

**Niklas Resch**

**Metaanalytische Betrachtungen von In-  
tenstitütstechniken im Krafttraining –  
ein explorativer Ansatz**

**Diplomarbeit**

- 1. Gutachter: Dr. Michael Fröhlich**
- 2. Gutachter: Prof. Dr. Eike Emrich**

**Sportwissenschaftliches Institut  
der Universität des Saarlandes**

**Saarbrücken**

**Abgabetermin 08.06.2009**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>INTENSITÄTSTECHNIKEN IM KRAFTTRAINING .....</b>	<b>10</b>
2.1	Geschichte von Intensitätstechniken im Krafttraining.....	10
2.2	Theoretischer Hintergrund zu Intensitätstechniken im Krafttraining .	14
2.3	Methoden von Intensitätstechniken im Krafttraining.....	23
2.4	Intensitätstechniken im Spannungsfeld der Einsatz- und Mehrsatztrainings-Diskussion.....	28
2.5	Entwicklung der Fragestellung.....	33
2.6	Hypothesenformulierung.....	35
<b>3</b>	<b>DIE METAANALYSE .....</b>	<b>36</b>
3.1	Funktion und Begründung.....	36
3.2	Vergleich zum narrativen Review .....	37
3.3	Methodik.....	37
3.4	Probleme und Lösungsansätze .....	41
<b>4</b>	<b>METHODIK .....</b>	<b>47</b>
4.1	Aggregation der Primärbefunde .....	47
4.2	Operationalisierung der abhängigen Variable.....	48
4.3	Kodierung und Bewertung der Primärstudien.....	49
4.4	Befunde der Primärstudien.....	52
4.5	Statistische Verfahren und Effektstärke-Berechnung.....	54
4.6	Methodenkritik.....	56
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>58</b>

<b>5.1</b>	<b>Deskriptive Darstellung inhaltlicher Merkmale der Primärstudien .....</b>	<b>58</b>
5.1.1	Charakteristika der Probanden.....	58
5.1.2	Methodische Merkmale der Primärstudien.....	59
5.1.3	Bewertung der Methodik.....	62
<b>5.2</b>	<b>Effektstärkenvergleich zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining .....</b>	<b>62</b>
<b>5.3</b>	<b>Einfluss von Moderatorvariablen .....</b>	<b>63</b>
5.3.1	Probandenalter.....	64
5.3.2	Studiendauer.....	65
5.3.3	Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung.....	67
5.3.4	Probandencharakteristik.....	68
5.3.5	Trainingshäufigkeit pro Woche .....	69
<b>5.4</b>	<b>Exkurs: Effektstärkeberechnung.....</b>	<b>70</b>
<b>6</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>76</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>87</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANHANG: 96</b>	
	<b>ERKLÄRUNG.....</b>	<b>104</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Intensitätspyramide im Krafttraining (Gießing, 2006, S. 74).....	17
Abbildung 2: Unterteilung der Trainingsformen anhand des Trainingsvolumens. EST = Ein Satz pro Übung und Muskelgruppe ohne Ausbelastungsstrategien. HIT = Ein Satz pro Übung mit eventuell mehreren Übungen pro Muskelgruppe mit Intensitätstechniken (PmM+), ESTmIT = Einsatztraining mit Intensitätstechniken (modifiziert nach Heiduk et al., 2002, S. 5).....	31
Abbildung 3: Lokalisation der Muskulatur bei den Testübungen.....	59
Abbildung 4: Arten der in den Primärstudien verwandten Intensitätstechniken und ihre Häufigkeiten .....	60
Abbildung 5:Effektstärkevergleich zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining ( $M \pm SD$ ).....	63
Abbildung 6: Vergleich der Trainingsformen anhand der Moderatorvariable „Durchschnittliches Probandenalter“ ( $M \pm SD$ ) .....	64
Abbildung 7: Vergleich der Trainingsformen anhand der Moderatorvariable „Studiendauer“ ( $M \pm SD$ ) .....	66
Abbildung 8: Vergleich der Trainingsformen anhand der Moderatorvariable „Körperregion der Muskulatur bei der Testübung“ ( $M \pm SD$ ) .....	67

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung von Intensitätstechniken in 1.Intensitätssteigerung durch Intensivierung der Einzelwiederholung; 2.Erhöhung der Intensität durch Intensivierung des Satzes; 3.Erhöhung der Intensität durch Serienkopplung (modifiziert nach Boeckh-Behrens & Buskies, 2005, S. 19 ff.).....	24
Tabelle 2: Übersicht methodischer Probleme metaanalytischer Untersuchungen und mögliche Lösungsstrategien (modifiziert nach Beelmann & Bliesener, 1994, S. 223 f.) .....	45
Tabelle 3: PEDro-Skala zur Bewertung der Methodik der Primärstudien (modifiziert nach CEBP, 1999, Zugriff am 26.04.2009 unter <a href="http://pedro.org.au/german/scale_item_german.html#scale_9">http://pedro.org.au/german/scale_item_german.html#scale_9</a> ) .....	50
Tabelle 4: Beschreibung von trainingsmethodischen Angaben in den Primärstudien.....	61
Tabelle 5: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte $\pm$ Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Durchschnittliches Probandenalter“ in den verschiedenen Kategorien .....	65
Tabelle 6: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte $\pm$ Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Studiendauer“ in den verschiedenen Kategorien .....	66
Tabelle 7: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte $\pm$ Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung“ in den verschiedenen Kategorien .....	68
Tabelle 8: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte $\pm$ Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Probandencharakteristik“ in den verschiedenen Kategorien .....	68
Tabelle 9: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte $\pm$ Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Trainingshäufigkeit pro Woche“ in den verschiedenen Kategorien .....	69
Tabelle 10: Übersicht über die Ergebnisse der Effektstärkenvergleiche zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT) und Mehrsatztraining (MST) global sowie anhand von Moderatorvariablen .....	70
Tabelle 11: Berechnung aller Effektstärken aus den Primärstudien nach verschiedenen Berechnungsverfahren.....	71
Tabelle 12: 1-RM-Werte (kg $\pm$ SD) der Testübung „Beinpresse rechts“ von Humburg (2007, S. 30 u. S. 38) der Gruppen Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT), Mehrsatztraining (MST) und der Kontrollgruppe. In Klammern die Werte für ES Prä-Post ; ES Kontrollgruppe) .....	74

# Abkürzungsverzeichnis

1-RM = 1-Repetition Maximum

EMG = Elektromyographie

ES = Effektstärke(n)

EST = Einsatztraining

ESTmIT = Einsatztraining mit Intensitätstechniken

HIT = High Intensity Training

HVT = High Volume Training

LVT = Low Volume Training

M = Mean, Mittelwert

MW = Mittelwert

mE = motorische Einheit(en)

MST = Mehrsatztraining

nWM = Nicht-Wiederholungs-Maximum

PmM = Punkt des momentanen Muskelversagens

PmM+ = Punkt des momentanen Muskelversagens plus Intensitätstechniken

SD = Standard Deviation, Standardabweichung

Wdh = Wiederholung

WM = Wiederholungsmaximum

TE = Trainingseinheit

TuT = Time under Tension, Reizspannungsdauer

## Zusammenfassung

**Untersuchungszweck:** Im Rahmen dieser Arbeit sollte die Effektivität von Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT) und Mehrsatztraining (MST) im Krafttraining mit Hilfe metaanalytischer Verfahren verglichen werden. In der Diskussion um die optimale Satzzahl im Krafttraining zeichnet sich eine tendenzielle Überlegenheit des Mehrsatztrainings ab. In bisherigen Metaanalysen zur Einsatz- vs. Mehrsatztrainingsproblematik wurde allerdings nur selten die definitorische Inkonsistenz des Einsatztrainings berücksichtigt. Die vorliegende Arbeit beschränkte sich auf den Vergleich von einem hochintensiven, maximal ausbelastenden Einsatztrainings mit Intensitätstechniken (ESTmIT) und Mehrsatztraining (MST). Dabei sollte überprüft werden, ob bei einem ESTmIT durch die höhere Trainingsintensität trotz geringeren Volumens ähnliche Kraftzugewinne erzielt werden können wie beim MST. Im Rahmen der Metaanalyse konnten bei 233 Probanden (N = 6 Studien) 23 Effektstärken (ES) durch Trainingsinterventionen bezüglich der Maximalkraftveränderung berechnet werden.

