53 .000	36,50 <u>96,09</u> 20 * <u>.106</u>	<u>104,05</u> <u>118,21</u> 20 *** <u>.001</u>	24,62 94,39 13 .366	70,28 <u>111,69</u> 40 *** <u>.000</u>	Hüftstrecker sind kräftiger geworden	<u>11,88</u> <u>.729</u>	<u>79,43</u> <u>.051</u> **	-67,55 <u>.055</u> +	<u>45,66</u> <u>.191</u> *
K _{Hb} [N]	2,53 38,50 53 .635	<u>-3,65</u> <u>36,63</u> 20 .661	<u>5,30</u> <u>39,28</u> 20 .553	7,77 41,82 13 .516	<u>0,83</u> <u>37,76</u> 40 <u>.891</u>	Hüftbeuger sind kräftiger geworden	-11,42 <u>.414</u>	-2,47 <u>.865</u>	-8,95 .461	<u>-6,94</u> <u>.577</u>
K _{Bm} [N]	34,68 38,35 53 .000	<u>33,40</u> <u>29,40</u> 20 *** <u>.000</u>	<u>41,15</u> <u>37,63</u> 20 *** <u>.000</u>	26,69 51,19 13 +.085	<u>37,28</u> <u>33,57</u> 40 *** <u>.000</u>	Bauchmuskeln sind kräftiger geworden	<u>6,71</u> <u>.673</u>	<u>14,46</u> <u>.357</u>	-7,75 .472	<u>10,58</u> <u>.495</u>
K _{Rm} [N]	-6,43 45,05 53 .303	<u>-12,55</u> <u>42,87</u> 20 .206	<u>-3,30</u> <u>45,76</u> 20 .751	-1,85 49,68 13 .896	<u>-7,93</u> <u>44,02</u> 40 <u>.262</u>	Rückenmuskeln sind kräftiger geworden	<u>-10,70</u> <u>.515</u>	<u>-1,45</u> <u>.932</u>	-9,25 .513	<u>-6,08</u> <u>.677</u>
SuKr [N]	89,85 151,88 53 .000	<u>53,70</u> <u>141,97</u> 20 * <u>.107</u>	<u>147,20</u> <u>169,89</u> 20 *** <u>.001</u>	57,23 116,33 13 .101	<u>100,45</u> <u>161,62</u> 40 *** <u>.000</u>	Muskulatur ist insgesamt kräftiger geworden	<u>-3,53</u> <u>.941</u>	<u>89,97</u> <u>.105</u> *	-93,50 +	<u>43,22</u> <u>.378</u>

Tab.: Fortsetzung: 3.1.1 Haltungsmessung: Bild 1 (habituelle Haltung (1))

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr. AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A, B - K
BN _{wIBI} [°]	1,19 3,61 53 .020	<u>2,16</u> <u>2,99</u> 20 *** <u>.005</u>	<u>0,50</u> <u>4,04</u> 20 <u>.584</u>	0,75 3,72 13 .480	1,33 3,61 40 .025	Becken hat sich aufgerichtet	<u>1,40</u> <u>.241</u>	<u>-0,25</u> <u>.860</u>	<u>1,65</u> <u>.151</u> *	0,58 .621
KB [°]	-0,47 4,59 53 .456	-1,38 5,01 20 .232	0,55 4,90 20 .621	-0,65 3,22 13 .480	-0,42 4,99 40 .601	Neigung des lumbosakralen WS-Abschnitts hat abgenommen = aufgerichtet.	-0,73 .645	1,20 .441	-1,93 .225	0,24 .873
KH [°]	0,66 5,95 53 .421	0,74 5,64 20 .566	0,52 6,96 20 .741	0,76 5,12 13 .601	0,63 6,25 40 .528	Kopf wird angehoben, in Nacken genommen	-0,03 .989	-0,24 .915	0,21 .916	-0,13 .945
KLAH [°]	-0,03 0,67 53 .772	-0,08 0,62 20 .577	-0,04 0,79 20 .842	0,07 0,57 13 .674	-0,06 0,70 40 .609	Körperlängsachse ist rückgeneigter	-0,15 .499	-0,10 .687	-0,04 .850	-0,13 .564
WSLAH [°]	-0,35 2,05 53 .225	-0,30 2,11 20 .527	-0,55 2,38 20 .313	-0,09 1,41 13 .821	-0,43 2,22 40 .231	Wirbelsäulenlängsachse ist rückgeneigter	-0,21 .751	-0,46 .534	0,25 .728	-0,34 .611
BBLAH [°]	0,15 0,87 53 .208	0,07 0,66 20 .653	0,23 0,94 20 .283	0,16 1,09 13 .602	0,15 0,81 40 .247	Bein-Beckenlängsachse ist rückgeneigter	-0,09 .781	0,07 .843	-0,17 .522	-0,01 .967

Tab.: Fortsetzung: 3.1.2 Haltungsmessung: Bild 1 (habituelle Haltung (2))

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr. AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A, B - K
GKW _B [°]	0,50 2,54 53 .159	0,37 2,45 20 .507	0,79 2,87 20 .235	0,25 2,26 13 .695	0,58 2,64 40 .174	Becken wird zurückgenommen	0,12 .890	0,53 .576	-0,42 .625	0,33 .692
Sch_H [cm]	-0,12 1,70 53 .601	-0,56 1,21 20 .054	0,23 2,10 20 .629	0,00 1,64 13 1,000	-0,16 1,73 40 .557	Schultern werden in Relation C7 zurückgenommen	-0,56 .271	0,23 .740	-0,79 .157	-0,16 .767
Kyph _{wIBI} [°]	-0,65 3,79 53 .215	-0,15 3,96 20 .870	-0,44 3,74 20 .607	-1,76 3,65 13 .107	-0,29 3,80 40 .630	Kyphosenkrümmung hat zugenommen	1,62 .247	1,33 .322	0,29 .814	1,47 .227
Lord _{wIBI} [°]	-0,54 5,78 53 .502	1,00 6,23 20 .482	-2,03 6,34 20 .168	-0,60 3,50 13 .546	-0,52 6,39 40 .612	Lordosenkrümmung hat zugenommen	1,60 .353	-1,43 .412	3,03 .136	0,09 .952
SuLoKy [°]	-1,19 6,74 53 .204	0,85 6,68 20 .576	-2,47 7,49 20 .157	-2,37 5,11 13 .121	-0,81 7,20 40 .482	Wirbelsäulenkrümmung hat zugenommen.	3,22 .150	-0,10 .966	3,32 .148	1,56 .474

Tab.: Fortsetzung: 3.2 Haltungsmessung: Bild 2 (angespannte Haltung)

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr. AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A,B - K
BN _{w1B2} [°]	1,63 3,72 53 .006	<u>2,55</u> <u>3,73</u> 20 ***.006	<u>1,17</u> <u>3,71</u> 20 .173	0,94 3,74 13 .541	1,86 3,74 40 .003	Becken hat sich aufgerichtet	<u>1,61</u> <u>.234</u>	<u>0,24</u> <u>.859</u>	<u>1,38</u> <u>.249</u>	0,93 .441
Kyph _{w1B2} [°]	0,94 4,22 53 .124	1,98 3,49 20 ++.020	0,89 4,43 20 .382	-0,57 4,75 13 .706	1,43 3,97 40 ++.028	Kyphosenkrümmung hat zugenommen	2,55 .085 +	1,46 .376	1,10 .390	2,01 .138
Lord _{w1B2} [°]	-0,38 5,87 53 .636	0,66 5,43 20 .594	-0,56 7,07 20 .728	-1,71 4,43 13 .178	0,05 6,25 40 .960	Lordosenkrümmung hat zugenommen	2,37 .199	1,15 .604	1,22 .545	1,76 .352
GKW _{B2} [°]	0,46 3,60 53 .358	0,56 3,69 20 .507	0,19 2,98 20 .778	0,73 4,51 13 .575	0,37 3,32 40 .480	Becken wird zurückgenommen	-0,17 .908	-0,53 .684	0,37 .731	-0,35 .763

- 214 -

Tab.: Fortsetzung: 3.3 Haltungsmessung: Bild 3 (Ruhehaltung)

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr. AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A,B - K
BN _{w1B3} [°]	1,28 6,38 53 .149	<u>3,05</u> <u>5,38</u> 20 ***.020	<u>0,54</u> <u>6,12</u> 20 .698	-0,29 7,90 13 .895	1,80 5,83 40 .059	Becken hat sich aufgerichtet	<u>3,35</u> <u>.156</u> +	<u>0,83</u> <u>.735</u>	<u>2,52</u> <u>.176</u> +	2,09 .309
Kyph _{w1B3} [°]	-0,41 6,54 53 .651	0,88 7,74 20 .616	0,47 5,10 20 .683	-3,75 5,76 13 ++.037	0,68 6,47 40 .512	Kyphosenkrümmung hat zugenommen	4,63 .074 +	4,22 .035 ++	0,41 .844	4,43 .033 ++
Lord _{w1B3} [°]	0,60 7,03 53 .538	-0,26 6,72 20 .866	-0,16 6,48 20 .912	3,08 8,18 13 .199	-0,21 6,52 40 .840	Lordosenkrümmung hat zugenommen	-3,34 .210	-3,25 .214	-0,09 .964	-3,29 .144
GKW _{B3} [°]	0,52 6,63 53 .574	1,76 6,47 20 .238	-0,07 4,73 20 .950	-0,50 9,20 13 .847	0,85 5,67 40 .351	Becken wird zurückgenommen	2,27 .412	0,44 .876	1,83 .314	1,35 .625
R-h-a-KW [dimlos]	0,04 0,25 53 .230	0,09 0,21 20 ** .056	0,05 0,22 20 .328	-0,05 0,35 13 .643	0,07 0,21 40 ** .038	habituelle H. hat sich an angespannte H. angenähert	0,14 .211	0,10 .344	0,05 .495	0,12 .273

- 215 -

Tab.: Fortsetzung: 3.4 Haltungsmessung: Bild 6 (WS- und Hüftgelenksbeugefähigkeit)

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr.AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A,B - K
Kyph _{B6} [°]	1,80	<u>2,55</u>	2,91	-0,96	2,72	Beugefähigkeit hat im kyphotischen WS-Bereich zugenommen	<u>3,51</u>	3,87	<u>-0,37</u>	3,68
	4,58	<u>4,46</u>	4,50	3,99	4,43		<u>.029</u>	<u>.018</u>	<u>.800</u>	<u>.010</u>
	52	<u>20</u>	19	13	39		**	++		++
	.008	** <u>.020</u>	++ <u>.011</u>	.469	.000					
Lord _{B6} [°]	0,02	<u>0,40</u>	-0,03	-0,48	0,19	Beugefähigkeit hat im lordotischen WS-Bereich zugenommen	<u>0,89</u>	0,45	<u>0,44</u>	0,67
	3,66	<u>3,99</u>	3,82	3,07	3,86		<u>.502</u>	.726	<u>.730</u>	.571
	52	<u>20</u>	19	13	39					
	.973	<u>.657</u>	.970	.790	.760					
WS-b-f [°]	1,82	<u>2,95</u>	2,88	-1,44	2,91	Beugefähigkeit der Wirbelsäule hat zugenommen	<u>4,39</u>	4,32	<u>0,07</u>	4,36
	4,47	<u>4,22</u>	4,59	3,10	4,35		<u>.003</u>	<u>.006</u>	<u>.960</u>	<u>.002</u>
	52	<u>20</u>	19	13	39		***	+++		+++
	.008	*** <u>.006</u>	++ <u>.014</u>	.269	.000					
Hg-b-f [°]	1,35	-1,01	<u>3,54</u>	1,78	1,21	Hüftgelenksbeugefähigkeit hat zugenommen	-2,79	<u>1,76</u>	<u>-4,55</u>	-0,57
	7,19	8,35	<u>6,22</u>	5,86	7,65		.304	<u>.426</u>	<u>.062</u>	.807
	52	20	<u>19</u>	13	39				**	
	.207	.594	** <u>.023</u>	.429	.330					

- 216 -

Tab.: Fortsetzung: 3.5 Haltungsmessung: Bild 7 (WS- und Hüftgelenksstreckfähigkeit)

	Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr.AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander			
							A - K	B - K	A - B	A,B - K
Kyph _{B7} [°]	-1,14	-2,43	0,26	-1,30	-1,08	Streckfähigkeit hat im kyphotischen WS-Bereich zugenommen	-1,14	1,56	-2,70	0,21
	7,88	10,39	5,55	6,59	8,34		.728	.469	.315	.934
	53	20	20	13	40					
	.299	.308	.834	.492	.416					
Lord _{B7} [°]	-0,13	1,17	-1,18	-0,50	0,00	Streckfähigkeit hat im lordotischen WS-Bereich zugenommen	1,68	-0,68	2,35	0,50
	8,76	9,11	6,99	10,90	8,10		.636	.829	.365	.860
	53	20	20	13	40					
	.918	.571	.460	.871	.999					
WS-st-f [°]	-1,26	-1,26	-0,91	-1,80	-1,09	Streckfähigkeit der Wirbelsäule hat zugenommen	0,54	0,88	-0,34	0,71
	9,60	10,97	7,69	10,71	9,35		.890	.784	.909	.819
	53	20	20	13	40					
	.343	.614	.601	.556	.467					
Hg-st-f [°]	1,28	<u>3,17</u>	1,48	-1,96	2,33	Hüftgelenksstreckfähigkeit hat zugenommen	<u>5,13</u>	3,44	<u>1,69</u>	4,28
	7,02	<u>5,01</u>	4,78	9,14	5,95		<u>.082</u>	.224	<u>.375</u>	.134
	53	<u>20</u>	20	13	40		**			
	.192	*** <u>.011</u>	.341	.455	.018					

- 217 -

Tab.: Fortsetzung: 3.6 Haltungsmessung: Bilder 4, 5, 8 und 9 (MATTHIASS-Halte-Test)

Vpn gesamt	Trai.gr. A	Trai.gr. B	Kont.gr.	Trai.gr. AB	Bedeutung bei positiver Differenz	Vergleich der Differenzen der Gruppen untereinander				
						A - K	B - K	A - B	A, B - K	
GKW _{B4} [°]	0,55 3,69 53 .240	1,28 3,54 20 * <u>.123</u>	0,54 2,91 20 . <u>421</u>	-0,53 4,86 13 .629	0,91 3,22 40 ** <u>.083</u>	Becken ist weniger vorgeschoben	1,80 2,26	1,06 . <u>487</u>	0,74 . <u>474</u>	1,43 . <u>227</u>
GKW _{B3-B4} [°]	0,93 2,22 53 .006	0,48 2,36 20 . <u>370</u>	1,43 2,24 20 *** <u>.010</u>	0,86 1,95 13 .251	0,96 2,32 40 *** <u>.013</u>	Becken wird weniger vorgeschoben	-0,38 . <u>637</u>	0,57 . <u>462</u>	-0,94 . <u>203</u>	0,10 . <u>894</u>
GKW _{B8} [°]	1,61 4,55 49 .023	1,42 4,95 18 . <u>241</u>	1,61 4,08 19 * <u>.104</u>	1,90 5,00 12 .289	1,51 4,46 37 ** <u>.046</u>	Becken ist weniger vorgeschoben	-0,48 . <u>797</u>	-0,29 . <u>861</u>	-0,19 . <u>899</u>	-0,38 . <u>803</u>
GKW _{B7-B8} [°]	0,24 3,82 49 .678	0,89 3,43 18 . <u>285</u>	0,55 4,57 19 . <u>605</u>	-1,25 2,84 12 .252	0,72 4,00 37 . <u>283</u>	Becken wird weniger vorgeschoben	2,14 . <u>085</u> **	1,80 . <u>232</u>	0,34 . <u>799</u>	1,97 . <u>123</u> *

4.6 Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und den Veränderungen der haltungskonstituierenden Merkmale

In Tab. 55, S. 225 ff. werden die bivariaten Korrelationen der Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen einerseits und der haltungskonstituierenden Merkmale andererseits dargestellt. Die Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" wurden bei der Auswertung innerhalb dieses Kapitels vernachlässigt, da sich aufgrund der kurzen zeitlichen Differenz zwischen Vor- und Nachtest bei diesen Variablen nur geringe Unterschiede ergaben. Darüber hinaus wurden - wie schon in Kap. 4.4 - mit den 33 Haltungsvariablen als Kriteriumsvariablen und den 10 Muskelfunktionsvariablen als Prädiktorvariablen multiple Korrelationen berechnet (vgl. Tab. 56, S. 230, Spalte 1-9).

Bei den m.K. mit den 33 Haltungsvariablen als K.v. und den 4 Muskelkraftvariablen als P.v. verblieben ausschließlich in der m.K. mit der K.v. "KB" mehr als eine P.v. in der Gleichung (vgl. Tab. 56, S. 230, Spalte 10).

Bei den m.K. mit den 10 P.v. verblieb bei den folgenden K.v. jeweils nur eine P.v. (in Klammern) in der Gleichung: "KB" (K_{Hb}), "KH" (K_{Rm}), "WSLAH" (D_{Hb}), "BBLAH" (K_{Hs}), "GKW_{B1}" (K_{Hs}), "Kyph_{B7}" (K_{Hb}), "Lord_{B7}" (Z_{isch}), "WS-st-f" (Z_{isch}), "Hg-st-f" (K_{Hb}), "GKW_{B4}" (Z_{Hb}), "GKW_{B5-B4}" (Z_{sch}), "GKW_{B9-B8}" (K_{Hb}) und "Lord_{W1B2}" (Z_{isch}).

Bei den m.K. mit den 4 P.v. zeigte sich dies bei den folgenden K.v.: "KH" (K_{Rm}), "WSLAH" (K_{Hs}), "BBLAH" (K_{Hs}), "Kyph_{W1B1}" (K_{Bm}), "GKW_{B1}" (K_{Hs}), "Kyph_{B6}" (K_{Rm}), "Kyph_{B7}" (K_{Hb}), "Hg-st-f" (K_{Hb}), "GKW_{B9-B8}" (K_{Hb}), "Kyph_{W1B2}" (K_{Bm}), "GKW_{B2}" (K_{Hb}) und "Lord_{W1B3}" (K_{Hs}).

Da die negativen Beta-Gewichte der P.v. "K_{Bm}" und "K_{Rm}" innerhalb der m.K. mit der K.v. "Sch_H" anzeigen, daß Vpn, die im Nachtest kräftigere Bauch- und Rückenmuskeln haben, eine tiefer hängende Schultergürtelhaltung aufweisen (vgl. Tab. 56, S. 230), ist hier die erwartete positive Wirkung der Muskelkräftigung nicht zu verzeichnen. Die ungleichen Vorzeichen der Beta-Gewichte der P.v. "Z_{Hb}" und "Z_{isch}" lassen keine einheitliche Interpretation zu. Auf die geringe Reliabilität bei der Messung der Schultergürtelhaltung wurde in Kap. 3.3 hingewiesen.

Die P.v. "Z_{sch}" und "Z_{schb}" erklären die Varianz der K.v. "Kyph_{W1B1}" zu 11,983% (vgl. Tab. 56, S. 230). Auch hier haben die Beta-Gewichte unterschiedliche Vorzeichen, so daß eine Erklärung durch generelle Veränderungen, die im Falle gleicher Vorzeichen möglich wäre und die dann "weniger bzw. mehr verspannt" lauten könnte, nicht möglich ist. Dies trifft in entsprechender Weise für die m.K. mit der K.v. "R-h-a-KW" zu.

Die positiven Beta-Gewichte der P.v. "K_{hs}" und "K_{rm}" in der m.K. mit der K.v. "Kyph₆₆" deuten auf eine Zunahme der Beugefähigkeit der WS im kyphotischen Bereich, bzw. auf eine stärker gekrümmte Ausprägung der durch den passiven Bewegungsapparat vorgegebenen Form der Kyphose durch den Kraftzuwachs hin (vgl. Tab. 56, S. 230). Mögliche Ursachen hierfür wurden bereits in Kap. 4.5.3.C angesprochen. Die Irrtumswahrscheinlichkeiten der 3 m.K. mit den WS-Beugefähigkeitsvariablen (Signif. F, Sig. T) sind jedoch jeweils relativ hoch.

