

Klaus Wirth

**Trainingshäufigkeit
beim Hypertrophietraining**

1. Auflage

SPORTVERLAG *Strauß* 2007

Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Wissenschaftliche Berichte und Materialien

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
< <http://dnb.ddb.de> > abrufbar.

1. Auflage 2007
SPORTVERLAG *Strauß*
Olympiaweg 1, 50933 Köln

© Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn

Layout: Jutta Walczuch
Druck: BGoMedia, Bonn
ISBN 978-3-939390-47-3

Printed in Germany

Danksagung

Die Untersuchung, auf der diese Arbeit basiert wurde im Rahmen des vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Projektes „Trainingshäufigkeit im Mikrozyklus beim Hypertrophietraining unter Berücksichtigung des Leistungsniveaus“ an der Johann Wolfgang Goethe Universität in Frankfurt am Main und mehreren Fitnessstudios durchgeführt.

Besonders möchte ich Prof. Dr. Dietmar Schmidtbleicher für seine langjährige Unterstützung danken, die die Erstellung dieser Arbeit erst möglich gemacht hat.

Großer Dank gilt auch Dr. Klaus-Rainer Atzor, der einige Abende und Wochenenden opferte, um das Zustandekommen der Kernspintomographieaufnahmen und deren Auswertung zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang sei auch Dr. F. Kleinsorge, Dr. V. Berg-Schlosser und Dr. K. P. Riester gedankt.

Die Durchführung der Studie wäre ohne die Fitness-Studios, in denen das Training einer Vielzahl von Probanden stattfand, nicht möglich gewesen. Spezieller Dank gebührt hierbei Rainer Hofmann und Anne Wirth (GO Fitness Treff – Butzbach), Axel Brück und Eberhard Schneider (Limes Sports Club – Sulzbach), Sabine Hanusch und Thomas Ambron (Top-Fit Body- und Fitnesscenter– Friedberg), Berthold Krahl und Martin Breiffelder (Fitnessland – Bad Soden-Salmünster). Gedankt sei in diesem Zusammenhang allen Probanden.

Weiterhin muss ich Dr. Ulrich Frick danken, der mir für viele kritische und sachdienliche Diskussionen zur Verfügung stand, und Steffen Müller, der bei der Beschaffung von Literatur wie eine Maschine gearbeitet und damit Maßstäbe gesetzt hat.

Für die Unterstützung bei der finalen Fertigstellung der Arbeit danke ich zudem Barbara Plock und Christopher Heim.

Klaus Wirth

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Hypertrophietraining	10
2.1	Belastungsnormativa beim Hypertrophietraining	12
2.1.1	Belastungsintensität.....	13
2.1.2	Belastungsdauer	16
2.1.3	Belastungsdichte.....	20
2.1.4	Belastungsumfang	23
2.1.4.1	Untersuchungen zum Belastungsumfang	23
2.1.4.2	Vergleich zwischen Ein- und Mehrsatztraining	25
2.1.5	Belastungshäufigkeit	37
2.2	Belastungsvarianten zur Steigerung der Trainingsintensität.....	42
2.2.1	Pyramidentraining	42
2.2.2	Split-Training	43
2.2.3	Prioritätsprinzip.....	44
2.2.4	Erzwungene Wiederholungen (Intensivwiederholungen)	45
2.2.5	Variationsprinzip (Schockprinzip)	45
2.2.6	Supersätze (Dreifach- und Riesen- bzw. Mammutsätze).....	46
2.2.7	Abnehmende Sätze (Reduktionssätze, erweiterte Sätze)	47
2.2.8	Vorermüdung.....	47
2.2.9	Abgefälschte Wiederholungen	48
2.2.10	Höchstkontraktionen	48
2.2.11	Teilwiederholungen.....	49
2.2.12	Negativwiederholungen	49
2.2.13	Progressive Intervalle	53
3	Adaptationen an ein Krafttraining	54
3.1	Neuronale Adaptationen.....	54
3.1.1	Intermuskuläre Koordination	54
3.1.2	Intramuskuläre Koordination	55
3.2	Morphologische Adaptationen	56
3.2.1	Hypertrophie.....	57
3.2.1.1	Der auslösende Stimulus für das Muskelwachstum	57
3.2.1.2	Der Muskelkater	60
3.2.1.3	Theorien und Erkenntnisse über den Adaptations- vorgang.....	63
3.2.2	Hyperplasie.....	67
3.3	Der zeitliche Verlauf der Anpassungen	69
4	Fragestellung und Hypothesen	72
5	Methodik	78
5.1	Personenstichprobe	78
5.2	Kernspintomographie	78
5.3	Isometrische Kraftmessung	80

