Klee, A. (1995b): Muskuläre Balance. Die Überprüfung einer Theorie. In: sportunterricht, 44, Heft 1, S. 12 - 23.

Andreas Klee

Muskuläre Balance

Die Überprüfung einer Theorie

Das Thema „muskuläre Balance" steht im engen inhaltlichen und historischen Zusammenhang mit dem Schulsonderturnen. Eine Übersicht zur Geschichte des Schulsonderturnens von seinen Anfängen innerhalb der Entwicklung der allgemeinen Bewegungstherapie im frühen 18. Jahrhundert leisten DORDEL, S. (1987) und SCHOLTZMETHNER, R. (1976). Faßt man die Entwicklung des Schulsonderturnens seit 1976 — dem Erscheinungsjahr der Dissertation von SCHOLTZMETHNER — zusammen, so sind 2 Tendenzen festzustellen.

Zum einen ist ein Wandel vom symptomorientierten Schulsonderturnen, das korrektive Übungsmaßnahmen zur Behebung von Haltungsschwächen durch muskuläres Training beinhaltet, zum Sportförderunterricht, der durch eine ganzheitliche Sicht des Kindes gekennzeichnet ist und stärker psychomotorische Ziele verfolgt, zu beobachten (KIPHARD, E. J., 1982, ZIMMER, R., u. a. 1987). Ursache dieser Entwicklung sind unter anderem Untersuchungen, bei denen eine Verbesserung der Körperhaltung durch muskuläres Training nicht nachgewiesen werden konnte (SCHNEIDER, A. 1968) und durch die somit die Bedeutung der Muskelfunktion für die Körperhaltung in Frage gestellt wurde (DORDEL 1981, ZIMMER u. a. 1987).

Zum anderen erscheinen seit Anfang der 80er Jahre vor allem in der DDR-Zeitschrift „Medizin und Sport" Artikel über die „muskuläre Balance" (anzutreffen sind auch die Begriffe: „muskuläre Dysbalance", „arthro-muskuläres Gleichgewicht", „Muskeldysbalancen", „muskuläres Gleichgewicht" u. a.), die sich wieder verstärkt mit der Becken- und Rumpfhaltung beschäftigen, und nun die muskulären Voraussetzungen der Körperhaltung mit einer neuen plausiblen Theorie versehen wieder in den Blickpunkt rücken.

Bei diesen 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 Untersuchungen. Im Rahmen einer Dissertation (KLEE, A., 1994) wurde die Theorie der muskulären Balance einer logischen und einer empirischen Prüfung unterzogen (vgl. zum deduktiv-theoriekritischen Erkenntnisweg EBERHARD, K., 1987, S. 36 ff.), deren Ergebnisse im folgenden dargestellt werden.

1 Zur Theorie der muskulären Balance

Die menschliche Körperhaltung äußert sich durch die räumliche Beziehung markanter Körper- bzw. Skeletteile zueinander und/oder zu der Umwelt und läßt sich durch die Angabe von Streckenlängen und Winkeln ausdrücken. So kann etwa der Winkel, der von zwei Skeletteilen eingeschlossen wird, oder der Winkel zwischen einem Skeletteil und einer horizontalen Bezugslinie gemessen werden. Bei der Diskussion über die muskuläre Balance wird davon ausgegangen, daß diese Winkel von dem Spannungsverhältnis der das Gelenk überziehenden antagonistischen Muskeln („Gegenspieler") abhängig ist. Eine Balance zwischen der Kraft und der Dehnfähigkeit antagonistischer Muskeln ermöglicht eine „normale" Gelenkwinkelstellung, eine Dysbalance hat eine „unnormale", „unphysiologische" Gelenkwinkelstellung zur Folge (Abb. 1).

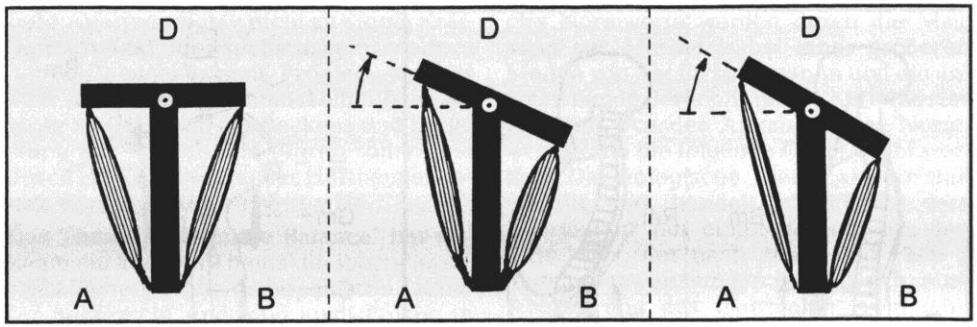

Abb. 1: Links: Schematische Darstellung des Zustandes einer muskulären Balance. Die antagonistischen Muskeln A und B halten durch ihr Verkürzungsverhältnis das um den Drehpunkt D drehbare Gelenk im Gleichgewicht
Mitte: Muskuläre Dysbalance durch Muskelverkürzung. Der Muskel B hat sich einem spezifischen Reiz mit einer höheren Spannung angepaßt. Muskel A ist keinem Reiz ausgesetzt worden, seine Spannung bleibt gleich. Das Verkürzungsverhältnis hat sich verändert, die muskuläre Balance ist gestört
Rechts: Muskuläre Dysbalance durch Muskelverlängerung. Der Muskel A hat sich einem spezifischen Reiz mit einer niedrigeren Spannung angepaßt. Muskel B ist keinem Reiz ausgesetzt worden, seine Spannung bleibt gleich. Das Verkürzungsverhältnis hat sich verändert, die muskuläre Balance ist gestört

Als die beiden wesentlichen Merkmale der Körperhaltung werden in den entsprechenden Veröffentlichungen die Wirbelsäulenhaltung und vor allem die Beckenneigung genannt. Beckenneigung bedeutet: die Stellung des Beckens in der Sagittalebene, also von der Seite betrachtet. Bei einer „normalen" Beckenneigung bildet die Verbindungslinie des vorderen und des hinteren oberen Darmbeinstachels mit der Horizontalen einen Winkel von 12°. Ermöglicht wird der Theorie der muskulären Balance zufolge diese „normale" Beckenneigung durch eine Balance der beckenaufrichtenden und beckenvorkippenden Antagonisten.