Die höchste erklärte Varianz der m.K. ergibt sich bei der K.v. "Lord_{w1B3}" (vgl. Tab. 56, S. 230). Da die Abnahme des Dehnungsgrades und die Abnahme der Ruhespannung nicht einheitlich auf eine Verkürzung bzw. Verlängerung schließen lassen, kann für den Beitrag dieser beiden P.v. "D₁₆" und "Z_{soHb}" an der erklärten Varianz keine plausible Interpretation gegeben werden.

Bei der K.v. "GKW_{B3}" haben die beiden P.v. "D₁₆" und "Z_{soHb}" positive Beta-Gewichte, auch hier ist somit keine einheitliche Erklärung möglich (vgl. Tab. 56, S. 230).

Die m.K. mit der K.v. "GKW_{B2}" ergibt einen positiven Zusammenhang mit der Rückenmuskelkraft und einen negativen Zusammenhang mit der Hüftbeugerkraft, d.h. Vpn, die im Vergleich zum Vt im Nt schwächere Rückenmuskeln und kräftigere Hüftbeuger aufweisen, schieben ihr Becken im Nachtst bei der angespannten Haltung weiter nach vorn (vgl. Tab. 56, S. 230).

Ist der Einfluß der P.v. "K_{hs}" innerhalb der m.K. mit der K.v. "KB" und den 4 Kraftvariablen als Prädiktoren noch durch die beckenaufrichtende Funktion der Hüftstrecker zu erklären, so ist dies bei den Bauchmuskeln angesichts der Tatsache, daß in der Vortestauswertung innerhalb der m.K. mit der K.v. "KB" ein positiver Zusammenhang mit der P.v. "K_{bm}" festgestellt wurde, nicht der Fall (vgl. Tab. 56, S. 230).

Bei den folgenden K.v. verblieb in der m.K. mit den 10 P.v. und in der m.K. mit den 4 P.v. jeweils dieselbe P.v. (in Klammern) in der Gleichung:

- 1) "KH" (K_{rm}, r = -.2695, p = .051)⁷⁹,
- 2) "BBLAH" (K_{hs}, r = -.4453, p = .001),
- 3) "GKW_{B1}" (K_{hs}, r = -.3710, p = .006),
- 4) "GKW_{B9-B8}" (K_{hs}, r = .2867, p = .046),

⁷⁹ Bei den multiplen Regressionen, bei denen für alle Merkmalsträger jeweils alle Werte der Prädiktorvariablen vorhanden sind, d.h. durch den Befehl "Listwise Deletion of Missing Data" keine Werte gelöscht werden, sind dann, wenn nur noch eine Prädiktorvariable in der Gleichung verbleibt, die folgenden Größen mit den entsprechenden Werten der bivariaten Korrelation identisch:

- 1) Beta-Gewicht, R (absolut) mit r
- 2) Sig T, Signif F. mit p (zweiseitige Fragestellung)

5) "Kyph_{B7}" (K_{hs}, r = .3352, p = .014), und

6) "Hg-st-f" (K_{hs}, r = .2753, p = .046).

7a) Bei der K.v. "WSLAH" verblieb in der m.K. mit den 10 P.v. die P.v. "D₁₆" (r = 3243., p = .022) in der Gleichung, und

7b) in der m.K. mit den 4 P.v. die P.v. "K_{hs}" (r = .2697, p = .051).

Bei den folgenden K.v. verblieb in der m.K. mit den 10 P.v. diese P.v. (in Klammern) in der Gleichung:

8) "KB" (K_{hs}, r = .2193, p = .115),

9) "Lord_{B7}" (Z_{isch}, r = .3444, p = .012),

10) "WS-st-f" (Z_{isch}, r = .3775, p = .006),

11) "GKW_{B4}" (Z_{Hb}, r = -.3957, p = .004),

12) "GKW_{B5-B4}" (Z_{soHb}, r = -.4094, p = .003), und

13) "Lord_{w1B2}" (Z_{isch}, r = .4148, p = .002).

Bei den m.K. mit den 4 P.v. zeigte sich dies bei den folgenden K.v.:

14) "Kyph_{B6}" (K_{rm}, r = .3043, p = .028),

15) "Kyph_{w1B1}" (K_{bm}, r = -.2368, p = .088),

16) "Kyph_{w1B2}" (K_{bm}, r = -.2306, p = .097),

17) "GKW_{B2}" (K_{hs}, r = -.2348, p = .091), und

18) "Lord_{w1B3}" (K_{hs}, r = -.2471, p = .074).

zu 2, 3, 7b) Die Korrelationen zwischen der Veränderung der Hüftstreckerkraft und den Veränderungen der Variablen "BBLAH", "WSLAH" und "GKW_{B1}" deuten alle auf denselben Zusammenhang hin: Vpn, die im Nachtst kräftigere Hüftstrecker haben, weisen bei der habituellen Haltung eine vorgeneigtere Bein-Becken-Längsachsenhaltung, eine rückgeneigtere WS-Längsachsenhaltung und ein vorgeschobeneres Becken auf. Dabei bestätigt diese Entwicklung den in der Vortestauswertung innerhalb der m.K. mit der "K.v." "BBLAH" festgestellten Zusammenhang (vgl. Tab. 45, S. 184). Auch dort wurde festgestellt, daß die Hüftstreckerkraft und die Bein-Becken-Längsachsenhaltung negativ korrelieren. Eine Erklärung für diesen Zusammenhang liegt nicht vor.

zu 1, 5) Auch bei der Vortestauswertung wurde innerhalb der m.K. mit der K.v. "KH" ein negativer Zusammenhang mit der P.v. "K_{rm}" und innerhalb der m.K. mit der K.v. "Kyph_{B7}" ein positiver Zusammenhang mit der P.v. "K_{hs}" festgestellt (vgl. Tab. 45, S. 187 und S. 186). Für beide Korrelationen ist kein unmittelbarer kausaler Zusammenhang ersichtlich.

zu 8) Der Zusammenhang zwischen den Variablen "KB" und "K_{hs}" wurde bereits angesprochen (s.o).

zu 15, 16) Es besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Bauchmuskulatur und der Veränderung der Variablen "Kyph_{w1B1}" ($r = -.2368$, $p = .088$) und "Kyph_{w1B2}" ($r = -.2306$, $p = .097$). Da innerhalb der Vortestauswertung im Kap. 4.4 ein positiver Zusammenhang zwischen der Bauchmuskulatur und der Ausprägung der Kyphose festgestellt wurde, ist dieser negative Zusammenhang unerwartet.

Für die Korrelationen 4, 6, 7a, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17 und 18 besteht keine plausible Erklärung.

Für die Tatsache, daß die Ergebnisse der Auswerteschwerpunkte 5 und **insbesondere 6** nicht so zahlreich und deutlich wie die Ergebnisse der Auswerteschwerpunkte 1-4 ausgefallen sind (vgl. Kap. III.3.4, S. 129 f.), und sich in ihrer Bedeutung nur spekulativ erfassen lassen, können 3 Erklärungsansätze herangezogen werden.

1. Zum einen wurde bereits in Kap. 4.5.2.B darauf hingewiesen, daß Trainingshäufigkeit, Reizintensität und Reizumfang im durchgeführten Trainingsexperiment relativ gering waren.
2. Zum anderen muß vor allem bei der Haltungsmessung die psychisch-physische Verfassung der Vp als ein die Reliabilität einschränkender Faktor genannt werden.
3. Innerhalb der Auswertung dieses Kapitels wurde häufiger die Formulierung "kann keine plausible Erklärung gegeben werden" oder sinngemäße Ausdrucksweisen verwendet. Durch diese Formulierungen sollte zum Ausdruck gebracht werden, daß zur Zeit zwar noch keine Erklärungen vorliegen, dies aber nicht heißen muß, daß es keine Erklärungen gibt. In diesem Zusammenhang sei auf die Kap. 4.4 einleitenden Anmerkungen zum Problem der Kausalität und auf die Zusammenfassung des Kap. 4.4.3 (vgl. S. 170) verwiesen.

zu 2.) Wie der Vergleich der Reliabilitätskoeffizienten der Variablen "BN_{w1}", "Kyph_{w1}", "Lord_{w1}" und "GKW" der 3 Haltungsformen zeigt, besteht ein Unsicherheitsfaktor bei der Haltungsmessung in der Umsetzung der Haltungsaufgaben "habituelle Haltung", "angespannte Haltung" und "Ruhehaltung" durch die Vpn.

Tab. 53: Die Reliabilitätskoeffizienten der Variablen "BN_{w1}", "Kyph_{w1}", "Lord_{w1}" und "GKW" bei der angespannten Haltung, der habituellen Haltung und der Ruhehaltung

	BN _{w1}	Kyph _{w1}	Lord _{w1}	GKW
habituelle Haltung	.799	.823	.617	.845
angespannte Haltung	.729	.786	.592	.656
Ruhehaltung	.646	.678	.542	.644

Bei allen 4 Variablen ist der Reliabilitätskoeffizient bei der habituellen Haltung größer als bei der angespannten Haltung und bei der angespannten Haltung größer als bei der Ruhehaltung.

In der folgenden Tabelle sind die Werte der Variablen "BN_{w1}", "Kyph_{w1}", "Lord_{w1}" und "GKW" im Vor- und Nachtest der 2 Vpn mit den größten Differenzen der Variablen "GKW" vom Vor- zum Nachtest bei der Ruhehaltung dargestellt.

Tab. 54: Die Werte der Variablen "BN_{w1}", "Kyph_{w1}", "Lord_{w1}" und "GKW" im Vt und Nt der 2 Vpn mit den größten Differenzen der Variablen "GKW" vom Vor- zum Nachtest bei der Ruhehaltung

	BN _{w1}	Kyph _{w1}	Lord _{w1}	GKW
Vp 31, Vt	261,46	31,64	22,13	-3,70
Vp 31, Nt	250,31	28,61	23,17	16,56
Differenz	-11,15	-3,03	1,04	20,26
Vp 46, Vt	259,45	53,61	13,71	13,90
Vp 46, Nt	281,63	44,21	20,00	-2,42
Differenz	22,18	-9,40	6,29	-16,32

Die großen Differenzen der Variablen "GKW" der 2 Vpn dokumentieren, daß die Haltungsaufgabe "Ruhehaltung" jeweils unterschiedlich umgesetzt wird: Während Vp 31 bei der Ruhehaltung das Becken im Vortest vorschiebt und im Nachtest zurückverlagert, zeigt Vp 46 das gegenteilige Verhalten. Der Vergleich der Differenz des Verhaltens der beiden Vpn bzgl. des Gesamtkörperwinkels (20,26 - -16,32 = 36,58) mit der Variationsbreite dieser Variablen im Vor- (38,68) und Nachtest (32,40), belegt, wie stark ausgeprägt die Unterschiede der Umsetzung ist. Der unterschiedliche Gesamtkörperwinkel schlägt sich folgerichtig beim Beckenneigungswinkel deutlich nieder: Während es bei Vp 46 durch das Vorschieben des Beckens im Nt im Vergleich zum Vt zu einer Beckenaufrichtung kommt, weist Vp 31 durch das Zurückverlagern des Beckens im Nt im Vergleich zum Vt eine stärkere Beckenneigung auf.

Am deutlichsten zeigt sich die unterschiedliche Umsetzung der 3 Haltungsaufgaben im Vt und Nt bei der Variablen "R-h-a-KW": Im Vergleich zur Reliabilität bei der

Messung der 3 Kyphosewinkel ($Kyph_{w1B1}$ $r = .823$, $Kyph_{w1B2}$ $r = .786$, $Kyph_{w1B3}$ $r = .678$), ist derjenige des "Ruhehaltung - habituelle Haltung - angespannte Haltung" Kennwerts ($r = .365$) auffallend gering.

Zusammenfassung

Versteht man Muskelfunktion als Regelgröße für die Körperhaltung, dann müßten sich alle Veränderungen dieser Regelgröße in sichtbaren Veränderungen der Körperhaltung äußern und der Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Muskelfunktion einerseits und denen der Körperhaltung andererseits müßte sich inferenzstatistisch belegen lassen. Bezüglich dieser Fragestellung zeigten sich in der vorliegenden Arbeit einige signifikante Ergebnisse, deren Bedeutung noch aufgedeckt werden muß. Hier sollten anschließende Untersuchungen ansetzen, denn der befriedigende Nachweis über Ausprägung und Richtung der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge ist ausschließlich durch diese Vorgehensweise möglich.

Tab. 55: Korrelationsmatrix der Differenzen (Nachttest - Vortest) der haltungs-konstituierenden Merkmale und der Muskelfunktionsvariablen; zur Kennzeichnung der Ergebnisse vgl. Tab. 40, S. 161

	BN _{w1B1}	KB	KH	HWS	KLAH	WSLAH	BBLAH
D _{sch}	-.0993 53 .479	-.0972 53 .489	.0873 53 .534	.1860 53 +.182	.0566 53 .687	.0978 53 .486	-.0593 53 .673
Z _{sch}	-.0870 52 .540	-.2128 52 +.130	.1036 52 .465	.2106 52 +.134	-.0362 52 .799	.1074 52 .448	-.1622 52 .251
Z _{sch} ₉₀	-.0389 52 .784	-.2227 52 +.113	-.0679 52 .632	.1340 52 .343	-.0345 52 .808	.0784 52 .581	-.1289 52 .363
D _{hb}	.0115 50 .937	.1019 50 .481	.0015 50 .992	.0357 50 .806	.2527 50 ++.077	.3243 50 +++.022	-.0428 50 .768
Z _{hb}	.1428 50 .322	.2390 50 ++.095	-.0492 50 .735	-.1460 50 .312	.1358 50 .347	.1384 50 .338	.0216 50 .882
Z _{sch} ₉₀ _{hb}	.1620 49 .266	.1410 49 .334	-.0598 49 .683	-.1814 49 .212	-.1590 49 .275	-.0925 49 .527	-.0988 49 .500
K _{hb}	.0987 53 .482	.2193 53 +.115	.0969 53 .490	.1787 53 +.200	-.1415 53 .312	.2697 53 ++.051	-.4453 53 ++++.001
K _{hb}	.1864 53 +.181	.0621 53 .659	.0932 53 .507	.0307 53 .827	.0157 53 .911	.1942 53 +.164	-.2055 53 +.140
K _{hm}	-.0186 53 .895	-.1891 53 +.175	-.0099 53 .944	.0825 53 .557	.1400 53 .317	.2294 53 ++.099	-.1033 53 .462
K _{hm}	-.1795 53 +.198	-.0379 53 .787	-.2695 53 ++.051	-.2053 53 +.140	.0215 53 .878	.0088 53 .950	.0291 53 .836
SuKr	.0599 53 .670	.1136 53 .418	.0105 53 .941	.0956 53 .496	-.0555 53 .693	.3027 53 +++0.28	-.3881 53 ++++.004

Tab.: Fortsetzung

	SCH_H	Kyph _{w1B1}	Lord _{w1B1}	SuLoKy	GKW _{B1}	Kyph _{B5}	Lord _{B5}
D _{sch}	.2129 53 +.126	.0110 53 .938	.1577 53 .259	.1415 53 .312	-.0994 53 .479	.0717 52 .613	-.0452 52 .750
Z _{sch}	.2184 52 +.120	-.0939 52 .508	.2555 52 +.068	.1638 52 .246	-.1425 52 .313	.2745 51 +.051	-.1375 51 .336
Z _{sch} ^{sch}	-.0046 52 .974	-.0794 52 .576	.2391 52 +.088	.1581 52 .263	-.1076 52 .448	.1546 51 .279	.0367 51 .798
D _{Hb}	-.1168 50 .419	-.0674 50 .642	.0467 50 .748	-.0039 50 .979	-.2829 50 +.047	.1429 49 .327	.1520 49 .297
Z _{Hb}	-.1790 50 .214	.0974 50 .501	-.1210 50 .402	-.0391 50 .787	-.1063 50 .462	-.0113 49 .939	.0369 49 .801
Z _{schHb}	.0002 49 .999	.2986 49 +.037	-.0910 49 .534	.1155 49 .429	.0405 49 .782	-.0006 48 .997	.0148 48 .920
K _{Hs}	.0996 53 .478	.0901 53 .521	-.0072 53 .959	.0445 53 .752	-.3710 53 +.006	.1988 52 +.158	-.0487 52 .732
K _{Hb}	-.0195 53 .890	-.0619 53 .659	-.0260 53 .853	-.0571 53 .684	-.2275 53 +.101	-.0854 52 .547	.1715 52 .224
K _{Rni}	.0279 53 .843	-.2368 53 +.088	.1812 53 +.194	.0225 53 .873	-.2207 53 +.112	.0511 52 .719	.0710 52 .617
K _{Rni}	-.1695 53 .225	.1026 53 .465	.1360 53 .332	.1744 53 .212	.0029 53 .983	.3043 52 +.028	-.2170 52 +.122
SuKr	.0230 53 .870	.0194 53 .890	.0744 53 .597	.0747 53 .595	-.3779 53 +.005	.2235 52 +.111	-.0380 52 .789

Tab.: Fortsetzung

	WS-b-f	Hg-b-f	Kyph _{B7}	Lord _{B7}	WS-st-f	Hg-st-f	GKW _{B4}
D _{sch}	.0364 52 .798	.0336 52 .813	.1163 53 .407	.1299 53 .354	.2141 53 +.124	.0985 53 .483	.0152 53 .914
Z _{sch}	.1682 51 .238	-.0865 51 .546	.0836 52 .556	.3444 52 +.012	.3775 52 +.006	-.0588 52 .679	-.0348 52 .807
Z _{sch} ^{sch}	.1878 51 +.187	-.1299 51 .364	-.1320 52 .351	.1895 52 +.178	.0636 52 .654	-.1663 52 .239	-.1339 52 .344
D _{Hb}	.2656 49 +.065	.0838 49 .567	-.1485 50 .303	-.0360 50 .804	-.1582 50 .272	.1495 50 .300	.1912 50 +.183
Z _{Hb}	.0181 49 .902	.0402 49 .784	-.1426 50 .323	-.0677 50 .640	-.1821 50 .206	.0728 50 .615	.3957 50 +.004
Z _{schHb}	.0120 48 .935	-.0846 48 .568	-.1020 49 .485	-.0119 49 .935	-.0953 49 .515	-.1092 49 .455	.1931 49 +.184
K _{Hs}	.1636 52 .247	.1379 52 .330	.1961 53 +.159	-.0950 53 .499	.0744 53 .597	.0670 53 .633	.0295 53 .834
K _{Hb}	.0532 52 .708	.0502 52 .724	.3352 53 +.014	-.0954 53 .497	.1882 53 +.177	.2753 53 +.046	.0201 53 .886
K _{Rni}	.1105 52 .435	.1294 52 .361	.1736 53 .214	.0068 53 .962	.1487 53 .288	.2183 53 +.116	-.0369 53 .793
K _{Rni}	.1336 52 .345	-.1351 52 .339	.0686 53 .625	.0822 53 .558	.1314 53 .348	.1034 53 .461	-.1827 53 +.190
SuKr	.1975 52 +.160	.1036 52 .465	.2894 53 +.036	-.0660 53 .639	.1774 53 .204	.2035 53 +.144	-.0373 53 .791

Tab.: Fortsetzung

	GKW _{B5-B4}	GKW _{B8}	GKW _{B9-B8}	BN _{W1B2}	Kyph _{W1B2}	Lord _{W1B2}
D _{isch}	.1864 53 +.181	-.1437 49 .325	.1713 49 .239	-.0907 53 .518	-.1161 53 .408	.1532 53 .274
Z _{isch}	-.1007 52 .477	.1597 48 .278	-.0028 48 .985	-.0577 52 .685	-.0060 52 .966	.4148 52 ++++.002
Z _{90isch}	-.4094 52 ++++.003	.1490 48 .312	-.1700 48 .248	-.0555 52 .696	.1376 52 .331	.2928 52 +++ .035
D _{Hb}	.0541 50 .709	-.0577 46 .703	.2292 46 +.125	.0443 50 .760	-.0221 50 .879	.0416 50 .774
Z _{Hb}	-.2285 50 +.110	.1776 46 .238	.0496 46 .744	.1336 50 .355	.0622 50 .668	-.0724 50 .617
Z _{soHb}	-.3414 49 +++ .016	.1310 45 .391	-.0412 45 .788	.0762 49 .603	.0987 49 .500	.0422 49 .773
K _{Hs}	.1087 53 .438	.0341 49 .816	.0917 49 .531	.0098 53 .944	-.0825 53 .557	-.0459 53 .744
K _{Hb}	.2054 53 +.140	.1650 49 .257	.2867 49 +++ .046	.2141 53 +.124	-.0750 53 .594	-.0112 53 .936
K _{Bm}	.1985 53 +.154	.0423 49 .773	.1687 49 .247	.0305 53 .828	-.2306 53 ++ .097	.0442 53 .753
K _{Rm}	.0047 53 .973	.0776 49 .596	.0903 49 .537	-.1064 53 .448	-.1377 53 .325	-.0416 53 .768
SuKr	.1814 53 +.194	.1010 49 .490	.2104 49 +.147	.0375 53 .790	-.1771 53 .205	-.0369 53 .793