**Methoden:** Die aufgenommenen Studien mussten a) mit mehr als sechs Probanden durchgeführt worden sein; b) ein Pre- und Posttestdesign aufweisen; c) die verwendeten Trainingsmethoden angeben; d) ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken im Design beinhalten; e) die Effektivität des Krafttrainings über die konzentrische Maximalkraft (1-RM) operationalisieren; f) die notwendigen Daten zur ES-Berechnung angeben und g) in deutscher, englischer oder französischer Sprache verfasst sein.

**Ergebnisse:** Ein signifikanter Unterschied zwischen ESTmIT ( $0,34 \pm 0,25$ ; N=14) und MST ( $0,46 \pm 0,18$ ; N=9) konnte nicht festgestellt werden ( $U = 41$ ;  $p = 0,17$ ;  $df = 1, 21$ ). Rein arithmetisch betrachtet liegt ES MST um 35,3 % höher als ES ESTmIT. Auch der Einfluss von unabhängigen Moderatorvariablen wie der Studienlänge, der Körperregion der Muskulatur und dem Probandenalter wurde untersucht.

**Diskussion:** Auch wenn kein signifikanter Unterschied zwischen ESTmIT und MST gefunden wurde, so kann dennoch vermutet werden, dass das MST überlegen ist, wenn eine Optimierung der Kraftzuwächse angestrebt wird. Aufgrund der geringen Zahl an aufgenommenen Studien für eine Metaanalyse (N = 6) sind die Ergebnisse aber mit Vor-

sicht in Bezug auf ihre Generalisierbarkeit sowie ihre wissenschaftliche Gültigkeit zu betrachten.

## **Abstract**

**Purpose:** The aim of this study was to compare the effectiveness of single-set resistance-training with intensity techniques (ESTmIT) and multiple-set resistance training (MST) in a meta-analysis. In the scholarly discussion regarding the dose-response relationship in resistance training, it seems that multiple-set training is superior to a single-set training. Of the recent meta-analyses to the controversy, only few take into account the definitional inconsistencies of single-set training. Hence, this study was limited to compare a high-intensity single-set training with intensity techniques (ESTmIT) to multiple-set training (MST). It was analyzed if the higher training intensity of the ESTmIT could lead to similar increases in maximum strength even if the training volume was inferior to MST. In this study, 23 effect sizes (ES) in  $N = 6$  primary studies could be calculated concerning the changes of maximum strength through a training intervention.

**Methods:** The included studies had to a) include more than six test persons; b) have a pre- and posttest-design; c) give information about the training methods; d) include an ESTmIT in their design; e) operationalise the effectiveness of the resistance training by the 1-RM; f) include necessary data for ES-calculation; g) be published in German, English or French.

**Results:** No significant difference between ESTmIT ( $0,34 \pm 0,25$ ;  $N=14$ ) and MST ( $0,46 \pm 0,18$ ;  $N=9$ ) was found ( $U = 41$ ;  $p = 0,17$ ;  $df = 1, 21$ ). From an arithmetical point of view, the ES for MST are 35,3 % higher than the ES for ESTmIT. The influence of independent moderating variables as study length and the age of the test persons were analyzed as well.

**Conclusion:** Even if no significant difference between ESTmIT and MST was found, it can be stated that MST is probably the better resistance training method if maximal strength gains are the trainee's goal. As a result of the very little number of included studies for a meta-analysis ( $N = 6$ ), the results have to be interpreted with caution regarding their generalization and the scientific validity.

# 1 Einleitung

Die Ausbildung eines leistungsfähigen Körpers genießt seit Menschengedenken einen hohen Stellenwert. Bereits in den frühen Hochkulturen Ägyptens, des alten Griechenlands und der römischen Antike wurden besonders die jungen Männer gezielt körperlich geschult (Krüger, 2004, S. 14). In den damaligen Zeiten hatte das Erlangen von Kraft allerdings meist eine andere Funktion als heutzutage:

„Ein politischer Anführer musste auch körperlich stark und geschickt sein. Seine „Fitness“ strahlte nicht nur Vertrauen auf seine Untertanen aus, weil er die militärische Stärke seines Regimes und dessen Fähigkeit verkörperlichte, das Land vor Feinden und Bedrohungen zu schützen. (...) Für ägyptische Königssöhne und Pharaonen war deshalb eine breite „sportliche“ bzw. „athletische“ Ausbildung ebenso unverzichtbar wie für griechische Helden oder römische Feldherren, oder auch für Ritter und Knappen im europäischen Mittelalter, Samurai in Japan oder Häuptlingssöhne und Stammesfürsten auf dem amerikanischen und afrikanischen Kontinent.“ (Krüger, 2004, S. 14)

In heutigen Zeiten ist Krafttraining weniger essentiellen Gründen geschuldet. Dennoch nimmt es in vielen Sportarten, gerade im Leistungssport, eine wichtige Rolle ein. Ohne ein gezieltes Krafttraining sind internationale Topleistungen in fast allen leistungssportlichen Bereichen und Disziplinen unmöglich geworden.

Das Krafttraining genießt aber auch im Freizeitsport eine große Bedeutung. Unter anderem vor dem Hintergrund der immer geringer werdenden alltäglichen körperlichen Anforderungen z. B. durch das Arbeiten am Schreibtisch suchen viele Menschen einen Ausgleich, den sie im Krafttraining finden können.

Dabei wird von Seiten von Übungsleitern und Sportwissenschaftlern immer wieder versucht, einfache Trainingsanweisungen zu entwickeln, die für maximale Kraftzugewinne und einen wohlgeformten Körper sorgen. Zwei der häufig verwendeten Belastungsnormativa sind die Anzahl der Wiederholungen bei einer Übung und die Satzzahl. Dass universell funktionierende Trainingsanweisungen nicht einfach zu finden sind, verdeutlicht das Zitat von Fleck und Kraemer (2004, S. 21).

“The search for an optimal number of sets and repetitions assumes several factors: that an optimal number of sets and repetitions actually exists; that once found it will work for all individuals and exercises or muscle groups; that it will work

equally well in untrained and trained individuals; and that it will promote maximal increases in strength, power, and body compositional changes for an indefinite period of time. These assumptions may not be correct.”

In zahlreichen Studien hat sich gezeigt, dass verschiedene Kombinationen von Satzzahlen und Wiederholungen zu Kraftverbesserungen führen. So haben Kombinationen aus 1 bis 6 Sätzen mit 1 bis 20 Wiederholungen in Trainingsstudien jeweils zu Verbesserungen von Kraftkomponenten geführt. Eine universell beste Kombination hat sich dabei bisher nicht herauskristallisiert (Fleck & Kraemer, 2004, S. 21 ff.).

Das Zitat zeigt, dass sich zahlreiche Einflüsse auf das Krafttraining auswirken. So beeinflusst bspw. der individuelle Trainingszustand die Auswirkungen eines Krafttrainings. Untrainierte Personen reagieren bezüglich der Maximalkraftentwicklung annähernd ähnlich auf unterschiedliche Trainingsprogramme. Die Intensität des Krafttrainings hat bei Trainingsanfängern offenbar keinen großen Einfluss auf die Anpassungen (Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999; Lavin, 1999).