Die Beckenneigung wird vor allem durch das Spannungsverhältnis der vom Beinskelett (= fußwärts) ziehenden antagonistischen Muskelgruppen „Hüftbeuger" und „Hüftstrecker" bestimmt. Beim Vergleich der Abb. 1 mit der Abb. 2 entspricht der Muskel A den Hüftstreckern, der Muskel B den Hüftbeugern. Darüber hinaus wird die Beckenneigung durch die von der Wirbelsäule und vom Brustkorb (= kopfwärts) ziehenden antagonistischen Muskelgruppen „Bauchmuskeln" und „untere Rückenmuskeln" beeinflußt. Ein beckenaufrichtendes Drehmoment üben Muskeln aus, die vom Becken entspringen und fußwärts ansetzen und deren Wirkungslinie dorsal (rückenwärts) bzgl. der queren Hüftgelenksachse liegt (Hüftstrecker), und Muskeln, die vom Becken entspringen und kopfwärts ansetzen und deren Wirkungslinie ventral (bauchwärts) bzgl. der queren Hüftgelenksachse liegt (Bauchmuskeln). Ein beckenvorkippendes Drehmoment üben Muskeln aus, die vom Becken entspringen und fußwärts ansetzen und deren Wirkungslinie ventral bzgl. der queren Hüftgelenksachse liegt (Hüftbeuger), und Muskeln, die vom Becken entspringen und kopfwärts ansetzen und deren Wirkungslinie dorsal bzgl. der queren Hüftgelenksachse liegt (Rückenmuskeln).

Von den beiden extremen Ausprägungen der Beckenneigung — dem vorgekippten Becken, wie man es häufig bei Sprintern sieht und das umgangssprachlich als Hohlkreuz bezeichnet wird, und dem aufgerichteten Becken — wird vor allem dem vorgekippten Becken ein gesundheitsgefährdendes Potential zugesprochen, da es hier durch die starke Krümmung der Lendenwirbelsäule zu starken Scherkräften in diesem Bereich kommt, die insbesondere an den Bandscheiben und den kleinen

http://www.circuit-training-dehnen-dr-klee.de/

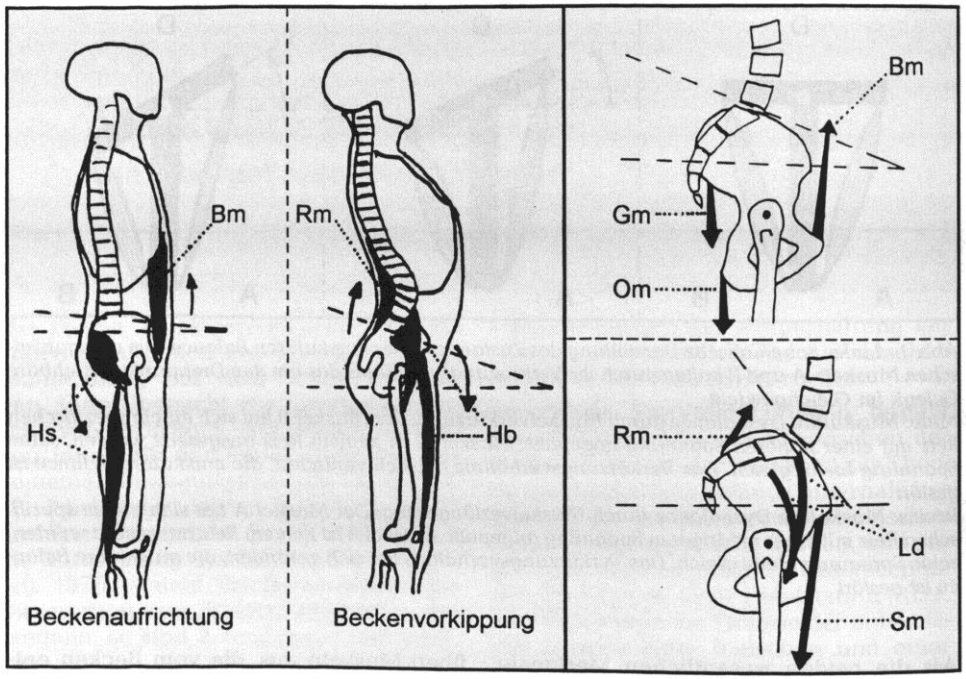

Abb. 2: Schema der beckenaufrichtenden und beckenvorkippenden Muskulatur. Rechts unten: Steilgestellte 5. lumbale Bandscheibe infolge eines vorgekippten Beckens. Bm: Bauchmuskeln, Rm: untere Rückenmuskeln, Hb: Hüftbeuger, Hs: Hüftstrecker, Gm: Gesäßmuskulatur, Om: hintere Oberschenkelmuskeln, Ld: Lendendarmbeinmuskel, Sm: gerader Schenkelmuskel

Wirbelgelenken zu Verschleißerscheinungen führen (Abb. 2, rechts unten).

Als Ursache des vorgekippten Beckens wird eine Verkürzung der Hüftbeuger und der unteren Rückenmuskeln und eine Abschwächung und somit Verlängerung der Hüftstrecker und der Bauchmuskeln angenommen. Diese Erkenntnis ist aber nicht als neu zu bezeichnen.

Neu an der Theorie der muskulären Balance sind hingegen die beiden folgenden Tatsachen: Erstens werden die Verkürzungen und Verlängerungen, die bei den antagonistischen Muskeln diagnostiziert werden, durch eine muskelphysiologische Untersuchung aus dem Jahr 1940 von R. W. RAMSEY u. a., auf die sich H.-J. DORDEL 1975 in der Veröffentlichung „Die Muskeldehnung als Maßnahme der motorischen Leistungsverbesserung" bezieht, — auf den ersten Blick — plausibel erklärt. Zweitens können die Verkürzungen und Verlängerungen durch den JANDA-Muskelfunktionstest (manuelle Prüfung der Kraft und der Dehnfähigkeit der Muskeln) scheinbar einfach diagnostiziert werden.