Tab.: Fortsetzung

	GKW _{B2}	BN _{W1B3}	Kyph _{W1B3}	Lord _{W1B3}	GKW _{B3}	R-h-a-Kw
D _{isch}	-.1308 53 .350	-.1243 53 .375	.1077 53 .443	.0208 53 .882	.0637 53 .651	.0538 53 .702
Z _{isch}	-.2775 52 +++ .046	-.1771 52 .209	.1071 52 .450	.1303 52 .357	.1075 52 .448	.1733 52 .219
Z _{90isch}	-.0864 52 .543	-.1079 52 .446	.0238 52 .867	.1508 52 .286	.1049 52 .459	.0982 52 .489
D _{Hb}	-.0916 50 .527	-.1053 50 .467	.1204 50 .405	-.2684 50 +.059	.2049 50 +.154	.1419 50 .326
Z _{Hb}	.0044 50 .976	.1334 50 .356	.1691 50 .240	-.4361 50 ++++.002	.2962 50 +++ .037	.0946 50 .513
Z _{soHb}	-.0657 49 .654	.0976 49 .505	.0535 49 .715	-.2412 49 +.095	.2226 49 +.124	-.1926 49 +.185
K _{Hs}	-.1755 53 .209	.1307 53 .351	.0160 53 .909	-.2471 53 +.074	-.0428 53 .761	-.0484 53 .731
K _{Hb}	-.2348 53 +.091	.1799 53 +.197	.0222 53 .875	-.0658 53 .640	-.0493 53 .726	.0245 53 .862
K _{Bm}	-.1449 53 .300	-.0774 53 .582	-.0064 53 .964	.0954 53 .497	-.0444 53 .752	.0227 53 .872
K _{Rm}	.1323 53 .345	-.0626 53 .656	-.0908 53 .518	.1623 53 .246	-.1678 53 .230	-.1758 53 .208
SuKr	-.1824 53 +.191	.1010 53 .472	-.0115 53 .935	-.1212 53 .387	-.1041 53 .458	-.0748 53 .594

Tab. 56: Multiple Korrelationen, Nt-Vt, K.v.: Haltungsvariablen, P.v.: Muskelfunktionsvariablen

DEPENDENT		Sch_H	Kyph _{w1B1}	Kyph _{B6}	Lord _{B6}	WS_b_f
Z _{isch}	Beta	.34308				
	Sig T	.0188				
Z _{80isch}	Beta		-.27143			.24960
	Sig T		.0792			.0890
Z _{Hb}	Beta	-.34474				
	Sig T	.0215				
Z _{50Hb}	Beta		.42649			
	Sig T		.0071			
K _{Hs}	Beta			.24530		.28874
	Sig T			.0878		.0504
K _{Hb}	Beta				.25026	
	Sig T				.0956	
K _{Bm}	Beta	-.26654				
	Sig T	.0690				
K _{Rm}	Beta	-.30191		.25844	-.25294	
	Sig T	.0391		.0726	.0922	
Multiple R		.47926	.39660	.37242	.31332	.34755
R Square		.22969	.15729	.13869	.09817	.12079
Adjusted R Square		.15803	.11983	.09954	.05718	.08083
Signif F		.0217	.0213	.0375	.1030	.0589
DEPENDENT		GKW _{B2}	Lord _{w1B3}	GKW _{B3}	R-h-a-KW	KB
D _{isch}	Beta					---
	Sig T					---
Z _{isch}	Beta	-.26762				---
	Sig T	.0627				---
Z _{80isch}	Beta				.27493	---
	Sig T				.0838	---
D _{Hb}	Beta		-.46405	.34198		---
	Sig T		.0010	.0228		---
Z _{Hb}	Beta					---
	Sig T					---
Z _{50Hb}	Beta		-.41309	.31862	-.33210	---
	Sig T		.0024	.0332	.0381	---
K _{Hs}	Beta		-.22006			.27114
	Sig T		.0851			.0530
K _{Hb}	Beta	-.31030				
	Sig T	.0314				
K _{Bm}	Beta					-.24618
	Sig T					.0779
K _{Rm}	Beta	.28500				
	Sig T	.0521				
Multiple R		.43915	.59399	.38619	.32918	.32557
R Square		.19285	.35282	.14914	.10836	.10600
Adjusted R Square		.13782	.30870	.11132	.06873	.07024
Signif F		.0230	.0002	.0264	.0757	.0607

IV ZUSAMMENFASSUNG

Die Sichtung der Literatur zum Thema "Haltung, muskuläre Balance und Training" innerhalb des theoretischen Teils hatte die folgenden Ergebnisse:

Kap. II.2 Zur Körperhaltung

In der Literatur wird das Thema "Körperhaltung" mit einer kaum übersehbaren Menge von Begriffen diskutiert. Allgemein akzeptierte Definitionen sind selten. Eindeutigkeit wird dann möglich, wenn die Körperhaltung vermessen wird. Die Diskussion, ob Haltung meßbar ist oder nicht, scheint zugunsten der Meßbarkeit entschieden. Die dabei auftretenden Probleme sind im Vergleich zu den essentiellen Vorteilen unbedeutend (Kap. II.2.1)

Bei den Verfahren zur metrischen Erfassung der Körperhaltung sind vor allem die optischen und die mechanischen Verfahren voneinander abzugrenzen. Die mechanischen Verfahren haben durch die Entwicklung der optischen Verfahren an Bedeutung verloren. Die Röntgenphotographie ist sehr präzise, ihre Nachteile bestehen in der Strahlenbelastung und in dem großen apparativen Aufwand. Das seitliche Photo stellt bei Untersuchungen der Körperhaltung in der Sagittalebene ein unkompliziertes, preiswertes Verfahren zur metrischen Erfassung dar (Kap. II.2.2).

Bei der Berechnung und Klassifikation der Wirbelsäulenform existieren sehr unterschiedliche Verfahren. Je nach Verfahren werden anhand von 2-10 Kriterien zwischen 3 und 8 Haltungstypen unterschieden. Ein Einteilen in Klassen ist unter dem meßtheoretischen Gesichtspunkt nicht notwendig (Kap. II.2.3).

Die gängigen Methoden der Legitimation von Normwerten der Körperhaltung - die Mittelwertberechnung und theoretisch-technische Überlegungen - können nur orientierend sein. Die Legitimation von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale ist letztendlich nur durch den Nachweis eines kausalen Zusammenhangs zwischen Abweichungen von diesen Normwerten und Beschwerden möglich (Kap. II.2.3.1).

Der Begriff der "Normvariante der Haltung" ist unter den gleichen Gesichtspunkten wie derjenige der "normalen Haltung" anzuzweifeln. Da die haltungskonstituierenden Merkmale normalverteilt sind, ist ein Einteilen in Klassen nicht angemessen (Kap. II.2.3.2).

Bei der kontroversen Diskussion über den Zusammenhang zwischen Beckenneigung und Wirbelsäulenform, speziell der Lordose, sind die Untersuchungsergebnisse, die einen Zusammenhang nachgewiesen haben, überzeugender (Kap. II.2.4).

Kap. II.3 Zur muskulären Balance

Die in der Literatur existierenden Ausführungen über die "muskuläre Balance" lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Bei einer "muskulären Balance" wird das Gelenk durch das Verhältnis der Drehkräfte der das Gelenk überziehenden antagonistischen Muskeln in einer "normalen", "physiologischen" Stellung gehalten. Bei einer "muskulären Dysbalance" ist dieses Verhältnis gestört, das Gelenk befindet sich in einer Stellung, bei der Kräfte auftreten, die zu Verschleißerscheinungen des Gelenkes führen. Die Beschreibung der unphysiologischen Muskelzustände wird von allen Autoren durch ein begriffliches Gegensatzpaar vorgenommen, wobei die begriffliche Vielfalt zur Zustandsbeschreibung abgeschwächter und verkürzter Muskeln ein schnelles Verständnis erschwert. Darüber hinaus ist verwirrend, daß bei dieser Gegenüberstellung Ursache (z.B. Abschwächung als Ursache der Verlängerung) und Wirkung (z.B. Verkürzung als Wirkung einer höheren Ruhespannung) nebeneinander gestellt werden. Es müßte treffender von "verkürzten" und "verlängerten" Muskeln gesprochen werden (Kap. II.3.1).

Die Erklärungen, die für das Entstehen muskulärer Dysbalancen herangezogen werden, können einer kritischen Überprüfung nicht standhalten. Dies betrifft insbesondere die Bestimmtheit, mit der die Trennung zwischen Haltungs- und Bewegungsmuskeln vollzogen wird, und die Übertragung der Phänomene "Dehnungsrückstand" und "Kontraktionsrückstand" auf die bei muskulären Dysbalancen diagnostizierten Muskelverlängerungen bzw. -verkürzungen. Diese Bilanzierung wirkt sich negativ auf die Formulierung der Hypothesen des experimentellen Teils der vorliegenden Arbeit aus (Kap. II.3.2).

Der JANDA Muskelfunktionstest genügt nicht den Gütekriterien, die an Meßmethoden in wissenschaftlichen Untersuchungen gestellt werden. Es sind in der Literatur Methoden zur Messung der Kontraktionskraft und des Dehnungsgrades dokumentiert. Jedoch auch bei diesen Meßverfahren fallen methodische Probleme auf (Kap. II.3.3).

Kap. II.4 Zum Zusammenhang von Körperhaltung und muskulärer Balance

Als Beurteilungskriterium für die Quantität, mit der die einzelnen Muskeln haltungskonstituierende Merkmale beeinflussen sollen, werden am häufigsten der Muskelquerschnitt und die Länge des Hebelarmes genannt. Aufgrund der sehr komplexen statischen Verhältnisse im Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbereich und der Vielzahl der bei der Beurteilung der Muskelkraft zu berücksichtigenden Faktoren liegt keine Übereinstimmung bei den einzelnen Autoren bei der theoretischen Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Muskeln für die Körperhaltung vor (Kap. II.4.1)

Auf dem Forschungsgebiet "Zusammenhänge zwischen Muskelfunktion und Haltung" ist die Zahl der empirischen Untersuchungen gering und es besteht ein hoher Bedarf an wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnissen (Kap. II.4.2).

Am Beispiel der Bauch- und Rückenmuskeln wurde ausführlich dargestellt, daß eine normative Einteilung dieser Antagonisten in Haltungs- und Bewegungsmuskeln weder durch elektromyographische - noch durch Plattform-Untersuchungen belegt werden kann. Es handelt sich um einen in der Wissenschaft mehrfach nachgewiesenen und

allgemein akzeptierten Sachverhalt, daß bei 20 bis 25% der Menschen die Bauchmuskeln der Schwerkraft entgegenwirken, also Haltungsmuskeln sind (Kap. II.4.3).

Kap. II.5 Die Veränderung der Haltung durch Training

Die Zahl der empirischen Arbeiten über die Wirksamkeit von haltungsbeeinflussenden Programmen ist gering.

Sowohl die Ergebnisse der Untersuchungen, bei denen eine Verbesserung der Haltung durch zusätzliche Bewegungsangebote festgestellt werden konnte, als auch die Ergebnisse der Untersuchungen, innerhalb derer keine Haltungsverbesserung nachgewiesen wurde, werden durch methodische Mängel relativiert. Diese Kritik bezieht sich einerseits auf die Gütekriterien der Meßmethoden und andererseits auf die Form des durchgeführten Trainings.

Aufgrund dieser unbefriedigenden Situation wird in der Literatur zum Teil die Haltungsschulung als effektivere Alternative zum muskulären Training diskutiert. An einem Beispiel wurde aufgezeigt, daß der Nachweis für die Effizienz der Haltungsschulung - auch wenn sie verschiedentlich als gesichert dargestellt wird - noch nicht erbracht ist.

Es ist keine Untersuchung bekannt, bei der die Wirkung eines gezielten und ausschließlichen Muskeltrainings auf die Körperhaltung durch die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur am Anfang und Ende der Trainingsphase kontrolliert wurde.

Die statistische Auswertung ist in vielen Untersuchungen unzureichend. Es fällt vor allem das Fehlen multivariater Methoden auf.

Durch die vorliegende Untersuchung sollte der Versuch unternommen werden, durch metrische Methoden der Erfassung der Muskelfunktion und der Haltung

- Grundlagenwissen über Zusammenhänge innerhalb dieses Themenkomplexes zu erarbeiten, und
- die in der Diskussion zum Thema "muskuläre Balance" vermuteten -, bzw. als Tatsachen deklarierten Zusammenhänge zu überprüfen.

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wurden von 54 Schülern die folgenden Parameter erhoben:

1. Alter, Größe und Gewicht,
2. die isometrische Maximalkraft [N] der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauch- und der Rückenstreckmuskulatur,
3. der Dehnungsgrad [°], die maximale Dehnungsspannung [N] und die Ruhespannung [N] der Hüftbeuger und der ischiocruralen Muskelgruppe;

photogrammetrisch:

4. die Wirbelsäulenform (Lordose- und Kyphosewinkel), die Beckenneigung sowie ein Parameter zur Gesamtkörperhaltung bei der habituellen Haltung, der angespannten Haltung und der Ruhehaltung,
5. die Halteleistungsfähigkeit durch den MATTHIAS-Halte-Test zum einen ohne- und zum anderen mit Aufmerksamkeitslenkung auf die Aufgabenstellung, und
6. die maximale Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeuge- und -streckfähigkeit.

Darüber hinaus wurde mit 40 Schülern ein 10wöchiges Trainingsexperiment durchgeführt. Dabei trainierten 20 Schüler nach einem Programm zur Beckenaufrichtung (Bauchmuskel- und Hüftstreckerkräftigung und Rücken- und Hüftbeugerdehnung) und 20 Schüler nach einem Programm zur Beckenvorkippung (Hüftbeuger- und Rückenmuskelkräftigung und Dehnung der ischiocruralen Muskelgruppe). 13 Schüler dienten als Kontrollgruppe.

Die Auswertung ist in 6 Untersuchungsschwerpunkte untergliedert:

1. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den Variablen "Alter", "Größe" und "Gewicht" einerseits und den Muskelfunktionsvariablen und den haltungskonstituierenden Merkmalen andererseits?
2. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Muskelfunktionsvariablen?
3. Welche Zusammenhänge existieren zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen?
4. Welche Zusammenhänge gibt es zwischen den haltungskonstituierenden Merkmalen und den Muskelfunktionsvariablen?
5. Läßt sich die Muskelfunktion und die Haltung durch Training beeinflussen und welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen?
6. Gibt es signifikante Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und denjenigen der haltungskonstituierenden Merkmale?

Ein Ziel der Arbeit bestand weiterhin darin aufzuzeigen, daß aussagekräftige Informationen nur durch metrische Meßmethoden sowohl bei der Haltungsmessung als auch bei der Muskelfunktionsmessung in **Verbindung** mit einer multivariaten Auswertung gewonnen werden können. Der Vorteil der multiplen Korrelation besteht zum einen darin, Redundanzen (Scheinkorrelationen) aufzudecken und somit falsche Schlußfolgerungen zu vermeiden, und zum anderen darin, durch die Kombination mehrerer Prädiktorvariablen und dabei entstehende Suppressionseffekte die Varianz der Kriteriumsvariablen besser erklären zu können. Die multiple Korrelation muß demnach bei der Auswertung komplexer Zusammenhänge die Methode der Wahl sein.

Aufgrund fehlender vergleichbarer Untersuchungen war ein theoriegeleitetes Vorgehen bei der Auswertung insbesondere bei den vielschichtigen Fragestellungen zum Thema "Zusammenhänge zwischen Körperhaltung und Muskelfunktion" nur in Einzelfällen möglich, so daß sich der Aufbau von Regressionsmodellen mühevoll und langwierig gestaltete. Bei der vorliegenden Untersuchung besaß das Ziel der umfassenden Auswertung Priorität, so daß sich eine Vielzahl von Befunden ergab, deren ausführliche Darstellung u.a. das Ziel verfolgt, anschließenden Untersuchungen Material zu bieten und somit Ansatzpunkt einer statistisch belegbaren Diskussion zum Thema "Körperhaltung und Muskelfunktion" zu sein.

Es ist zu hoffen und zu erwarten, daß sich die Informationen auf dem Gebiet "Körperhaltung und Muskelfunktion" durch die Anwendung der multivariaten Methoden verdichten und sich somit nach und nach plausible Regressionsmodelle für die verschiedenen Parameter der Körperhaltung und der Muskelfunktion angeben lassen. Über die multiple Korrelation hinaus existieren in der Statistik weiterführende Methoden, deren Einsatz bei der Auswertung nachfolgender Untersuchungen geprüft werden sollte: die kanonische Korrelationsanalyse, die Faktorenanalyse und die Clusteranalyse (vgl. BORTZ 1989; 547 f.).

Die Untersuchung hat die folgenden Ergebnisse⁸⁰ (die nachfolgende Numerierung bezieht sich auf die Untersuchungsschwerpunkte, s.o.):

1. Zwischen der Kraft der 4 Muskelgruppen und dem Alter und/oder dem Gewicht bestehen signifikante Zusammenhänge. Die bivariaten Korrelationen zwischen der Kraft und der Größe erweisen sich innerhalb der multiplen Korrelationen als redundant (Scheinkorrelationen). Somit wird die Varianz der Maximalkraft der untersuchten Muskeln vor allem durch die Variablen "Alter" und/oder "Gewicht" erklärt.

Die Beckenneigung weist einen signifikanten Zusammenhang zur Größe auf: Je größer die Versuchspersonen sind, um so aufgerichteter ist ihr Becken und der lumbosakrale Wirbelsäulenabschnitt. Die bivariate Korrelation der Beckenneigung mit dem Gewicht ist redundant.

Ein zentrales Merkmal der Körperhaltung besteht im "Gesamtkörperwinkel", der die Position des Beckens bzgl. des Oberkörpers und der Beine quantifiziert, d.h. anzeigt, ob eine Versuchsperson eine Körperhaltung mit vorgeschobenem Becken aufweist. Zwischen diesem Merkmal und der Größe und dem Gewicht bestehen signifikante Zusammenhänge: große leichte Versuchspersonen schieben ihr Becken weiter vor als kleine schwere Versuchspersonen. Dies trifft sowohl für die

⁸⁰ Alle Ergebnisse sind mit der Voraussetzung "in der vorliegenden Stichprobe" zu verstehen.

habituelle Haltung, die angespannte Haltung und die Ruhehaltung als auch für die Körperhaltung zu Beginn der beiden MATTHIASS-Halte-Tests zu.

Zwischen der Kyphose einerseits und dem Alter, der Größe und dem Gewicht andererseits bestehen signifikante Zusammenhänge. Große leichte alte Versuchspersonen haben relativ stark ausgeprägte Kyphosen.

2. Zwischen dem Dehnungsgrad, der maximalen Dehnungsspannung und der Ruhespannung bestehen sehr hohe multiple Korrelationen. Demnach weisen Versuchspersonen, die eine geringe Ruhespannung haben und darüber hinaus eine hohe maximale Dehnungsspannung zulassen, einen hohen Dehnungsgrad auf. Dabei ist die erklärte Varianz des Dehnungsgrades durch die Prädiktoren "Ruhespannung" und "maximale Dehnungsspannung" bei der ischiocruralen Muskelgruppe mit 56,721% und bei den Hüftbeugern mit 81,354% bemerkenswert hoch.