5.4	Dynamische Kraftmessung	81
5.5	Wiederholungen mit 80 % des dynamischen Maximums	82
5.6	Leistungsindex	82
5.7	Untersuchungsdesign- und -ablauf.....	83
5.7.1	Trainingsprogramm.....	83
5.7.2	Testtermine.....	84
5.7.3	Trainingsübungen.....	85
5.7	Datenverarbeitung und Statistik.....	89
6	Ergebnisse.....	91
6.1	Die Entwicklung des Muskelvolumens.....	92
6.1.1	Ergebnisse der Anfänger	92
6.1.2	Ergebnisse der Fortgeschrittenen	93
6.1.3	Vergleich von Anfängern und Fortgeschrittenen	94
6.1.4	Ergebnisse der Großgruppen.....	94
6.2	Die Entwicklung der dynamischen Maximalkraft	95
6.2.1	Ergebnisse der Anfänger	95
6.2.2	Ergebnisse der Fortgeschrittenen	97
6.2.3	Vergleich von Anfängern und Fortgeschrittenen	99
6.2.4	Ergebnisse der Großgruppen.....	99
6.2.5	Entwicklung der Wiederholungszahlen bei 80 Prozent des dynamischen Maximums.....	100
6.3	Die Entwicklung der isometrischen Maximalkraft	102
6.3.1	Ergebnisse der Anfänger	103
6.3.2	Ergebnisse der Fortgeschrittenen	104
6.3.3	Vergleich von Anfängern und Fortgeschrittenen	105
6.3.4	Ergebnisse der Großgruppen.....	105
6.4	Zusammenhang zwischen isometrischer und dynamischer Maximalkraft	106
6.5	Zusammenhang zwischen der dynamischen Maximalkraft und dem Muskelvolumen	107
6.6	Zusammenhang zwischen der isometrischen Maximalkraft und dem Muskelvolumen ...	107
7	Diskussion.....	108
7.1	Entwicklung des Muskelvolumens	108
7.2	Entwicklung der dynamischen Maximalkraft	117
7.3	Entwicklung der isometrischen Maximalkraft.....	125
7.4	Entwicklung der Wiederholungen bei 80 % der dynamischen Maximalkraft	134
7.5	Zusammenhang zwischen den Maximalkraftdaten und dem Muskelvolumen	137
8	Zusammenfassung.....	139
9	Hypertrophietraining in der Trainingspraxis	142
10	Literatur	160
11	Anhang.....	196
11.1	Abkürzungsverzeichnis.....	196
11.2	Abbildungsverzeichnis.....	197
11.3	Tabellenverzeichnis	199

1 Einleitung

Ein stabiles Muskelkorsett ist die Basis für das Bewältigen alltäglicher Belastungen, für eine Vielzahl von Freizeitsportarten und nicht zuletzt, hier sogar im besonderen Maße, für fast alle Bereiche des Hochleistungssports, in denen der Körper an seine physiologische Leistungsgrenze getrieben wird. Ein Training, welches den aktiven Bewegungsapparat kräftigt und demnach langfristig auf eine Hypertrophie der Muskulatur ausgelegt sein muss, wird heute aus unterschiedlichen Beweggründen betrieben. Die größte Zahl der meist in Fitness-Studios trainierenden Personen betreibt ein solches Krafttraining in erster Linie aus präventiven oder ästhetischen Gesichtspunkten. Aus präventiver Sicht dient die Entwicklung einer gut ausgeprägten Muskulatur der Entlastung des passiven Bewegungsapparates, hier vor allem der Gelenke und der Wirbelsäule. So schreibt Moos (1985): „*Es gibt keine bessere Verletzungsprophylaxe als ein gut entwickeltes Muskelkorsett.*“ Zimmermann (2000) betont, dass eine gut ausgeprägte Muskulatur die Voraussetzung für jegliche körperliche Aktivität darstellt und demnach auch die Grundlage für das von Medizinern immer wieder geforderte Ausdauertraining zur Herz-Kreislaufprophylaxe ist. Zudem weist er darauf hin, dass die Muskulatur eines der Hauptorgane des Körpers und somit entscheidend für den energetischen Grundumsatz des Organismus ist und den Stoffwechsel im Gleichgewicht hält (Zimmermann, 2000). Ihr Anteil am Gesamtgewicht des menschlichen Körpers beträgt beim Mann zwischen 40 und 50 Prozent und bei der Frau zwischen 25 und 35 Prozent. In Ruhe realisiert sie ca. 40 Prozent des gesamten Stoffwechsels (vgl. Zimmermann, 2000). So hängt der im Alter abnehmende Energiebedarf unter anderem mit der Abnahme der Muskelmasse zusammen. Diskutiert wird außerdem, inwiefern es schon im Kindesalter zu Hypertrophieeffekten der Skelettmuskulatur durch Training kommen kann, was bei zunehmender Bewegungsarmut innerhalb der heutigen Gesellschaft aus präventiver wie allerdings auch aus leistungssportlicher Sicht in Zukunft, wenn nicht sogar schon heute, zu einer wichtigen Fragestellung bezogen auf die Trainingsgestaltung in diesen Altersbereichen wird. So sind verschiedene Autoren der Ansicht, dass auch schon im Kindesalter Kraftsteigerungen über eine Hypertrophie der Skelettmuskulatur zu erreichen sind bzw. stellten selbige in Untersuchungen fest (Fukunaga, Funato & Ikegawa, 1992; Mersch & Stoboy, 1989). In dieselbe Richtung argumentiert auch Oberbeck (1991), der für Jugendliche im Aufbautraining vor allem für eine Kräftigung der Rumpfmuskulatur ein Training im Hypertrophiebereich empfiehlt und die Bedeutung des Krafttrainings in dieser Phase der Entwicklung besonders hervorhebt. Moos (1985) entgegnet den in diesem Zusammenhang oftmals geäußerten Warnungen vor einem Krafttraining im Kindes- und Jugendalter: „*Die beste Prophylaxe vor Schädigungen beim Krafttraining ist systematisches Krafttraining.*“ Dies gilt selbstverständlich nicht nur für das Krafttraining dieser speziellen Altersgruppe, sondern für alle Personen, die sich, aus welchem Grund auch immer, einem Krafttraining unterziehen. Nicht zu vergessen ist die Bedeutung des Muskelaufbaus in der Rehabilitation, deren Zielsetzung es u. a. ist, den