Bei trainierten Personen ist die Belastungsintensität hingegen ein wichtiger Faktor. Sie muss im Trainingsprozess immer weiter gesteigert werden, um entsprechende Verbesserungen der Maximalkraft erreichen zu können. Bei zu geringer Intensität im Krafttraining, d. h. wenn der Reiz zu niedrig ist, wird allenfalls ein Erhalt der Maximalkraft, aber keine weitere Steigerung eintreten. Auch bei Anfängern, die sechs oder acht Wochen Krafttraining absolviert haben, kann eine zu geringe Trainingsintensität zu einer Stagnation im Trainingsprozess führen (Fleck & Kraemer, 2004, S. 170).

Wettkampfbuilder weisen einen sehr hohen Trainingszustand bezüglich der Maximalkraft und der Muskeldicke auf. Um weitere Anpassungen zu erreichen, müssen Trainingsprogramme mit sehr hoher Intensität absolviert werden. Daher haben sich aus der Praxis heraus so genannte „Intensitätstechniken“ entwickelt, die die Intensität eines Trainings noch erhöhen sollen, um Trainingsplateaus zu überwinden und weitere Kraftzuwächse zu erzielen (Gießing, 2006, S. 95).

Intensitätstechniken werden häufig im Rahmen von Einsatzprogrammen eingesetzt. Mit der Durchführung von Intensitätstechniken nach einem ausbelastenden Satz wird die Trainingsintensität noch einmal gesteigert. Gießing (2006, S. 83 f.) bezeichnet ein solches Training auch als „High Intensity Training“ (HIT).

Die Anhänger einer solchen Trainingsform (Gießing, 2006; Heiduk et al., 2002; Philipp, 1999a, b) propagieren ähnliche Kraftzuwächse wie bei einem vergleichbaren Mehrsatztraining bei einem geringeren Zeitaufwand. Kritiker (u. a. Kraemer, 1997; Rhea, Alvar & Burkett, 2002) bemängeln, dass die Reizumfänge durch nur einen einzelnen Satz zu gering sind, um die gleichen morphologischen Anpassungen auszulösen wie ein höhervolumiges Mehrsatztraining.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden Intensitätstechniken näher erläutert und in verschiedene Kategorien eingeordnet. Die beiden gegensätzlichen Positionen zu den verschiedenen Trainingsprogrammen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining werden präzisiert und im Rahmen einer Metaanalyse miteinander verglichen, um Aussagen über die jeweilige Effektivität zu treffen.

## 2 Intensitätstechniken im Krafttraining

Im folgenden Kapitel wird zunächst der geschichtliche Hintergrund von Intensitätstechniken dargestellt. Anschließend werden verschiedene Intensitätstechniken beschrieben und es wird eine Kategorisierung vorgenommen.

Dabei orientiert sich diese Arbeit an der Definition von Gießing (2006, S. 95): „Intensitätstechniken sind Techniken, die es ermöglichen, über den Punkt des momentanen Muskelversagens hinaus zu trainieren.“.

Andere Autoren sprechen in diesem Kontext u. a. von Bodybuildingtechniken oder -prinzipien (Boeckh-Behrens & Buskies, 2001; Breitenstein, 2001; Mießner, 2004; Seibert, 1988; Fleck & Kraemer, 2004). Diese beinhalten teils noch weiter gefasste Trainingsstrategien. Sie werden in diesem Kapitel von den Intensitätstechniken im Sinne von Gießing abgegrenzt.

Bei einer theoretischen Auseinandersetzung mit Intensitätstechniken muss auch immer auf die Einsatz-Mehrsatz-Problematik rekurriert werden. Low-Volume- und High-Volume-Training werden beschrieben und bisherige Forschungsergebnisse aus der internationalen Literatur werden angeführt.

### 2.1 Geschichte von Intensitätstechniken im Krafttraining

Wie bereits erwähnt, ist die Geschichte der Intensitätstechniken eng verbunden mit der Geschichte des Bodybuildings. Dies zeigt sich auch daran, dass sie teilweise als „Bodybuildingprinzipien“ (Boeckh-Behrens & Buskies, 2001, S. 56) oder als „Trainingsmethoden für Bodybuilder“ (Seibert 1988, S. 107 ff.) bezeichnet werden.

Die Trainingsinhalte des Bodybuildings wurden über lange Zeit von Joe Weider geprägt. Er sammelte Erfahrungen aus der Trainingspraxis durch Gespräche mit Top-Bodybuildern aus der Szene und veröffentlichte diese Erfahrungen als „Weider-Prinzipien“ in verschiedenen von ihm verlegten Magazinen wie „Flex“ und „Muscle & Fitness“. Er vertrat dabei den Ansatz eines Krafttrainings mit einem hohen Volumen, d. h. viele Sätze pro Übung sollten seiner Meinung nach durchgeführt werden, um eine entsprechende Hypertrophie zu erreichen. Dies galt über einen langen Zeitraum als die beste, wenn nicht sogar als einzige Methode für Bodybuilder, um Muskelwachstum auszulösen (Weider, 1991; Gießing, 2006).

Als Gegenpol begründete Arthur Jones in den 1970er Jahren das „High Intensity Training“ (HIT), ein hochintensives Training mit einem geringeren Umfang. Er sprach sich u. a. für weniger Sätze pro Übung aus, außerdem sollten die Athleten nur noch zwei bis drei Trainingseinheiten pro Woche absolvieren. Darüber hinaus sollten die einzelnen Einheiten härter und intensiver, dafür aber zeitlich kürzer sein als bisher propagiert. Der Einsatz von Intensitätstechniken wurde zunächst allerdings noch nicht erwähnt.

Jones begründete sein Muskelaufbautraining mit Beobachtungen aus der Tierwelt. Er hatte bei Reisen in Afrika festgestellt, dass sich männliche Löwen seltener, dafür aber schneller bewegten und viel muskulöser waren als die Weibchen, die den ganzen Tag über aktiv waren. Daher war er der Meinung, dass die stärker ausgebildete Muskulatur der Männchen u. a. durch ihr „intensiveres Training“ und die langen Regenerationszeiten resultierte. Dieser unwissenschaftliche Ansatz führte verständlicherweise zu teils heftiger Kritik. Außerdem wurde Jones vorgeworfen, er versuche mit Hilfe des HIT's die Trainingsgeräte seiner Firma Nautilus zu vermarkten.

Nichtsdestotrotz markierte Jones' HIT den Beginn von Überlegungen zu einem Muskelaufbautraining mit einem geringeren Umfang, aber einer höheren Intensität, was letztendlich auch zu einem größeren Bekanntwerden der Intensitätstechniken führte (Gießing 2006, S. 4 ff.).

Mike Mentzer, der selbst aktiver Wettkampfbuilder war und einige Erfolge vorzuweisen hatte (z. B. Mr. Universe 1978), entwickelte Jones' HIT weiter. Mentzer, der ein Psychologiestudium absolviert hatte, versuchte, die Trainingsmethodik analytisch zu ergründen, und nicht wie vorher Weider und Jones, durch Beobachtungen begründete Trainingsanweisungen zu geben. Er ließ das Allgemeine Adaptationssyndrom nach Selye in seine Überlegungen mit einfließen, dass die Reaktionen eines Organismus auf einen äußeren Stressor in drei Phasen gliedert (Selye, 1991).

Die erste Phase, die Alarmreaktion, entspricht dem akuten Trainingsreiz und ist gekennzeichnet durch einen vorübergehenden Muskelabbau.

In der zweiten Phase kommt es zu einer Gegenreaktion, der Muskel hypertrophiert und wird stärker.

Die dritte Phase entspricht einem Zustand des Übertrainings, der sich negativ auf die Muskel- und Kraftentwicklung auswirkt und der nach Mentzer dadurch vermieden wer-

den sollte, dass hohe Regenerationszeiten zwischen den Trainingseinheiten gesetzt wurden.

Nach Selye (1991) ist die Alarmreaktion des Körpers direkt proportional zur Intensität der Belastung. Daraus folgte Mentzer, dass für einen maximalen Muskelzuwachs die Trainingsintensität so hoch wie möglich sein müsse und begründete dadurch auch den Einsatz von Intensitätstechniken.