Es ist anzunehmen, daß der positive Zusammenhang zwischen dem Dehnungsgrad und der maximalen Dehnungsspannung zumindest zum Teil durch die nicht quantifizierbare und nicht kontrollierbare Variable "Toleranz der Versuchsperson gegen Dehnungsschmerz" verursacht wird.

Zwischen der Kraft der Bauchmuskeln und dem Hüftbeuger-Dehnungsgrad besteht ein positiver Zusammenhang. Es muß jedoch bezweifelt werden, daß hier der von SPRING (1981, 143) dargestellte Ursache-Wirkungs-Zusammenhang "die verkürzten posturalen Hüftbeuger bewirken über eine reflektorische Hemmung eine Abschwächung der antagonistischen phasischen Bauchmuskulatur" besteht, denn die Bauchmuskeln und die Hüftbeuger agieren bei allen Beugungen der Rumpfvorderseite synergistisch, so daß bei diesen Muskelgruppen nicht lediglich aufgrund ihrer entgegengesetzten Wirkung auf die Beckenneigung von Antagonisten gesprochen werden kann. Es erscheint plausibler, daß es eine Variable (z.B. "Trainingszustand") gibt, die diese Variablen kausal beeinflusst und es so zu einer Scheinkorrelation kommt.

Am Beispiel der Hüftbeuger wird nachgewiesen, daß ein Muskel mit hoher Maximalkraft nicht gleichzeitig die - in der Literatur verkürzten Muskeln zugesprochenen - Kennzeichen "hohe Ruhespannung", "geringer Dehnungsgrad" und "hohe maximale Dehnungsspannung" aufweist.

3. Zwischen der Beckenneigung und der Neigung des lumbosakralen Wirbelsäulen-Abschnitts und zwischen der Beckenneigung und dem Lordosewinkel bestehen Korrelationen, die den in der Literatur beschriebenen Zusammenhängen zwischen der Beckenneigung und der Ausprägung der Lordose entsprechen: Je aufgerichteter das Becken ist, um so geringer ist die Lordose ausgeprägt.

Der Gesamtkörperwinkel weist einen hohen Zusammenhang mit den Wirbelsäulenkrümmungen auf. Versuchspersonen mit vorgeschobenem Becken haben durchschnittlich stärker ausgeprägte Lordosen und Kyphosen.

Die Prädiktorvariablen "Alter" und "Gesamtkörperwinkel" erklären zu 32,846% die Varianz der Kriteriumsvariablen "Kyphose": Je älter die Versuchsperson ist und je vorgeschobener gleichzeitig das Becken ist, um so stärker ist die Kyphose ausgeprägt.

Die Varianz der Kriteriumsvariablen "Lordose" wird zu 80,735% durch die Varianzen der Prädiktorvariablen "Gesamtkörperwinkel" und "Neigung des lumbosakralen Wirbelsäulen-Abschnitts" erklärt: Eine vorgeschobene Position des Beckens und ein vorgeneigter lumbosakraler Wirbelsäulen-Abschnitt verursachen eine ausgeprägte Lordose.

Zwischen der Ausprägung der Lordose und der Ausprägung der Kyphose besteht ein positiver Zusammenhang.

4. Die Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und der Körperhaltung stellen sich zum Teil nicht in der Weise und nicht mit der Deutlichkeit dar, wie sie in der Diskussion zum Thema "muskuläre Balance" vermutet -, bzw. als Tatsachen deklariert werden.

Am Beispiel der Bauchmuskeln und des Gesamtkörperwinkels konnte gezeigt werden, daß der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang - zumindest in diesem Fall - nicht die vermutete Richtung hat, denn die Stellung des Oberkörpers in der Sagittalebene (vor- oder rückgeneigt) hängt nicht von der Kraft der Bauchmuskeln ab, sondern die Kraft der Bauchmuskeln von der Stellung des Oberkörpers.

Die Aussagefähigkeit des MATTHIASS-Halte-Tests muß aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung in Frage gestellt werden. Es ist kein Zusammenhang der Haltung beim - bzw. der Handlungsveränderungen während des MATTHIASS-Halte-Tests zur Rückenmuskelfunktion nachweisbar. Es besteht lediglich ein geringer Zusammenhang mit der Kraft der Bauchmuskeln.

Die Varianz der Kriteriumsvariablen "Kyphose" kann innerhalb der multiplen Korrelation zu 49,586% durch die 13 Prädiktoren (Alter, Größe, Gewicht; Kraft der Hüftstrecker, der Hüftbeuger, der Bauch- und der Rückenmuskeln; Dehnungsgrad, Ruhespannung und maximale Dehnungsspannung der Hüftbeuger und der ischiocruralen Muskelgruppe) erklärt werden. Hierbei zeigen sich jedoch Korrelationen, deren Ursache-Wirkungs-Zusammenhang noch näher im Gesamtgefüge des Wirkungskomplexes aufgedeckt werden muß. Durch verschiedene Prädiktorkombinationen zeigte sich als deutlichstes und interessantestes Ergebnis:

Je kräftiger die Rückenmuskeln in Relation zu den Bauchmuskeln sind, um so geringer ist die Kyphose ausgeprägt.

Darüber hinaus zeigten sich noch einige andere Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und haltungskonstituierenden Merkmalen, die die Bedeutung der Muskelfunktion und insbesondere des Kräfteverhältnisses bestimmter Muskelgrup-

pen zueinander und des Verhältnisses zwischen Muskelfunktion und anthropometrischen Größen für die Körperhaltung dokumentieren:

Versuchspersonen, die gleichzeitig schwache Hüftbeuger und kräftige Rückenmuskeln besitzen, weisen bei der Ruhehaltung eine vorgeschobenere Beckenposition auf.

Versuchspersonen, die in Relation zu den Hüftbeugern kräftige Bauchmuskeln haben, weisen eine geringere Kreuzbeinneigung, d.h. einen aufgerichteteren lumbosakralen Wirbelsäulen-Abschnitt auf.

Haben Versuchspersonen in Relation zu ihrem Gewicht kräftige Hüftbeuger, zeigen sie bei der Ruhehaltung vorgekipptere Becken.

Die Auswertung zeigt weiterhin, daß die Zuordnung der Bedeutung der einzelnen Muskeln und deren Funktion für die Körperhaltung grundsätzlich überdacht und überprüft werden muß.

5. Durch das Training wurde erwartungsgemäß eine Erhöhung des Dehnungsgrades und der maximalen Dehnungsspannung bei den Hüftbeugern und bei der ischiocruralen Muskelgruppe bei den entsprechenden Trainingsgruppen bewirkt.

Eine Abnahme der Ruhespannung, wie sie Dehnungsübungen zugeschrieben wird, konnte innerhalb der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden.

Bei den Bauchmuskeln stieg die Kraft bei beiden Trainingsgruppen sehr signifikant an; bei der Kontrollgruppe zeigte sich ein tendenziell signifikanter Anstieg. Die Verbesserung der Hüftstreckermaximalkraft der Gruppe B ist sehr signifikant, bei Gruppe A zeigt sich ein signifikanter Trend und bei der Kontrollgruppe ist keine signifikante Differenz zu vermerken. Bei den Hüftbeugern und Rückenstreckern war bei keiner der Gruppen ein Kraftanstieg festzustellen.

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen zeigt sich, daß die Veränderung des Dehnungsgrades bei der ischiocruralen Muskelgruppe zu 54,170% und bei den Hüftbeugern zu 67,972% durch die Veränderung der Ruhespannung und die Veränderung der maximalen Dehnungsspannung erklärt werden kann: je geringer die Ruhespannung und je höher die maximale Dehnungsspannung im Nachtest in Relation zum Vortest ist, um so höher ist der Dehnungsgrad. Dieser Zusammenhang kann allerdings nicht auf die Dehnungsübungen zurückgeführt werden.

Weiterhin besteht ein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Bauchmuskelfkraft und den Veränderungen der Dehnungsvariablen der Hüftbeuger: Versuchspersonen, die im Nachtest trotz geringerer Zugkraft einen höheren Hüftbeuger-Dehnungsgrad erreichen, weisen im Nachtest auch kräftigere Bauchmuskeln auf.

Bei den Hüftbeugern zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Kraft und den Veränderungen der Dehnungsvariablen. Demnach führt ein Kraftzuwachs nicht gleichzeitig zu einer Verkürzung im Sinne einer Abnahme des Dehnungsgrades bzw. einer Zunahme der Ruhespannung.

Bei der Beeinflussung der Beckenneigung - dem zentralen Trainingsziel - zeigt sich tendenziell ein der Hypothese entsprechendes Ergebnis. Das Becken der Trainingsgruppe, die ein Programm zur Beckenaufrichtung absolvierte, richtet sich um $2,16^\circ$ auf ($p < 0,01$). Die Differenzen der Beckenneigungswinkel der Gruppe B ($0,50^\circ$) und der Kontrollgruppe ($0,75^\circ$) sind nicht signifikant. Die generelle Tendenz der Beckenaufrichtung entspricht dem in der Vortestauswertung festgestellten Zusammenhang der Körpergröße und der Beckenneigung. Zwischen den beiden Trainingsgruppen besteht beim Vergleich der Mittelwerte der Beckenneigungswinkelveränderungen ein signifikanter Trend ($p < 0,10$). Diese Befunde werden durch die Ergebnisse bei der Auswertung der Veränderungen des Beckenneigungswinkels vom Vor- zum Nachtest bei der angespannten Haltung und bei der Ruhehaltung gestützt.

Die Kyphose der beiden Trainingsgruppen zeigt nach der Trainingsphase einen Trend zur stärkeren Ausprägung.

Die Auswertung der Daten des MATTHIASS-Halte-Tests berechtigt zu dem Resümee, daß die Schüler der Trainingsgruppen ihre Halteleistungsfähigkeit verbessert haben. Dieses Ergebnis wird jedoch durch die Tatsache relativiert, daß innerhalb des Kapitels 4.4 die Aussagefähigkeit des MATTHIASS-Halte-Tests aufgrund des geringen Zusammenhangs mit der Muskelkraft grundsätzlich in Frage gestellt wurde.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich bei den Veränderungen der Muskelfunktionsvariablen und der haltungskonstituierenden Merkmale sowohl bei den abhängigen - als auch den unabhängigen Stichproben signifikante Unterschiede nachweisen lassen, die den Schluß zulassen, daß eine Beeinflussung der Muskelfunktion und der Körperhaltung durch funktionelle Dehn- und Kräftigungsübungen möglich ist.

6. Gesicherte Aussagen über kausale Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und haltungskonstituierenden Merkmalen und insbesondere über die Richtung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs sind idealtypisch durch den Nachweis eines Zusammenhangs zwischen den Veränderungen der Muskelfunktion als Prädiktorvariablen und den Veränderungen der Haltung als Kriteriumsvariablen möglich (oder umgekehrt). Daß sich bezüglich dieser Fragestellung nur wenige Befunde ergaben, wird vor allem durch die Tatsache erklärt, daß Trainingshäufigkeit, Reizintensität und Reizumfang im durchgeführten Trainingsexperiment relativ gering waren. Es wäre wünschenswert, wenn die vorliegende Untersuchung als Modell für anschließende Experimente dienen würde, die dann mit den dargestellten metrischen Methoden der Haltungs- und Muskelfunktionsmessung und multivariaten inferenzstatistischen Auswertungen den Erfolg der einzelnen Trainingsmaßnahmen über einen längeren Zeitraum kontrollieren und absichern sollten. Es soll noch einmal betont werden, daß sowohl die Verifikation als auch die Falsifikation der in der Diskussion zum Thema "Haltung, muskuläre Balance und Training" als Tatsachen deklarierten Annahmen nur durch die angewandten Methoden möglich ist.

V ANHANG

1 Literaturverzeichnis

- AHRENS, K.: Kräftigung der Schultergürtelmuskulatur bei Kindern mit einem Rundrücken unter Einsatz der Taue. In: Mainz: Haltung und Bewegung (1985) 3, 23-29.
- ALTER, M.J.: Science of Stretching. USA Champaign, Illinois 61820: Published by Human Kinetics Publishers, Inc. Box 5076, 1988.
- AMMERWERTH, R.: Augen auf und Brust heraus. In: Paderborn: Schulpraxis, (1986) 6, 44-45.
- ANDERSSON, B.J.G. / HERBERTS, P. / ÖRTENGREN, R.: Myoelectric Back Muscle Activity in Standardized Lifting Postures. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): BIOMECHANICS V-A (1976) 520-529.
- ANDERSSON, E. / SWÄRD, L. / THORSTENSSON, A.: Trunk muscle strength in athletes. In: USA: Medicine and Science in Sports and Exercise, 20 (1988) 6, 587-593.
- ARCAN, M. / BRULL, M. / SIMIKIN, A.: Mechanical Parameters Describing the Standing Posture, Based on the Foot-Ground Pressure Pattern. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): BIOMECHANICS V-B (1976) 415-425.
- ARNOLD, M.P. / BAUMANN, J.U. / KOCH, H.G.: Kontrakturen von pelvicururalen Muskeln und femoropatellares Schmerzsyndrom bei Velofahrern. In: Bern: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 36 (1988) 4, 187-190.
- ARNOLD, G.: Muskuläre Dysbalancen im Frauentennis. In: Beiträge zur Sportmedizin. Bd. 33. Die Bedeutung der nichtolympischen Disziplinen für die sporttreibende Frau. Erlangen: perimed, 1988, 193-195.
- ASHTON, T.E.J. / SINGH, M.: The effect of Training on Maximal Isometric Back-Lift-Strength and Mean Peak voltage of the Erector Spinae. In: NELSON, R.C. / MOREHOUSE, C.A. (Hrsg.): BIOMECHANICS IV (1974) 448-452.
- ASMUSSEN, E.: The weight-carrying function of the human spine. In: Kopenhagen: Acta Orthop. Scand. (1960) 4, 29, 276-290.
- ASMUSSEN, E. / HEEBOLL-NIELSON, K.: Posture, mobility and strength of the back in boys, 7 to 16 years old. In: Kopenhagen: Acta Orthop. Scand. (1959) 3, 174-189.
- ASMUSSEN, E. / KLAUSEN, K.: Form and function of the erect human spine. In: Clin. Orthop. (1962) 25, 55-63.
- ASMUSSEN, E. / JORGENSEN, K. (Hrsg.): BIOMECHANICS VI-B, International Series on Sport Sciences, Volume 2B. USA, Baltimore: University Park Press, 1978.

- ASSENTE, R. / FERRIGNO, G. / PEDOTTI, A. / SANTAMBROGIO, G.C. / VIGANO, R.: AUSCAN System: A New Procedure to Evaluate Spinal Deformities. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 207-211.
- BALLREICH, R.: Grundlagen sportmotorischer Tests. Frankfurt/M: Limpert, 1970.
- BASMAJIAN, J.V. / BENTZON, J.W.: An electromyographic study of certain muscles of the leg and the foot in the standing position. In: Surg. Gyn. Obstet. 98 (1954) 662-666.
- BASMAJIAN, J.V.: Electromyography of iliopsoas. In: Anat. Rec. (1958) 132, 127-132.
- BASMAJIAN, J.V.: Weight-Bearing by ligaments and muscles. In: Cand. J. Surg. 4 (1961) 166-170.
- BASMAJIAN, J.V.: Muscles alive, their functions revealed by elektromyography. Baltimore 1974.
- BAUSENWEIN, I.: Probleme des Sonderturnens. In: Schw. Z. Sportmed. 6 (1958) 85-94.
- BENNINGHAUS, H.: Einführung in die sozialwissenschaftliche Datenanalyse. München: R. Oldenbourg Verlag GmbH, 1990.
- BERGER, W. / DIETZ, V. / HUFSCHMIDT, A. / JUNG, R. / MAURITZ, K.-H. / SCHMIDTBLEICHER, D.: Haltung und Bewegung beim Menschen. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer, 1984.
- BERNAU, A.: Zur Frage der Reproduzierbarkeit von Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule im Stehen. In: Z. Orthop. 122 (1984) 150-151.
- BERQUET, K.H.: Zwillingsuntersuchungen über erbliche Formvarianten der Wirbelkörper und Zwischenwirbelscheiben. In: Arch. orthop. Unfall-Chir. 56 (1964) 260-274.
- BERQUET, K.H.: Zur Diagnose der schlechten Haltung. In: Z. ärztl. Fortbild. 9 (1964) 735-738.
- BERQUET, K.H.: Zur Behandlung der Haltungsschäden. In: Z. ärztl. Fortbild. 10 (1965) 59-64.
- BERQUET, K.H.: Die Entstehung der schlechten Haltung durch Erbe und Umwelt. In: Ver. Dtsch. Orthop. Gesell. 52. Kongreß (1965) 392-397.
- BERQUET, K.H.: Methoden der Haltungsbeurteilung. In: MATTHIAS, H.H. (Hrsg.): Probleme der Haltungsbeurteilung. Düren: Lohmann, 1966, 49-56.
- BERQUET, K.H.: Zur Erbbiologie der menschlichen Haltung. In: MATTHIAS, H.H. (Hrsg.): Probleme der Haltungsbeurteilung. Düren: Lohmann, 1966, 57-78.
- BERQUET, K.H. / SCHNEIDER, A.: Die Änderung der menschlichen Haltung durch Krafttraining. In: Stuttgart: 55. Kongreßbericht d. Dtsch. Gesell. f. Orthop. u. Traumat (1969) 258-261.
- BERQUET, H.-H.: Die Änderung der menschlichen Haltung durch Krafttraining. In: Düren: Gesundheit, Haltung, Leistung (1970) 1, 7-9.

- BERTHOLD, F. / JELINIK, W. / ALBRECHT, R.: Die Bedeutung des Muskel-funktionstests nach Janda für die sportärztliche Praxis. In: Berlin: Medizin und Sport 21 (1981) 6, 171-174.
- BIENER, K. / PANCALDI, R.: Sportmedizinisches Profil des Kunstturners. In: Sportarzt und Sportmedizin 28 (1977) 9, 281-284; 10, 315-317; 11, 343-345; 12, 374-376.
- BIENER, K.: Sportmedizinisches Profil der Kunstturnerin. In: Biener, K.: Sportmedizin. Profile der Einzelsportarten. Bd.II. Derendingen, Habegger 1983, 73-85.
- BITTMANN, F. / BADTKE, G.: Möglichkeiten des Sportunterrichts für die Haltungsprävention. In: Berlin: Medizin und Sport 26 (1986) 5, 147.
- BITTMANN, F.: Kritische Betrachtung ausgewählter Lehrinhalte des Schulsports unter dem Aspekt der Prävention von Haltungsschäden. In: Berlin: Medizin und Sport 27 (1987) 4, 117-121.
- BITTMANN, F. / BADTKE, G. / SOTZKO, A. / RODEFELD, A.: Muskelfunktion und Haltung im Schulalter. In: Berlin: Medizin und Sport 27 (1987) 4, 101-104.
- BÖCK / PRESBER: Haltungserziehung. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 1967.
- BORMS, J. / ROY, P.van / SANTENS, J.-P. / HAENTIENS, A.: Optimal duration of static stretching exercises for improvement of coxo-femoral flexibility. In: Journal of sports Sciences 5 (1987) 39-47.
- BORTZ, J.: Statistik. Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo: Springer-Verlag, 1989.
- BÖS, K. / MECHLING, H.: Definition und Messung der Beweglichkeit und ihr Zusammenhang mit sportmotorischen Testleistungen. In: Sportunterricht 29 (1980) 12, 464-476.
- BREITHECKER, D.: Sportförderunterricht in Wort und Bild. In: Mainz: Haltung und Bewegung (1986) 4, 20-30.
- BRENKE, H. / DIETRICH, L.: Die Bestimmung der Rücken- und Bauchmuskelfkraft. In: Berlin: Medizin und Sport 26 (1986) 3, 92-94.
- BRENKE, H. / DIETRICH, L. / BERTHOLD, F.: Trainingsmethodische Hinweise zur Vermeidung von Schäden am Stütz- und Bewegungsapparat. In: Berlin: Medizin und Sport 25 (1985) 2, 57-62.
- BRINGMANN, W. / TAUCHEL, U.: Der Einfluß unterschiedlicher sporttherapeutischer Programme bei statischen Insuffizienzen im LWS-Bereich. In: Berlin: Medizin und Sport 29 (1989) 7, 211-214.
- BRINCKMANN, P.: Verformung von Bandscheibe und Wirbelkörper unter Belastung. In: Z. Orthop. 124 (1986) 63-68.
- BRUEGGEMANN, G.: Krankengymnastische Aspekte bei Sportverletzungen. In: Stuttgart: Medizinische Welt 40 (1989) Bd. 1/2, 24-27.
- BRÜGGER, A.: Die Erkrankungen des menschlichen Bewegungsapparates und seines Nervensystems. 2. durchgesehene Aufl. Stuttgart New York, Fischer Verlag 1980.