In dem Artikel „Der ‚Kreuzschmerz' des Leistungssportlers" (GRAFF, K.-H., u. a., 1986) werden 2 weitere Gesichtspunkte dargelegt, die zu dem regen Interesse an dem Thema geführt haben: Zum einen können mit der Theorie der muskulären Balance auch Beschwerden von Leistungssportlern, speziell Rückenbeschwerden, erklärt werden, während der thematische Komplex „muskuläre Voraussetzungen der Körperhaltung" zuvor dem Bereich „Haltungsschwächen, Schulsonderturnen" zuzuordnen war. Zum anderen werden innerhalb der Diskussion um die muskuläre Balance immer wieder auch Kraftübungen hinsichtlich ihrer funktionell-anatomischen Legitimation hinterfragt. Zu nennen sind hier vor allem Bauchmuskelübungen, bei denen es — wie eine nähere Analyse zeigt — nicht zu einem Kräftigungseffekt der Bauchmuskeln, sondern der Hüftbeuger kommt. Problematisch ist dies, weil diese Bauchmuskelübungen zu einer Aufrichtung des Beckens und Entlastung der Wirbelsäule führen sollen und durch eine Kräftigung der Hüftbeuger genau das Gegenteil bewirkt wird.

Das Thema „muskuläre Balance" hat wie kaum ein anderes Thema die sportwissenschaftliche und die orthopädische Literatur beherrscht und fand auch Einzug in populärwissenschaftliche Veröffentlichungen. In zahlreichen Broschüren, Zeitschriften und Taschenbüchern findet man Aufzählungen zur Verkürzung und zur Abschwächung neigender Muskeln mit entsprechenden Übungsbeispielen. Bei der Konsultation eines Orthopäden bekommt der rückenschmerzgeplagte Patient immer häufiger die Diagnose „muskuläre Dysbalance" mit auf den Heimweg. Offen ist bisher, ob diese Theorie einer kritischen Überprüfung standhält.

2 Überprüfung der „Theorie der muskulären Balance"

Bei einer oberflächlichen Betrachtung der Veröffentlichungen bewirkt deren große Anzahl und die sich deckenden Aussagen, daß der Leser den Eindruck bekommt, es handele sich dabei um eine vielfach überprüfte und feststehende Theorie. Bei der intensiveren Beschäftigung zeigt sich dann nach und nach, daß die Theorie der muskulären Balance, die letztendlich nur auf einer Untersuchung (RAMSEY u. a. 1940) basiert, die bisher deduktiv-dogmatisch (EBERHARD 1987) übernommen wurde, nicht ohne Unstimmigkeiten und offene Fragen ist.

2.1 *Zur Legitimation von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale*

Der erste Kritikpunkt betrifft die Fragwürdigkeit der Angabe von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale (Beckenneigung, Lordose, Kyphose usw.) als von muskulären Balancen abhängige Variablen, die es anzustreben gilt, wie z. B. die Angabe einer „normalen" Bekkenneigung mit dem bereits erwähnten Winkel von 12° (s. o.). Dieser und ähnliche Normwerte werden durch die Messung des Merkmals bei einer größeren Menge von Versuchspersonen und die anschließende Berechnung des Mittelwertes ermittelt. An der Angabe dieser Normwerte kann die folgende Kritik geübt werden. Da biologische Merkmale normalverteilt sind, handelt es sich bei dem „Normalen" um einen Bereich um den Mittelwert, der nach unten und oben 3 Standardabweichungen beträgt, d. h. eine Abgrenzung des „Normalen" vom „Unnormalen", „Behandlungsbedürftigen", kann nicht mit der Angabe eines Normwertes vollzogen werden. Dies hat sich bei der Wirbelsäulenhaltung in der Tatsache niedergeschlagen, daß nicht alle Abweichungen von der Normalform als Haltungsfehler bezeichnet werden. 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 „Hohlrundrücken" „biologisch optimale individuelle Normvarianten" dar, mit den haltungskorrigierenden Übungen des Schulsonderturnens werde „gegen die Natur" gearbeitet.

Am Beispiel der Wirbelsäule zeigt sich auch, daß die Optimal- bzw. Normalform nicht durch „technisch-mathematische Berechnungen" (LEGER, W., 1959) ermittelt werden kann. Die Legitimation von Normwerten haltungskonstituierender Merkmale ist letztendlich nur durch den Nachweis eines kausalen Zusammenhangs zwischen Abweichungen von diesen Normwerten und Beschwerden möglich (MENGE, M., 1982), d. h. es muß durch Längsschnittuntersuchungen zweifelsfrei geklärt sein, welche Abweichungen von diesem Normwert mit welcher Wahrscheinlichkeit zu Verschleißerscheinungen, Rückenschmerzen und den entsprechenden Folgen (z. B. Operationen) führen.

2.2 *Die Charakteristik der posturalen und der phasischen Muskulatur*

Der zweite Kritikpunkt betrifft die „muskuläre Seite" des Problemkomplexes. In

der Literatur wird unterschieden zwischen phasischen Muskeln (Bewegungsmuskeln), die zur Abschwächung und somit Verlängerung neigen sollen, und posturalen (tonischen) Muskeln (Haltungsmuskeln), die zur Verkürzung neigen sollen. Vergleicht man entsprechende Auflistungen, so stellt man eine große Übereinstimmung fest, die wiederum die bereits beschriebene Wirkung auf den Leser hat (s. o.). SPRING unterscheidet posturale und phasische Muskeln anhand von 8 Kriterien, die sich bei näherer Betrachtung auf 5 Kriterien reduzieren lassen (Tab. 1), deren Schlüssigkeit im weiteren überprüft wird.

2.2.1 *Zur Haltungs- und Bewegungsfunktion*

Liegt der Schwerpunkt eines Körperteils nicht senkrecht über dem Drehpunkt des folgenden, fußwärts gelegenen Gelenkes, muß dem Drehmoment, das die Schwerkraft diesem Körperteil verleiht, durch Muskelkraft ein entgegengerichtetes Drehmoment entgegengesetzt werden (Haltungsfunktion). Bei der Theorie der muskulären Balance werden die Muskeln normativ in solche mit vorwiegender Haltungsfunktion (z. B. Hüftbeuger und untere Rückenstrecker, SPRING 1981, 144) und solche mit vorwiegender Bewegungsfunktion (z. B. Bauchmuskeln und Gesäßmuskulatur) unterschieden. Aufgrund großer intra- und interindividueller Varianten der Körperhaltung ist diese normative Unterscheidung nicht gerechtfertigt. So konnte durch elektromyographische Untersuchungen (Messung der Nervenimpulse) überzeugend nachgewiesen werden, daß 25% der Menschen die Bauchmuskeln, die von allen Autoren übereinstimmend als zur Abschwächung neigende Bewegungsmuskeln eingestuft werden, als Haltungsmuskeln einsetzen (ASMUSSEN, E., 1960, ASMUSSEN u. a. 1962, KLAUSEN, K., 1965 und KLAUSEN u. a. 1978). Dies kann man durch einen einfachen Test am eigenen Körper erfahren. Lehnt man den Oberkörper leicht vor und schiebt das Becken zurück, fühlen sich die Bauchmuskeln weich und entspannt an. Schiebt man das Becken vor und lehnt den Oberkörper zurück, fühlen sich die Bauchmuskeln hart und angespannt an. Auch bei den Hüftbeugern und den Hüftstreckern ist eine normative Zuordnung einer Haltungsfunktion zu einer dieser Muskelgruppen nicht möglich (CARLSOO, S., 1972, 67), bei einer Körperhaltung mit vorgeschobenem Becken dienen die Hüftbeuger als Haltungsmuskeln, bei zurückgeschobenem Becken die Hüftstrecker.

