

Autor: Georg Wydra

Institution: Arbeitsbereich Sport- und Gesundheitspädagogik des Sportwissenschaftlichen Institutes der Universität des Saarlandes

Deutscher Titel: Beanspruchung der Bauch- und Hüftbeugemuskulatur durch verschiedene Rumpfübungen

Englischer Titel: Stress of abdominal and hip flexor muscles by different trunk exercises.

Kurztitel: Beanspruchung der Bauch- und Hüftbeugemuskulatur

Publikationsstatus: leistungssport, 33, 23 - 29.

Anschrift: Univ.-Prof. Dr. Georg Wydra

Arbeitsbereich Sportpädagogik

Sportwissenschaftliches Institut

der Universität des Saarlandes

Postfach 15 11 50

D-66041 Saarbrücken

Telefon: 0681 - 302 - 2544 (oder 4909)

E-Mail: g.wydra@mx.uni-saarland.de

<http://www.uni-saarland.de/fak5/sportpaed/>

Zusammenfassung

Das Training der Bauchmuskulatur hat nicht nur im Sport eine hohe Bedeutung. Als Übungen der Wahl werden heute Crunchesvarianten durchgeführt. Früher wurden auch Sit-Ups, Klappmesser, Beinhebungen und andere Übungen angewandt. Diese werden heute abgelehnt, weil sie angeblich die Wirbelsäule hoch belasten, schwerpunktmäßig nicht die Bauchmuskulatur trainieren und zudem die Hüftbeuger verkürzen. Für diese Behauptungen liegen aber keine Untersuchungen vor. Im Rahmen eines Experiments wurde der Frage nachgegangen, wie stark Klappmesser, Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett, Sit-ups und Crunches mit und ohne Gewicht die Bauch- und Hüftbeugemuskulatur beanspruchen. Indikatoren der Beanspruchung waren die kurzfristige Reduktion der Maximalkraft von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur, die muskuläre Ermüdung über die Verringerung der Wiederholungszahlen bei den Trainingsübungen und die subjektive Beanspruchung nach Borg. Es zeigte sich, dass die propagierten Crunches ohne Zusatzbelastung fast keinen Effekt auf die Bauchmuskulatur haben. Hiermit werden Untersuchungsergebnisse gestützt, wonach viele funktionsgymnastische Übungen nur unterschwellig auf die Zielmuskulatur einwirken. Nur mit Zusatzbelastungen wirken sie auf die Bauchmuskulatur. Klappmesser, Rumpfaufrichtungen und am Schrägbrett, Sit-ups haben, entgegen den Behauptungen der Funktionsgymnastik, mittlere bis große Effekte auf die Bauchmuskulatur. Aber diese Übungen wirken auch auf die Hüftbeuger. Die Ergebnisse sprechen eindeutig dagegen, dass diese Übungen hauptsächlich die Hüftbeuger trainieren. Ein Training der Hüftbeugemuskulatur im Rahmen eines ganzheitlichen Krafttrainings ist genauso wichtig wie ein Training der Bauchmuskulatur. Insbesondere im Sport müssen komplexe Muskelschlingen in der Art und Weise trainiert werden, wie sie bei sportlichen Bewegungsabläufen gebraucht werden.

1 Einleitung

Das Training der Bauchmuskulatur besitzt aufgrund funktioneller und ästhetischer Gründe eine hohe Bedeutung nicht nur im Sport. Als Übungen der Wahl werden heute Crunchesvarianten durchgeführt. Früher wurden hierzu auch Sit-Ups, Klappmesser, Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett, Beinhebungen an der Sprossenwand oder aus der Rückenlage und andere Übungen angewandt. Diese Übungen werden heute abgelehnt, weil sie angeblich

1. zu einer hohen Belastung der Wirbelsäule führen,
2. schwerpunktmäßig die Hüftbeuge- aber nicht die Bauchmuskulatur trainieren und
3. dieses Training der Hüftbeugemuskulatur zu einer Verkürzung eben dieser Muskelgruppe führen.

ad 1: Schädigung der Wirbelsäule

Es werden zwei unterschiedliche Mechanismen als pathogenetisch erachtet. Zum einen soll es bei diesen Übungen über eine Hyperlordosierung der Lendenwirbelsäule zu einer erhöhten Belastung der Wirbelgelenke kommen. Umgekehrt kommt es beim Einrollen zu einer erhöhten Bandscheibenbelastung, wodurch die Degeneration des Bandscheibenmaterials gefördert werden soll. Die empirische Befundlage zu diesen Aussagen ist nicht befriedigend. Um die Beanspruchung der Bandscheibe bei bestimmten Belastungen zu ermitteln, gibt es die Möglichkeit, die Kräfte über biomechanische Modelle zu berechnen. Entsprechende Untersuchungen (Axler & McGill, 1997; Kelley, 1982) gehen von einer Mehrbelastung der Bandscheiben bei den kritisierten Übungen aus. Dass die so gewonnenen Ergebnisse nicht unbedingt mit denen beim lebenden Menschen übereinstimmen, haben jüngst Wilke et al. (1999) gezeigt.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass zwar eine Mehrbelastung der verschiedenen Strukturen der Wirbelsäule vorhanden ist, dass aber andererseits keine empirischen Befunde zu einer möglichen Schädigung der Wirbelsäule durch die oben genannten Übungen vorliegen. Es ist eher davon auszugehen, dass eine gelegentliche und technisch saubere Ausführung zu keiner Schädigung einer gesunden Bandscheibe führt (Wilke, persönliche Mitteilung).

ad 2: Ungenügende Aktivierung der Bauchmuskulatur

Eine Reihe von EMG-Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bauchmuskulatur bei allen Formen von Rumpfaufrichtungen hoch bzw. maximal aktiv ist (Andersson, Nilsson, Ma & Thorstensson 1997; Jucker, McGill, Kropf & Steffen, 1998; Konrad, Denner, Schmitz & Starischka, 1999; Kunz & Unold; 1988; Ricci, Marchetti & Figura, 1981), dass bei verschiedenen Formen des Rumpfaufrichtens - z. B. mit fixierten oder nicht-fixierten Beinen, gestreckten

oder gebeugten Knien - keine bedeutsamen Unterschiede hinsichtlich der Aktivität der Bauchmuskulatur zu beobachten sind (Andersson et al., 1997; Flint, 1965; Ricci et al., 1981). Andersson et al. (1997) untersuchten die elektrische Aktivität der Bauch- und Hüftbeugemuskulatur bei verschiedenen Formen des Rumpfaufrichtens. Sie verglichen diese mit der bei einer maximalen Willkürkontraktion (MVC). Die relative elektrische Aktivität der Bauchmuskulatur war bei Sit-Ups am stärksten ausgeprägt, während die Bauchpresse die geringste EMG-Aktivität aufwies. Sie untersuchten des Weiteren die EMG-Aktivität der Bauch- und Hüftbeugemuskulatur bei fixierten und nicht-fixierten Beinen bei der Bauchpresse. Hier fanden sie keine Unterschiede, d. h. die oftmals geäußerte Vermutung, dass die Hüftbeuger bei fixierten Beinen stärker arbeiten würden, bestätigte sich nicht. Ähnliche Ergebnisse fanden LaBan, Raptou und Johnson (1965). Sie konnten mit Nadelelektroden zeigen, dass der M. iliopsoas bei Sit-Ups mit angewinkelten Beinen während der gesamten Bewegung aktiv ist, während er bei Sit-Ups mit gestreckten Beinen erst nach den ersten 30° aktiv ist. Ein Ausschalten des Hüftbeugers durch das Anwinkeln der Beine scheint demnach nicht möglich zu sein.