- BRUSSATIS, F.: Elektromyographische Untersuchungen der Rücken- und Bauchmuskulatur bei idiopathischen Skoliosen. Stuttgart: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 24, 1962.
- BUCHNER, S.: Grundsätzliches über Schulsonderturnen. Hrsg. v. Landesarbeitsgemeinschaft Haltungs- und Gesundheitserz. Bayern e.V., Sonderdruck, o.O. 1973.
- BÜHRLE, M. / WERNER, E.: Das Muskelquerschnittstraining der Bodybuilder. In: Leistungssport 3 (1984) 5-9.
- BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT zur Förderung haltungsgefährdeter Kinder und Jugendlicher e.V. Düren (Hrsg.): Lehr- und Arbeitsbuch Sonderturnen. 5. bearbeitete Aufl. Bonn: Dümmler, 1977.
- CARLSÖÖ, S.: Mechanics of the Standing Rest Position. In: CARLSÖÖ, S.: How Man Moves. London: Heinemann, 1972, 54-80.
- CASPERS, H.: Regelsysteme der Körperhaltung. In: Orthop. Praxis. 11 (1975) 463-470.
- CHAFFIN, D.B.: Human strength capability and low back pain. In: J. Occup. Med. 16 (1974) 248-254.
- CHRIST, W. / DUPUIS, H.: Über die Beanspruchung der Wirbelsäule unter dem Einfluß sinusförmiger und stochastischer Schwingungen. In: Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 22 (1966) 258-278.
- CLAEYS, R. / GOMES, E.K.: The Measurement of the Pelvic Movements and its Applications. In: BIOMECHANICS I, 1. Int. Seminar Zürich 1967. Basel/New York: Karger, 1968, 238-240.
- CLAUSS, A. (Hrsg.): Förderung entwicklungsgefährdeter und behinderter Heranwachsender. Erlangen: perimed, 1981.
- DEBRUNNER, A.M.: Orthopädie. Die Störungen des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis. Bern, Stuttgart, Wien: Huber, 1983.
- DEIGENTESCH, N.: Dynamisierte Belastungsberechnungen für Lumbosacralkräfte. In: HACKENBROCH, M.H. u.a. (1983): 40-45.
- DENSLOW, J.S. / GUTENSOHN, O.R.: Neuromuscular reflexes in response to gravity. J. Appl. Physiol. (1967) 23, 243-247.
- De VRIES, H.A.: Muscle tonus in postural muscles. Am. J. Phys. Med. (1965) 44, 275-291.
- DIEM, L. / SCHOLTZMETHNER, R.: Schulsonderturnen. Bad Homburg v.d.H.: Limpert, 1977.
- DIETEL, M. / BOEHM, P. / ITTNER, A.: Sport mit leistungsschwachen Studierenden. In: Berlin: Medizin und Sport 23 (1983) 12, 380-383.
- DIETRICH, L. / BERTHOLD, F. / BRENKE, H.: Muskeldehnung aus sportmethodischer Sicht. In: Berlin: Medizin und Sport 25 (1985) 2, 52-57.
- DORDEL, Hans-Jürgen: Die Muskeldehnung als Maßnahme der motorischen Leistungsverbesserung. In: Sportunterricht 24 (1975) 2, 40-45.

- DORDEL, Sigrid: Organschwäche, Muskelschwäche, Koordinationsschwäche - Überlegungen zu der Gewichtung dieser drei Bereiche im Schulsonderturnen. In: Sportunterricht 25 (1976), 124-130.
- DORDEL, Sigrid: Das Auswahlverfahren im Schulsonderturnen. In: Lehrhilfen für den Sportunterricht 26 (1977), 133-138.
- DORDEL, Sigrid: Dokumentation und Bericht zum Stand der Forschung im Bereich des Schulsonderturnens. In: JOCHHEIM, A. / van der SCHOOT, P. (Hrsg.): Behindertensport und Rehabilitation. Bd.II. Hofmann: Schorndorf 1981, 275-348.
- DORDEL, Sigrid: Schulsonderturnen als Haltungsturnen? In: DECKER / LÄMMER (Red.): Kölner Beiträge zur Sportwissenschaft 10/11 (1981/1982), 107-126.
- DORDEL, Sigrid: Zur Problematik der Haltungserziehung. In: Bad Homburg v.d.H.: Sportpraxis in Schule und Verein 22 (1981) 12, 235-236; 23 (1982) 1, 13-14.
- DORDEL, Sigrid: Haltungsschwäche - Haltungsschaden. Zur Beurteilung und Berücksichtigung der Adoleszentenkyphose im Sportförderunterricht. In: Bad Homburg v.d.H.: Sportpraxis in Schule und Verein 24 (1983) 8, 159-160.
- DORDEL, Sigrid: Standortbestimmung zum Sportförderunterricht / Schulsonderturnen. In: Mainz: Haltung und Bewegung (1986) 4, 12-19.
- DORDEL, Sigrid: Bewegungsförderung in der Schule. Handbuch des Schulsonderturnens / Sportförderunterrichts. Dortmund: verlag modernes lernen Borgmann KG, 1987.
- DORDEL, Sigrid: Bewegungsbeobachtung und Handlungsbeurteilung - Grundlagen eines erfolgreichen Sport-Förderunterrichts. In: Praxis der Psychomotorik 13 (1988) 4, 178-186.
- DRERUP, B.: Die Bestimmung des Kyphosewinkels aus der berührungslosen Rückenvermessung. In: Z.Orthop. 120 (1982) 64-70.
- DRERUP, B. / FROBIN, W. / HIERHOLZER, E.: Bestimmung der Formcharakteristika bei Kyphose und Skoliose durch optische Vermessung. In: Z.Orthop. 120 (1982) 577.
- DUBOIS, M.: Prinzipielle Fragen aus der Pathologie und Therapie der sagittalen und frontalen Verkrümmungen der Wirbelsäule. In: Schw. med. Ws. 38 (1925) 867-873.
- EGGLI, D.: Maßstab für Kräfte. In: OW, von D. / HÜNI, G. (Hrsg.): Muskuläre Rehabilitation. Erlangen: perimed, 1986, 86-98.
- FARFAN, H.F.: The biomechanical advantage of lordosis and hip extension for upright activity. In: Spine 3 (1978) 4, 336-342.
- FISCHER, O.: Theoretische Grundlagen für die Mechanik der lebenden Körper. Mit spezifischen Anwendungen auf den Menschen sowie auf einige Bewegungsvorgänge an Maschinen. Leipzig und Berlin 1926.
- FLEISCHE-BRAUN, C.: Haltungsaufbau, Körperaufrichtung und Körperzentrierung. In: Seelze: Sportpädagogik 11 (1987) 2, 6-7.
- FLINT, M.M.: Abdominal muscle involvement during performance of various forms of sit-up exercises. In: Am. J. Phys. Med. 44 (1965a) 5, 224-234.

- FLINT, M.M.: An electromyographic comparison of the function of iliacus and rectus abdominis muscles. A preliminary report. In: J. Am. Phys. Therap. Assoc. (1965b) 45, 248-253.
- FLINT, M.M. / GUDGELL, J.: Electromyographic study of abdominal muscular activity during exercise. In: Res. Quart. (1965) 36, 29-37.
- FLOYD, W.F. / SILVER, P.H.S.: Electromyographic study of patterns of activity of the anterior abdominal wall muscles in man. In: J. Anat. 84 (1950) 132-145.
- FLOYD, W.F. / SILVER, P.H.S.: Function of erectors spinae in flexion of the trunk. In: Lanc. 20 (1951) 133-138.
- FLOYD, W.F. / SILVER, P.H.S.: The function of the erectors spinae muscles in certain movements and postures in man. In: J. Physiol. 129 (1955) 184-203.
- FROBIN, W. / DRERUP, B. / HIERHOLZER, E.: Möglichkeiten der optischen Vermessung der Körperoberfläche in der orthopädischen Diagnose. In: Z.Orthop. 120 (1982) 504-505.
- FREDENHAGEN, Hermann: Statik und Dynamik der Wirbelsäule. In: Bern: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 31 (1983) 4, 109-113.
- FRIEDEBOLD, G.: Die Aktivität normaler Rückenstreckmuskulatur im Elektrogramm unter verschiedenen Haltungsbedingungen; eine Studie zur Skelettmuskelmechanik. In: Z. Orthop. 90 (1958) 1-18.
- FRIEDEBOLD, G. / STOBOY, H. / NÜBGEN, W.: Isometrisches Training und elektrische Aktivität bei der Inaktivitätsatrophie des Skelettmuskels. In: Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete. (1959) 6, 79-87.
- FRÖHLICH, W.D. / BECKER, J.: Forschungsstatistik. 6. durchgesehene Aufl. Bonn: Bouvier Verlag Herbert Grundmann, 1972.
- FUHRMANN, R. / SCHUSTER, A.: Zum Problem der Beurteilung der Gestalt, Haltung und Bewegung - Vorstellung eines neuen Beurteilungsbogens. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 112-120.
- GABI.: Gemeinsames Amtsblatt des Kultusministeriums und des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. - Teil I - Kultusminister. 41 (1989) 1.
- GARBE, B.: Trainingstherapeutische Maßnahmen der myogenen dysbalancierten Lumbalgie. In: RIECKERT, H. (Hrsg.): Sportmedizin - Kursbestimmung. Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo: Springer-Verlag, 1987, 232-235.
- GARBE, G.: Therapeutisches Muskeltraining bei arthromuskulären Störungen der Schulter- und Beckenregion. In: Physikalische Therapie 9 (1988) 1, 23-27.
- GERHARDT, J.J. / RIPPSTEIN, J.: Measuring and Recording of Joint motion. Toronto u.a.: Hofgrete & Huber Publishers, 1990.
- GÖPFERT, H.: Über den Tonus der Skelettmuskulatur. In: BAUER, K.F. (Hrsg.): Medizinische Grundlagenforschung, Bd. III. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1960, 41-63.
- GOTTWALD, A. / BIEWALD, N.: Neue Aspekte zur Behandlung des M.Scheuermanns mit Hippotherapie. In: Z. Orthop. 119 (1981) 351-355.

- GOZDZIEWSKI, S.: Über eine eigene Modifikation der elastometrischen Methode bei spondylometrischen Untersuchungen. In: Jena: Anat. Anz. 151 (1982) 507-509.
- GRAFF, K.-H. / PRAGER, G.: Der "Kreuzschmerz" des Leistungssportlers. In: Leistungssport (1986) 4, 14-22; 6, 31-35.
- GROENEVELD, H.B.: Haltungsbeurteilung der Wirbelsäule. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 55 (1972) 30-34.
- GROENEVELD, H.B.: Instrumentelle Methoden in der funktionellen Haltungsdiagnostik. Orthop. Praxis 11 (1975) 504-508.
- GROENEVELD, H.B.: Metrische Erfassung und Definition von Rückenformen und Haltung des Menschen. Stuttgart: Hippokrates Verlag, 1976.
- GROH, H.: Diskussion zum Thema "Methoden der metrischen Haltungsdiagnostik". In: Orthop. Praxis 11 (1975) 509-511.
- GROH, H. / THÖS, Fr.R. / BAUMANN, W.: Die statische Belastung der Wirbelsäule durch die Sagittalkrümmungen. In: Int. Z. angew. Physiol. 24 (1967a) 129-149.
- GROH, H. / THÖS, Fr.R. / BAUMANN, W.: Die Belastung der 5. Lendenbandscheibe beim Halten einer Last. In: Int. Z. angew. Physiol. 24 (1967b) 150-163.
- GROSS, D. / GREENISEN, M.C.: EMG Analysis of Postural Fatigue. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): BIOMECHANICS V-A (1976) 199-207.
- GÜTH, V. / ABBINK, F. / HEINRICHS, W.: Eine Methode zur chronozyklographischen Bewegungsaufzeichnung mit einem Prozeßrechner. In: Int. Z. angew. Physiol. (1973) 151-162.
- HACKENBROCH, M.H. / REFIO, H.-J. / JÄGER, M. (Hrsg.): Biomechanik der Wirbelsäule. Ergebnisse praxisbezogener Grundlagenforschung, 5. Münchner Symposium für experimentelle Orthopädie. Stuttgart: Thieme, 1983.
- HAGENA, F.-W. / PFISTER, A. / WIRTH, C.J. / PIEHLER, J. / PLITZ, W. / SAUER, K. / BAUER, H.F.: Über das Dämpfungsverhalten der menschlichen Wirbelsäule - Beschleunigungsmessung an gesunden Probanden. In: HACKENBROCH, M.H. u.a. (1983): 46-51.
- HAHMANN, H.: Auswahlkriterien für bewegungsauffällige Kinder und Jugendliche. In: Mainz: Haltung und Bewegung (1982) 1, 11-37.
- HAHMANN, Heinz (Projektleiter): Effizienzuntersuchungen zum Sportförderunterricht der Landesarbeitsgemeinschaft zur Förderung haltungsgefährdeter Kinder und Jugendlicher e.V. Rheinland Palz. Speyer: Staatliches Institut für Lehrerfort- und -weiterbildung, 1986.
- HAHMANN, H.: Schulsonderturnen und Sportförderunterricht. In: Grundschule. 3 (1988) 27-29.
- HANEL, R. / VOGEL, G.: Was ist "normale Haltung"?. In: Mainz: Haltung und Bewegung (1989) 1, 4-8.
- HARRE, D. / HAUPTMANN, M. / MINOW, H.-J.: Kraftfähigkeiten und Krafttraining. In: Berlin: Medizin und Sport 29 (1989) 7, 199-202.

- HASSAN, S.E.A.: Die Trainierbarkeit der Maximalkraft bei 7- bis 13jährigen Kindern. In: Leistungssport 5 (1991) 17-24.
- HASSELKUS, W.: Schulsonderturnen in einem Kreisgebiet. Auswertung und Folgerungen. In: Öff. Gesundh. -Wesen 41 (1979) 4-9.
- HEFTI, F. / JANI, L.: Behandlung des Morbus Scheuermann mit dem Milwaukee-Korsett. In: Z. Orthop. 119 (1981) 185-192.
- HEIMKES, B. / RICHTER, P. / STOTZ, S.: Wachstumsvorgänge der Wirbelkörper beim Morbus Scheuermann unter biomechanischen Gesichtspunkten. In: HACKENBROCH, M.H. u.a. (1983): 118-123.
- HEINE, J.: Probleme der Haltungsbeurteilung. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 79-95.
- HELLEBRANDT, F.A. / TEPPER, R.H. / BRAUN, G.L. / ELLIOTT, M.C.: The location of the cardinal anat. orientation plane passing through the center of weight in young adult woman. In: Am. J. physiol. 121 (1938) 465-470.
- HELLEBRANDT, F.A. / BRAUN, G.L.: The influence of sex and age in the postural sway of man. In: J. Physiol. Anthropol. 24 (1939) 347-360.
- HEMBORG, B. / MORITZ, U.: The Causal Factors of the Intraabdominal Rise During Lifting. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 183-187.
- HEPP, O.: Sitzschaden und Schulgestühl. In: Z. Orthop. 85 (1955) 632-635.
- HETTINGER, Th.: Muskelphysiologische Grundlagen der menschlichen Haltung. In: MATTHIAS, H.H. (Hrsg.): Probleme der Haltungsbeurteilung. Düren: Lohmann, 1966, 19-30.
- HILDENBRANDT, E.: Training, Prävention und Rehabilitation im Schulsport. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 49-59.
- HILDENBRANDT, E.: In: CLAUSS, A. (Hrsg.): Förderung entwicklungsgefährdeter und behinderter Heranwachsender. In: Erlangen: perimed, 1981, 172.
- HINRICHS, H.-U.: Sporttherapeutisches Lauftraining für Patienten mit Bandscheibenschäden und Wirbelsäulenleiden. In: sporttherapie in theorie und praxis; Sonderausgabe zur 3. Kölner Tagung für Bewegungs- und Sporttherapie. (1987) 44-54.
- HINZ, P. / PLAUE, R.: Haltungsbedingte Schäden an der Wirbelsäule. In: München: Krankengymnastik 23 (1971) 4, 106-109.
- HOEPKE, H. / LANDSBERGER, A.: Das Muskelspiel des Menschen. Stuttgart - New York: Fischer, 1979.
- HOFER, H.: Probleme des Schulsonderturnens. In: Orthop. Praxis 10 (1974) 443-445.
- HOHMANN, D. / UHLIG, R.: Orthopädische Technik. 7., völlig neubearb. Aufl. Stuttgart: Enke, 1982.

- HOLLMANN, W. / SCHOLTZMETHNER, R. / TITTMANN, S.: Der Einfluß des Schulsonderturnens auf die Muskelkraft 9- bis 11jähriger Mädchen. In: Leibeserziehung 19 (1970) 73-77.
- HOWALD, H.: Morphologische und funktionelle Veränderungen der Muskelfaser durch Training. In: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 31 (1984) 5-14.
- HÜNTING, W. / GRANDJEAN, E.: Die Wirkungen verschiedener Sitzflächenneigungen auf die Körperhaltung und das subjektive Komfortempfinden. In: Int. Z. angew. Physiol. 31 (1972) 1-9.
- IMHÄUSER, G.: Knöcherne Abstützung bei Spondylolisthesis. Ein kasuistischer Beitrag. In: Z. Orthop. 126 (1988) 647-650.
- ISRAEL, S.: Aufrechter Gang und Anthropogenese - Ableitungen für die Prävention. In: Berlin: Medizin und Sport 30 (1990) 2, 38-41.
- JANDA, V.: Muskelfunktionsprüfung. Berlin: Volk u. Ges., 1959.
- JANDA, V.: Muskelfunktion in Beziehung zur Entwicklung vertebralegener Störungen. In: WOLFF, H.D.: Manuelle Medizin und ihre wissenschaftlichen Grundlagen. Kongreßband 2. Kongreß der FIMM, 3.-7.9.1968 in Salzburg. Heidelberg: Verlag für physikalische Medizin, 1970, 127-131.
- JANDA, V.: Muskelfunktionsdiagnostik. 1. Auflage Dresden: Verlag Theodor Steinkopff, 1976.
- JANDA, V.: Muskelfunktionsdiagnostik. 2. überarbeitete Auflage Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit, 1986.
- JANI, L.: Die juvenile Wirbelsäule und deren Beeinträchtigung durch Sport. In: Bern: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 31 (1983) 114-118.
- JÄGER, M. / LUTTMANN, A. / LAURIG, W. / PUHLVERS, E.: Biomechanische und elektromyographische Analyse verschiedener Tätigkeiten beim manuellen Lastentransport. In: HACKENBROCH, M.H. u.a. (1983): 52-57.
- JOCHHEIM, A. / van der SCHOOT, P. (Hrsg.): Behindertensport und Rehabilitation, Bd. II. Schorndorf: Hofmann, 1981.
- JOHNSON, M.A. / POLGAR, J. / WEIGHTMAN, D. / APPLETON, D.: Data on the Distribution of Fibre Types in Thirty-six Human Muscles: An Autopsy Study. In: Journal of the neurological Sciences 18 (1973) 111-119.
- JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A, International Series on Sport Sciences, Volume 6A. USA: Human Kinetics Publishers, 1987.
- JOSEPF, J. / NIGHTINGALE, A.: Electromyography of muscles of posture. In: J. Physiol. 117 (1952) 484-491.
- JOSEPH, J. / WILLIAMS, P.L.: Electromyography of certain hip muscles. In: J. Anat., 91 (1957) 286-294.
- JOSEPH, J. / NIGHTINGALE, A. / WILLIAMS, P.L.: A detailed study of the electric potentials recorded over some postural muscles while relaxed and standing. In: J. Physiol. 127 (1955) 617-625.