2.2.2 *Zu den Phänomenen „Kontraktionsrückstand" und „Dehnungsrückstand"*

Es sind vor allem 3 Quellen, die bei der Diskussion über die Ursachen muskulärer Dysbalancen herangezogen werden:

Tab. 1: Charakteristik der posturalen (tonischen) und phasischen Muskulatur (verändert nach SPRING 1981, 144)

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

RAMSEY u. a. (1940), einige Veröffentlichungen von JANDA (1959, 1970, 1976, 1986) und DORDEL (1975). Dabei kommt dem Artikel von RAMSEY u. a. zentrale Bedeutung zu, da er die naturwissenschaftlichen, muskelphysiologischen Grundlagen der — muskulären Dysbalancen zugrundeliegenden — Muskelverkürzungen und -verlängerungen liefert. 1975 arbeitet DORDEL die Ergebnisse dieser Untersuchung in einem Aufsatz auf und verursacht damit den Beginn der Phase der Beschäftigung mit diesem Thema. Die Mehrzahl der Autoren zum Thema „muskuläre Balance" legten bei ihren Veröffentlichungen offensichtlich nicht den Originaltext von RAMSEY u. a., sondern den Text von DORDEL zugrunde. Diese Einschätzung wird durch die Tatsache gerechtfertigt, daß der Text von RAMSEY u. a. Ergebnisse beinhaltet, die eine Übertragung auf sportwissenschaftliche Fragestellungen in der Form nicht rechtfertigen. Dies betrifft insbesondere den der Muskelverkürzung zugrundeliegenden Delta-Zustand. RAMSEY u. a. prägten diesen Begriff für das Untersuchungsergebnis, daß isolierte Muskelfasern des Froschs im Laborexperiment („in vitro") nach Kontraktionen unter 65% ihrer Ruhelänge (d. h. im sehr verkürzten Zustand) in einer verkürzten Länge verblieben, während Muskelfasern, die sich oberhalb dieser Länge kontrahiert hatten, wieder in die Ruhelänge zurückkehrten. Einige Seiten später kann man jedoch nachlesen, daß die verkürzten Muskelfasern nach einer Dehnung über 100% ihrer Ruhelänge wieder das normale Verhalten zeigten (RAMSEY u. a. 27). Dehnungen dieses Ausmaßes finden im täglichen Leben („in vivo") ständig statt. Neben diesem zentralen Widerspruch bei RAMSEY u. a. wird die Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser in vitro-Untersuchung auf das in vivo-Verhalten der Muskeln durch die Untersuchungen WIEMANNS relativiert, die zeigten, daß das Ruhespannungs-Dehnungsverhalten der hinteren Oberschenkelmuskulatur nach einer maximalen isometrischen Willkürkontraktion im Dehnungsgrad von ca. 100% 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% Medianlänge bewegen. In diesen Bereichen ist — auch in den Versuchen von RAMSEY u. a. — kein Delta-Zustand zu befürchten" (1991a, 32).

Nach H.-J. DORDEL (1975) kommt es zu Muskelverkürzungen, wenn es an Dehnungsreizen mangelt, und durch Dehnungstraining wiederum können Muskelverkürzungen beseitigt, Muskeln verlängert werden, so daß der Zusammenhang: „verkürzte Muskeln verursachen Fehlhaltungen, durch Dehnungstraining können verkürzte Muskeln verlängert und Fehlhaltungen somit korrigiert werden", einleuchtend erscheint. In der Folge wurde die Überzeugungskraft dieser Argumentation durch die Popularität des Stretching unterstützt, dessen Einsatz sich als rehabilitative Maßnahme bei Muskelverkürzungen anbot. Wie sich jedoch in den Untersuchungen von WIEMANN zeigte, kann auch das Phänomen des Dehnungsrückstandes, das DORDEL unter Bezugnahme auf RAMSEY u. a. beschreibt, nicht auf die Frage der muskulären Voraussetzungen der Körperhaltung übertragen werden. Mit Dehnungsrückstand beschreibt DORDEL das Verhalten von Muskelfasern, die in der Untersuchung von RAMSEY u. a. über 160% ihrer Ruhelänge gedehnt wurden, und die dann bei ihrer Entdehnung weniger Spannung in den verschiedenen Längen entwickelten. WIEMANN konnte anhand von Berechnungen an einem Computermodell (1991c) nachweisen, daß Dehnungszustände über 150% bei der hinteren Oberschenkelmuskulatur nicht auftreten (1991a) und wies weiterhin experimentell nach, daß Dehnungstraining nicht zu einer Herabsetzung der Ruhespannung führt (1991b) und sich die Ruhespannungs-Dehnungsdiagramme von 2 Dehnungsprozeduren decken (1991a). Interessierten Lesern ist an dieser Stelle die Lektüre des Aufsatzes „Stretching. Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen" (WIEMANN 1993) angeraten.

Somit kann resümiert werden, daß sich die naturwissenschaftlichen Begründungen von Muskelverlängerungen durch

Dehnungsrückstand und Muskelverkürzungen durch Kontraktionsrückstand, bzw. Delta-Zustand (DORDEL, H.-J., 1975, RAMSEY u. a. 1940), die bei der Ätiologie muskulärer Dysbalancen einstimmig zugrundegelegt werden, im Rahmen sportspezifischer Beanspruchungsformen nicht bestätigt werden können.