Wydra (1995) konnte bei einer dimensionsanalytischen Untersuchung, bei der er verschiedene Crunches-Varianten, Sit-Ups, Beinhebungen aus der Rückenlage sowie einen Maximalkrafttest der Bauchmuskulatur durchführte, zeigen, dass die Bauchmuskulatur bei Sit-Ups und Beinhebungen die leistungsdeterminierende Funktion hat. In einem Trainingsexperiment hat Wydra (2002) gezeigt, dass ein sechswöchiges intensives Trainingsprogramm am Schrägbrett zu einer hochsignifikanten Verbesserung der Kraft von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur führte. Die Verbesserung der Kraftwerte war in beiden Muskelgruppen gleich groß, so dass die Behauptung der Funktionsgymnastik, es käme zu einer Entwicklung einer einseitigen Kräftigung des Hüftbeugers, als widerlegt angesehen werden kann.

Des Weiteren konnten Konrad et al. (1999) belegen, dass viele funktionsgymnastische Übungen, zumindest bei leistungsfähigeren Menschen, für ein Krafttraining ungeeignet sind, weil sie nicht intensiv genug die Zielmuskulatur ansprechen und damit keinen Trainingsreiz ausüben.

Zusammenfassend kann man hier festhalten, dass Behauptungen, wonach die klassischen Übungen nicht die Bauchmuskulatur beanspruchten, empirisch nicht gestützt werden können.

ad 3: Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur

In der orthopädischen und neurologischen Praxis können oftmals stereotype Beobachtungen an der Muskulatur gemacht werden: Bestimmte Muskeln erzeugen bei einer Dehnung eine unerwartet hohe Spannung und lassen eine geringere Bewegungsreichweite hierbei zu. Andere Muskeln wiederum zeigen

sich bei Krafttests unerwartet schwach. Die zur Tonuserhöhung neigenden Muskeln werden der Gruppe der posturalen und die zur Abschwächung neigenden Muskeln der Gruppe der phasischen Muskeln zugeordnet. Die posturalen Muskelgruppen sollen unter bestimmten Bedingungen zu einer Muskelverkürzung, die phasischen Muskelgruppen dagegen eher zu einer Tonusminderung mit einer Reduktion der Kraftfähigkeiten neigen. Vor allem Klee (1995) kommt das Verdienst zu, dass er diese Kategorisierung der Muskulatur kritisch durchleuchtet und sie letztendlich als Meisterlehre heraus gestellt hat.

Die Differenzierung der Muskulatur in eine posturale mit vorwiegender Haltefunktion und eine phasische mit vorwiegender Bewegungsfunktion ist willkürlich. So ist beispielsweise die Zuordnung der großen Fortbewegungsmuskeln der unteren Extremität (M. rectus femoris, M. biceps femoris, M. gastrocnemius etc.) zur Gruppe der posturalen Muskeln inhaltlich nicht nachvollziehbar (vgl. Wiemann, 1989). Auch muskelbiologische Befunde sprechen gegen die dichotome Differenzierung in tonische und phasische Muskeln (Freiwald et al., 1997). Die in der klinischen Praxis zu beobachtenden „Muskelverkürzungen“ stellen, wenn man den Muskel als Exekutivorgan im Rahmen der arthromuskulär-nervalen Einheit ansieht, eine für das Gesamtsystem zweckmäßige Reaktion dar. Durch eine Dehnung dieser scheinbar verkürzten Muskeln werden unter Umständen gelenkschützende Mechanismen negativ beeinflusst (Freiwald & Engelhardt, 1999). Deshalb wurde von Freiwald und Engelhardt (1996) der Begriff der neuromuskulären Dysbalance eingeführt (Neumann, 1997).

Bisher liegt erst eine einzige experimentelle Arbeit vor, in der versucht wurde, den Einfluss eines Krafttrainings auf die Veränderung der Dehnfähigkeit der Hüftbeugemuskulatur zu untersuchen. Wydra (2002) hat hierzu in einem sechswöchigen Versuchs-Kontrollgruppen-Experiment die Probanden der Experimentalgruppe dreimal pro Woche am Schrägbrett Rumpfaufrichtungen trainieren lassen. Es kam sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe zu einer Verringerung der Hüfttextension. Da aber hierfür nicht das spezielle Training der Hüftbeuge- und Bauchmuskulatur sondern die vielfältigen Trainingseinflüsse, denen die Probanden (Sportstudenten) ausgesetzt sind, ursächlich verantwortlich waren, geht Wydra davon aus, dass Übungen wie das Rumpfaufrichten am Schrägbrett, Klappmesser und Sit-Ups zu keiner Tonuserhöhung oder Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur führen.

Zusammenfassend bleibt hier festzuhalten, dass das Konstrukt der muskulären Dysbalance theoretisch wenig fundiert ist und aufgrund vielfältiger theoretischer und messtechnischer Gründe bisher empirisch nicht hinreichend evaluiert wurde. Die Hypothese, es käme durch ein Training der Hüftbeugemuskulatur zu einer Tonuserhöhung oder gar Verkürzung der Hüftbeuger, hat keinen empirischen Gehalt.

2 Darstellung der empirischen Untersuchung¹

2.1 Zielstellung der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung sollte klären, wie stark verschiedene Trainingsübungen die Bauch- bzw. die Hüftbeugemuskulatur beanspruchen. Hierzu wurde ein Belastungs-Beanspruchungs-Experiment durchgeführt.

2.2 Untersuchungsmethodik

2.2.1 Personenstichprobe

An den Untersuchungen nahmen insgesamt 128 Studierende (86 Frauen und 42 Männer) des Sportwissenschaftlichen Institutes der Universität des Saarlandes teil. Durchschnittsalter der Frauen betrug $22,9 \pm 2,9$ Jahre, das der Männer $23,9 \pm 2,7$ Jahre. Dies wurden auf fünf Experimental- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt.

2.2.2 Erfassung der Beanspruchung

Es wird davon ausgegangen, dass eine Belastung durch eine Übung zu einer Beanspruchung führt (Willimczik, Daus, & Olivier, 1991). Die Beanspruchung durch eine Kraftübung lässt sich über verschiedene Indikatoren messen. Hier wurden die kurzfristige Reduktion der Maximalkraft, die muskuläre Ermüdung über die Verringerung der Wiederholungszahlen bei einer Trainingsübung und die subjektive Beanspruchung erfasst.

Die Maximalkraft der Bauch- und Hüftbeugemuskulatur wurde mit einem speziellen Kraftmessstuhl erfasst². Die Kräfte wurden mit einer Kraftmessdose, Typ 0161 5 kN, und dem Handanzeigergerät Digimax der Firma mechaTronic GmbH (Hamm) gemessen.

Die Probanden sitzen bei der Messung aufrecht auf dem Stuhl. Bei der Messung der Kraft der Bauchmuskulatur wird der Kraftaufnehmer in der Höhe des Sternums angebracht. Die Probanden sollen versuchen, mit maximaler Kraft mit dem Brustkorb gegen das Polster des Kraftaufnehmers zu drücken. Bei der Messung der Kraft der Hüftbeugemuskulatur wird der Kraftaufnehmer unmittelbar hinter der Kniescheibe auf dem Oberschenkel angebracht. Die Probanden halten sich mit den Händen hinter dem Kopf am Stuhl fest. Sie sollen ver-

¹ Die Untersuchungen wurden von Markus Breyer, Joachim Deynet, Sven Fischer, Matthias Schlegel und Armin Steimer im Rahmen ihrer Diplom- bzw. Staatsexamensarbeiten durchgeführt.