aktiven und passiven Bewegungsapparat nach Krankheiten, Verletzungen oder degenerativen Veränderungen wieder auf ein alltagstaugliches Niveau zu bringen. Die zweite große Gruppe der Krafttrainierenden betreibt diese körperliche Aktivität aus ästhetischen Gesichtspunkten, sei es, um einem vor allem durch die Medien suggerierten Idealbild des menschlichen Körpers zu entsprechen oder um auf niedrigerem Level eine unterstützende Maßnahme bei Aktivitäten zu haben, die zu einer Gewichtsreduktion führen sollen (Poehlman, 2000; Roetert, 2003a). Dazu gehören auch all diejenigen vor allem in Fitness-Studios angebotenen Maßnahmen, die unter den Begriffen Body-Shaping, Body-Styling, Wellness etc. laufen, mit denen der Klientin ein anderes Körpergefühl und ein besseres Aussehen versprochen werden. Innerhalb dieser Kategorie, in der es grundlegend darum geht, seinen Körper in Richtung eines Ideals zu formen, stellt das Bodybuilding die extremste Form dar. In dieser Sportart dient die Entwicklung von Muskulatur in erster Linie dem Selbstzweck. Seit jeher werden Menschen mit einer so ausgeprägten Muskulatur, wie sie im Bodybuilding die Regel ist, skeptisch betrachtet oder gar belächelt. Viele Trainer, Trainingswissenschaftler und Therapeuten vergessen jedoch allzu gerne, dass ein nicht unerheblicher Teil der heute angewandten Krafttrainingsmethoden auf den Erfahrungen dieser Athleten beruht. So schreiben Bührle und Werner (1984, S. 5): *„Es steht außer Frage, dass in keiner anderen Sportart so wirksam Muskelmasse und Muskelquerschnitt entwickelt wird wie beim Bodybuilding. Eine unbegründete Voreingenommenheit gegenüber dem Bodybuilding hat verhindert, dass die Trainingsmethoden und Erfahrungen dieser Athleten bisher in anderen Sportarten aufgenommen und erprobt wurden.“* Inzwischen darf man konstatieren, dass die Trainingsmethoden des Bodybuildings von der Trainingswissenschaft übernommen wurden, ohne jedoch darauf hinzuweisen, dass nicht wissenschaftliche Arbeit zu diesen effektiven Trainingsmethoden geführt hat und dass bis heute viele der übernommenen Belastungsnormativa keiner wissenschaftlichen Überprüfung unterzogen wurden, um eventuell zu einer Optimierung dieser Methoden zu gelangen. Dies wird im folgenden Kapitel ausführlich dargestellt.