2.2.3 *Zur Phylogenese*

Ein weiteres Unterscheidungskriterium der Haltungs- und Bewegungsmuskulatur ist das phylogenetische (stammesgeschichtliche) Alter. Demnach ist die posturale (tonische) Muskulatur phylogenetisch älter, die phasische Muskulatur phylogenetisch jünger. Dies wird von den Autoren nicht näher begründet. 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. Bei einer eingehenden Untersuchung dieser Frage kann kein plausibler Grund für diese Annahme gefunden werden. So fällt der Bauchmuskulatur bei den Quadrupeden (Vierfüßler) eine wesentliche Rolle bei der Verspannung des Rumpfes zu (KUMMER, B., 1959, 60), hier erfüllt die Bauchmuskulatur somit vorwiegend posturale Aufgaben; sie wird jedoch beim Menschen den phasischen Muskeln zugeordnet. Die Rückenstrecker sind durch die bei den Quadrupeden bei der Streckung der Wirbelsäule beim Galopp geforderte Schnellkraftleistung als Bewegungsmuskeln zu bewerten, werden beim Menschen jedoch als Haltungsmuskeln eingestuft.

2.2.4 *Die gegenseitigen Einflüsse posturaler und phasischer Muskeln*

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 (Gesäßmuskulatur) durch den verkürzten M. iliopsoas (Lendendarmbeinmuskel = Hüftbeuger)" (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 Lendendarmbeinmuskel bei allen Beugungen der Rumpfvorderseite gemeinsam (synergistisch), so daß bei diesen Muskeln nicht lediglich aufgrund ihrer entgegengesetzten Wirkung auf die Beckenneigung von Antagonisten gesprochen werden kann.

2.2.5 *Zur Fasertypverteilung*

Es ist einerseits sicherlich richtig, daß die prozentuale Verteilung der Muskelfasertypen innerhalb der Muskulatur intraindividuell verschieden ist und es Muskeln gibt, die einen höheren Anteil der langsam kontrahierenden, ermüdungsresistenten ST-(Slow-twitch) Fasern enthalten (z. B. Schollenmuskel), und Muskeln, die mehr schnell kontrahierende, aber rasch ermüdende FT-(Fast-twitch) Fasern enthalten (z. B. Armstrecker, HOWALD, H., 1984, 6). M. A. JOHNSON u. a. (1973, 116) ermittelten bei 6 Leichen einen Mittelwert der ST-Fasern beim Schollenmuskel von 87,3% und beim Armstrecker von 32,6%. Andererseits wurden jedoch auch interindividuelle Schwankungen der prozentualen Verteilung der ST-Fasern nachgewiesen (HOWALD 1984, 13; JOHNSON u. a. 1973, 113; Schollenmuskel: 69,8–100%, Armstrecker: 14,5–58,2%, Rükkenstrecker: 26,7–100%, Bauchmuskeln 31,6–56,2%), die belegen, daß eine interindividuelle normative Zuordnung einer Haltungsfunktion eines Muskels aufgrund eines hohen Mittelwertes des ST-Faseranteils nicht angemessen ist. Ursache dieser Schwankungen ist, daß die Muskelfaser über eine „erstaunliche Plastizität" (HOWALD 1984) und „Adaptationsfähigkeit" (PIEPER u. a. 1981) verfügt, die es ihr ermöglicht, sich den Umwelteinflüssen anzupassen. So wurde in Tierexperimenten nachgewiesen, daß eine gesteigerte statische Belastung zu einer signifikanten Erhöhung des prozentualen Anteils der ST-Fasern eines Muskels führt (PIEPER, K.-S., u. a. 1981).

Zusammenfassend läßt sich nach der logischen Prüfung der Theorie der muskulären Balance feststellen, daß diese einer wissenschaftlichen Fundierung entbehrt. Eine Prüfung der wenigen empirischen Arbeiten zur muskulären Balance hat ein ähnlich negatives Ergebnis. Beim überwiegenden Teil dieser Untersuchungen 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 (Objektivität, Validität und Reliabilität) gestellt werden. Es sind nur 2 Untersuchungen dokumentiert, die den Zusammenhang zwischen Muskelfunktion (in beiden Fällen die Kraft der Bauch- und Rückenmuskeln) und der Körperhaltung (Beckenneigung und Wirbelsäulenhaltung) mit wissenschaftlichen Methoden untersucht haben (ASMUSSEN u. a. 1959, KLAUSEN u. a. 1978). Beide Untersuchungen erbrachten jedoch keine Ergebnisse in der Deutlichkeit, wie sie bei der Diskussion über die muskuläre Balance hätten werden müssen. Auf dem Forschungsgebiet „muskuläre Balance" ist die Zahl der empirischen Untersuchungen gering und es besteht ein hoher Bedarf an wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnissen.

3 Die empirische Prüfung der „Theorie der muskulären Balance"

Resultierend aus der Kritik an der visuellen Begutachtung der Haltung und am JANDA-Muskelfunktionstest (s. o.) wurden innerhalb des empirischen Teils der selbständig durchgeführten Untersuchung (KLEE 1994) von Schülern sowohl die Körperhaltung (durch Photographien, Abb. 3) als auch die Muskelfunktion (Abb. 4) apparativ und somit objektiv, reliabel und valide gemessen.