² Für die Überlassung des Kraftmessstuhl geht ein Dank an Prof. Dr. Klaus Bös vom Institut für Sport- und Sportwissenschaft der Uni Karlsruhe.

suchen mit maximaler Kraft die Knie nach oben gegen das Polster des Kraftaufnehmers zu drücken (siehe Abbildung 1).

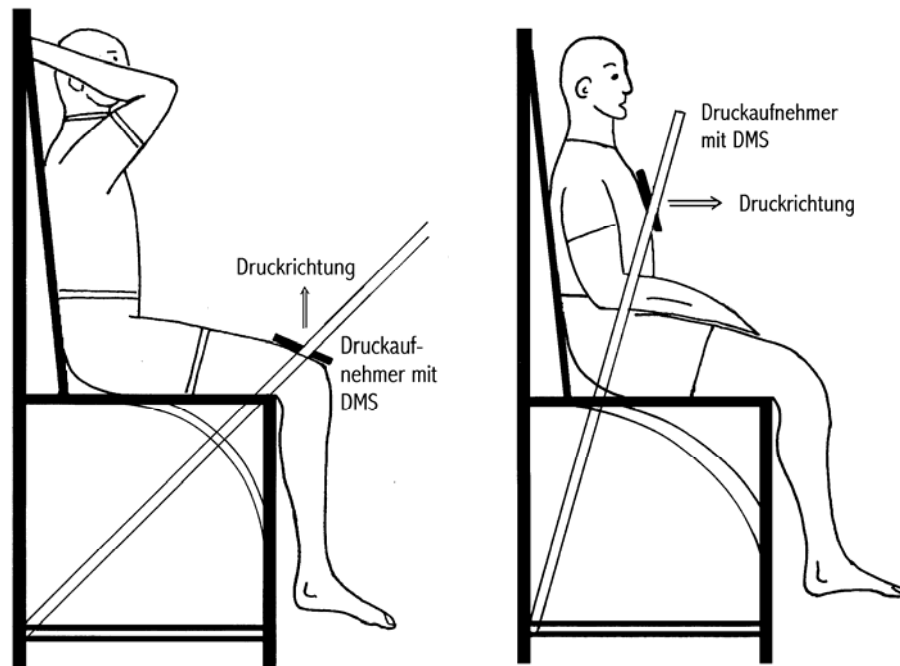


Abbildung 1: Testübung auf dem Kraftmessstuhl zur Erfassung der Kraft der Hüftbeuge- (links) und der Bauchmuskulatur (rechts).

Als Indikator für die muskuläre Ermüdung wurde die Verringerung der Wiederholungszahl bei drei aufeinanderfolgenden Serien verschiedener Krafttrainingsübungen (siehe 2.2.3) erachtet.

Die subjektive Beanspruchung wurde nach jeder der drei Übungsserien mit der Borg-Skala erfasst. Bei der Borg-Skala können die Pbd. auf einer 15-stufigen Skala, die von 6 bis 20 reicht, den subjektiven Anstrengungsgrad angeben.

2.2.3 Experimentelle Bedingungen

Von den Pbn. der einzelnen Gruppen wurde jeweils eine Bauchmuskelübung durchgeführt (siehe Abbildung 2) Hinzu kam eine Kontrollgruppe, die lediglich die Maximalkrafttests absolvierte, wobei zwischen Vor- und Nachtest eine passive Erholung von ca. 10 Minuten Länge lag.

In den Experimentalgruppen wurden insgesamt drei Serien von jeweils 30 Sekunden Länge durchgeführt. Zwischen den Serien erfolgte jeweils eine einminütige Pause. Die Probanden sollten bei jeder Serie versuchen, so viele Wiederholungen wie möglich zu absolvieren.

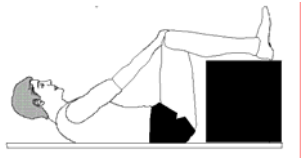
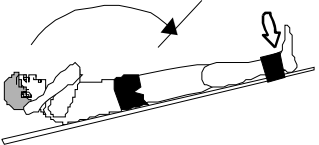
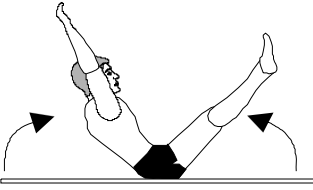
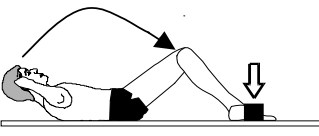
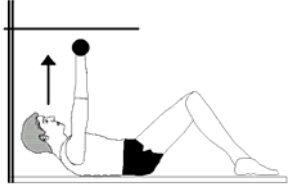
<p>Crunches: Der Pbd. liegt auf dem Rücken. Die Unterschenkel liegen auf einem kleinen Turnkasten, so dass im Knie- und Hüftgelenk ein rechter Winkel entsteht. Die Arme liegen gestreckt neben dem Körper. Die Lage der Fingerspitzen wird markiert (= Nullpunkt). Der Pbd. richtet sich langsam auf und streckt dabei die Arme so weit wie möglich nach vorne in Richtung oberer Kastenrand. Die Körperposition, die von der Vp. als die anstrengendste bestimmt wird, wird als Totpunkt definiert. Beim Test soll sich der Pbd. so schnell wie möglich aus der Rückenlage bis zum Totpunkt aufrichten und wieder ablegen. Im Totpunkt muss der Pbd. den oberen Rand des Kastens (Lederrand) berühren, beim Zurückgehen sind die Schultern abzulegen. Gezählt werden die richtig durchgeführten Aufrichtungen (vgl. Wydra, 1995).</p>	
<p>Schrägbrett: Der Pbd. liegt auf dem Rücken auf einem an einer Sprossenwand fixierten Schrägbrett. Die Hände werden hinter dem Kopf verschränkt. Der Pbd. richtet sich soweit auf, dass er mit den Ellbogen die Knie berührt. Anschließend legt er sich wieder soweit zurück, dass die Schulterblätter das Brett berühren. Gezählt werden die vollständigen Rumpfaufrichtungen. Der Neigewinkel des Schrägbrettes wird entsprechend der individuellen Leistungsfähigkeit so eingestellt, dass der Pbd. mindestens zehn Rumpfaufrichtungen ausführen kann.</p>	
<p>Klappmesser: Der Pbd. liegt auf dem Rücken. Die Arme liegen in Verlängerung des Körpers gestreckt auf dem Boden. Beim Klappmesser werden Arme und Beine gleichzeitig soweit angehoben, dass sich die Füße und Hände über dem Körper berühren. Gezählt werden die vollständig ausgeführten Klappmesser.</p>	
<p>Sit-Ups: Der Pbd. liegt auf dem Rücken. Die Beine sind angewinkelt. Die Füße werden durch einen Testhelfer oder an der Sprossenwand fixiert. Die Hände werden hinter dem Kopf verschränkt. Der Pbd. richtet sich soweit auf, dass er mit den Ellbogen die Knie berührt. Anschließend legt er sich wieder soweit zurück, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Gezählt werden die vollständigen Rumpfaufrichtungen.</p>	
<p>Crunches mit Zusatzbelastung: Der Pbd. liegt auf dem Rücken. Die Beine sind angewinkelt. Die Arme werden senkrecht nach oben gestreckt, wobei der Pbd. in den Händen ein 2 kg schweres Gewicht hält. Der Pbd. richtet sich soweit auf, dass er mit den Händen die individuell festgelegte maximale Aufrichtsposition berührt. Anschließend legt er sich wieder soweit zurück, dass die Schulterblätter den Boden berühren. Gezählt werden die vollständigen Rumpfaufrichtungen.</p>	

Abbildung 2: Übungen des Experiments

2.2.4 Ablauf der Untersuchung

Der Ablauf der Untersuchung ergeht aus Abbildung 3. In den beiden ersten Untersuchungswochen wurden die Pbn. in die jeweilige Trainingsübung und die beiden Maximalkrafttests eingewiesen. In der dritten und vierten Woche erfolgte jeweils das Experiment. Die Pbn. eines Untersuchungsdurchganges wurden zufällig zwei Gruppen zugeteilt. Die erste Gruppe (Gruppe Bauchmuskulatur) begann mit dem Maximalkrafttest der Bauchmuskulatur; die

zweite Gruppe (Gruppe Hüftbeugemuskulatur) begann mit dem Maximalkrafttest der Hüftbeugemuskulatur. Anschließend erfolgte die Belastung durch die jeweilige Trainingsübung.