„Ein weiterer Grundpfeiler von Mentzers hochintensivem „Heavy Duty“-Konzept bestand in der Vorerrmüdung. Diese Methode basiert auf der Annahme, dass große Muskelgruppen wie Brust, Rücken oder Schultern durch Grundübungen allein nicht maximal ausbelastet werden können, weil die kleineren, ebenfalls an der Bewegung beteiligten Muskeln bereits ermüdet sind, bevor die großen Muskeln erschöpfend trainiert werden konnten. So geht man z. B. davon aus, dass die relative Schwäche des Trizeps verhindert, dass die Brustmuskulatur beim Bankdrücken optimal belastet wird. Auf der Grundlage dieser Überlegungen entstand eine Trainingsmethode, bei der jeweils eine „vorerrmüdende“ Isolationsübung mit einer Grundübung kombiniert wurde.“ (Gießing, 2006, S. 28).

Im Falle des Brustmuskels wäre eine mögliche vorgeschaltete Isolationsübung für das Bankdrücken z. B. Fliegende Bewegungen (Butterfly).

Aus heutiger Sicht ist die Nachermüdung die effektivere Methode, um die großen Muskelgruppen auszubelasten (Fröhlich & Gießing, 2006; Gießing, 2005). Dies wird in Kapitel 2.3 genauer erläutert.

Mentzer setzte auch Intensivwiederholungen und negative Wiederholungen (Beschreibung Kapitel 2.3) als Intensitätstechnik ein und wies darauf hin, dass sein Trainingsprogramm aufgrund der enorm hohen Intensität eine längere Regenerationszeit erforderte. Die Publikation seines Trainingsprogramms und seiner Ansichten führte dazu, dass die Intensitätstechniken einem breiteren Publikum bekannt wurden. Mentzer kann allerdings nicht als Erfinder der Intensitätstechniken bezeichnet werden, es gab bereits vorher Ausbelastungsstrategien, und auch später entstanden aus der Praxis heraus weitere Intensitätstechniken.

Da es aber im Bereich des Bodybuildings relativ wenig wissenschaftlich fundiertes Wissen gab, wurden die Erfahrungen eines zu dieser Zeit erfolgreichen Wettkampfbodbuilders sehr ernst genommen und die Intensitätstechniken erfuhren eine größere Verbreitung.

Nach einigen Jahren, in denen das Konzept des HIT in der Bodybuilding-Szene weniger von sich reden gemacht hatte, brachte der Bodybuilder Dorian Yates HIT und damit auch Intensitätstechniken zu Anfang der 90er Jahre zurück in den Fokus der Diskussion um die richtige Trainingsmethode. Er wurde von Mentzer nach einer leicht abgewandelten Version seines High Intensity Trainings gecoachert und konnte sechs Mal in Folge den wichtigsten Bodybuilding-Wettkampf „Mr. Olympia“ für sich entscheiden. Die meisten seiner Konkurrenten trainierten nach der hochvolumigen Methode, wie Weider sie propagiert hatte.

Yates trainierte jede Übung nur mit einem Satz, und um eine maximale Ausbelastung zu erreichen, verwendete er mehrere Intensitätstechniken wie Intensivwiederholungen, Reduktionssätze und Pausensätze. Durch seine Erfolge erfuhr das HIT wieder größere Beachtung unter den Anhängern des Krafttrainings, analog dazu wurden auch Intensitätstechniken weiter bekannt (Gießing, 2006).

Dazu gilt es zu sagen, dass die meisten Intensitätstechniken prinzipiell auch in einem Mehrsatztraining angewandt werden können. Typischerweise wurden sie aber für den Einsatz im Rahmen von einem hochintensiven Einsatztraining vorgesehen. Die meisten der Intensitätstechniken sind aus der Trainingspraxis heraus entstanden und erfuhren häufig über lange Zeit keine wissenschaftliche Überprüfung. Viele der Intensitätstechniken sind nach dem „Trial and Error“-Prinzip entstanden. Da die Wissenschaft in der Krafttrainingsforschung den Bodybuildern keine klaren Leitlinien an die Hand geben konnte, probierten die Athleten selbst unterschiedliche Trainingsprogramme aus. Die Erhöhung der Intensität war dabei einer der Trainingsregler, die gedreht wurden. So entwickelten die Athleten aus ihren Überlegungen heraus Techniken, um die Intensität zu steigern. Dabei galt das Instinktivprinzip: auf die Reaktionen des Körpers hören und für sich selbst die optimale Trainingsmethode entwickeln (vgl. Weider, 1991).

Erst in den letzten Jahren hat eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesem Themenkomplex begonnen. Die Arbeitsgruppe um Boeckh-Behrens und Buskies in Bayreuth hat zahlreiche Krafttrainingsübungen und Techniken mittels EMG-Messung überprüft, um Aussagen über die tatsächlichen Beanspruchungen der Muskulatur machen zu können (u. a. Boeckh-Behrens & Buskies, 2001, 2005). Die EMG-Messung ist nicht der einzige Faktor, der beim Krafttraining zum Auslösen der Hypertrophie eine Rolle spielt. Auch die hormonelle Reaktion des Körpers (vgl. Ahtiainen et al., 2003,

2004), sowie die Stoffwechselbeanspruchungen und Anspannungszeiten der arbeitenden Muskulatur sind entscheidende Faktoren.

Fröhlich und Gießing (2006), Fröhlich et al. (2007) und Gießing (2005) haben sich insbesondere mit den Intensitätstechniken Vor- und Nachermüdung beschäftigt, auch um Trainingsempfehlungen für die Praxis geben zu können.

Weitere Autoren haben sich mit der Effektivität von Intensitätstechniken auseinandergesetzt (u. a. Ahtiainen et al. 2003; Keogh et al., 1999; Philipp, 1999a; Remmert et al., 2005). Diese Forschungsergebnisse sind in die nächsten Kapitel mit eingeflossen, die sich mit den theoretischen Hintergründen zu Intensitätstechniken im Krafttraining beschäftigen.

## **2.2 Theoretischer Hintergrund zu Intensitätstechniken im Krafttraining**

Dieses Kapitel beschäftigt sich ausgehend von der Definition: „Intensitätstechniken sind Techniken, die es ermöglichen, über den Punkt des momentanen Muskelversagens hinaus zu trainieren.“ (Gießing, 2006, S. 95) mit den theoretischen Hintergründen und Überlegungen zu Intensitätstechniken im Krafttraining.

Dabei werden Begrifflichkeiten wie die Belastungsintensität anhand von Abbruchkriterien näher erläutert (Gießing et al., 2005). Außerdem werden die Intensitätstechniken im Sinne von Gießing dabei mit den „Bodybuildingprinzipien oder -formen“ anderer Autoren verglichen und von ihnen teilweise abgegrenzt.

Intensitätstechniken werden meist in Krafttrainingshandbüchern (u. a. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005; Mießner, 2004) oder Literatur zum Bodybuilding beschrieben (u. a. Breitenstein, 2001; Seibert, 1988). Die Bezeichnung und Benennung ist häufig eine andere als „Intensitätstechniken“, auch wenn zum Großteil die gleichen Techniken beschrieben werden.

Seibert (1988, S. 107 ff.) spricht beispielsweise von „Trainingsprinzipien für Bodybuilder“. In eine ähnliche Richtung geht die Bezeichnung von Breitenstein (2001, S. 23 ff.), der die Intensitätstechniken als „Trainingsmethoden für Bodybuilder“ benennt. Boeckh-Behrens und Buskies (2005, S. 19) „Bodybuilding-Prinzipien“ weisen ebenso eine ähnliche Begrifflichkeit auf. Mießner (2004, S. 42) verwendet den eher allgemeinen Begriff „Trainingsmethoden“. Fleck und Kraemer (2004, S. 196 ff.) sprechen in Bezug auf Intensitätstechniken von „training techniques applicable to other systems“ bzw. „Speci-

alized Systems and Techniques“ (S. 199 ff.), diese können nach Angaben der Autoren prinzipiell sowohl bei einem Einsatztraining als auch bei einem Mehrsatztraining angewandt werden.