Während ein unterstützendes Krafttraining für viele Freizeitsportarten einen sehr empfehlenswerten Trainingsinhalt darstellt, ist es aus dem heutigen Leistungs- und Hochleistungssport, vor allem wenn zum Erreichen von Spitzenleistung Maximal-, Explosiv- und/oder Schnellkraft eine entscheidende Rolle spielen, nicht mehr wegzudenken. Allerdings ist auch hier zunächst darauf zu verweisen, dass eine gut ausgeprägte Skelettmuskulatur bei den heute zum Erreichen von Höchstleistungen erforderlichen Trainingsintensitäten und Belastungsvolumina aus verletzungsprophylaktischer Sicht und bezogen auf einen langfristigen Leistungsaufbau vor allem im Kinder- und Jugendtraining eine wichtige Rolle spielt (Kraemer, Deschenes & Fleck, 1988; Oberbeck, 1991; Stone et al., 1982), wobei das Niveau des Ausprägungsgrades von der Zielbelastung abhängt.

Neben diesen präventiven Aufgaben des Krafttrainings bildet es in vielen Sportarten über die Steigerung der Maximalkraft die Basis für ein hohes Leistungsniveau. Neben einer Verbesserung der Ansteuerung der Muskulatur über das Nervensystem ist vor allem lang-

fristig der Aufbau von Muskelmasse als der entscheidende Faktor für das Erreichen eines hohen Maximalkraftniveaus anzusehen (Baker, Wilson & Carlyon, 1994b; Brechue & Abe, 2002; Bührle, 1989; Bührle & Werner, 1984; Burger & Burger, 2002; Fukunaga et al., 2001; Goldspink & Harridge, 2003; Häkkinen & Komi, 1985; Harris & Dudley, 2000; Kraemer et al., 1995a; Maughan 1984; Sale 1992; Samelman & Alway, 1997; Stone, 1993; Stone et al., 1982; Stone et al., 1996; Watkins, 1999; Young, 1991). Zahlreiche Autoren konnten hohe signifikante Zusammenhänge zwischen Muskelquerschnittsmessungen und der isometrischen Maximalkraft (Brechue & Abe, 2002; Häkkinen, Komi & Kauhanen, 1986; Ikai & Fukunaga, 1968; Ikai & Fukunaga, 1970; Maughan, Watson & Weir, 1983; Maughan, 1984; Zrubák, 1972) bzw. der dynamischen Maximalkraft feststellen (Alway et al., 1992; Mayhew et al., 1993; MacQueen, 1954; Pipes, 1979; Schantz et al., 1983; Wilmore, 1974; Zrubák, 1972). Dieser Zusammenhang konnte auch bei Kindern im Alter von 6 bis 11 Jahren bestätigt werden (Fukunaga, Funato & Ikegawa, 1992). Das Verhältnis von Kraft zu Muskelquerschnitt verhält sich bei Männern und Frauen gleich (Alway et al., 1990; Ikai & Fukunaga, 1968; Schantz et al., 1983). Da die Maximalkraft als eine bestimmende Größe für den Ausprägungsgrad von Explosiv- und Schnellkraft anzusehen ist (Bührle, Müller & Schmidtbleicher, 1982; Schmidtbleicher, 2003), hat sie einen hohen Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit. So konnten Heyden, Droste und Steinhöfer (1988) bei Gewichthebern eine signifikante Korrelation zwischen Maximal- und Explosivkraft von 0.77 ($p \leq 0,05$) ermitteln. Diese Ergebnisse wurden von Pearson und Mitarbeitern (2002) bestätigt, die feststellen konnten, dass bei älteren Gewichthebern (40–89 Jahre) nicht nur ein höheres Maximal-, sondern auch ein höheres Explosivkraftniveau erhalten blieb. Häkkinen, Komi und Kauhanen (1986) ermittelten negative Korrelationen zwischen den Leistungen im Squat Jump (SJ) bzw. Counter Movement Jump (CMJ) und der Zeit, die benötigt wurde, um bei einer isometrischen Messung 2500 N bzw. 3500 N zu erreichen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte auch Baker (1996), der die Sprungkraft von Gewichthebern mit der von Volleyballspielern bzw. Sportlern anderer Sportarten verglich und die besten Resultate bei den Gewichthebern feststellen konnte. Letzelter (1983) ermittelte eine signifikante Korrelation von $r = 0,85$ für den Zusammenhang zwischen der dynamischen Maximalkraft der Beinstreckerkette (Testkriterium: Tiefkniebeuge) und der Kugelstoßweite für Kugelstoßer im Leistungsbereich von 12 bis 16 Metern. Diese Abhängigkeit der Sprungleistung von der dynamischen oder isometrischen Maximalkraft konnte in weiteren Studien bestätigt werden (McBride et al., 2003; O'Shea & O'Shea, 1989; Stone et al., 2003).