Sofort nach jeder Serie mussten die Pbn. die Borg-Skala beantworten. Nach der dritten Belastung mussten die Pbn. sofort auf dem Kraftmessstuhl Platz nehmen, so dass spätestens 20 Sekunden nach Beendigung der Treatments die Bestimmung der Maximalkraft der Bauch- bzw. Hüftbeugemuskulatur wiederholt werden konnte. Nach einer Pause von einer Woche wurde die Versuchsbedingung einschließlich des Treatments für die andere Muskelgruppe wiederholt, d. h. bei den Pbn., bei denen beim ersten Versuch die Bauchmuskulatur getestet wurde, wurde die Hüftbeugemuskulatur und bei der anderen Gruppe die Bauchmuskulatur untersucht.

1. und 2. Woche	<ul style="list-style-type: none"> • Gewöhnung an die Maximalkrafttests und die Trainingsübungen • Aufteilung auf die Untergruppen 	
3. Woche	Gruppe Bauchmuskulatur	Gruppe Hüftbeugemuskulatur
	<ul style="list-style-type: none"> • Maximalkrafttest 1 Bauchmuskulatur • Trainingsübung (3 Serien) • Borg-Skala nach jeder Serie • Maximalkrafttest 2 Bauchmuskulatur 	<ul style="list-style-type: none"> • Maximalkrafttest 1 Hüftbeuger • Trainingsübung (3 Serien) • Borg-Skala nach jeder Serie • Maximalkrafttest 2 Hüftbeuger
4. Woche	<ul style="list-style-type: none"> • Maximalkrafttest 1 Hüftbeuger • Trainingsübung (3 Serien) • Borg-Skala nach jeder Serie • Maximalkrafttest 2 Hüftbeuger 	<ul style="list-style-type: none"> • Maximalkrafttest 1 Bauchmuskulatur • Trainingsübung (3 Serien) • Borg-Skala nach jeder Serie • Maximalkrafttest 2 Bauchmuskulatur

Abbildung 3: Schematische Darstellung des Untersuchungsablaufes

2.3 Statistische Hypothesen

H 1: Es bestehen zwischen den verschiedenen Gruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der globalen Beanspruchung.

H 2: Es bestehen zwischen den verschiedenen Gruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der muskulären Ermüdung.

H 3: Es bestehen zwischen den verschiedenen Gruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Veränderung der Maximalkraft von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur

2.4 Statistik

Neben der deskriptiven Statistik wurden Varianzanalysen gerechnet. Die Daten wurden mit dem Levene-Test auf Varianzhomogenität überprüft. Rangskalierte Daten (Borg-Skala) wurden mit dem U-Test und der Varianzanalyse nach Kruskal & Wallis berechnet. Als Signifikanzschranken wurden das 5-Prozentniveau (signifikant=*), das 1-Prozentniveau (sehr signifikant = **) und das 1-Promill-Niveau (hochsignifikant = ***) gewählt. Die Berechnungen wurden mit dem Programmpaket Statistica 5.5 (A) der Firma StatSoft Inc. Tulsa, OK durchgeführt. Des Weiteren wurde die korrigierte Effektgröße d berechnet (Jacobs, 1999). Effekte > 0.2 werden als klein, > 0.5 als mittel und > 0.8 als groß beurteilt (Bortz & Döring, 1995).

3 Ergebnisse

3.1 Subjektive Beanspruchung

Die subjektive Beanspruchung durch die verschiedenen Trainingsübungen wurde über die Borg-Skala erfasst (siehe Tabelle 1 und Abbildung 4).

Tabelle 1: Subjektive Beanspruchung nach der dritten Übungsserie. Angabe von Median, kleinstem und größtem Messwert und unterem bzw. oberem Quartil.

	n	Median	Minimum/ Maximum	unteres/ oberes Quartil
Crunches II	22	18	14/20	15/19
Sit-Ups	20	19	13/20	18/20
Klappmesser	23	20	17/20	19/20
Crunches	20	20	17/20	20/20
Schrägbrett	21	20	20/20	20/20

Hinsichtlich der subjektiven Beanspruchung nach der dritten Übungsserie bestehen zwischen den verschiedenen Gruppen hochsignifikante Unterschiede ($H_{4; 106}=48,0$; $p<0,001$). Im direkten Vergleich sind die Crunches ohne Zusatzbelastung anstrengender als Sit-Ups ($U=87$; $p<0,001$) und die Crunches mit Zusatzbelastung ($U=58$; $p<0,001$). Die Sit-Ups sind weniger belastend als die Klappmesser ($U=141$; $p>0,05$) und als die Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett ($U=52$; $p<0,001$). Die Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett sind belastender als Klappmesser ($U=126$; $p>0,01$) und die Crunches ohne Zusatzbelastung ($U=31$; $p>0,001$). Die Klappmesser sind belastender als die Crunches mit Zusatzbelastung ($U=85$; $p>0,001$).

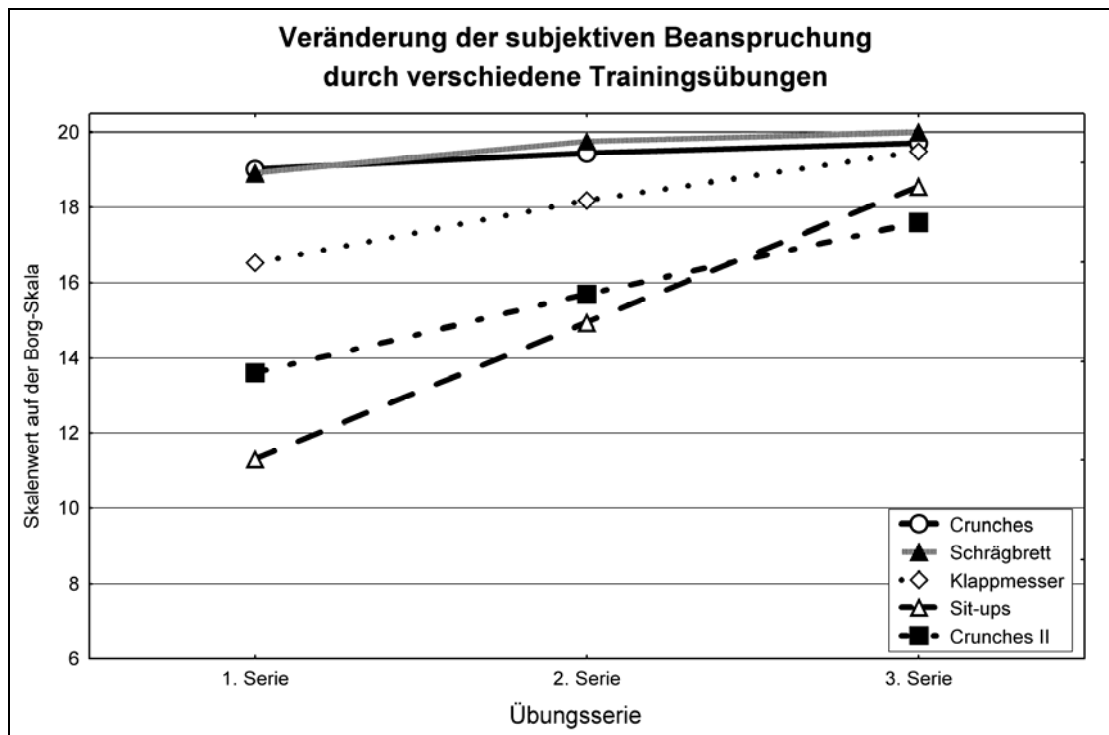


Abbildung 4: Veränderung der subjektiven Beanspruchung durch verschiedene Bauchmuskelübungen ausgedrückt durch die Punkte auf der Borg-Skala.