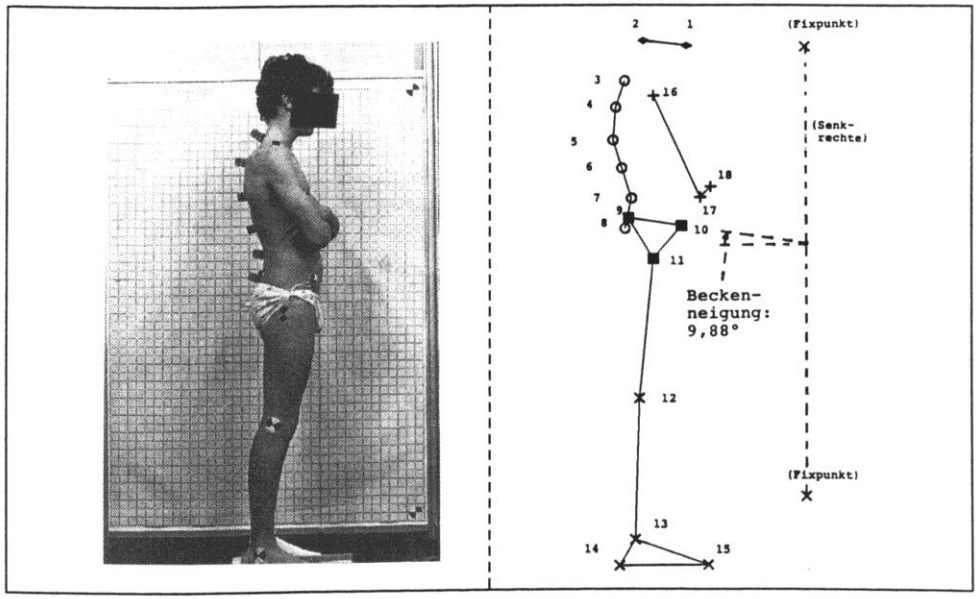

Abb. 3: Die photogrammetrische Messung der Körperhaltung. Meßpunkte (Mp) 1–18: 1. Nase, 2. Gehörgang, 3. der Dornfortsatz des 7. Halswirbels, 4. – 6. die Strecke vom Mp 3 bis zum Mp 7 wurde vermessen und in 4 gleichlange Strecken unterteilt und markiert. 7. der Scheitel der Lendenlordose, 8. das Kreuzbein, 9. der hintere obere Darmbeinstachel, 10. der vordere obere Darmbeinstachel, 11. der große Rollhügel, 12. der äußere Gelenkknorren, 13. der äußere Fußknöchel, 14. die Ferse, 15. das Grundgelenk der 5. Zehe, 16. die Schulterhöhe, 17. das Ellenbogengelenk, 18. das Handgelenk

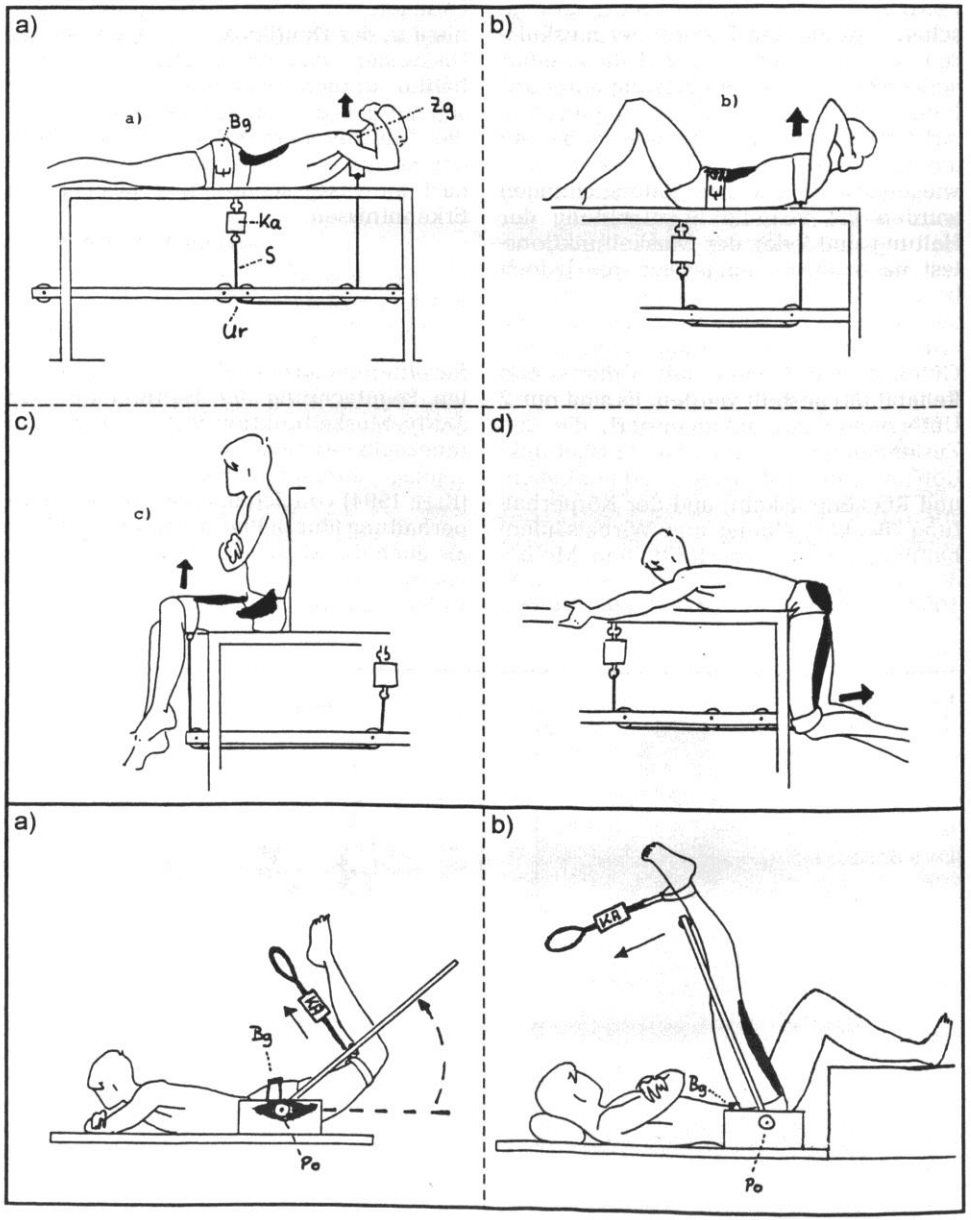

Abb. 4: oben: Die Messung der isometrischen Maximalkraft [N] der Rückenmuskeln (a), der Bauchmuskeln (b), der Hüftbeuger (c) und der Hüftstrecker (d). Bg: Befestigungsgurt. Ka: Kraftaufnehmer. S: Stahlseil. Ur: Umlenkrollen. Zg: Zuggurt
unten: Die Messung der Dehnfähigkeit (der Dehungsgrad [°], die maximale Dehnungsspannung [N] und die Ruhespannung [N]) der Hüftbeuger (a) und der hinteren Oberschenkelmuskeln (b). Bg: Befestigungsgurt, Ka: Kraftaufnehmer, Po: Potentiometer (verändert nach WIEMANN *u. a. 1990)*

(Fortsetzung des Beitrags nach den Lehrhilfen)

(Fortsetzung von Seite 20)