Neben dem Einfluss der Maximalkraft auf einen steilen Kraftanstieg konnte in verschiedenen Untersuchungen der Zusammenhang zwischen einem gesteigerten Kraftniveau und einer Verbesserung der Bewegungsschnelligkeit belegt werden (Bührle & Schmidtbleicher, 1977; Colgate, 1966; Heyden, Droste & Steinhöfer, 1988; Lehnertz, 1987; Moss et al., 1997; Schmidtbleicher, 1980; Schmidtbleicher & Haralambie 1981). Je höher hierbei die bei der Bewegung zu überwindende Last ist, desto stärker ist der Einfluss der Maximalkraft auf die Bewegungsschnelligkeit (Heyden, Droste & Steinhöfer, 1988;

Stoboy, 1984; Werchoshanskij & Tatjan 1975). Hieraus ergibt sich unter anderem die hohe Relevanz eines gut ausgeprägten Maximalkraftniveaus für alle Sprintbelastungen, und hierbei im Speziellen für die am Anfang einer solchen zyklischen Bewegung stehende Beschleunigungsphase (Allmann, 1984; Delecluse, 1997; Grosser, Zimmermann & Ehlenz, 1985; Heyden, Droste & Steinhöfer, 1988; Sheppard, 2003; Stone et al., 1998; Young, 1993). Die Bodenreaktionskräfte können beim Sprint in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und dem Streckenabschnitt (hier vor allem Beschleunigungsphase und Abdruck beim Start) zwischen dem 2–5fachen des Körpergewichts liegen (Lafortune, Valiant & McLean, 2000). Hierzu schreibt Lakomy (2000, S. 2): *„The maximum force that a muscle can generate is proportional to its cross-sectional area: the greater the area, then the greater the maximum force that can be produced. Accordingly, if sprint speed is related to muscle strength, then a larger cross-sectional area of active muscle would obviously be advantageous.“* Der zwischen Männern und Frauen unterschiedliche Ausprägungsgrad der Muskulatur und die daraus resultierenden größeren Kraftimpulse und das höhere Leistungspotential des männlichen Organismus stellen den Hauptgrund für die höheren Sprintleistungen der Männer dar (Maughan, 2000). Hierbei sei allerdings erwähnt, dass der Ausprägungsgrad der Muskulatur nur ein optimaler, jedoch kein maximaler sein kann, da ein zu hohes Körpergewicht besonders für die Rennphase, in der eine hohe Geschwindigkeit gehalten werden muss, als eher hinderlich anzusehen ist (vgl. Bührle, 1989; Grosser, Zimmermann & Ehlenz 1985). Da diese Art der schnellen Fortbewegung für eine Vielzahl von Sportarten und Disziplinen eine hohe Relevanz besitzt, wird die Notwendigkeit eines unterstützenden Krafttrainings ersichtlich. Entsprechend liegen Daten zur Belastung des Sprungbeins in der Absprunghase im Hochsprung vor, die zwischen 10000 und 12000 N liegen können (Tancic, 1985). Hierbei erfüllt das Krafttraining sowohl den Zweck des verletzungsprophylaktischen Trainingsmittels als auch den eines entscheidenden Mittels zur Leistungssteigerung. Zudem konnte in verschiedenen Untersuchungen die Abhängigkeit einer hohen physikalischen Leistung von der Maximalkraft vor allem bei azyklischen Bewegungen belegt werden (Baker, 1996; Bartonietz, 1992; Cronin, McNair & Marshall, 2000; Kraemer et al., 1995a; Mayhew et al., 1997; Moss et al., 1997; Pearson et al., 2002; Röcker et al., 1971; Stone et al., 1982; Stone et al., 1998; Wenzel & Perfetto, 1992; Young, 1991). Dieser Zusammenhang gilt sowohl bei der Arbeit gegen hohe als auch niedrige Widerstände (Moss et al., 1997).

All diese Studien zeigen, wie wichtig ein gut entwickeltes Maximalkraftniveau für eine hohe sportliche Leistungsfähigkeit ist. Da nun vor allem langfristig der Muskelquerschnitt der entscheidende Faktor für das Erreichen eines solchen Kraftniveaus ist, wird deutlich, dass ein Hypertrophietraining sowohl aus prophylaktischer Sicht als auch aus Gründen der Leistungssteigerung einen wichtigen, für manche Sportarten sogar entscheidenden Faktor darstellt. Dies bedeutet allerdings nicht, dass die Entwicklung der Maximalkraft bzw. der Muskelmasse, wie bereits erwähnt, einen Maximaltrend verfolgt. Beides muss ein der Zielbelastung angepasstes, optimales Niveau erreichen, da eine zu große Erhöhung des Körpergewichts über eine Hypertrophie der Skelettmuskulatur vor allem in Sportarten mit

einer zyklischen Bewegungskomponente oder hohen Anforderungen an ein relatives Kraftniveau ab einem gewissen Grad leistungsmindernd wirkt. Wo dieser optimale Ausprägungsgrad liegt, ist in den meisten Fällen nicht abschließend zu beantworten. Vieles beruht hierbei auf langjährigen Erfahrungswerten, die jedoch nicht immer kritiklos akzeptiert werden sollten.