- JUNGHANNS, H. (Hrsg.): Die Wirbelsäule unter den Einflüssen des täglichen Lebens, der Freizeit, des Sportes. Stuttgart: Hippokrates Verlag GmbH, 1986.
- KAHLE, W. / LEONHARDT, H. / PLATZER, W.: Taschenatlas der Anatomie. Bd.1. Bewegungsapparat. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag, 1986.
- KAISER, G.: Die Untersuchung des Halte- und Bewegungsapparats in der sportärztlichen Praxis. In.: Berlin: Medizin und Sport (1971) 103-110.
- KELTON, J.W. / WRIGHT, R.D.: The mechanism of easy standing by man. In: Australian J. Exper. Biol. 27 (1949) 505-514.
- KENDALL / KENDALL: Muskeln. Funktionen und Test. Stuttgart - New York: Gustav Fischer Verlag, 1988.
- KILLUS, J.: Technik und Möglichkeiten der Computeranalyse der Wirbelsäule. In: JUNGHANNS, H. (Hrsg.): Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 68. Stuttgart: Hippokrates Verlag 1976, 73-81.
- KINDERMANN, W. / KEUL, J. / SIMON, G. / REINDELL, H.: Anpassungserscheinungen durch Schul- und Leistungssport im Kindesalter. In: Sportwissenschaft 8 (1978) 222-234.
- KIPHARD, E.J.: Symptom- oder persönlichkeitsorientierter Sportförderunterricht. In: Mainz: Haltung und Bewegung 1 (1981) 16-18.
- KIPHARD, E.J.: Sportförderunterricht / Schulsonderturnen unter psychomotorischem Aspekt. In: Motorik 5 (1982) 1, 17-24.
- KIPHARD, E.J.: Haltungsschwäche als Ursache des hohlrunden Rückens. In: Mainz: Haltung und Bewegung (1984) 3, 16-27.
- KLAUSCH, D.: Die Entwicklung ausgewählter Muskelgruppen im Kindes- und Jugendalter und ihre Beziehung zur Beckenneigung und Haltung. Dissertation, Berlin 1982.
- KLAUSEN, K.: The Form and Function of the Loaded Human Spine. In: Acta Physiol. Scand. (1965) 65, 176-190.
- KLAUSEN, K. / JEPPESEN, K. / MOGENSEN, A.: Form and function of the erect spine in young girls. In: ASMUSSEN, E. / JORGENSEN, K. (Hrsg.): BIOMECHANICS VI-B (1978) 171-179.
- KLEE, A.: Muskuläre Voraussetzungen zur Beckenstellung - Eine empirische Erhebung zur Abhängigkeit der Beckenneigung vom Dehnungsgrad der ischiocruralen Gruppe - . Unveröffentlichte Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt, Wuppertal, 1988.
- KLEIN, W. / SCHULITZ, K.-P. / NEUMANN, C.: Orthopädische Probleme beim Bodybuilding. In: Köln: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 30 (1979) 9, 296-308.
- KLEIN, D. / GÜTH, V.: Ein optoelektronisches Verfahren zur Bewegungs- und Haltungsanalyse. In: Z. Orthop. 124 (1986) 57-62.
- KLUTTIG, G.: Schulsonderturnen - Entwicklung und Wandel. In: Sportunterricht 25 (1976) 4, 114-120.

- KLÜMPER, A.: Überlastungsreaktionen bei Spitzenathleten. In: Leistungssport (1987) 2, 5-6.
- KNEBEL, K.-P.: Funktionsgymnastik. Reinbeck bei Hamburg: Rowolth Taschenbuch Verlag GmbH, 1985.
- KOBAYASHI, K. / MATSUI, H.: Stability of Standing Posture Against an External Force. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): BIOMECHANICS V-B (1976) 121-126.
- KOCHNER, G.: Haltungsschäden und ihre Bekämpfung. 8. Auflage Frankfurt am Main: Limpert, 1973.
- KOCHS, J.: Ursachen der unterschiedlichen Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Wirbelsäule. In: Z. Orth. 97 (1963) 153-163.
- KOLDITZ, D. / KRÄMER, J. / GOWIN, R.: "Wasser- und Elektrolytgehalt der Bandscheiben unter wechselnder Belastung." In: Z. Orthop. 123 (1985) 235-238.
- KRAUS, H. / RAAB, W.: Kreuzschmerzen und Gesundung durch Übung. In: BECKMANN, P. (Hrsg.): Krankheiten durch Bewegungsmangel. München: Johannes Ambrosius Barth, 1964, 17-28.
- KRAUSE, W.: Eine lokale Injektionsbehandlung bei Spannungstörungen der Muskulatur. In: Karlsruhe: Therapiewoche 27 (1977) 52, 9400-9402.
- KRÄMER, K.-L.: Medizinische Photographie in der Orthopädie einst und heute - Ein geschichtlicher Abriss. In: Z. Orthop. 124 (1986) 578-586.
- KUMMER, B.: Bauprinzipien des Säugerskeletes. Stuttgart: Thieme, 1959.
- KUMMER, B.: Statik und Dynamik des menschlichen Körpers. In: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Vol.1. Berlin, München, Wien: Urban und Schwarzenberg Verlag, 1961, 9-65.
- KUMMER, B.: Die Biomechanik der aufrechten Haltung. In: Bern: Mittlg. Naturforschd. Ges. Bern, Bd. 22. Haupt, (1965) 239-259.
- KUMMER, B.: Funktionelle und pathologische Anatomie der Lendenwirbelsäule. In: Orthop. Prax. 18 (1982) 84.
- LANGE, W. / COERMANN, R.: Relativbewegungen benachbarter Wirbel unter Schwingungsbelastung. In: Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 21 (1965) 326-334.
- LANZ, L. / WACHSMUTH, W.: Praktische Anatomie Bd 1, Teil 4. 2. neu bearbeitete Auflage von LANG, J. / WACHSMUTH, W.; Berlin - Heidelberg - New York: Springer, 1972.
- LASCHNER, W.: Bewegungserziehung im Vorschulalter. In: Z. Orthop. 112 (1974) 1131-1137.
- LASCHNER, W.: Orthopädische Aspekte bei der Bewegungserziehung im Vorschulalter. In: SCHWÄBISCHER TURNERBUND (Hrsg.), BETSCH, W. (Red.): Bewegungserziehung im Vorschulalter. Das Stuttgarter Modell. Schorndorf, 1976, 23-38.
- LEGER, W.: Die Form der Wirbelsäule mit Untersuchungen über ihre Beziehungen zum Becken und die Statik der aufrechten Haltung. Beilageheft zur Zeitschrift für Orthopädie, Bd.9. Stuttgart: Enke, 1959.

- LEHMANN, F.: Zur Bedeutung des arthromuskulären Gleichgewichts. In: Leistungssport 1 (1991) 16-19.
- LESKINEN, T.P.J. / TAKALA, E.-P. / STAHLHAMMAR, H.R.: Lumbar and Pelvic Movements When Stooping and Lifting. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 195-199.
- LETTOW, F.: Entwicklung, Spätergebnisse und soziologische Aspekte bei haltungsgeschädigten Kindern. In: Beitr. Orthop. 13 (1966) 7, 428-438.
- LETZELTER, H. / LETZELTER, M.: Krafttraining. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt, 1986.
- LEWIT, K.: Manuelle Medizin im Rahmen der medizinischen Rehabilitation. 4. überarb. u. erg. Aufl. München - Wien - Baltimore: Urban und Schwarzenberg, 1984.
- LIEBISCH, R.: Funktionelles Kräftigen der Bauchmuskulatur als Ausgleich und Vorbeugung muskulärer Dysbalancen. In: Mainz: Haltung und Bewegung 3 (1987) 8-15.
- LIEBISCH, R. / HANEL, R.: Ergebnisse eines Beurteilungsverfahrens der körperlichen Leistungsfähigkeit im Rahmen der Auswahl für das Sondereitern im Verein bzw. für den Sportförderunterricht. In: Mainz: Haltung und Bewegung 2 (1991) 8-18.
- LIESEN, H. / HOLLMANN, W.: Grundsätzliche Erwägungen zum Schulsonderturnen aus sportinternistischer Sicht. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 41-49.
- MAEHL, O.: Beweglichkeit und Beweglichkeitstraining. In: Sport Praxis (1986) 6, 35-37; (1987) 1, 20-22; 2, 12-14.
- MAIER, E.: Probleme der Haltungsverforschung in der Schule. In: MATTHIAS, H.H. (Hrsg.): Probleme der Haltungsverforschung. Düren: Lohmann, 1966, 117-122.
- MATTHIAS, H.H. (Hrsg.): Probleme der Haltungsverforschung. Düren: Lohmann, 1966.
- MATTHIAS, H.H.: Probleme der Haltungsverforschung. In: MATTHIAS, H.H. (Hrsg.): Probleme der Haltungsverforschung. Düren: Lohmann, 1966, 7-16.
- MATTHIAS, H.H.: Kann man Haltung messen? In: MATTHIAS, H.H. (Hrsg.): Probleme der Haltungsverforschung. Düren: Lohmann, 1966, 79-95.
- MATTHIAS, H.H.: Reifung, Wachstum und Wachstumsstörungen des Haltungsverforschungsapparates im Jugendalter. Basel: Basler Druck- und Verlagsanstalt, 1966.
- MATTHIAS, H.H.: Regelvorgänge bei der Haltung - Grundlagen der menschlichen Haltung. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 60-78.
- MAU, H.: Die Differentialdiagnose der beginnenden Skoliose beim M. Scheuermann gegenüber der idiopathischen Skoliose. In: Z. Orthop. 120 (1985) 58-63.

- McNEILL, T. / WARWICK, D. / ANDERSSON, G. / SCHULTZ, A.: Trunk muscle strength in attempted flexion, extension and lateral bending in healthy subjects and patients with low back disorders. In: Spine 5 (1980) 529-538.
- MENGE, M.: Form und Haltung der normalen Wirbelsäule im Röntgenbild. In: Z. Orthop. 120 (1982) 146-150.
- METZ, E.-G.: Die Manuelle Therapie, ihre Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes in der Sportmedizin. In: Berlin: Medizin und Sport (1971) 12, 353-366.
- MITTENECKER, E.: Planung und statistische Auswertung von Experimenten. Wien 1970.
- MIETZ, U.: Zur inhaltlichen und organisatorischen Problematik des Haltungsverforschungs- und Orthopädischen Turnens. In: Berlin: Medizin und Sport 11 (1971) 111-114.
- MÖHRING, (o.V.): Orthopädische Sondereiternkurse oder orthopädische Veredelung des Schulturnens. In: Stuttgart: Zeitschrift für orthopädische Chirurgie einschließlich Heilgymnastik und Massage 45 (1924) 176-179.
- NACHEMSON, A.: Electromyographic studies of the vertebral portion of the psoas muscle. In: Acta orthop. scandinav. (1966) 37, 177-190.
- NACHEMSON, A. / LINDH, M.: Measurement of abdominal and back muscle strength with and without low back pain. In: Scand. J. Rehab. Med. 1 (1969) 60-65.
- NACHEMSON, A.: Quantitative Studies on lumbar spine loads: Implications for the Scientist and the clinician. In: ASMUSSEN, E. / JORGENSEN, K. (Hrsg.): BIOMECHANICS VI-B (1978) 151-156.
- NELSON, R.C. / MOREHOUSE, C.A. (Hrsg.): BIOMECHANICS IV, International Series on Sport Sciences, Volume 1. USA, Baltimore: University Park Press, 1974.
- NEMETH, G. / OHLSEN, H.: Moment Arm Lengths of the Erector Spinae and Rectus Abdominal Muscles Obtained in Vivo With Computed Tomography. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 189-193.
- NENTWIG, C. / CZOLBE, A.B.: Willi Wirbel bewegt sich richtig. Rückenschule für Kinder. In: Grundschule 1 (1990) 22-24.
- NEUGEBAUER, H.: Rückenmeßgerät für Reihenuntersuchungen. In: Z. Orthop. 108 (1970) 395-406.
- NEUGEBAUER, H.: Kyphose - Index für Reihenuntersuchungen. In: Orth. Praxis 11 (1975) 482-487.
- NEUGEBAUER, H.: Diagnose, Prävention und Therapie von Haltungsschäden bei der österreichischen Schuljugend. In: Wien: Österr. Ärzetzg. 31 (1976) 11, 679-704, 717-723.
- NÖH, E. / BEHNECKE, O.: Der Wirbelsäulenschmerz des Schulkindes. In: Orthop. Praxis 7 (1975) 514-517.
- O.A.: Häufigkeit und Ursachen von Rückenschmerzen bei Jugendlichen. In: Bern: Sporterziehung in der Schule (1978) 9, 2-11.

- ODDSSON, L.I.E. / THORSTENSSON, A.T.: Reaction Time and Pattern of Muscle Activation in Trunk Flexion and Extension Movements. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 431-436.
- ODDSSON, L.: Motor patterns of a fast voluntary postural task in man: trunk extension in standing. In: Acta Physiol Scand (1989) 136, 47-58.
- ODENRICK, P. / TROPP, H. / ÖRTENGREN, B.: A Method for Measurement of Postural Control in Upright Stance. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 437-443.
- KOMI, P.V. (Hrsg.): BIOMECHANICS V-A, International Series on Sport Sciences, Volume 1A. USA, Baltimore: University Park Press, 1976.
- KOMI, P.V. (Hrsg.): BIOMECHANICS V-B, International Series on Sport Sciences, Volume 1B. USA, Baltimore: University Park Press, 1976.
- PETZOLD, E. / KOPPICH, E.: Die Beziehung zwischen Körperhaltung und einigen Parametern der körperlich-sportlichen Leistungsfähigkeit. In: Berlin: Medizin und Sport 16 (1976) 130-134.
- PIEPER, K.-S. / SCHARSCHMIDT, F. / RIEDEBERGER, J.: Das funktionsabhängige Verhalten der Skelettmuskelfasertypen bei Belastungen unterschiedlicher Dauer und Intensität in Hinblick auf eine gezielte Übungsbehandlung. In: Berlin: Medizin und Sport 14 (1974) 124-126.
- PIEPER, K.-S. / RADON, M., PAUL, I. / FÖRSTER, E.: Die Adaptation der Skelettmuskelfasertypen, der Deck- und Epiphysenknorpel postpuberaler, bipeder männlicher Wistar-Ratten an langzeitige statisch-dynamische Belastungen. In: Berlin: Medizin und Sport 21 (1981) 3, 70-74.
- POLLÄHNE, W.: Ergebnisse der Wirbelsäulenlängsschnittauswertungen bei Hochleistungsturnern und Hochleistungsschwimmern aus radiologischer Sicht. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 42 (1991) 7, 292-308.
- POLSTER, J. / SPIEKER, U. / HOEFERT, H.R. / KRENZ, J.U.: Biomechanics in Lumbar Lordosis. In: NELSON, R.C. / MOREHOUSE, C.A. (Hrsg.): BIOMECHANICS IV (1974) 365-371.
- POPE, M.H. / ANDERSSON, G.B.J. / BROMAN, H. / SVENSSON, M. / ZETTERBERG, C.: Electromyography of the Lumbar Trunk Musculature With Axial Torque Development. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 177-181.
- PORTNOY, H. / MORIN, F.: Elektromyographic study of postural muscles in various positions and movements. In: Am. J. Physiol. 186 (1956) 122-126.
- PORWOLIK, K. / GOZDZIEWSKI, S. / GWORYS, B.: Die Entwicklung der Wirbelsäule bei Kindern aus Niederschlesien. In: Z. Orthop. 123 (1985) 864-871.
- PÖLZER, K. / PÖLZER, V.H.: Ein Kreuz mit dem "Kreuz" - gezieltes Rücken- und Bauchmuskeltraining zur Vermeidung von Wirbelsäulenbeschwerden. In: Sport & Fitness 45 (1989) 2, 64-66.
- PUTZ, R.: Zur Morphologie und Rotationsmechanik der kleinen Gelenke der Lendenwirbel. In: Z. Orthop. 114 (1976) 902-912.
- PUTZ, R.: Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke. Stuttgart: Thieme, 1981.

- RAHLE, B. / RAHLE, H.: Herzkreislaufschulung und differenzierte Haltungsschulung mit einem Testverfahren zur Lernzielkontrolle. In: Lehrhilfen für den Sportunterricht 10 (1976) 117-120.
- RAMSEY, R.W. / STREET, S.F.: The isometric length-tension diagram of isolated skeletal muscle fibres of the frog. In: Journal of Cellular and Comparative Physiology 15 (1940) 1, 11-34.
- RHODE, J.: Das "Muskelmuster". Ergebnisse von Muskelfunktionsuntersuchungen bei Schulter- und Hüftgelenkserkrankungen. In: Leipzig: Zeitschrift für Physiotherapie 37 (1985) 1, 43-49.
- RIEDER, H. / KUCHENBECKER, R. / ROMPE, G.: Motorische Entwicklung, Haltungsschwächen und Sozialisationsbedingungen. Schorndorf, 1986.
- RIGGENBACH, E.: Haltung. In: Sportunterricht 25 (1976).
- RINNE, H.: Ökonometrie. Stuttgart: Kohlhammer, 1976.
- RIZZI, M.: Die menschliche Haltung. Klinische und biomechanische Betrachtungen. In: Zürich: Z. Präventimed. 17 (1972) 6, 341-348.
- RIZZI, M.: Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der Haltung. In: Zürich: Z. Präventivmed. 18 (1973) 3, 105-113.
- ROHLMANN, A. / SIRAKY, J.: Reproduzierbarkeit der Oberflächenvermessung des Rückens nach dem optometrischen Verfahren. In: Z. Orthop. 123 (1985) 205-212.
- ROHMERT, W.: Rechts-Links-Vergleich bei isometrischem Armmuskeltraining mit verschiedenem Trainingsreiz bei achtjährigen Kindern. In: Int. Z. angew. Physiol. 26 (1968) 363-393.
- ROMPE, G. / ERLKENKÄMPER, A. (Hrsg): Begutachtung der Haltungs- und Bewegungsorgane. Stuttgart: Thieme 1978.
- ROMPE, G. / SOMMER, H.-M.: Schulsonderturnen (kompensatorischer Sport) aus medizinischer Sicht. In: CLAUSS, A. (Hrsg.): Förderung entwicklungsgefährdeter und behinderter Heranwachsender. Erlangen: perimed, 1981, 144-154.
- ROSEMEYER, B.: Die aufrechten Körperhaltungen des Menschen. Eine vergleichende Untersuchung. In: Z. Orthop. 112 (1974) 151-159.
- ROST, D.M. / NITSCH, R.: Beziehung zwischen Haltungsschäden und sportlicher Motorik. In: Ulzen: Orthop. Praxis 14 (1978) 1, 6-8.
- RUMLER, H. / URBAN, D.: Der Muskelfunktionsstand bei trainierenden Kindern. In: Berlin: Medizin und Sport 26 (1986) 2, 41-43.
- RUSCH, H.: Lernzielkontrollen im Schulsonderturn-Unterricht. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 140-154.
- RUSCH, H.: Arbeitskarten für den Sportförderunterricht. Schorndorf: Hofmann, 1982.
- RUSCH, H. / WEINECK, J.: Sportförderunterricht. Schorndorf: Hofmann, 1988.