3.2 Muskuläre Ermüdung

Die muskuläre Ermüdung wurde über die Reduktion der Wiederholungszahlen bei den drei Übungsserien ermittelt (siehe Tabelle 2 und Abbildung 5).

Tabelle 2: Gemittelte Wiederholungszahlen bei den einzelnen Trainingsübungen und -serien. Angabe der Mittelwerte und Standardabweichungen

	n	Serie 1		Serie 2		Serie 3	
		M	SD	M	SD	M	SD
Crunches	20	31,4	5,4	30,4	5,9	29,9	6,1
Crunches II	21	27,0	3,4	24,5	3,5	22,1	3,7
Sit-Ups	20	21,0	4,3	18,8	4,6	15,6	4,4
Klappmesser	23	20,8	2,9	19,3	3,1	17,3	3,2
Schrägbrett	21	16,5	4,1	8,9	2,8	5,1	1,7

Varianzanalytisch ergibt sich folgendes Ergebnis: Es bestehen hochsignifikante Unterschiede zwischen den fünf verschiedenen Übungen ($F_{4; 100}=78,9$; $p<0,001$). Die Wiederholungszahlen zwischen den drei verschiedenen Serien unterscheiden sich hochsignifikant ($F_{2; 200}=292,0$; $p=0,001$) und es bestehen hochsignifikante Interaktionen zwischen diesen beiden Haupteffekten ($F_{8; 200}=30,1$; $p<0,001$). Es kommt in allen Gruppen zu einer sehr bzw. hochsignifikanten Verringerung der Wiederholungszahlen zwischen der ersten und dritten Übungsserie (siehe Abbildung 4).

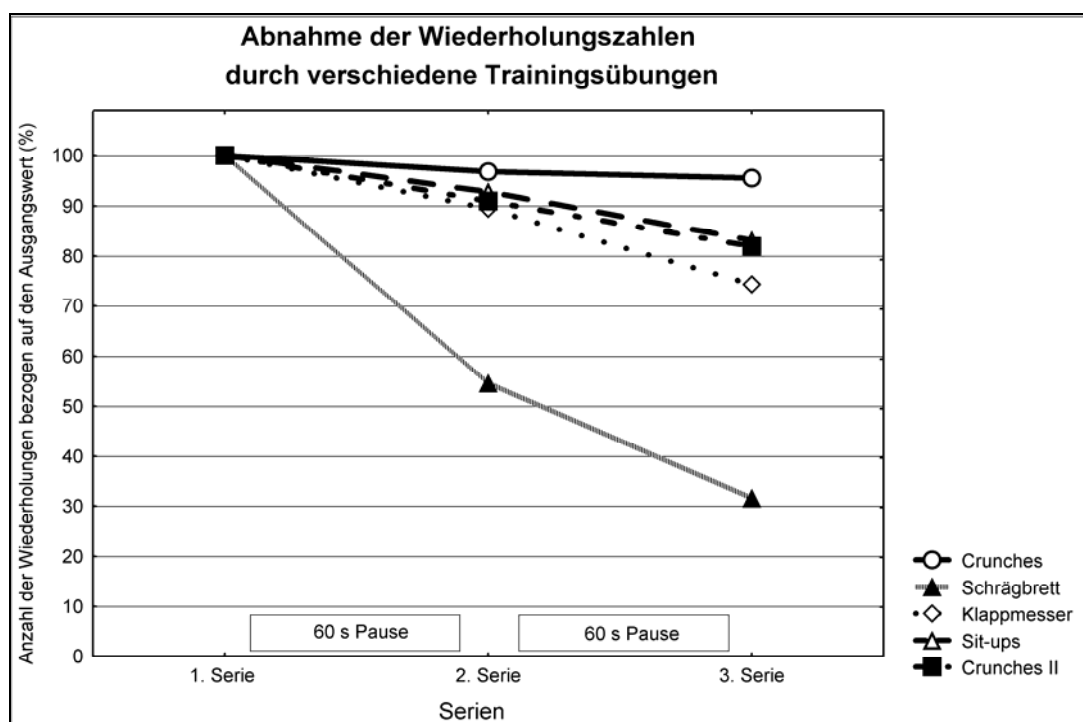


Abbildung 5: Abnahme der Wiederholungszahlen bei den verschiedenen Bauchmuskelübungen. Dargestellt sind die auf den jeweiligen Ausgangswert bezogenen prozentualen Verringerungen der Wiederholungszahlen von der ersten bis dritten Übungsserie.

Hinsichtlich der muskulären Ermüdung bestehen zwischen den verschiedenen Gruppen hochsignifikante Unterschiede ($F_{4; 100}=35,1$; $p<0,001$). Im direkten Vergleich sind die Crunches weniger und die Übungen am Schrägbrett stärker ermüdend als alle anderen Übungen und die Sit-Ups weniger ermüdend als die Klappmesser ($F_{1; 100}=4,6$; $p<0,05$).

3.3 Veränderung der Maximalkraft

Die Veränderung der Maximalkraftwerte ergeht aus Tabelle 3.

Tabelle 3: Maximalkraftwerte von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur vor und nach Durchführung der erschöpfenden Trainingsübungen. Angabe der Mittelwerte und Standardabweichungen.

	n	Vortest		Nachtest	
		M	SD	M	SD
Fmax-Bauch Crunches	20	107,6	45,4	100,9	30,8
Fmax-Bauch Schrägbrett	21	138,8	24,8	117,9	21,3
Fmax-Bauch Klappmesser	23	133,5	35,6	113,9	30,0
Fmax-Bauch Sit-Ups	20	109,3	29,3	92,5	29,6
Fmax-Bauch Crunches II	22	116,7	35,6	89,5	31,7
Fmax-Bauch Kontrolle	22	109,4	33,2	116,7	35,6
Fmax-Hüftbeuger Crunches	20	140,0	43,5	139,6	42,6
Fmax-Hüftbeuger Schrägbrett	21	155,6	43,3	122,6	33,9
Fmax-Hüftbeuger Klappmesser	23	146,6	44,5	121,1	39,7
Fmax-Hüftbeuger Sit-Ups	20	151,9	51,8	135,8	43,5
Fmax-Hüftbeuger Crunches II	22	164,7	55,5	157,9	49,4
Fmax-Hüftbeuger Kontrolle	22	154,7	49,2	164,7	55,5

Die Varianzanalyse mit den Faktoren Muskelgruppe, Art der Bauchmuskulübung und Testzeitpunkt erbrachte folgendes Ergebnis: Es bestehen keine systematischen Unterschiede hinsichtlich der untersuchten Übungen, die Kraftwerte der Hüftbeugemuskulatur sind signifikant höher ($F_{1; 122} = 83,4$; $p<0,001$) als die der Bauchmuskulatur und nach der Beanspruchung sind die Kraftwerte signifikant niedriger als zu Beginn ($F_{1; 122} = 127,8$; $p<0,001$).