Allen beschriebenen Bezeichnungen ist gemein, dass sie außer den reinen Intensitätstechniken nach Gießing auch noch andere eher allgemeine Trainingsprinzipien mit einschließen. So wird z. B. das Prinzip der progressiven Belastungssteigerung (Überlastungsmethode) angegeben, das besagt, dass im Trainingsprozess die Gewichte kontinuierlich gesteigert werden müssen, um eine weitere Verbesserung der Maximalkraft zu erreichen (Boeckh-Behrens & Buskies, 2005, S. 29). Auch das Pyramidentraining wird genannt, aber hierbei handelt es sich nicht um Techniken, die es ermöglichen, über den Punkt des momentanen Muskelversagens hinaus zu trainieren.

Diese und ähnliche Trainingsmethoden oder -prinzipien, die nicht in Bereich der Definition von Intensitätstechniken nach Gießing fallen, werden in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt. Unbestritten gibt es eine Vielzahl allgemeiner Trainingsprinzipien, die berücksichtigt werden müssen, um im Krafttraining optimale Trainingseffekte zu erzielen. Auf diese einzugehen, würde allerdings den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Daher beschränkt sich diese Arbeit darauf, Intensitätstechniken aufzuzählen, näher zu erläutern, sowie theoretische Überlegungen zum Einsatz von Intensitätstechniken im Krafttraining aufzuzeigen.

Wenn es auch verschiedene Begriffe für Intensitätstechniken in der Literatur gibt, so herrscht über einen Punkt Einigkeit: Es handelt sich um Trainingsmethoden für Krafttrainingsfortgeschrittene. Von einem Einsatz für Anfänger im Krafttrainingsbereich wird abgeraten (u. a. Fleck & Kraemer, 2004; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Als Beispiele für Intensitätstechniken seien exemplarisch genannt: Die bereits in Kapitel 2.1 beschriebene Vorer müdung und Reduktionssätze. Bei der Intensitätstechnik Reduktionssätze wird zunächst die Übung (z. B. Bankdrücken) so oft durchgeführt, bis keine weitere Wiederholung mehr möglich ist. Dann wird das Gewicht sofort etwas reduziert, und die gleiche Übung wird ohne Pause noch einmal so oft durchgeführt, bis keine weitere Wiederholung mehr möglich ist. Bei Reduktionssätzen kann diese Prozedur mehrfach wiederholt werden. Eine genaue Auflistung und Beschreibung aller Intensitätstechniken findet sich in Kapitel 2.3. Dort wird auch eine Einordnung der verschiedenen Intensitätstechniken in drei Kategorien vorgenommen.

Die Grundüberlegung bei der Durchführung der Intensitätstechniken ist also, die Trainingsintensität zu steigern. Dahinter steht der Gedanke, dass der Körper proportional zur Intensität der Belastung reagiert, d. h. je höher die Intensität, desto größer die Reaktion des Körpers durch Hypertrophie und Maximalkraftzuwachs (Gießing, 2006, S. 26). Die Intensität im Krafttraining wird in der Literatur häufig durch eine Prozentangabe des Einer-Wiederholungsmaximums (1-Repetition-Maximum, 1-RM) angegeben (Fleck & Kraemer, 2004, S. 6; Hohmann, Lames & Letzelter, 2007).

Darüber hinaus spielt ein weiterer Faktor eine Rolle, und zwar die Ausbelastung am Ende der Übung. Boeckh-Behrens und Buskies (2001, S. 31 f.) definieren die Belastungsintensität über den Anstrengungsgrad bei einer Übung. Sie verwenden eine 7-stufige RPE-Skala von 1 = sehr leicht bis 7 = sehr schwer, zur Einschätzung der subjektiven Belastung. Auch andere Autoren berücksichtigen den Anstrengungsgrad bzw. die Ausbelastung bei einer Übung bei der Bestimmung der Intensität (Martin, Carl & Lehnertz, 2001, S. 93; Seibert, 1988, S. 105). Dabei wird meist die Ermüdung des Muskels oder das Muskelversagen als maximale Trainingsintensität definiert, genauere dezidierte Angaben zu einer genauen Steuerung der Ausbelastung werden hierzu allerdings häufig nicht gemacht.

Philipp (1999b, S. 31) unterscheidet in subjektive und objektive Ausbelastung. Die subjektive Ausbelastung entspricht der Muskelermüdung, wenn der Trainierende das Gefühl hat, er kann keine Wiederholung mehr durchführen. Objektive Ausbelastung wird erreicht, indem Ausbelastungsstrategien in Form von Intensitätstechniken eingesetzt werden.

Gießing et al. (2005) bieten eine genauere Systematisierung an. Danach werden vier Stadien der Trainingsintensität beim Krafttraining unterschieden.

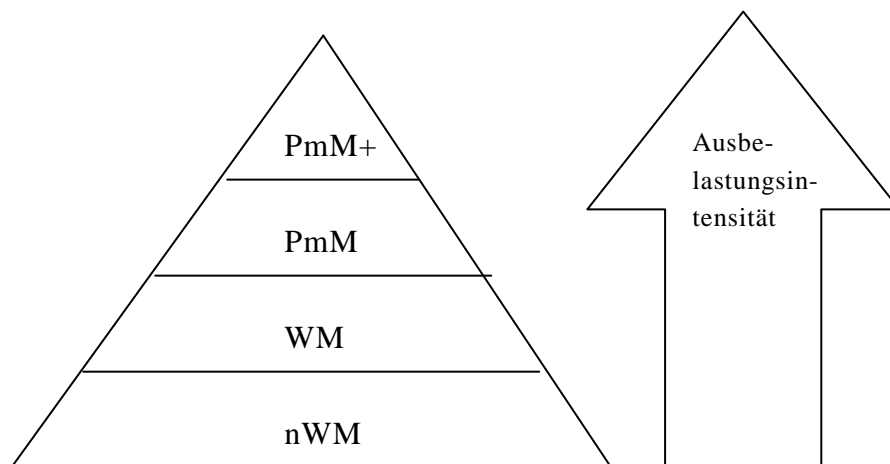
Das **Nicht-Wiederholungsmaximum (nWM, englisch: nRM, non Repetition Maximum)** bezeichnet eine submaximale Intensitätsstufe. Dabei wird der Trainingssatz mit einer bestimmten Wiederholungszahl beendet, weitere Wiederholungen wären aber noch möglich. Das nWM findet vor allem im Anfängertraining oder in der Rehabilitation Einsatz.

Das **Wiederholungsmaximum (WM, englisch: RM)**: Der Trainingssatz wird beendet mit der letztmöglichen Wiederholung, die noch in korrekter Technik, ohne Ausweichbewegungen, bewältigt werden kann.

Der **Punkt des momentanen Muskelversagens (PmM)** bezeichnet den Punkt, an dem es nicht mehr möglich ist, eine bereits begonnene Wiederholung in korrekter Technik zu vollenden. Wenn ein Athlet z. B. beim Bankdrücken elf Wiederholungen mit dem aufgelegten Gewicht schafft, und bei der zwölften Wdh. abbrechen muss, so entspricht das verwendete Gewicht seinem 11-WM und bei der zwölften Wiederholung hat er den PmM erreicht.

Der **Punkt des momentanen Muskelversagens plus Intensitätstechniken (PmM+)** bezeichnet dann eben die Trainingsform, bei der durch die Anwendung von Intensitätstechniken über den PmM hinaus trainiert wird. Dies bezeichnet die absolute Ausbelastung der Muskulatur und damit die höchstmögliche Intensität im Krafttraining.