- RÜTT, A.: Der Flachrücken und die Leistungsfähigkeit der Wirbelsäule. In: Stuttgart: Beiträge Z. Orthop. u. Traumatol. 10 (1970) 630-633.
- RÜTTEN, M.: Der Jeanstyp. In: Z.Orthop. 116 (1978) 724-727.
- SACHS, L.: Angewandte Statistik. Berlin, 1984.
- SASSEN, G.: Auswahluntersuchungen zum Schulsonderturnen. Orthop. Praxis 11 (1975) 7, 526-528.
- SASSEN, G.: Operationale Prüfung von Wirbelsäule & Haltung in der Reihenuntersuchung. In: Schriftenreihe der Akademie für öffentliches Gesundheitswesen Düsseldorf, Band 3. o.O. (1976), 7-19.
- SAURWEIN, K.-H. / HÖNEKOPP, T.: SPSS/PC+ Version 3.0/3.1. Eine anwendungsorientierte Einführung zur professionellen Datenanalyse. Bonn, München: Addison-Wesley (Deutschland) GmbH, 1991.
- SAZIORSKI, W.M. / ARUIN, A.S. / SELUJANOW, W.N.: Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparates. Berlin: Sportverlag, 1984.
- SCHEDE, F.: Grundlagen der körperlichen Erziehung. [1927]; fünfte, durchgesehene Aufl. Stuttgart: Enke, 1969.
- SCHIEBLER, T.H. / SCHMIDT, W. (Hrsg.): Lehrbuch der gesamten Anatomie des Menschen. Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo: Springer-Verlag, 1983³, 1987⁴.
- SCHLEGEL, K.F.: Sitzschäden und deren Vermeidung durch eine neuartige Sitzkonstruktion. In: Med. Klin. 51 (1956) 1940-1942.
- SCHLEGEL, K.F. / DIERKS, M.: Haltungsforschung im Röntgenbild. Beziehung zwischen Kopfhaltung und Wirbelsäulenachse sowie Beckenneigung und Promontoriumswinkel. In: Z. Orthop. 88 (1957) 451-462.
- SCHMIDT, D.: Schulsonderturnen in Theorie und Praxis. Eine kritische Bilanz und mögliche Konsequenzen. In: Schorndorf: Sportunterricht 25 (1976) 4, 121-123.
- SCHMIDT, H.: Psychomotorik, Körperschema und sozialer Status. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 96-110.
- SCHMIDT, H. / FRAUENDORF, U. / ASMUSSEN, U. / KRAFT, W.: Der Muskeltest nach Janda für die sportmedizinische Praxis. In: Berlin: Medizin und Sport 23 (1983) 9, 271-278.
- SCHMIDT, H.: Orthopädische Grundlagen für sportliches Üben und Trainieren. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1985.
- SCHMIDT, H.: Muskuläre Dysbalancen und deren Beeinflussung durch Sport. In: Berlin: Medizin und Sport 26 (1986) 5, 145.
- SCHMIDT, H. / KRAFT, W.: Funktionsdiagnostik des Stütz- und Bewegungsapparates. In: Berlin: Medizin und Sport 29 (1989) 7, 193-198.
- SCHMIDT, R.F.: Physiologie des Menschen. Berlin-Heidelberg-New York: 1980.

- SCHMITT, E. / JILKE, H.-J.: Die Bedeutung mechanischer Faktoren bei der Entstehung der Spondylolyse. Experimentelle Studien. In: Z. Orthop. 120 (1982) 354-357.
- SCHNABEL, E. / SCHMIDT, H.: Zum arthromuskulären Gleichgewicht von Kindern und Jugendlichen. In: Berlin: Medizin und Sport 31 (1991) 1, 24-27.
- SCHNEIDER, Anneliese: Die Änderung der menschlichen Haltung durch Krafttraining. Med. Diss. Düsseldorf 1968.
- SCHOBERTH, H.: Fehlstellung des Kreuzbeines, röntgenologische und klinische Studien. In: Verh. dt. orthop. Gesellsch. 43. Kongress (1956) 216-218.
- SCHOBERTH, H.: Die Bedeutung der Leibeserziehung für die Prävention von Haltungsschäden. In: Med. Welt 19 (1968) 40, 2132-2137.
- SCHOBERTH, H.: Neue Tendenzen im Schulsonderturnen aus medizinischer Sicht. In: Schorndorf: Motorik 5 (1982) 1, 10-16.
- SCHOBERTH, H.: Haltungsschäden und Sport. In: Lübeck: Physiotherapie 74 (1983) 5, 247-252.
- SCHOLTEN, P.J.M. / VELDHUIZEN, A.G. / STERK, J.C.: The Bending Stiffness of the Human Trunk in Vivo. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 213-217.
- SCHOLTZMETHNER, R. / BARTELS, U.: Die Bedeutung des Kyphoseindex für die Bewertung von Haltungsschwächen. In: Kölner Beiträge zur Sportwissenschaft. Köln: 1973, 262-271.
- SCHOLTZMETHNER, Renate: Die körperliche Leistungsschwäche im Kindesalter und ihr Ausgleich durch kompensatorischen Sport. Eine Dokumentation des Schulsonderturnens. Dissertation. Köln 1976.
- SCHOLTZMETHNER, Renate: Orthopädisches Turnen - Schulsonderturnen - Sportförderunterricht. In: Bad Homburg: Sportpraxis in Schule und Verein 22 (1981) 10, 183-184.
- SCHOOT, v.d. P.: Psychophysische Aspekte des Schulsonderturnens unter dem Gesichtspunkt von Aktivierung und Motorik. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 28-40.
- SCHRAAG, Manfred: Unterrichtseinheit - Spiel- und Übungsformen zum Ausgleich des Rundrückens. In: Dortmund: Z. Heilpädagog. 32 (1981) 8, 553-562.
- SCHWARZ, G. / KELLNER, H. / ZELTNER, H. / TÖPKEN, R.: Biophotogrammetrische Erfassung und Verlaufskontrolle von Haltungsschwächen Jugendlicher. In: Sportarzt und Sportmedizin 23 (1972) 12, 320-324; 24 (1973) 1, 12-20.
- SELVIK, G. / OLSSON, T.H. / WILLNER, S.: High-Accuracy Analysis of Movements in the Spine with the Aid of a Roentgen Stereophotogrammetric Method. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): BIOMECHANICS V-B (1976) 502-507.
- SEROO, J.M. / SCHIJVENS, A.W.M. / SNIJDER, J.G.N. / SNIJDERS, C.J.: Methoden zur optischen Messung und mathematischen Bestimmung der Form der Wirbelsäule in der Sagittalebene. In: Orthop.Praxis. 11 (1975) 488-492.

- SILVER, R.L. / GARZA, J. / RANG, M.: The myth of the muscle balance. A study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle. In: The journal of bone and joint surgery vol. 67-B (1985) 3, 432-437.
- SOMMER, H.M.: Analyse der indirekten Verletzungen der rückwärtigen Oberschenkelmuskulatur im Sport. In: Lehre der Leichtathletik 34 (1983) 11, 423-424.
- SPRING, H.: Muskelfunktionsdiagnostik nach Janda. In: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 29 (1981) 143-146.
- SPRING, H.: Was bringt Stretching? In: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin. 33 (1985) 21-24.
- SPRING, H. / ILLI, U. / KUNZ, H.-R. / RÖTHLIN, K. / SCHNEIDER, W. / TRITSCHLER, T.: Dehn- und Kräftigungsgymnastik: Stretching und dynamische Kräftigung. Stuttgart-New York: 1986.
- STAHLHAMMAR, H.R. / LESKINEN, T.P.J. / TAKALA, E.-P.: Intraabdominal Pressure and Oblique Abdominal Muscle Activity When Lifting and Lowering. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 59-62.
- STAUDTE, H.W.: Die innere Mechanik der Muskulatur, theoretische Untersuchung normaler und atrophischer Muskeln. In: Z. Orthop. 119 (1981) 266-276.
- STOBOY, H.: Muskelhärte und Muskelschmerz. In: Köln, Deutscher Ärzte Verlag: Sport - Leistung und Gesundheit (1983) 17-27.
- STOCK, R.: Dehnungsübungen zur Verbesserung der Körperhaltung. In: Lehrhilfen für den Sportunterricht 25 (1976) 1, 7-12.
- STORCK, H.: Die Anwendung der Statik auf den menschlichen Bewegungsapparat. Stuttgart: Enke, 1951.
- STRACKER, O.A.: Hyper- und Hypolordose der Lendenwirbelsäule. In: Z. Orthop. 72 (1949) 265-278.
- TAKALA, E.-P., LESKINEN, T.P.J. / STAHLHAMMAR, H.R.: Electromyographic Activity of Hip Extensor and Trunk Muscles During Stooping and Lifting. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 255-258.
- TAUCHEL, U. / MÜLLER, B.: Untersuchungen zu Muskelfunktionsstörungen im Kindesalter und die Bedeutung des arthromuskulären Gleichgewichts für die sportliche Belastung. In: Berlin: Medizin und Sport 26 (1986) 4, 120-125.
- TAUCHEL, U. / BÄR, A.: Erste Erfahrungen zur isometrischen Muskelkraftbestimmung der Bauch- und Rückenmuskulatur in der Sportart Gewichtheben und praktische Schlußfolgerungen für den Trainingsprozeß. In: Berlin: Medizin und Sport 29 (1989) 7, 203-206.
- THORSTENSSON, A. / ARVIDSON, A.: Trunk muscle strength and low back pain. In: Scand. J. Rehab. Med. 14 (1982) 69-75.
- THORSTENSSON, A. / ODDSSON, L. / ANDERSSON, E. / ARVIDSON, A.: Balance in muscle strength between agonist and antagonist muscles of the trunk. In: WINTER, D. / WELLS, R. / HAYES, K. / PATLA, A. (Hrsg.): BIOMECHANICS IX-B (1985) 15-20.

- TIMM, H.: Zur Objektivierung von Fehlhaltungen der Wirbelsäule. In: Stuttgart: Z. Orthop. 106 (1969) 716-726.
- TIMM, H.: Zahl und Ausmaß der Kyphosen in verschiedenen Altersstufen. In: Z. Orthop. 109 (1971) 927-931.
- TITTEL, K.: Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen. Stuttgart 1974.
- TITTEL, K.: Die Belastbarkeit der Wirbelsäule aus funktionell anatomischer und biomechanischer Sicht. In: Berlin: Medizin und Sport 21 (1981) 1, 3-10.
- TITTEL, K.: Morphologische Grundlagen für die Funktionsdiagnostik des Bewegungsapparates. In: Zeitschrift für Physiotherapie 36 (1984) 1, 11-26.
- TITTEL, K.: Funktionell-anatomische und biomechanische Grundlagen für die Sicherung des "arthro-muskulären Gleichgewichts" im Sport, ein Beitrag zu Erhöhung der Belastbarkeit bindegewebiger Strukturen. In: Berlin: Medizin und Sport 26 (1986) 1, 2-4.
- TROPP, H. / ODENRICK, P. / GILLGUIST, J. / ÖRTENGREN, R.: Importance of the Ankle Joint in Postural Control of Single-Limb Stance. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 445-450.
- TRUNZ, E.: Die Auswirkungen eines sporttherapeutischen Geh- und Laufprogramms für Patienten mit Wirbelsäulensyndromen auf die Maximalkraft der Rücken- und Bauchmuskulatur. In: sporttherapie in theorie und praxis: Sonderausgabe zur 3. Kölner Tagung für Bewegungs- und Sporttherapie (1987) 54-58.
- UEHLINGER, H.-M.: SPSS/PC+ Benutzerhandbuch. Band 1: Dateneingabe - Datenmanagement - Datenverwaltung und einfache statistische Verfahren (Modul SPSS/PC+ Base). Stuttgart - New York: Gustav Fischer Verlag, 1988.
- VEAU, Le B.F.: Axes of Joint Rotation of the Lumbar Vertebrae during Abdominal Strengthening Exercises. In: NELSON, R.C. / MOREHOUSE, C.A. (Hrsg.): BIOMECHANICS IV (1974) 361-364.
- VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977.
- VOLCK, G.: Schulsonderturnen im Feld von Widersprüchlichkeiten. In: VOLCK, G. / REIBER, H.: Schulsonderturnen in der Diskussion. Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1977, 9-25.
- VOLCK, G.: Schulsonderturnen aus pädagogischer Sicht. In: CLAUSS, A. (Hrsg.): Förderung entwicklungsgefährdeter und behinderter Heranwachsender. Erlangen: perimed, 1981, 124-135.
- WAGENHÄUSER, F.J.: Das Problem der Haltung. In: Orthopädie 2 (1973) 128-139.
- WASMUND-BODENSTEDT, U. / BRAUN, W.: Haltungsschwächen bei Kindern im Grundschulalter - Untersuchungen über den Einfluss zusätzlicher Bewegungsaktivitäten. In: Schorndorf: Motorik 6 (1983) 1, 11-22.
- WASMUND-BODENSTEDT, U. / BRAUN, W.: Entwicklung anthropometrischer und sportmotorischer Parameter und deren Zusammenhang bei sechs- bis achtjährigen Kindern. In: Sportwissenschaft 14 (1984) 4, 362-380.

- WEBER, J.: Zur Prophylaxe von Verletzungen und Fehlbelastungsschäden bei Sportlern. In: Berlin: Medizin und Sport 21 (1981) 6, 174-177.
- WEBER, J. / BERTHOLD, F. / BRENKE, H. / DIETRICH, L.: Die Bedeutung muskulärer Dysbalancen für die Störung der arthromuskulären Beziehungen. In: Berlin: Medizin und Sport 25 (1985) 5, 149-151.
- WEBER, M.A.: Muskelkontrakturen bei Fussballern, Zusammenhänge mit Kniebeschwerden und deren Beeinflussung durch Dehnungsübungen der Muskulatur (Stretching). Dissertation, Basel 1989.
- WEH, L. / EICKHOFF, W. / PRAHL, R.: Mediolaterale Quadrizepsdysbalance und peripatellares Schmerzsyndrom. In: Z. Orthop. 125 (1987) 48-53.
- WEIMANN, R.: Der "Trimmparcours" - eine Muskelschulung unter motivationalem Aspekt. In: Mainz: Haltung und Bewegung (1987) 3, 16-21.
- WEINECK, J.: Optimales Training. 3. unveränderte Aufl. Erlangen: perimed, 1985.
- WEINECK, J.: Sportanatomie. 4. Aufl. Erlangen: perimed, 1986.
- WEISS, U. / SCHÖNHOLZER, G. (Hrsg.): Beurteilung und Wertung der Haltung bei Kindern und Jugendlichen. Bern: Verlag Paul Haupt, 1969.
- WIDMER, K.: Der Begriff "Haltung" in der pädagogischen Fragestellung. In: Schorndorf: Leibeserziehung 19 (1970) 4, 112-119.
- WIELKI, C.: Anatomical Functional Deviation of the Spinal Curves of Athletes. In: JONSSON, B.: BIOMECHANICS X-A (1987) 567-573.
- WIEMANN, K.: Grundfragen zur elektromyographischen Untersuchungsmethode der Bewegungsforschung. In: Sportunterricht (1972) 5, 157-164.
- WIEMANN, K.: Die Muskelaktivität beim Laufen. In: Leistungssport 16 (1986) 4, 27-31.
- WIEMANN, K.: Die ischiocrurale Muskulatur - Abhängigkeit zwischen Dehnungsgrad, isometrischer Maximalkraft in unterschiedlichen Hüftwinkelstellungen und Sprintgeschwindigkeit. Unveröffentlichter Antrag auf Gewährung von Forschungsmitteln an das Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 1987.
- WIEMANN, K.: Die ischiocruralen Muskeln beim Sprint. In: Leichtathletik 27 (1989) 783-786; 28 (1989) 816-818.
- WIEMANN, K. / WOLPERT, W.: Muskuläre Dysbalancen im Rumpfbereich und deren Auswirkung auf den Gesamtkörper - Entwicklung und Überprüfung von Instrumenten zur Diagnose von Funktionszuständen/Leistungszuständen und spitzensportorientierten Trainingsprogrammen. Unveröffentlichter Antrag auf Gewährung einer Zuwendung für ein Forschungsvorhaben gemäß Ausschreibung eines Forschungsauftrages durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 1990a.
- WIEMANN, K.: Paradoxe Muskelaktionen beim Sprint - Konsequenzen für die Sprinttechnik. In: BRÜGGEMANN, G.-P. und RÜHL, J.K. (eds.): "Technics in Athletics" - Cologne, 7-9 June . Conference proceedings, volume 2. Köln: Sport und Buch Strauß - Edition Sport, 1990b.

- WIEMANN, K. / JÖLLENBECK: Das Dehnungsverhalten von Muskeln in vivo und die Wirkung von Dehnungsmaßnahmen im Training am Beispiel der ischiocruralen Muskulatur. Unveröffentlichter Schlußbericht des Forschungsauftrages des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft, 1991a.
- WIEMANN, K.: Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining. In: Sportwissenschaft (1991b) 3, 295-306.
- WIEMANN, K.: Präzisierung des LOMBARDschen Paradoxons in der Funktion der ischiocruralen Muskeln beim Sprint. In: Sportwissenschaft (1991c) 4, 413-428.
- WILLIAMS, J.G.P.: Influence of line of sight in seated spinal posture. In: ASMUSSEN, E. / JORGENSEN, K. (Hrsg.): BIOMECHANICS VI-B (1978) 189-194.
- WILLIMCZIK, K.: Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft. Grundkurs Statistik. Frankfurt am Main 1975.
- WILLIMCZIK, K. (Hrsg.): Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft. Grundkurs Datenerhebung 1. 2. überarbeitete Auflage Ahrensberg: Verlag Ingrid Czwaliņa, 1983.
- WILMORE, J.H.: Alternations in strength, body compositions and anthropometric measurements consequent to a 10-week weight training program. In: Med. Sci. Sports 6 (1974) 133-138.
- WINTER, D. / WELLS, R. / HAYES, K. / PATLA, A. (Hrsg.): BIOMECHANICS IX-B. International Series on Sport Sciences, Volume IX-B. USA, Baltimore: 1985.
- WIRHED, R.: Sport-Anatomie und Bewegungslehre. Stuttgart - New York: F.K. Schattauer Verlag, 1984.
- WITT, A.N.: Sportbedingte Verletzungen des Sehnen-Muskel-Apparates. In: Karlsruhe: Therapiewoche 27 (1977) 9142, 9145-9146, 9148, 9151-9152, 9154, 9157.
- WOLFF, H.D.: Anmerkungen zu den Begriffen "degenerativ" und "funktionell". In: Z. Orthop. 124 (1986) 385-388.
- WORTHMANN, W. / ARNOLD, G. / LIPPERT, H.: Spannungsrückgewinn menschlicher Sehnen nach Entlastung (mechanische Erholungseigenschaft). In: Int. Z. angew. Physiol. 31 (1973) 77-88.
- WREDE, A.: Haltungsuntersuchungen an Schülern. In: Z. Orthop. 114 (1976) 985-997.
- YÜCEL, M. / BREITENFELDER, H.F. / GADIEL, H.E.: Die Behandlung des floriden dorsalen Morbus Scheuermann mit zwei neuen atmungsaktiven Korsetten und ihre biomechanischen Wirkungsprinzipien. In: Z. Orthop. 119 (1981) 292-296.
- ZIMMER, R. / CICURS, H.: Psychomotorik. Neue Ansätze im Sportförderunterricht und Sonderturnen. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann, 1987.