Es besteht eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppenzugehörigkeit und der Muskelgruppe ($F_{5; 122} = 4,2$; $p<0,001$), d. h. die Kraftwerte der Bauchmuskulatur liegen in der Gruppe Schrägbrett und Klappmesser über denen der anderen Gruppen.

Es besteht eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Art der Bauchmuskulübung und dem Testzeitpunkt ($F_{1; 122} = 22,3$; $p<0,001$). In der Gruppe Crunches unterscheiden sich die Nachtestwerte nicht von den Vortestwerten und in der Kontrollgruppe sind die Nachtestwerte **besser als die Vortestwerte** ($F_{1; 122} = 9,3$; $p<0,01$).

Es besteht keine Interaktion zwischen dem Testzeitpunkt und der Muskelgruppe, d. h. in beiden Muskelgruppen reduzieren sich die Kraftwerte gleichsinnig. Es bestehen signifikante Interaktionen zwischen allen drei Hauptfaktoren ($F_{5; 122} = 3,7$), d. h. die verschiedenen Übungen beanspruchen in unterschiedlichem Maß die untersuchten Muskelgruppen (siehe Tabelle 4 und Abbildung 6).

Tabelle 4: Ergebnis der Kontrastanalyse für die Veränderung der Kraftwerte durch die einzelnen Übungen im Vergleich zur Kontrollgruppe und Angabe der korrigierten Effektstärken.

	F (1; 122)	p	d_{korrr.}
Fmax-Bauch <small>Crunches</small>	2,6	<0.01	.42
Fmax-Bauch <small>Schrägbrett</small>	7,3	<0.001	.96
Fmax-Bauch <small>Klappmesser</small>	21,8	<0.001	.78
Fmax-Bauch <small>Sit-Ups</small>	30,2	<0.001	.73
Fmax-Bauch <small>Crunches II</small>	28,8	<0.001	1.02
Fmax-Hüftbeuger <small>Crunches</small>	46,5	n. s.	.19
Fmax-Hüftbeuger <small>Schrägbrett</small>	16,9	<0.001	.93
Fmax-Hüftbeuger <small>Klappmesser</small>	47,0	<0.001	.73
Fmax-Hüftbeuger <small>Sit-Ups</small>	33,7	<0.001	.52
Fmax-Hüftbeuger <small>Crunches II</small>	7,3	<0.01	.32

Den größten Effekt auf die Bauchmuskulatur haben die Crunches mit Zusatzbelastung. Es folgen die Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett. Mittlere Effekte haben die Sit-Ups und Klappmesser. Einen nur kleinen Effekt haben die Crunches ohne Zusatzbelastung. Diese haben aber wie die Crunches mit Zusatzbelastung nur einen kleinen Effekt auf die Hüftbeugemuskulatur. Einen mittleren Effekt auf die Hüftbeuger haben Sit-Ups und Klappmesser, während die Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett einen großen Effekt auf die Hüftbeuger haben.

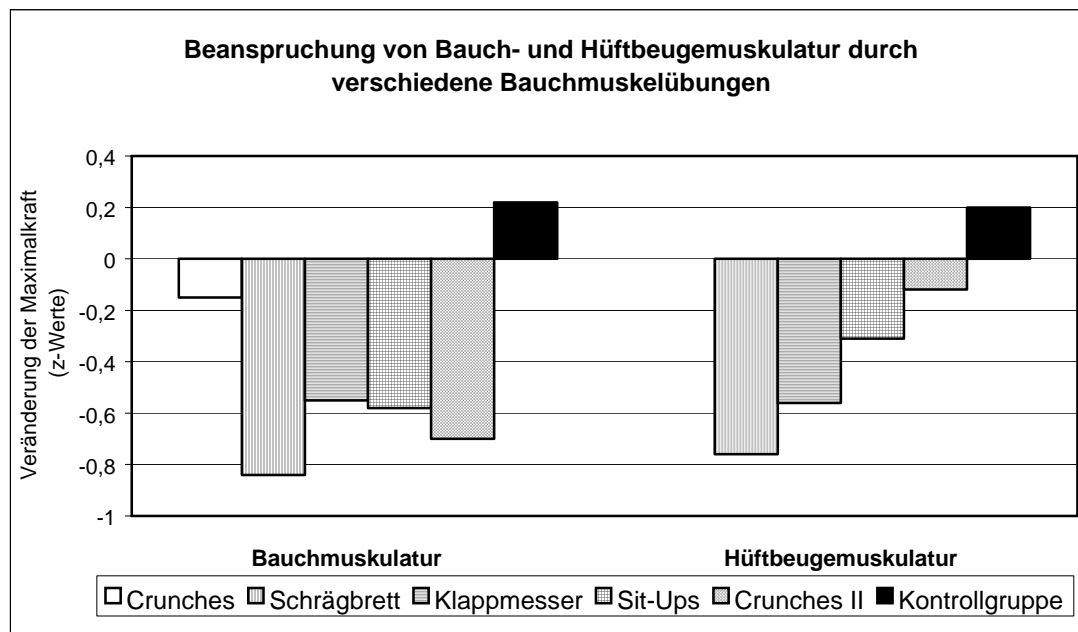


Abbildung 6: Veränderung der Maximalkraft von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur durch verschiedene Trainingsübungen. Dargestellt sind die z-Werte.

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie sollte in einem Beanspruchungsexperiment geklärt werden, wie stark verschiedene Bauchmuskelübungen die Bauch- und Hüftbeugemuskulatur beanspruchen. Ausgangspunkt war die Beobachtung, dass auch im Leistungssport fast ausschließlich Crunches zur Kräftigung der Bauchmuskulatur eingesetzt werden und klassische Bauchmuskelübungen, wie z. B. Sit-Ups, Beinhebungen, Klappmesser und Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett, als unfunktionell angesehen werden. Das Beanspruchungsexperiment sollte klären, inwieweit diese Übungen zu einer kurzfristigen Beanspruchung der Bauch- bzw. Hüftbeugemuskulatur führen. Die kurzfristige Beanspruchung bietet auch Hinweise auf die potenzielle Effektivität dieser Übungen im Rahmen eines längerfristigen Trainingsprozesses. Die Beanspruchung wurde über die Borg-Skala, den Rückgang der Wiederholungszahlen bei den Übungsserien und die kurzfristige Veränderung der Maximalkraft erfasst.

Die Ergebnisse der Borg-Skala zeigen, dass zwischen den verschiedenen Übungen Unterschiede bestehen. Dies wird insbesondere dann deutlich, wenn man sich die unterschiedliche subjektive Beanspruchung im Verlaufe der drei Übungsserien anschaut. Nach der dritten Übungsserie bestehen signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Übungen. Die Beanspruchung ist

aber in allen Gruppen so hoch, dass man davon ausgehen kann, dass alle fünf Untersuchungsgruppen hinreichend belastet wurden.

Auch hinsichtlich der muskulären Ermüdung zeigten sich signifikante Unterschiede, die aber nicht mit denen der Borg-Skala korrespondieren. Während bei den Crunches ohne Zusatzbelastung die Wiederholungszahlen auch bei der dritten Übungsserie noch bei fast 30 in 30 Sekunden lagen, reduzierte sich die Wiederholungszahl bei den Rumpfaufrichtungen am Schrägbrett auf nur 5,1 Wiederholungen in 30 Sekunden. Einige Sportstudierende waren in der dritten Belastungsserie nicht mehr in der Lage, auch nur eine einzige Rumpfaufrichtung auszuführen. Die extrem unterschiedlichen Wiederholungszahlen sind bedingt durch die unterschiedlichen hohen Widerstände, die bei den Übungen zu überwinden sind, die unterschiedlichen Bewegungsamplituden und die unterschiedlichen koordinativen Anforderungen durch die verschiedenen Übungen.