Eine Übersicht gibt Abbildung 1.



*Abbildung 1: Die Intensitätspyramide im Krafttraining (Gießing, 2006, S. 74)*

Anhand der Pyramide ist klar ersichtlich, dass die Trainingsintensität beim Durchführen von Intensitätstechniken maximal ist. Durch die hohe Intensität sollen auch maximale Hypertrophie und eine größtmögliche Verbesserung der Maximalkraft erreicht werden. Kontrollierte Studien zu dieser Problematik sind allerdings selten, bei Belegen für die Wirksamkeit von Intensitätstechniken handelte es sich häufig um Einzelfallberichte von einzelnen Kraftsportlern und Bodybuildern in einschlägigen Magazinen.

Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass eine höhere Intensität mit einer stärkeren Hypertrophie und vermehrten Maximalkraftzugewinnen einhergehen könnte (u. a. Buskies, 1999; Zatsiorsky, 1995).

Buskies (1999) hat in seiner Studie zum „Sanften Krafttraining“ verschiedene Gruppen von Sportstudenten über acht Wochen mit unterschiedlichen Intensitäten trainieren lassen. Die größten Zuwächse in Bezug auf Maximalkraft und Kraftausdauer hatte dabei die Gruppe, die bis zur muskulären Ausbelastung (WM) trainierte, im Vergleich zu den Gruppen, die die Sätze bei den subjektiven Belastungsempfinden mittel bzw. schwer abbrechen („Sanftes Krafttraining“). Hierbei muss aber erwähnt werden, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant waren. Außerdem wurden in der Studie nicht verschiedene Ausbelastungsstufen im maximalen Bereich (PmM, PmM+) verglichen, so dass über eine Wirksamkeit von noch höherer Trainingsintensität keine Aussagen getroffen werden können.

Dennoch ist es denkbar, dass eine noch höhere Intensität gerade bei Sportlern mit einem hohen Trainingsstand zu größeren Zuwächsen führen könnte. Hier könnte eine maximale Trainingsintensität eine zentrale Rolle spielen, um weitere Anpassungen im Muskelwachstum auszulösen.

Zatsiorsky (1995) beschreibt in seinem „Korridor-Modell“, dass dem Belastungsabbruch als Kriterium im Krafttraining eine größere Rolle zukommen könnte. Das Modell wird auch als „Größenprinzipstheorie des Krafttrainings“ bezeichnet, bezieht sich auf die unterschiedliche Rekrutierung und Eigenschaften der motorischen Einheiten (mE) und setzt sich aus drei wichtigen Annahmen zusammen:

1. Die Rekrutierung der motorischen Einheiten wird durch das Größenprinzip bestimmt, d. h. kleine mE werden zuerst rekrutiert, größere mE werden bei zunehmender Kraftentfaltung rekrutiert.
2. Nur rekrutierte mE werden trainiert, d. h. bei zu geringer muskulärer Belastung werden nicht alle mE rekrutiert, es wird also kein maximaler Trainingseffekt erzielt.
3. Die rekrutierten mE sollten eine Ermüdung erfahren oder zumindest hoch aktiviert werden, d. h. dass die Entladungsfrequenz ihrer Motoneuronen ausreichend groß ist.

Da verschiedene mE unterschiedlich lange Zeiträume bis zur Ermüdung benötigen, könnten die Intensitätstechniken durch eine Verlängerung der Spannungsdauer (Time under Tension) einen Einfluss auf die muskulären Anpassungen haben. Es werden möglicherweise mehr mE ermüdet, dadurch könnte der Trainingseffekt größer sein. Auf die

Rekrutierung an sich haben die Intensitätstechniken allerdings meist keinen Einfluss. Die größten mE werden nur rekrutiert, wenn das zu bewegende Gewicht sich im Bereich der maximal zu hebenden Last befindet. Dies zeigt die Bedeutsamkeit, für ein Hypertrophietraining mit einer ausreichend hohen Prozentzahl des 1-RM zu trainieren. Tidow (1999) verdeutlicht, dass es beim Hypertrophietraining gilt, einen Kompromiss zwischen notwendiger Spannungshöhe (% des 1-RM) und notwendiger Anspannungszeit (Time under Tension) zu finden. Intensitätstechniken könnten bei gleicher Spannungshöhe (gleiche Last wird gewählt) die Anspannungszeit verlängern und dadurch eine vermehrte Hypertrophie auslösen.

Die Spannungshöhe wird in hohem Maße von der Last bestimmt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Muskelspannung umso höher ist, je näher sich das Gewicht am 1-RM befindet. Entscheidend ist aber letztendlich die Spannung des Muskels, die beispielsweise über eine EMG-Messung abgeleitet werden kann.

Keogh, Wilson und Weatherby (1999) haben ein „normales“ Krafttraining, das dem Bereich der Hypertrophie zuzuordnen ist (6-RM), mit verschiedenen Trainingstechniken, darunter auch einigen Intensitätstechniken verglichen. Dabei wurde per EMG die Muskelspannung abgeleitet und die Reizspannungsdauer (TuT) bestimmt.

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass einige Intensitätstechniken wie z. B. Negativwiederholungen, Funktional Isometrics und Breakdowns (Reduktionssatz) (genauere Beschreibung s. Kapitel 2.3) durchaus dazu geeignet sein könnten, einen stärkeren Hypertrophiereiz zu setzen als ein vergleichbares „normales“ Krafttraining (6-RM). Die EMG-Messung ergab, dass die Muskelspannung bei den Intensitätstechniken signifikant höher war als beim 6-RM-Training, und das bei einer längeren Reizspannungsdauer.

Die Intensitätstechniken Rest-Pause-Training und ein Super-Slow-Motion-Training hingegen haben durch eine gleich hohe bzw. teilweise niedrigere EMG-Spannung vermutlich keinen Vorteil bezüglich der Hypertrophieauslösung gegenüber einem „normalen“ vergleichbaren Krafttraining. Die bei beiden Techniken erhöhte Reizspannungsdauer spricht eher dafür, dass diese Techniken vielleicht einen wirksamen Reiz für eine Verbesserung der Kraftausdauer setzen könnten.

Neben der muskulären Spannung und der Reizspannungsdauer ist auch die Hormonreaktion des Körpers auf ein Krafttraining ein wichtiger Faktor für die muskulären Adaptationen. Ahtiainen et al. (2003) fanden Anzeichen dafür, dass die Intensitätstechnik

Forced Repetitions eine stärkere Ausschüttung der Hormone Testosteron, Cortisol und Wachstumshormon (HGH) zur Folge hat als ein „reguläres“ Krafttraining.

In der Versuchsanordnung wurde die Hormonreaktion von trainierten Probanden auf zwei Krafttrainingsprogramme (Maximum und Forced Repetitions) verglichen. Maximum Repetitions (MR) bedeutete eine Übung mit einer Intensität von 12 RM („reguläres“ Krafttraining). Bei Forced Repetitions (FR) wurde eine höhere Last aufgelegt, so dass der Proband diese ungefähr 8 Mal selbst bewältigen konnte. Die restlichen vier Wiederholungen wurden mit Partnerhilfe durchgeführt.

Nach der Absolvierung von 4 Sätzen Beinpresse, 2 Sätzen Kniebeugen und 2 Sätzen Beinstrecken fanden die Autoren einen signifikant höheren HGH- und Cortisolanstieg in der FR-Gruppe als in der MR-Gruppe. Zudem war der Verlust der isometrischen Maximalkraft bei FR stärker ausgeprägt. Die Hormonantwort auf Forced Repetitions und damit auf eine Intensitätstechnik fällt somit stärker aus als auf ein „reguläres“ Training bis zur Erschöpfung. Ahtiainen et al. schließen daraus, dass Forced Repetitions eine überlegene Krafttrainingsmethode insbesondere für stark Trainierte sein kann, da die Hormone, denen eine Bedeutung bei der Muskelhypertrophie zugesprochen wird, stärker ausgeschüttet werden (Ahtiainen et al., 2003).