Im Anschluß an diese Messungen wurde in einem Fitneß-Studio ein 10wöchiges Trainingsexperiment durchgeführt (durchschnittliche Trainingshäufigkeit: 18), durch das nachgewiesen werden sollte, ob sich die Muskelfunktionsparameter und die Haltung beeinflussen lassen. Dabei wurden die beteiligten 40 Schüler anhand der Beckenneigung in zwei Gruppen mit 20 Teilnehmern unterteilt. 13 Schüler dienten als Kontrollgruppe. Die Schüler mit *überdurchschnittlicher Beckenneigung* absolvierten ein Trainingsprogramm, das Übungen zur *Beckenaufrichtung* beinhaltete (Kräftigung der Bauchmuskeln und der Hüftstrecker, Dehnung der Rückenmuskeln und der Hüftbeuger). Die Schüler mit *unterdurchschnittlicher Beckenneigung* trainierten nach einem Programm mit dem Schwerpunkt *Beckenvorkippung* (Kräftigung der Hüftbeuger und der Rückenstrecker, Dehnung der hinteren Oberschenkelmuskeln).

4 Ergebnisse

Es konnten zahlreiche Befunde bei der Untersuchung der Zusammenhänge der Muskelfunktionsvariablen untereinander und zwischen der Muskelfunktion und der Haltung festgestellt werden, die einerseits z. T. die Theorie der muskulären Balance widerlegen, andererseits diese z. T. stützen.

So konnte eine Abnahme der Ruhespannung, wie sie Dehnungsübungen zugeschrieben wird, innerhalb der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden. 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. Bei den Hüftbeugern zeigt sich auch, daß ein Krafttraining nicht gleichzeitig zu einer Verkürzung im Sinne einer Abnahme des Dehnungsgrades bzw. einer Zunahme der Ruhespannung führt. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Ergebnissen WIEMANNS (1991b, 1993).

Hingegen zeigten sich einige Zusammenhänge zwischen der Muskelfunktion und der Körperhaltung, die die Bedeutung der Muskelfunktion und insbesondere des Kräfteverhältnisses bestimmter Muskelgruppen zueinander und des Verhältnisses zwischen Muskelfunktion und dem Körpergewicht und der Körpergröße für die Haltung dokumentieren: Schüler, die gleichzeitig schwache Hüftbeuger und kräftige Rückenmuskeln haben, weisen bei der Ruhehaltung eine Körperhaltung mit vorgeschobenem Becken auf. Versuchspersonen, die in Relation zu den Hüftbeugern kräftige Bauchmuskeln besitzen, zeigen eine geringere Kreuzbeinneigung, d. h. einen stärker aufgerichteten, unteren Wirbelsäulen-Abschnitt. Haben Schüler in Relation zu ihrem Gewicht kräftige Hüftbeuger, weisen sie bei der Ruhehaltung stärker vorgekippte Becken auf.

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° auf (Irrtumswahrscheinlichkeit < 1%). Die Differenzen der Beckenneigungswinkel der Gruppe B (0,50°) und der Kontrollgruppe (0,75°) sind nicht signifikant. Die generelle Tendenz der Beckenaufrichtung entspricht dem in der Vortestauswertung festgestellten Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der Beckenneigung. Zwischen den beiden Trainingsgruppen besteht beim Vergleich der Mittelwerte der Beckenneigungswinkelveränderungen ein signifikanter Trend (Irrtumswahrscheinlichkeit < 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.

5 Schlußfolgerungen

Da einerseits die Literaturdurchsicht ergab, daß die Theorie der muskulären Balance einer wissenschaftlichen Fundierung entbehrt, andererseits im experimentellen Teil zahlreiche Zusammenhän-

ge zwischen Muskelfunktion und Körperhaltung nachgewiesen wurden, stellt sich bei dem an empirische Untersuchungen anschließenden Schritt — der Integration der Untersuchungsergebnisse in die Theorie — die erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundsatzfrage, ab welchem Punkt der Widerlegung bzw. Bestätigung die entsprechende Theorie falsifiziert bzw. verifiziert ist. Hierzu kann die vorliegende Untersuchung keine abschließende Antwort geben, zur endgültigen Klärung muß abgewartet werden, ob die Ergebnisse durch zukünftige **empirische** Untersuchungen bestätigt werden können. Zu fordern sind insbesondere Längsschnittuntersuchungen über längere Zeiträume, die die Veränderung der Muskelfunktion und der Körperhaltung etwa bei Leistungssportlern unterschiedlicher Disziplinen untersuchen, und Trainingsexperimente, die die Wirkung gezielter Kraft- und Dehnungsübungen auf die Körperhaltung prüfen. Nur das engagierte und präzise Aufdecken einzelner Bausteine des Themenkomplexes kann einen Fortschritt des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes bewirken. Am Beispiel der Theorie der muskulären Balance wird deutlich, welche Gefahren die unkritische, deduktiv-dogmatische Behandlung von Theorien birgt. Hier zeigen sich deutliche Parallelen zum Stretching, dessen vermeintliche Vorteile vor dem traditionellen, rhythmisch-federnden Dehnen ebenfalls lange Zeit unkritisch postuliert wurden (WIEMANN 1993).

Die Tatsache, daß Untrainierte eine andere Körperhaltung als Trainierte, und Turner eine andere Körperhaltung als Sprinter haben („disziplinspezifische Verkürzungsmuster", DIETRICH, L., u. a. 1985, 54), unterstreicht die Bedeutung der Muskelfunktion für die Körperhaltung. Hingegen werden die Ergebnisse der Untersuchungen, die keine Wirkung eines muskulären Trainings auf die Körperhaltung feststellen konnten (SCHNEIDER 1968), durch ungenügende Meßmethoden relativiert. Das wichtigste Ergebnis der Diskussion über die Theorie der muskulären Balance für den Sportlehrer besteht in der Hinterfragung des schulischen Übungskanons bzgl. der Funktionalität der verschiedenen Übungen. Im Sportförderunterricht, der im Gegensatz zum Sportunterricht bei der Bevorzugung des Sportlehrers der biomechanischen vor der psychomotorischen Betrachtungsweise eine gezielte Beeinflussung der Körperhaltung durch Dehn- und Kräftigungsübungen zum Ziel hat, können die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung insofern berücksichtigt werden, daß Kinder mit extrem vorgekippten Becken Übungen zur Beckenaufrichtung absolvieren sollten. Dieser Widerspruch zu der Forderung, eine endgültige Klärung der Theorie der muskulären Balance müsse abgewartet werden, resultiert aus der Einsicht in die Tatsache, daß dort, wo Handlungsbedarf besteht, nicht abgewartet werden kann, bis die vielen offenen Fragen des Themenkomplexes beantwortet sind. Den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen zufolge läßt sich die Körperhaltung durch Dehn- und Kräftigungsübungen beeinflussen.