2	Verzeichnis der Abbildungen	
Abb. 1:	Verfahren der Haltungsbeurteilung bzw. -messung und -dokumentation	10
Abb. 2:	Schematische Darstellung des Zustandes einer muskulären Balance	26
Abb. 3:	Muskuläre Dysbalance durch Muskelverkürzung	27
Abb. 4:	Muskuläre Dysbalance durch Muskelverlängerung	27
Abb. 5:	Die Haltungsschwächen Totalrundrücken, Hohlrundrücken und Hohlrücken mit den Verkürzungs- und Verlängerungsmustern der Muskulatur	33
Abb. 6:	Die Beckenneigung beeinflussende Faktoren	55
Abb. 7:	die Dehnungsgradmessung	78
Abb. 8:	der Muskelfunktionsmeßstand	79
Abb. 9:	die "Kopfschieblehre" und die "Schlüsselbeinlehre"	79
Abb. 10:	Krafttisch zur Bestimmung der Kontraktionskraft	80
Abb. 11:	Photographie des Bildschirmes: Dehnungsgradmessung	81
Abb. 12:	Photographie des Bildschirmes: Kraftmessung	81
Abb. 13:	der "Fußausrichter"	83
Abb. 14:	die räumlichen Bedingungen der Photographie	83
Abb. 15:	Beispiel der EDV-Wiedergabe der Meßpunkte	84
Abb. 16:	habituelle Haltung - angespannte Haltung - Ruhehaltung	87
Abb. 17:	Der MATTHIASS-Halte-Test (1)	87
Abb. 18:	die tiefe Rumpfbeuge - die Rumpfüberstreckung	88
Abb. 19:	Der MATTHIASS-Halte-Test (2)	88
Abb. 20:	Bauchpressen (A)	92
Abb. 21:	Hüftdehnung (A)	92

Abb. 22:	Beinpresse (A)	93
Abb. 23:	Rückendehnung (A)	93
Abb. 24:	Rückenstrecken (B)	94
Abb. 25:	Oberschenkeldehnung (B)	94
Abb. 26:	Beinheben am Barren (B)	95
Abb. 27:	sit-ups (B)	95
Abb. 28:	Trapezziehen (A, B)	96
Abb. 29:	Bankdrücken (A, B)	96
Abb. 30:	Nackenziehen (A, B)	97
Abb. 31:	Beinstrecken (A, B)	97
Abb. 32:	Trizepsdrücken (A, B)	98
Abb. 33:	Bizepsmaschine (A, B)	98
Abb. 34:	Vp 2 Nachtest: angespannte H., habituelle H. und Ruhehaltung	106
Abb. 35:	Ruhehaltung (zwei Möglichkeiten der kompensatorischen Rückneigung des Rumpfes)	108
Abb. 36:	Die Auswertung des Bild 6 (WS- und Hüftgelenksbeugefähigkeit)	110
Abb. 37:	Die Auswertung des Bild 7 (WS- und Hüftgelenksstreckfähigkeit)	111
Abb. 38:	Haltungstest nach Matthiaß mittels Arm-Vorhebe-Prüfung	112
Abb. 39:	Die Auswertung des MATTHIASS-Halte-Test	113
Abb. 40:	Modelle der Beziehung zwischen drei Variablen	162

3	Verzeichnis der Tabellen	
Tab. 1:	Mittelwerte der Formvarianten-Kollektive nach GROENEVELD	17
Tab. 2:	Charakteristik der posturalen (tonischen) und phasischen Muskulatur	29
Tab. 3:	Einteilung in zur Verkürzung bzw. zur Abschwächung neigende Muskeln	30
Tab. 4:	Die Haltungsschwächen Totalrundrücken, Hohlrundrücken und Hohlrücken mit den Verkürzungs- und Verlängerungsmustern der Muskulatur	32
Tab. 5:	Kontraktionseigenschaften von motorischen Einheiten der menschlichen Skelettmuskulatur	38
Tab. 6:	Ergebnisse der Kraftmessungen	48
Tab. 7:	Die Trainingspläne der Gruppen im Vergleich	90
Tab. 8:	Häufigkeitsverteilung der Anzahl der von den Schülern absolvierten Trainingseinheiten	91
Tab. 9:	Zur Bedeutung der Muskelfunktionsvariablen	100
Tab. 10:	Zur Bestimmung der Handlungsvariablen, Rohwerte	102
Tab. 11:	Übersicht über berechnete Handlungsvariablen (Bild 1)	103
Tab. 12:	Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimum und Maximum: KLAH, WSLAH, BBLAH und GKW	105
Tab. 13:	Die Auswertung der Photographien: angespannte Haltung und Ruhehaltung	106
Tab. 14:	Mittelwerte: BN_{w1} , $Kyph_{w1}$, $Lord_{w1}$ und GKW bei der angespannten Haltung, der habituellen Haltung und der Ruhehaltung	107
Tab. 15:	Die Position des Beckens bei der angespannten Haltung, der habituellen Haltung und der Ruhehaltung im Vergleich	108
Tab. 16:	Übersicht über berechnete Handlungsvariablen (Bild 6)	110
Tab. 17:	Übersicht über berechnete Handlungsvariablen (Bild 7)	111
Tab. 18:	Die Auswertung des MATTHIAS-Halte-Test	112

Tab. 19:	Mittelwerte, Standardabweichungen und Stichprobenumfänge der erhobenen und berechneten Variablen	116
Tab. 20:	Bewertung von Reliabilitäts- und Objektivitätskoeffizienten	126
Tab. 21:	Die Reliabilität der Muskelfunktionsmessung	127
Tab. 22:	Die Reliabilität der Messung haltungskonstituierender Merkmale	128
Tab. 23:	Die Auswertung des Experiments im Überblick	129
Tab. 24:	Kennzeichnung der Ergebnisse	131
Tab. 25:	Die Befunde im Vergleich (K_{bn} und K_{rn})	138
Tab. 26:	Multiple Korrelation (K.v.: BN_{w1B1})	140
Tab. 27:	Korrelationsmatrix Vpn-Variablen	143
Tab. 28:	Multiple Korrelationen (P.v.: Alter, Größe, Gewicht)	145
Tab. 29:	Multiple Korrelationen (Dehnung, isch. M.)	147
Tab. 30:	Multiple Korrelationen (Dehnung, Hüftbeuger)	148
Tab. 31:	Multiple Korrelation (K.v.: K_{bn})	149
Tab. 32:	Multiple Korrelation (K.v.: K_{rn})	150
Tab. 33:	Korrelationsmatrix der Muskelfunktionsvariablen im Vortest	152
Tab. 34:	Korrelationsmatrix haltungskonstituierender Merkmale im Vortest Bild 1 (1)	153
Tab. 35:	Korrelationsmatrix haltungskonstituierender Merkmale im Vortest Bild 1 (2)	155
Tab. 36:	Multiple Korrelation (K.v.: $Kyph_{w1B1}$)	156
Tab. 37:	Multiple Korrelation (K.v.: $Lord_{w1B1}$)	157
Tab. 38:	Multiple Korrelation (K.v.: $Lord_{w1B1}$)	159
Tab. 39:	Multiple Korrelation (K.v.: $Kyph_{w1B1}$)	159
Tab. 40:	Kennzeichnung der Ergebnisse	161
Tab. 41:	m.K. im Vergleich (K.v.: K_{bn} und GKW)	165

Tab. 42:	m.K. zum Aufbau eines Regressionsmodells mit der K.v. "Kyph _{w;H} "	171
Tab. 43:	Korrelationsmatrix, Vt, HM: Kyph _{w1R1} , Kyph _{Ro} , Kyph _{h7} , Kyph _{w1R2} , Kyph _{w1B3}	172
Tab. 44:	Korrelationsmatrix der Muskelfunktionsvariablen und der haltungs-konstituierenden Merkmale im Vortest	178
Tab. 45:	Multiple Korrelationen, Vt, K.v.: Haltungsverablen, P.v.: Muskelfunktionsvariablen	183
Tab. 46:	Multiple Korrelation (K.v.: Kraftzuwachs)	194
Tab. 47:	Multiple Korrelationen (Nt-Vt; K.v.: D _{isch} ; P.v.: Z _{isch} , Z _{80isch})	198
Tab. 48:	Multiple Korrelationen (Nt-Vt; K.v.: D _{th} ; P.v.: Z _{th} , Z _{90th})	198
Tab. 49:	Multiple Korrelation (Nt-Vt; K.v.: K _{hm} ; P.v.: D _{th} , Z _{th} , Z _{90th})	199
Tab. 50:	Korrelation der Differenzen der Muskelfunktionsvariablen	200
Tab. 51:	Die Veränderungen der Kyphosewinkel bei der Ruhehaltung, der habituellen Haltung und der angespannten Haltung vom Vor- zum Nachttest der Gruppen im Vergleich	204
Tab. 52:	Veränderungen vom Vor- zum Nachttest	209
Tab. 53:	Die Reliabilitätskoeffizienten der Variablen "BN _{w1} ", "Kyph _{w1} ", "Lord _{w1} " und "GKW" bei der angespannten Haltung, der habituellen Haltung und der Ruhehaltung	223
Tab. 54:	Die Werte der Variablen "BN _{w1} ", "Kyph _{w1} ", "Lord _{w1} " und "GKW" im Vt und Nt der 2 Vpn mit den größten Differenzen der Variablen "GKW" vom Vor- zum Nachttest bei der Ruhehaltung	223
Tab. 55:	Korrelationsmatrix der Differenzen (Nachttest - Vortest) der haltungskonstituierenden Merkmale und der Muskelfunktionsvariablen	225
Tab. 56:	Multiple Korrelationen, Nt-Vt, K.v.: Haltungsverablen, P.v.: Muskelfunktionsvariablen	230

4 Anlagen

1. Trainingsplan der Gruppe A

! Name: !				
! TRAININGSABLAUF Bitte eintragen: Anzahl der Wiederholungen und Höhe der Belastung !				
A	Datum	Datum	Datum	Datum
Übungen				
Bankdrücken				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Bauchpressen				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Nackenziehen				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Hüftdehnung				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Beinstrecken				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Beinpresse				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Trapezziehen				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Rückendehnung				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Trizepsdrücken				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Bizepsmaschine				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				

2. Trainingsplan der Gruppe B

! Name: !				
! TRAININGSABLAUF Bitte eintragen: Anzahl der Wiederholungen und Höhe der Belastung !				
B	Datum	Datum	Datum	Datum
Übungen				
Bankdrücken				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Rückenstrecken				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Nackenziehen				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Oberschenkeldehnung				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Beinstrecken				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Beinheben am Barren				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Trapezziehen				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
sit-ups				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Trizepsdrücken				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				
Bizepsmaschine				
1. Serie				
2. Serie				
3. Serie				

5 Verzeichnis der Abkürzungen

HM	Haltungsmessung
MFM	Muskelfunktionsmessung
m.K.	multiple Korrelation
P.v.	Prädiktorvariable(n)
K.v.	Kriteriumsvariable(n)
[H.d.A.]	Hervorhebung des Autors
[m.H.]	meine Hervorhebung (um Hervorhebungen innerhalb der Zitate voneinander abzugrenzen)
M.H.T.	MATTHIAS-Halte-Test
isch. M.	ischiocurale Muskelgruppe
Trai.gr. A	Trainingsgruppe A: Beckenaufrichtung; Übungen: vgl. Tab. 7, S. 90
Trai.gr. B	Trainingsgruppe B: Beckenvorkippung
Sk	Styroporklötzchen
KSL	Kopfschieblehre
SBL	Schlüsselbeinlehre
Mp	Meßpunkt, vgl. zur Numerierung der Meßpunkte Abb. 15, S. 84

Haltungsvariablen

BN	Beckenneigungswinkel, vgl. Abb. 15, S. 84 und Tab. 10, S. 102
Kyph	Kyphosewinkel, vgl. Tab. 11, S. 103 und S. 104
Lord	Lordosewinkel, vgl. Tab. 11, S. 103 und S. 104
SuLoKy	Summe der Lordose- und Kyphosewinkel, vgl. Tab. 11, S. 103
R-h-a-KW	"Ruhehaltung - habituelle Haltung - angespannte Haltung" - Kennwert, vgl. Tab. 13, S. 106 ff.
KLAH	Körper-Längsachsenhaltung, Tab. 10, S. 102
WSLAH	Wirbelsäulen-Längsachsenhaltung, vgl. Abb. 39, S. 113 und Tab. 10, S. 102
BBLAH	Bein-Becken-Längsachsenhaltung, vgl. Abb. 39, S. 113 und Tab. 10, S. 102
GKW	Gesamtkörperwinkel, vgl. Abb. 39, S. 113, Tab. 11, S. 103 und S. 104
Hg-b-f	Hüftgelenksbeugefähigkeit, vgl. S. 110
WS-b-f	Wirbelsäulenbeugefähigkeit, vgl. S. 110
Hg-st-f	Hüftgelenksstreckfähigkeit, vgl. S. 111
WS-st-f	Wirbelsäulenstreckfähigkeit, vgl. S. 111



KB	Kreuzbeinneigung, vgl. Tab. 10, S. 102
KH	Kopfhaltung, vgl. Tab. 10, S. 102
HWS	Halswirbelsäulenhaltung, vgl. Tab. 10, S. 102
Sch_H	Schultergürtelhaltung, vgl. Tab. 10, S. 102
WS	Wirbelsäulenwinkel, Tab. 10, S. 102
WSKr	Wirbelsäulenkrümmungswinkel, vgl. Tab. 11, S. 103

B **Bilder, Photographien;** die im Index der Haltungsveränderungen folgende Nummer bedeutet (vgl. auch S. 86):

B1	habituelle Haltung
B2	angespannte Haltung
B3	Ruhehaltung
B4	1. MATTHIAS-Halte-Test zu Beginn der 30''
B5	1. MATTHIAS-Halte-Test am Ende der 30''
B6	Wirbelsäulen- und Hüftgelenksbeugefähigkeit
B7	Wirbelsäulen- und Hüftgelenksstreckfähigkeit
B8	2. MATTHIAS-Halte-Test zu Beginn der 30''
B9	2. MATTHIAS-Halte-Test am Ende der 30''

W **Winkel;** zur Bedeutung der im Index der Haltungsveränderungen folgenden Nummer vgl. S. 101

Muskelfunktionsvariablen (vgl. S. 99 f.)

D	maximaler Dehnungsgrad
Z	Zugkraft
K	Maximalkraft
Die Abkürzungen im Index haben die folgende Bedeutung:	
isch	isch. M.
Hs	Hüftstrecker
Hb	Hüftbeuger
Bm	Bauchmuskeln
Rm	Rückenmuskeln
SuKr	Summe der 4 Maximalkraftwerte

Band 1
Edgar Rümmele
Zur sportlichen Laufbahn von Marathonläufern
Ein Beitrag zur Psychologie des Marathonläufers
1986, 2. Aufl., 272 Seiten, DM 32,-
ISBN 3-87144-799-4

Band 2
Robin Kähler
Moralerziehung im Sportunterricht
Untersuchung zur Regelpraxis und zum Regelbewußtsein
1985, 332 Seiten, DM 32,-
ISBN 3-87144-918-0

Band 3
Frank Mücke
Der Moderne Sportverein
Eine systemtheoretische Fallstudie
1986, 370 Seiten, DM 39,80
ISBN 3-87144-930-X

Band 4
Matthias Schierz
Bewegungsspiele unterrichten
Grundzüge einer exemplarischen Unterrichtslehre
1987, 215 Seiten, DM 29,80
ISBN 3-87144-980-6

Band 5
Heinz Widmaier
Situative Antizipation im Sportspiel
1987, 257 Seiten, DM 32,-
ISBN 3-8171-1011-1

Band 6
Christian Kröger
Zur Drop-out-Problematik im Jugendleistungssport
Eine Längsschnittuntersuchung in der Sportart Volleyball
1987, 243 Seiten, DM 30,-
ISBN 3-8171-1024-3

Band 7
Klaus-Jürgen Müller
Statische und dynamische Muskelkraft
Eine empirische Grundlagenuntersuchung
1987, 151 Seiten, DM 18,-
ISBN 3-8171-1025-1

Band 8
Rolf W. Krempel
Eine Studie zur Athlet-Trainer-Kommunikation im Leistungssport
1987, 225 Seiten, DM 28,-
ISBN 3-8171-1026-X

Band 9
Hans-Joachim Menzel
Zur Biomechanik von Schlagwurf-bewegungen
Empirische Untersuchungen am Beispiel des Speerwurfs
1988, 135 Seiten, DM 18,-
ISBN 3-8171-1076-6

Band 10
Edgar Rümmele
Unfallforschung und Unfallverhütung im Schulsport
1988, 481 Seiten, DM 48,-
ISBN 3-8171-1103-7

Band 11
Monika Fikus
Visuelle Wahrnehmung und Bewegungskoordination -
Eine empirische Arbeit aus dem Volleyball
1989, 220 Seiten, DM 28,-
ISBN 3-8171-1111-8

Band 12
Klaus Schneider
Koordination und Lernen von Bewegungen
Eine experimentelle Bestätigung von Bernsteins Koordinationshypothese
1990, 80 Seiten, 18 Abb., DM 16,-
ISBN 3-8171-1158-4

Band 13
Gerhard Huber
Sport und Depression
Ein bewegungstherapeutisches Modell
1990, 370 Seiten, DM 42,-
ISBN 3-8171-1170-3

Band 14
Günter Amesberger
Bewegungshandeln und -lernen am Beispiel des alpinen Skilaufs
Ein Beitrag zur psychologischen Bewegungsforschung
1990, 270 Seiten, DM 32,-
ISBN 3-8171-1172-X

Hans-Georg Scherer
Schilaf mit blinden Schülern
Konstruktion und Evaluation eines Lernangebots
1990, 329 Seiten, DM 34,-
ISBN 3-8171-1173-8

Band 16
Rolf Geese
Biomechanische und trainingswissenschaftliche Untersuchung zum Stabhochsprung
1991, 192 Seiten, DM 24,-
ISBN 3-8171-1200-9

Beiträge zur Sportwissenschaft

Hrsg. von Reinhard Daus, Monika Fikus,
Gunter Gebauer, Dieter Hackfort



Band 17
Martin Lames
Leistungsdiagnostik durch Computersimulation
1991, 264 Seiten, DM 36,-
ISBN 3-8171-1207-6

Band 18
Ulrike Rockmann-Rüger
Zur Gestaltung von Übungsprozessen beim Erlernen von Bewegungstechniken
– ausgewählte Theorien und experimentelle Befunde –
1991, 360 Seiten, DM 42,-
ISBN 3-8171-1212-2

Band 19
Wolfgang Schöllhorn
Biomechanische Einzelfallanalyse im Diskuswurf
Prozeß- und produktorientierte Technikanalyse mechanischer Energieformen
1993, 130 Seiten, ca. DM 26,-
ISBN 3-8171-1349-8

Band 20
Andreas Klee
Haltung, muskuläre Balance und Training
Die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur. Möglichkeiten der Haltungsbeeinflussung durch funktionelle Dehn- und Kräftigungsübungen
1993, 280 Seiten, DM 36,-
ISBN 3-8171-1354-4

Verein zur Förderung des sportwissenschaftlichen Nachwuchses e.V.

c/o Institut für Sportwissenschaft und Sport
Universität der Bundeswehr
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
Tel. 0 89/60 04 41 85

Bankverbindung:
Stadtparkasse Augsburg, Konto-Nr. 513 911
BLZ 720 500 00

Zweck des Vereins ist die Förderung des sportwissenschaftlichen Nachwuchses, insbesondere die Unterstützung wissenschaftlicher Veröffentlichungen in allen Bereichen des Sports. Durch Mitgliedsbeiträge und Spenden von Förderern sichert sich der Verein die finanzielle Grundlage um Nachwuchswissenschaftler unterstützen zu können.

Vorstand: Dr. Monika Fikus, Dr. Rüdiger Heim, Dr. Rainer Wollny, Peter Fischer

VERLAG HARRI DEUTSCH · THUN · FRANKFURT am MAIN

Lebenslauf

Geburtsdatum: 16. Februar 1961
Geburtsort: Wuppertal
Eltern: Vater: Günther Klee, Technischer Angestellter
Mutter: Else Klee, geb. Lorch, Laborantin
Ein älterer Bruder, Thomas Klee
Nationalität: Deutsch
Familienstand: Ledig
1980: Allgemeine Hochschulreife am Städt. Gymnasium an der Bayreuther Straße in Wuppertal
Juni 1988: Erste Staatsprüfung für das Lehramt für die Sekundarstufe II und die Sekundarstufe I in den Fächern Deutsch und Sport an der Bergischen Universität Gesamthochschule (BUGH) Wuppertal
Juli 1988 - April 1989: Wissenschaftliche Hilfskraft bei Prof. Dr. K. Wiemann an der BUGH Wuppertal im Fachbereich Erziehungswissenschaften Betriebseinheit Sportwissenschaft
WS 1988/89: Aufnahme des Promotionsstudiums an der BUGH Wuppertal im Fach Sportwissenschaft
Tag der Promotion: 24. Februar 1993
Mai 1989 - Juli 1991: Stipendium nach dem Graduiertenförderungsgesetz Nordrhein-Westfalen
August 1991 - Dezember 1992: Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr. K. Wiemann an der BUGH Wuppertal

Mitarbeit an den folgenden Forschungsaufträgen des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft unter der Leitung von Prof. Dr. Klaus Wiemann in den Jahren 1988 - 1992:

1988 - 1989 Die ischiocrurale Muskulatur - Abhängigkeit zwischen Dehnungsgrad, isometrischer Maximalkraft in unterschiedlichen Hüftwinkelstellungen und Sprintgeschwindigkeit.
1990 Das Dehnungsverhalten von Muskeln in vivo und die Wirkung von Dehnungsmaßnahmen im Training am Beispiel der ischiocruralen Muskulatur.
1991 Muskeldehnung zur Leistungsverbesserung im Sprint.
1992 Muskelaktivitätsgrad beim Sprint und Techniktraining.