Wenn Intensitätstechniken im Krafttraining angewandt werden, so muss aufgrund der extremen Intensität von einer relativ langen Regenerationszeit ausgegangen werden. Zatsiorsky und Kraemer (2008, S. 122) veranschlagen für derartige Krafttrainingseinheiten eine nötige Regeneration von mindestens 72 Stunden.

Der notwendige Regenerationszeitraum nach Trainingseinheiten mit Intensitätstechniken könnte sogar noch länger sein. Remmert et al. (2005) konnten zeigen, dass Probanden durch ein Trainingsprogramm mit Intensitätstechniken bei einer Trainingseinheit pro Woche ähnliche Kraftzuwächse erzielen konnten wie Probanden, die nach dem gleichen Programm zwei Trainingseinheiten pro Woche absolvierten. Die Autoren erklärten dies mit einer sehr langen notwendigen Regenerationszeit, die bei zwei Einheiten pro Woche nicht erreicht wurde und somit durch ein Übertraining keine höheren Kraftzugewinne erreicht werden konnten als bei einer Trainingseinheit pro Woche.

In der Literatur finden sich aber durchaus auch kritische Stimmen zu einer absoluten Ausbelastung, wie sie durch Intensitätstechniken angestrebt wird.

Stone et al. (1996) empfehlen, nicht zu häufig bis zur absoluten Ausbelastung zu trainieren („training to failure“). Dies berge ein erhöhtes Verletzungs- und Übertrainingsrisiko. Sie verweisen darauf, dass das Trainingsvolumen (Trainingseinheiten pro Woche, Sätze pro Übung, ...) und die relative Trainingsintensität (% des 1-RM) einen größeren Einfluss auf die Entwicklung der Maximalkraft und Hypertrophie haben als die Ausbelastung. Mit kontrollierten Studien können die Autoren dies aber nicht belegen. Sie empfehlen eine extrem hohe Trainingsintensität allenfalls in kurzen Trainingsabschnitten, um mögliche Trainingsplateaus zu durchbrechen. Das Training mit einer Intensität in Höhe des PmM+ führt nach Ansicht von Stone und Kollegen allenfalls zu einer psychologischen Abhärtung des Trainierenden, weil er sich dafür sehr stark überwinden muss.

Insgesamt kann konstatiert werden, dass bisher nur in wenigen Studien überhaupt überprüft wurde, ob muskuläre Ausbelastung im Krafttraining notwendig ist, oder ob vergleichbare Programme mit einem Belastungsabbruch im submaximalen Bereich nicht ähnliche Adaptationen hervorrufen. Willardson (2007) beschreibt den Forschungsbedarf auf diesem Gebiet. Er kommt nach der Betrachtung der Forschungslage zu dem Schluss, dass es keine gesicherten Befunde dafür gibt, dass Krafttraining immer bis zur „failure“ (Muskelversagen) durchgeführt werden muss. Auch ein Belastungsabbruch im submaximalen Bereich könne Kraftzugewinne auslösen. Er räumt jedoch ein, dass „failure“ dann am effektivsten sein könne, wenn die Trainingsziele Hypertrophie und Maximalkraftzuwachs sind (Willardson, 2007, S. 630).

Für den Bereich der verschiedenen Ausbelastungsstadien im maximalen Intensitätsbereich (WM, PmM, PmM+) können daher noch weniger genaue Aussagen darüber getroffen werden, wie sich verschiedene Intensitäten auf die Anpassungen in Bezug auf Maximalkraft und Hypertrophie auswirken. In diesem Themenbereich wären weitere Forschungsarbeiten wünschenswert.

Zusammengefasst liegen die angenommenen Vorteile von Intensitätstechniken im Krafttraining teilweise in einer höheren Muskelspannung, vor allem aber in einer erhöhten Reizspannungsdauer bei mindestens gleicher Muskelspannung und in einer darin bedingten stärkeren Ausschöpfung der Energiereserven (Gießing, 2006, S. 78).

Auch die stärkere Hormonreaktion könnte einen positiven Effekt auf die Hypertrophie haben (Athiainen et al., 2003).

Bei einer Trainingsplanung müssen die vergrößerten Regenerationszeiten aufgrund der extremen Intensität berücksichtigt werden. Generell gilt dabei, je intensiver trainiert wird, desto länger sollte die krafttrainingsfreie Zeit sein. Bei einem Training mit Intensitätstechniken wird mindestens eine Regenerationszeit von 72 Stunden empfohlen (Remmert et al., 2005, S. 99; Zatsiorsky & Kraemer, 2008, S. 122).

Kritik an Intensitätstechniken gibt es unter anderem in Bezug auf die Gefahr des Übertrainings. Durch die hohe Intensität sind die Athleten stärker für einen Zustand der Übertrainiertheit gefährdet als bei einem Training mit weniger extremer Ausbelastung (Stone et al., 1996).

Es ist zu außerdem zu beachten, dass es sich um Trainingstechniken handelt, die nur bei bereits gut trainierten Personen eingesetzt werden sollen. Ein gesundes Herz-Kreislauf-System sowie ein intakter Bewegungsapparat sind die Voraussetzung für den Einsatz von Intensitätstechniken. Die Verletzungsgefahr ist erhöht, weil die orthopädischen und muskulären Beanspruchungen stärker sind als bei einem „normalen“ Krafttraining mit geringerer Ausbelastung. Auch im extrem ermüdeten Zustand, bei verschlechterter intra- und intermuskulärer Koordination, werden noch hohe Lasten bewegt, dies birgt ein Verletzungsrisiko (Boeckh-Behrens & Buskies, 2001, S. 56).

## 2.3 Methoden von Intensitätstechniken im Krafttraining

Es existieren zahlreiche Intensitätstechniken, die zumeist aus der Praxis des Bodybuildings heraus entstanden sind. Boeckh-Behrens und Buskies (2005) haben die verschiedenen Techniken in Kategorien eingeordnet. Sie unterscheiden vier verschiedene Kategorien:

- a) Intensitätssteigerung durch Intensivierung der Einzelwiederholung
- b) Erhöhung der Intensität durch Intensivierung des Satzes
- c) Erhöhung der Intensität durch Serienkopplung
- d) Intensivierung bzw. Optimierung der Trainingseinheit oder des Trainingsabschnittes

Bei der Intensivierung der Trainingseinheit bzw. des Trainingsabschnittes handelt es sich um die in Kapitel 2.2 angesprochenen allgemeinen Trainingsprinzipien wie z. B. das Prinzip der progressiven Belastungssteigerung. Diese entsprechen nicht der Definition von Intensitätstechniken nach Gießing, daher wurden sie im Rahmen dieser Arbeit nicht näher betrachtet. Daher gibt die folgende Tabelle eine leicht modifizierte Unterscheidung von Intensitätstechniken in drei Kategorien wieder. Dabei sind auch andere Techniken mit eingeflossen, die nicht bei Boeckh-Behrens und Buskies erwähnt wurden (Breitenstein, 2001; Fleck & Kraemer, 2004; Seibert, 1988).