Wie im Folgenden dargestellt werden wird, existieren stark divergierende Meinungen darüber, wie ein Training, das den Aufbau von Muskelmasse zum Ziel hat, aufgebaut sein sollte. Auch die Erfahrungswerte der letzten Jahrzehnte, die aus den Sportarten Gewichtheben, Bodybuilding und Kraftdreikampf in das Training anderer Sportarten und die Trainingswissenschaften Einzug gehalten haben, liefern kein einheitliches Bild. Erste Versuche, Krafttrainingsmethoden systematisch auf ihre Auswirkungen hin zu evaluieren, gehen auf die 40er und 50er Jahre zurück (DeLorme, 1946a; DeLorme, 1946b; DeLorme & Watkins, 1948; Hellebrandt & Houtz, 1956; Zinovieff, 1951). DeLorme (1946b) kam bei einer seiner ersten Studien zu dem Schluss, dass die Maximalkraft am effektivsten mit wenigen schweren Wiederholungen zu trainieren ist, die Kraftausdauer hingegen mit vielen Wiederholungen gegen geringere Lasten gefördert wird und dass beide Methoden nicht austauschbar sind. Was folgte, waren bis heute eine Unzahl von Studien, die sich mit der Gestaltung der Belastungsnormativa für eine Trainingsmethode zur effektiven Steigerung des Kraftmaximums befassten. Betrachtet man sich hingegen die Literaturlage zum Thema Hypertrophietraining der, wie geschildert, entscheidenden Basisgröße der Maximalkraft, so ist zu konstatieren, dass Studien, die eine Optimierung der Reizsetzung für diese Art der muskulären Adaptation zu Ziel haben, Mangelware sind. So ist zum Beispiel bis heute unklar, mit welcher Frequenz (Trainingshäufigkeit pro Woche) ein Muskel für das Erreichen eines bestmöglichen Wachstums belastet werden sollte (Gonyea & Sale, 1982; Stone et al., 1996; Tesch, 1992) oder inwiefern das Leistungsniveau eines Athleten Einfluss auf die zu verabreichende Reizkonfiguration hat. Nach Zittlaus' (2001) Ansicht und den Ergebnissen einer von Rhea und Mitarbeitern (2003) durchgeführten Metaanalyse zu urteilen, benötigen Sportler gehobenen Leistungsniveaus zum Beispiel ein höheres Trainingsvolumen als Anfänger, um weiterhin Fortschritte erzielen zu können.

Abschließend sei an dieser Stelle Tesch (1992, S. 377) zitiert, der im Zusammenhang mit der Trainingsgestaltung im Bodybuilding schreibt: *„It is, however, far from understood what the optimal recovery is, what the individual variation is or how the intensity of training influences, the time needed for recovery and optimal adaptative response.“* Bis heute erlaubt die aktuelle Datenlage keine grundlegend andere Aussage als die von Tesch vor über zehn Jahren getätigte.

8 Zusammenfassung

Eine ausgeprägte Skelettmuskulatur spielt in vielerlei Hinsicht eine wichtige Rolle, sei es aus präventiver, um im Alltag den passiven Bewegungsapparat zu entlasten, oder aus leistungssportlicher Sicht, da die Muskelmasse der entscheidende Faktor für ein ausgeprägtes Maximalkraftniveau ist. Eine Analyse der wissenschaftlichen Literatur bringt ein unbefriedigendes Bild des Kenntnisstandes über die Belastungsnormative bzw. ihre optimale Abstimmung aufeinander, um auf möglichst effektive Weise Muskelwachstum zu erzeugen, zu Tage. Ein großer Teil des heutigen Kenntnisstandes beruht auf Erfahrungen, die über Jahrzehnte im Kraftsport (Gewichtheben, Kraftdreikampf, Bodybuilding) gesammelt wurden. Aus diesem Grund soll diese Untersuchung, in der das Belastungsnormativ der Belastungshäufigkeit im Zentrum des Interesses steht, ein Schritt in Richtung einer Erweiterung des Wissensstandes und einer Optimierung des Krafttrainings zur Entwicklung von Muskelmasse sein.