Die Kraftwerte von Bauch- und Hüftbeugemuskulatur unterscheiden sich signifikant. Dies ist nicht auf die unterschiedlichen Kraftfähigkeiten der beiden Muskelgruppen zurückzuführen, sondern vor allem messtechnisch zu erklären (Länge der Hebelarme). Wichtiger war es, die Auswirkungen der Trainingsübungen auf die jeweiligen Kraftwerte zu beleuchten. Es konnten unterschiedliche kurzfristige Wirkungen auf Bauch- und Hüftbeugemuskulatur nachgewiesen werden. Große Effekte auf die Bauchmuskulatur haben die Crunches mit Zusatzbelastung und die Sit-Ups am Schrägbrett. Mittlere Effekte haben die Klappmesser und die Sit-Ups. Dieses Ergebnis widerlegt zum einen die in der klassischen Funktionsgymnastik vorherrschende Meinung, wonach diese klassischen Übungen nicht die Bauchmuskulatur belasten würden (Fach, 1998; Knebel, 1985). Andererseits werden vorliegende EMG-Studien bestätigt, die die Effektivität von Sit-Ups und vergleichbaren Übungen belegen (Andersson et al., 1997; Jucker et al., 1998; Konrad et al., 1999; Kunz & Unold, 1988; Ricci et al., 1981). Crunches mit Zusatzbelastung, Sit-Ups, Klappmesser und Sit-Ups am Schrägbrett haben signifikante Effekte sowohl auf die Bauch- als auch auf die Hüftbeugemuskulatur. Sie sind also hocheffektive Übungen zur Kräftigung der Bauchmuskulatur.

Die auch in der Praxis des Leistungssports oftmals angewandten Crunches ohne Zusatzbelastung führen nur zu einer geringen Beanspruchung der Bauchmuskulatur. Hiermit werden auch Untersuchungsergebnisse gestützt, wonach viele funktionsgymnastische Übungen nur unterschwellig auf die Zielmuskulatur einwirken (Andersson et al., 1997, Konrad et al., 1999). Um einen Trainingseffekt bei Trainierten durch Crunches zu erzielen, sind offensichtlich Zusatzbelastungen notwendig. Die hohe subjektive Beanspruchung bei den Crunches bei gleichzeitig geringer muskulärer Beanspruchung könnte mit der hohen Ausführungsgeschwindigkeit zusammenhängen. Bei der sehr hohen

Frequenz kommt es zu einer Pressatmung, die subjektiv als hochanstrengend erlebt wird.

Hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Hüftbeuger zeigen die Sit-Ups am Schrägbrett einen großen Effekt, Klappmesser und Sit-Ups einen mittleren und die beiden Crunches Varianten keinen bzw. nur einen geringen Effekt. Aus der Sicht der klassischen Funktionsgymnastik wären demnach Sit-Ups, Klappmesser und Sit-Ups am Schrägbrett als nachteilig zu bewerten, weil dadurch angeblich eine Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur ausgelöst wird. Gegen die Entwicklung einer muskulären Dysbalance spricht zum einen das Ergebnis dieser Studie, wonach Bauch- und Hüftbeugemuskulatur in gleichem Maße beansprucht werden. Wydra (2002) konnte in einem Trainingsexperiment zeigen, dass ein hochintensives sechswöchiges Training am Schrägbrett keine Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur nach sich zieht. Ebenso wenig ist davon auszugehen, dass Sit-Ups, Beinhebungen und Klappmesser zu einer Verkürzung des Hüftbeugers führen.

Ein Training der Hüftbeugemuskulatur im Rahmen eines ganzheitlichen Krafttrainings ist genauso wichtig wie ein Training der Bauchmuskulatur. Die einseitige Kräftigung der Bauchmuskulatur bei gleichzeitiger Nichtkräftigung der Hüftbeuger macht trainingsmethodisch keinen Sinn. Im Gegenteil: Durch das einseitige Training können unter Umständen muskuläre Dysbalancen mit noch nicht bekannten Wirkmechanismen antrainiert werden. Auch in der Rehabilitation ist seit einiger Zeit ein Umdenken zu beobachten. Narcessian (1997, 29) vertritt das Konzept mehrgelenkiger Bewegungen (Multi joint movements) in der Physiotherapie und schreibt „...functionality does not exist in the domain of single-joint motions.“ Aus seiner Sicht versagen eingelenkige Bewegungen beim Trainieren mehrgelenkiger Muskeln, weil bei solchen Bewegungen andere motorische Ausgangsbedingungen herrschen als bei mehrgelenkigen Bewegungen. Die Zahl der motorischen Freiheitsgrade ist wesentlich höher, so dass die optimale Lösung für das jeweilige Problem in hohem Maße von den motorischen Prozessen der Informationsaufnahme und -verarbeitung abhängt. Es ist seit langem im Leistungssport bekannt, dass ein Krafttraining mit Trainingsformen, die den koordinativen Aspekten der Wettkampfform nicht entsprechen, zu keiner effektiven Leistungsverbesserung führt (Schmidtbleicher, 1991). Es stellt sich das zentrale Problem des Transfers. Die meisten Transferverluste entstehen wegen Nichtbeachtung der koordinativen Auswirkungen einer konkreten Trainingsübung auf die Zielbewegung. Dies ist insbesondere der Fall, wenn anstelle von Kontraktionen, die im Dehnungs-Verkürzungszyklus ablaufen, isometrische oder isokinetische Übungen gewählt werden und anstelle einer funktionell zusammenhängenden Muskelschlinge eine spezifische Muskelgruppe durch eine eingelenkige Trainingsübung stimuliert wird (Schmidtbleicher, 1991).

Diesen Aussagen treffen auf viele funktionsgymnastische Kräftigungsübungen zu. Ein Transfer der bei den Übungen der klassischen Funktionsgymnastik angestrebten Ziele auf Alltagsbewegungen ist nicht zu erwarten. Für das Training der Koordination gilt des weiteren der Grundsatz von Hirtz (1981, S. 351): „Wenige Wiederholungen vieler verschiedener, aber bewegungsverwandter Körperübungen bei gezielter Variation der Bewegungsausführung und der Übungsbedingungen.“ Genau dies ist aber bei den standardisierten funktionsgymnastischen Übungen nicht der Fall. Die klassische funktionsgymnastische Betrachtungsweise orientiert sich am Spezialfall der Motorik, an Bewegungen, die in dieser Form in der Alltags-, Arbeits- und Sportmotorik nicht vorkommen. So wurde in der Rehabilitation in den letzten 20 Jahren das eingelenkige Training an isokinetischen Trainingsgeräten als Methode der Wahl erachtet. Baron (1997, S. 114) schreibt hierzu: „Isokinetische Belastungen sind unfunktionell und kommen im alltäglichen Leben und bei sportlichen Bewegungen nicht vor.“ Des weiteren konnte gezeigt werden, dass die Beanspruchung der Bänder bei eingelenkigen Trainingsübungen höher ist als bei vergleichbaren Übungen in geschlossenen kinematischen Ketten (Baron, 1997). Auch deshalb feiert heute das Training geschlossener kinematischer Ketten mit traditionellen Trainingsübungen auch in der Rehabilitation eine gewisse Renaissance.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass manche funktionsgymnastische Kräftigungsübungen keinen Transfer auf die Alltags-, Arbeits- und Sportmotorik gewährleisten. Zweitens konnte die vorliegende Studie ältere Ergebnisse bestätigen, wonach die Belastungsintensität bei funktionsgymnastischen Übungen oftmals nicht ausreicht, um Trainingseffekte zu auszulösen (Konrad et al., 1999). Lediglich in der Frühphase der Rehabilitation sind solche Übungen geeignet, um bei weitest gehender Schonung erkrankter Strukturen einem Muskelabbau entgegenzutreten. Im Verlaufe der Zeit müssen jedoch komplexe Muskelschlingen in der Art und Weise trainiert werden, wie sie im Alltag und im Sport beansprucht werden (Lomard, 1904; Wiemann, 1991). Ein Training, das nur eingelenkige, isometrische Übungen umfasst, ist letztendlich genauso unfunktionell wie das Üben von Klappmessern bei Bandscheibenpatienten.