Literatur

ASMUSSEN, E.: The weight-carrying function of the human spine. In: 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: 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.

CARLSÖÖ, S.: Mechanics of the Standing Rest Position. In: CARLSÖÖ, S.: How Man Moves. London, 1972, 54–80.

DIETRICH, L. / BERTHOLD, F. / BRENKE, H.: Muskeldehnung aus sportmethodischer Sicht. In: Medizin und Sport 25 (1985) 2, 52–57.

DORDEL, H.-J.: Die Muskeldehnung als Maßnahme der motorischen Leistungsverbesserung. In: sportunterricht 24 (1975) 2, 40–45.

DORDEL, S.: Bewegungsförderung in der Schule. Handbuch des Schulsonderturnens/Sportförderunterrichts. Dortmund, 1987.

DORDEL, S.: Dokumentation und Bericht zum Stand der Forschung im Bereich des Schulsonderturnens. In: JOCHHEIM, A. / VAN DER SCHOOT, P. (Hrsg.): Behindertensport und Rehabilitation. Bd. II. Schorndorf, 1981, 275–348.

EBERHARD, K.: Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie. Stuttgart, 1987.

GRAFF, K.-H. / PRAGER, G: Der „Kreuzschmerz" des Leistungssportlers. In: Leistungssport (1986) 4, 14–22; 6, 31–35.

HOWALD, H.: Morphologische und funktionelle Veränderungen der Muskelfaser durch Training. In: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 31 (1984) 5–14.

JANDA, V.: Muskelfunktionsprüfung. Berlin, 1959.

JANDA, V.: Muskelfunktion in Beziehung zur Entwicklung vertebragener Störungen. In: WOLFF, H.-D.: Manuelle Medizin und ihre wissenschaftlichen Grundlagen. Kongreßband 2. Kongreß der FIMM, 3.–7. 9. 1968 in Salzburg. Heidelberg, 1970, 127–131.

JANDA, V.: Muskelfunktionsdiagnostik. Dresden, 1976[1], Berlin, 1986[2].

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.

KIPHARD, E. J.: Sportförderunterricht/Schulsonderturnen unter psychomotorischem Aspekt. In: Motorik 5 (1982) 1, 17–24.

KLAUSEN, K.: The Form and Function of the Loaded Human Spine. In: Acta Physiol. Scand. (1965) 65, 176–190.

KLAUSEN, K. / JEPPESEN, K. / MOGENSON, A.: Form and function of the erect spine in young girls. In: ASMUSSEN, E. / JORGENSON, K. (Hrsg.): Biomechanics VI-B, International Series on Sport Sciences, Volume 2B. USA, Baltimore, 1978. 171–179.

KLEE, A.: Haltung, muskuläre Balance und Training. Die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der postularen Muskulatur — Möglichkeiten der Haltungsbeeinflussung durch funktionelle Dehn- und Kräftigungsübungen. Frankfurt a. M.: Harri Deutsch, 1994.

KUMMER, B.: Bauprinzipien des Säugerskelettes. Stuttgart, 1959.

LEGER, W.: Die Form der Wirbelsäule mit Untersuchungen über ihre Beziehungen zum Becken und die Statik der aufrechten Haltung. Beilagenheft zur Zeitschrift für Orthopädie, Bd. 9. Stuttgart, 1959.

MENGE, M.: Form und Haltung der normalen Wirbelsäule im Röntgenbild. In: Z. Orthop. 120 (1982) 146–150.

PIEPER, K. S. / RADON, M. / PAUL, I. / FÖRSTER, E.: Die Adaptation der Skelettmuskelfasertypen, der Deck- und Epiphysenknorpel postpuberaler, bipeder männlicher Wistor-Ratten an langzeitige statisch-dynamische Belastungen. In: Medizin und Sport 21 (1981) 3, 70–74.

RAMSEY, R. W. / STREET, S. F.: The isometric length-tension diagramm of isolated skeletal muscle fibres of the frog. In: Journal of Cellular and Comparative Physiology 15 (1940) 1, 11–34.

SCHNEIDER, A.: Die Änderung der menschlichen Haltung durch Krafttraining. Med. Diss. Düsseldorf, 1968.

SCHOLTZMETHNER, R.: Die körperliche Leistungsschwäche im Kindesalter und ihr Ausgleich durch kompensatorischen Sport. Eine Dokumentation des Schulsonderturnens. Dissertation. Köln, 1976.

SPRING, H.: Muskelfunktionsdiagnostik nach Janda. In: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin 29 (1981) 143–146.

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 1990.

WIEMANN, K. / JÜLLENBECK: 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.

WIEMANN, K.: Stretching. Grundlagen, Möglichkeiten, Grenzen. In: sportunterricht 42 (1993) 3, 91–106.

ZIMMER, R. / CICURS, H.: Psychomotorik. Neue Ansätze im Sportförderunterricht und Sonderturnen. Schorndorf, 1987.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Andreas Klee
Universität-GH Wuppertal
FB 3/Sportwissenschaft
Gaußstraße 20
42097 Wuppertal

Universität Augsburg

Am **Sportzentrum der Universität Augsburg** ist zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine

halbe Stelle

der Verg.-Gr. II a BAT
(befristet auf drei Jahre)

zu besetzen.

Es wird erwartet, daß die Stelleninhaberin/der Stelleninhaber Lehrveranstaltungen im Hochschulsport und in der Sportlehrerausbildung (Schwimmen, Gymnastik, Tanz) sowie Aufgaben im Bereich der Organisation und Verwaltung des Hochschulsportes übernehmen kann.

Bewerberinnen/Bewerber sollen ein abgeschlossenes Examen (Diplom, Lehramt 1. und 2. Staatsexamen) im Fach Sport nachweisen, über Lehr- und Verwaltungserfahrung verfügen sowie PC-Fähigkeiten haben.

Bewerbungen werden bis **28. Februar 1995** an den

Leiter des Sportzentrums,
Herrn Prof. Dr. Helmut Altenberger,
Universitätsstraße 3,
86159 Augsburg,

erbeten.