An der Studie nahmen 66 Probanden teil. Die eine Hälfte bestand aus Krafttrainingsanfängern, die andere aus Kraftsportlern mit mindestens zwei Jahren Krafttrainingserfahrung. Trainiert wurde ein-, zwei- und dreimal pro Woche, so dass sich sowohl die Anfänger als auch die Fortgeschrittenen auf jeweils drei Gruppen verteilten. Das Trainingsprogramm für die Armbeuger (*M. biceps brachii*, *M. brachialis*, *M. brachioradialis*) dauerte acht Wochen und zog eine zweiwöchige Detrainingsphase nach sich, in der zwei Tests durchgeführt wurden. Die Trainingseinheiten wurden, soweit möglich, immer im gleichen zeitlichen Abstand voneinander durchgeführt. Das Training bestand aus fünf Sätzen bei drei Minuten interserieller Pause. Jeder Satz wurde bis zum Muskelversagen ausgeführt. Der letzten eigenständig ausgeführten Wiederholung folgten zwei weitere mit Hilfestellung. Die Wiederholungszahl pro Satz sollte im Bereich von acht bis zwölf liegen. Aufgrund der unvollständigen Regeneration innerhalb der Belastungspause musste von Satz zu Satz das Gewicht reduziert werden, um im angestrebten Wiederholungsbereich zu bleiben. War es dem Proband möglich, mit einer Last zwölf Wiederholungen durchzuführen, wurde das Gewicht für den nächsten Satz beibehalten und im nächsten Training um 2,5 kg erhöht. Für die Erhebung der Daten wurden sechs Termine anberaumt. Vor Trainingsbeginn wurde als erstes mittels Kernspintomographie das Muskelvolumen bestimmt. Am folgenden Tag fanden dann die Krafttests statt (dynamisches und isometrisches Maximum; maximale Wiederholungszahl mit 80 % des dynamischen Maximums). Nach vier Trainingswochen wurde ein Zwischentest durchgeführt, der nur den Krafttest beinhaltete. Diese Tests wurden erneut drei Tage nach dem letzten Training durchgeführt. Um sicher zu gehen, dass die Armbeugemuskulatur vollkommen erholt war und eventuell auftretende Detrainingeffekte erfasst werden konnten, wurden die abschließenden Krafttests erst vierzehn Tage nach dem letzten Training durchgeführt. Der zweite Kernspintomographieternin erfolgte dreizehn Tage nach dem letzten Training.

Die Überprüfung der Daten auf Normalverteilung erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test. Da keine Parallelisierung der Gruppen vorgenommen werden konnte, wurden die beiden Gruppen mittels des Scheffé-Tests auf signifikante Gruppenunterschiede für jeden der untersuchten Parameter hin getestet. Die Überprüfung der Varianzhomogenität wurde mittels des Levene-Tests vorgenommen. Für den Fall, dass keine Varianzhomogenität gegeben war, erfolgte eine Korrektur der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser. Zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Parametern wurde die Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson berechnet. Zur Analyse der Gruppen- und Testterminvergleiche wurde die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung zur Beurteilung der Haupteffekte und der Interaktion herangezogen. Zur Analyse der Einzelvergleiche wurde bei signifikantem F-Wert post-hoc der Scheffé-Test herangezogen.

Die Ergebnisse der Kernspintomographie ergaben eine Tendenz zu einer höheren Effektivität, wenn die Trainingshäufigkeit größer als eine Trainingseinheit pro Woche ist. Zwar konnten innerhalb der Gruppen keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden, doch zeigte sich sowohl für die drei Anfängergruppen, wie für die Fortgeschrittenen, dass eine Trainingseinheit pro Woche im Mittel zu den schlechtesten Ergebnissen führte. Die Gruppe mit krafttrainingserfahrenen Athleten, die einmal pro Woche trainierte, konnte innerhalb des Untersuchungszeitraums keinen eindeutigen Zuwachs an Muskelmasse verzeichnen. Betrachtet man die Ergebnisse der Tests für die dynamische Maximalkraft, so bestätigten sich die Ergebnisse der Kernspintomographie. Erneut konnten bei den Anfängern alle drei Gruppen eine signifikante Verbesserung verzeichnen, jedoch erbrachten zwei und drei Trainingseinheiten pro Woche eindeutig bessere Leistungssteigerungen. Zwei und drei Trainingseinheiten pro Woche erbrachten eine signifikant bessere Steigerung der dynamischen Maximalkraft als eine Trainingseinheit pro Woche, ohne sich jedoch untereinander signifikant zu unterscheiden. Erneut scheiterte bei den Krafttrainierten die Gruppe mit einer Trainingseinheit pro Woche daran, einen signifikanten Kraftzuwachs zu erzielen. Eine Belastungshäufigkeit von drei Einheiten pro Woche war dem einmaligen Training pro Woche signifikant überlegen. Zweimal Training pro Woche unterschied sich jedoch nur tendenziell von einer bzw. drei Belastungsreizen pro Woche. Insgesamt bestätigte sich auch hier die Tendenz zu einer Trainingshäufigkeit, die über einer Belastungseinheit pro Woche liegt. Die Messungen der isometrischen Maximalkraft konnten die bisher dargestellten Ergebnisse jedoch nicht bestätigen. Nur die Anfängergruppe mit zwei Trainingseinheiten pro Woche konnte in diesem Testkriterium eine signifikante Leistungssteigerung über den Testzeitraum verzeichnen. Alle anderen Gruppen verzeichneten nur einen eher geringen, statistisch nicht abgesicherten, Leistungszuwachs. Vergleicht man die Entwicklung der dynamischen und der isometrischen Maximalkraft, so ist dieses uneinheitliche Bild der Kraftentwicklungen über koordinative Einflüsse zu erklären. Der direkte Vergleich der Anfängergruppen mit den jeweiligen Gruppen mit gleicher Belastungshäufigkeit der erfahrenen Kraftsportler erbrachte keinerlei signifikante Unterschiede, unabhängig davon, welcher der drei Testparameter (Muskelvolumen, dynamische oder isometrische Maximalkraft) zur Analyse herangezogen wurde. Ferner konnte innerhalb dieser