In der Funktionsgymnastik sollte die dichotome Trennung in funktionelle und unfunktionelle Übungen aufgehoben werden. Es sollte eine Betrachtungsweise gewählt werden, die einerseits die Fähigkeiten der Person und andererseits die Beanspruchungen in der Alltags-, Arbeits- und Sportmotorik in den Blick nimmt. Welche Übung für welche Person geeignet ist, hängt davon ab,

- wo der Sportler hinsichtlich seines Trainingszustandes, seiner Belastbarkeit, seines Lebensalters etc. steht,
- ob gesundheitliche Einschränkungen bestehen,

- welche Zielstellung mit dem Trainingsprogramm verfolgt wird,
- ob die Person die ausgewählte Übung beherrscht und
- ob die ausgewählte Übung unter motorischen Gesichtspunkten die optimale Lösung des Problems darstellt (vgl. Wydra, 2000).

Vor diesem Hintergrund sind die verschiedenen Bauchmuskelübungen zu sehen. Die zu Unrecht ins Abseits gestellten klassischen Bauchmuskelübungen haben unter Beachtung dieser Fragen auch und gerade im Leistungssport ihre Berechtigung. Ein Training der Rumpfbeugemuskulatur sollte die Vielzahl der möglichen Trainingsübungen umfassen. Ein vielseitiges und abwechslungsreiches Training bietet bessere Voraussetzungen für eine Verbesserung der Kraft. Gleichzeitig ist die Gefahr einer einseitigen Überlastung reduziert.

Literaturverzeichnis

1. Andersson, E., Nilsson, J., Ma, Z. & Thorstensson, A. (1997). Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 115 - 123.
2. Axler, C. T. & McGill, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29, 804 - 811.
3. Baron, R. (1997). Rezension – Ingo Froböse: Isokinetisches Training in Sport und Therapie. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 9, 106 - 118.
4. Bortz, J. & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler* (2. erweiterte Aufl.). Berlin: Springer.
5. Fach, H. H. (1998). *Trainingsbuch Bauchmuskulatur*. Reinbek: Rowohlt.
6. Flint, M. M. (1965). Abdominal muscle involvement during the performance of various forms of sit-up exercises. *American Journal for Physical Medicine*, 44, 224 - 233.
7. Freiwald, J. & Engelhardt, M. (1996). Neuromuskuläre Dysbalancen in Medizin und Sport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 47, 99 - 106.
8. Freiwald, J. & Engelhardt, M. (1999). Aspekte der Trainings- und Bewegungslehre neuromuskulärer Dysbalancen. *Gesundheitssport und Sporttherapie*, 15, 5 - 12 und 46 - 50.
9. Hirtz, P. (1981). Koordinative Fähigkeiten - Kennzeichnung, Alternsgang und Beeinflussungsmöglichkeiten. *Medizin und Sport*, 21, 348 - 351.
10. Jacobs, B. (1999). *Einführung in die Versuchsplanung - Praktische Bedeutung empirischer Ergebnisse*. Zugriff am 23.07.2002 unter <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/seminar/vpl/bedeutung/eskorr.htm>
11. Juker, D., McGill, S., Kropf, P. & Steffen, T. (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30, 301 - 310
12. Kelley, D. L. (1982). Exercises prescription and the kinesiological imperative. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 53, 18 -20.
13. Kendall, F. P. (1965). A criticism of current tests and exercises for physical fitness. *Physical Therapy*, 45, 187 - 197.

14. Klee, A. (1995). *Haltung, muskuläre Balance und Training* (2. Auflage). Frankfurt am Main: Harri Deutsch.
15. Knebel, K. P (1985). *Funktionsgymnastik*. Reinbek: Rowolth.
16. Konrad, P., Denner, A., Schmitz, K. & Starischka, S. (1999). EMG-Befunde zur Haltungskoordination und zur ausgewählten Kräftigungsübungen der Rumpfmuskulatur. *Orthopädische Praxis*, 35, 698 - 708.
17. Kunz, H. & Unold, E. (1988). Muskeleinsatz beim Krafttraining. Trainingsübungen unter der Lupe. Trainer Information Bd. 21. Magglingen: Eidgenössischen Turn- und Sportschule und dem Nationalen Komitee für Elite-Sport.
18. LaBan, M. M., Raptou, A. D. & Johnson, E. W. (1965). Electromyographic study of function of iliopsoas muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 46, 676 - 679.
19. Lombard, W. P. (1903) The action of two-joint muscles. *American Physical Education Review*, 8, 141 - 145.
20. Narcessian, R. P: Concepts in Multi-Joint Movement. In H. Binkowski, M. Hoster & H. U. Nepper (Hrsg.), *Medizinische Trainingstherapie* (S. 28-42). Waldenburg: Sport Consult.
21. Neumann, G. (1997). Zur Begriffsbestimmung muskulärer Dysbalancen. In L. Zichner, M. Engelhardt & J. Freiwald (Hrsg.). *Neuromuskuläre Dysbalancen* (S. 9 - 24). Wehr: Novartis Pharma.
22. Ricci, B., Marchetti, M. & Figura, F. (1981). Biomechanics of sit-up exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13, 54 - 59.
23. Schmidtbleicher, D. (1991). Krafttraining und Techniktraining. In R. Daus, H. Mechling, K. Blischke & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining* (S. 157-163). Schorndorf: Hofmann.
24. Wiemann, K. (1989). Die ischiocruralen Muskeln beim Sprint. *Die Lehre der Leichtathletik*, 27, 783 - 786 und 816 - 818.
25. Wiemann, K. (1991). Präzisierung des LOMBARDschen Paradoxons in der Funktion der ischiocruralen Muskeln beim Sprint. *Sportwissenschaft*, 21, 413 - 428.
26. Wilke, H.-J., Noel, P., Caimi, M., Hoogland, T. & Claes, L. E. (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24, 755 - 762.
27. Willimczik, K., Daus, R. & Olivier, N. (1991). Belastung und Beanspruchung als Einflußgrößen der Sportmotorik. In N. Olivier, R. Daus (Hrsg.), *Sportliche Bewegung und Motorik unter Belastung* (S. 6 - 28). Clausthal-Zellerfeld: dvs.
28. Wydra, G. (1995). Ein neuer Test zur Beurteilung der Kraft der Bauchmuskulatur. *Krankengymnastik*, 47, 937 - 946.
29. Wydra, G (2000). Zur Funktionalität der Funktionsgymnastik. Überlegungen zum Umdenken in der Funktionsgymnastik. *Gesundheitssport und Sporttherapie*, 16, 128 - 133.
30. Wydra, G. (2002). Experimentelle Untersuchungen zur Effektivität eines Bauchmuskeltrainings am Schrägbrett und zur Verkürzung der Hüftbeugemuskulatur. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53, 285 - 290.