Arbeit der hohe Einfluss der Muskelmasse auf die dynamische Maximalkraft untermauert werden. Beide Parameter korrelierten sowohl zu Beginn als auch am Ende der Untersuchung mit hoch signifikanten $r = 0,80$ bzw. $r = 0,83$.

Abschließend ist festzuhalten, dass sowohl für Krafttrainingsanfänger und besonders für krafttrainingserfahrene Sportler die zu erwartende Steigerung von Muskelmasse, wie auch der dynamischen Maximalkraft bei einer Trainingseinheit pro Woche gering ist. Während für Anfänger diese Belastungshäufigkeit für einen gewissen Zeitraum ausreicht, um eine Leistungssteigerung und eine Vergrößerung der Muskelmasse zu erzielen, ist langfristig davon auszugehen, dass die Belastungshäufigkeit zu steigern ist. Kurzfristig erbrachten drei Trainingseinheiten pro Woche sowohl bei den Anfängern wie auch bei den Fortgeschrittenen bezogen auf die Entwicklung von Muskelmasse und dem dynamischen Kraftmaximum die tendenziell besten Steigerungen, ohne sich jedoch eindeutig von zwei Trainingseinheiten pro Woche zu unterscheiden. Betrachtet man die Entwicklung der Maximalkraft nach Ende des Trainingsblocks, so zeigt sich besonders bei den Fortgeschrittenengruppe die dreimal pro Woche trainierten in den beiden darauf folgenden Wochen ein weiterer (nicht signifikanter) Anstieg der dynamischen Maximalkraft. Diese verzögerten Anpassungseffekte könnten sowohl in Detrainingseffekten, wie auch in einer Regeneration nach Abschluss des Trainings oder in beiden Mechanismen, begründet sein. Beides könnte darauf hindeuten, dass eine Belastungshäufigkeit von dreimal pro Woche nur über einen begrenzten Zeitraum aufrecht zu erhalten ist, wenn es sich um stark auslastendes bzw. ermüdendes Training handelt. Berücksichtigt man ferner, dass es sich bei den Armbeugern um eine eher kleine Muskelgruppe handelt und damit die Belastung des Gesamtorganismus im Vergleich zu einem Training z. B. der Beinstreckerkette als eher gering anzusehen ist, so darf dies als weiteres Indiz gewertet werden, langfristig zwei Trainingseinheiten pro Woche zur Anwendung kommen zu lassen, um Übertrainingseffekte zu vermeiden.

Weitere Studien werden notwendig sein, um den Einfluss des Leistungsniveaus auf das Ausmaß von Krafttrainingsadaptationen genauer beurteilen zu können. Ferner wird zu analysieren sein, welchen Einfluss die in ein Training involvierte Muskelmasse auf die Festlegung der Belastungsnormative hat, unabhängig davon, welcher Adaptationsmechanismus an ein Krafttraining im Zentrum des Interesse steht. Dies gilt auch für das in dieser Untersuchung gewählte Belastungsnormativ der Belastungshäufigkeit. Basierend auf den Resultaten dieser Untersuchung muss festgehalten werden, dass das beste Verhältnis von Trainingsaufwand und zu erwartendem Ertrag bei einer Belastungshäufigkeit von zwei Krafttrainingseinheiten pro Woche zu erwarten ist, wenn das Ziel des Trainings eine Vergrößerung der Muskelmasse ist.