*Tabelle 1: Kategorisierung von Intensitätstechniken in 1.Intensitätssteigerung durch Intensivierung der Einzelwiederholung; 2.Erhöhung der Intensität durch Intensivierung des Satzes; 3.Erhöhung der Intensität durch Serienkopplung (modifiziert nach Boeckh-Behrens & Buskies, 2005, S. 19 ff.)*

<b>Intensitätssteigerung durch Intensivierung der Einzelwiederholung</b>	
Peak contraction	Zusätzliche maximale isometrische Anspannung für 2-3 Sekunden am Bewegungsende.
Stutter repetition	Anheben des Gewichts nur um einen Teil, dann einige Zentimeter absenken, wieder einen Teil anheben, geringfügig absenken usw.
Isolation principle	Der zu trainierende Muskel sollte möglichst isoliert beansprucht werden (auch unilateral).
Teilbewegungen	Verkürzung der Bewegungsamplitude auf den Bewegungsteil mit hoher Muskelaktivierung.
Endkontraktionen (Functional Isometrics)	Mehrere Nachkontraktionen bei sehr kleinem Bewegungsausschlag in der Position des stärksten Krafteinsatzes bei Beuge- und Zugübungen.
Teilbewegungen in Dehnstellung des Muskels	Kurze Teilbewegungen bei Druck- und Streckübungen in Dehnposition des Muskels.
Verlangsamung der Bewegungsgeschwindigkeit (Super-Slow-Motion-Training)	Sehr langsame Durchführung nur des Bewegungsabschnitts mit hoher Muskelaktivierung.
Isometrisches Training mit maximaler Last	Halten eines mit Hilfe eines Partners in eine vorgesehene Winkelstellung gebrachten maximalen Gewichts, bis ein Halten der Last nicht mehr möglich ist.
Ständige Spannung	Der Muskel wird konstant unter Spannung gehalten, es gibt keinen Haltepunkt in der Bewegung.
Negativwiederholungen	Training mit Widerständen von mehr als 100%, wobei die Bewegung in der konzentrischen Phase z.B. durch einen Partner unterstützt wird.

<b>Erhöhung der Intensität durch Intensivierung des Satzes</b>	
Burns oder Partial reps	Bei Muskelererschöpfung werden weitere kleine Teilbewegungen in dem noch möglichen Bewegungsbereich durchgeführt.
Last repetition	Beendigung des Satzes erst, wenn keine weitere Wdh. mehr möglich ist.
Cheating (abgefälschte Wiederholung)	Abfälschen der Bewegung, wenn keine korrekte Wiederholung mehr möglich ist (Schwung und andere Hilfsmuskulatur einsetzen).
Forced repetitions, Intensivwiederholungen	Bei Muskelererschöpfung werden weitere Wdh. in der Serie durchgeführt, indem der Widerstand durch Eigen- oder Partnerhilfe verringert wird.
Drop sets, Reduktionsätze	Bei Muskelererschöpfung werden direkt weitere Wdh. in der Serie durchgeführt, indem das Gewicht verringert wird.
Rest-Pause-Training	Training mit sehr hohen Widerständen, wobei ca. 4 RPT-Wdh. mit je 10-15 Sekunden Pause durchgeführt werden.
Superspeed-Reps	In einem bestimmten Zeitraum werden mit einer bestimmten Last so viele Wdh. wie möglich durchgeführt.
<b>Erhöhung der Intensität durch Serienkopplung</b>	
Super Set	Durchführung je einer Übung für Agonist und Antagonist. Variation: doppelter Supersatz, 4 Übungen ohne Pause.
Compound Sets (Flushing)	Variante des Supersatzes: 2 verschiedene Übungen nacheinander ohne Pause für den gleichen Muskel.
Tri Sets	3 verschiedene Übungen nacheinander ohne Pause für den gleichen Muskel.
Giant Sets	4-6 verschiedene Übungen ohne Pause für den gleichen Muskel.
Vorermüdung	Bei Übungen, bei denen mehrere Muskeln beteiligt sind, wird der Hauptmuskel mit einer anderen Übung möglichst isoliert vorermüdet.
Nachermüdung	Der Hauptmuskel wird nach der Übung durch eine isolierte Übung nachermüdet.
Auswahlprinzip	Mehrere Übungen mit mehreren Sätzen für eine Muskelgruppe, wobei die effektivste Übung zuerst trainiert wird.

Unterbrochene Satzfolgen	Sätze für eine kleine Muskelgruppe werden anstelle der Pause zwischen Sätzen für eine große Muskelgruppe eingeschoben.
--------------------------	--

Es ist durchaus möglich, im Rahmen eines Krafttrainingsprogramms verschiedene Intensitätstechniken zu kombinieren. Exemplarisch seien hier einige Übungskombinationen angegeben, wie sie von Heiduk, Preuss und Steinhöfer (2002) in ihrer Studie verwendet wurden.

In der Beinpresse wurde zunächst der Satz bis zur Ermüdung durchgeführt (10-12 RM). Dann wurden mit Partnerhilfe ein bis zwei Intensivwiederholungen angeschlossen. Danach machten die Probanden mit einem um ca. 25 % Prozent reduzierten Gewicht unmittelbar so viele Wiederholungen wie möglich (Reduktionssatz), woran sich wiederum eine bis zwei Intensivwiederholungen anschlossen.

Eine andere Abfolge ist z. B. bei Butterfließ nach Ermüdung (8-10 RM) eine bis zwei Intensivwiederholungen mit Partnerhilfe, dann eine rund sechssekündige Isometrische Kontraktion im Punkt der größten Kraftentfaltung. Nach einem Reduktionssatz (Gewichtsreduktion ca. 25%) wurden wiederum Intensivwiederholungen und eine Isometrische Kontraktion angehängt.

Weitere Kombinationen sind möglich, die Anzahl der Variationen ist nahezu unbeschränkt, da viele Intensitätstechniken miteinander kombiniert werden können.

Im Folgenden werden einige Ergebnisse aus der Literatur bezüglich einzelner Intensitätstechniken angesprochen.

Eines der Ziele von Intensitätstechniken ist wie erwähnt das Auslösen von Hypertrophie. Beim „Flushing“, dem Aneinanderreihen von verschiedenen Übungen für eine Muskelgruppe, wird über einen längeren Zeitraum ein größerer Blutfluss in den belasteten Muskel erreicht. Fleck und Kraemer (2004, S. 194) gehen davon aus, dass sich dadurch mehr anabole Faktoren wie HGH oder Testosteron an die entsprechenden Muskelrezeptoren binden können. Sie geben allerdings zu bedenken, dass es keine wissenschaftlichen Belege für diese Hypothese gibt. Ein anderer Erklärungsansatz wäre, dass vermehrter Blutfluss zu einer temporären Hypertrophie führt. Flüssigkeit verlässt das Blutplasma und diffundiert in den Muskel. Waldeger et al. (1997, zitiert nach Fleck & Kraemer, 2004, S. 194) haben nachgewiesen, dass vergrößertes Zellvolumen durch Wasser einer der regulierenden Faktoren der Proteinsynthese ist.

Allerdings findet eine vermehrte temporäre Hypertrophie, d. h. ein gesteigerter Blutfluss, auch bei der Durchführung von mehreren Serien einer Übung statt, einem regulären Mehrsatztraining. Von daher beschränkt sich dieser Erklärungsansatz nicht unbedingt nur auf Intensitätstechniken.

Fleck und Kraemer (2004, S. 194) verweisen in diesem Kontext darauf, dass Flushing oder Compound sets ein sehr effektives System für Hypertrophie sind. Ein schnelles Kombinieren von drei Übungen für eine Muskelgruppe ohne Pause, z. B. Lat-pull-downs, seated rows und bent-over-rows führt zu einer verstärkten Hypertrophie. Die Autoren referenzieren auf Ergebnisse eigener Studien, ein genaues Studiendesign oder eine genauere Operationalisierung sind allerdings nicht angegeben. Eine andere Auswirkung dieses Trainings ist den Autoren zufolge eine Verbesserung der Kraftausdauer, weil es wegen der geringen Pausen zu einer Laktatanhäufung und damit zu einem Ansprechen des anaerob laktaziden Stoffwechsels kommt.

Fröhlich und Gießing (2006) haben die beiden Intensitätstechniken Vorermüdung und Nachermüdung miteinander verglichen. Die Vorermüdung galt lange Zeit als gute Technik, um große Muskelgruppen (wie z. B. den Pectoralis Major) durch eine isolierte Vorübung besser auszubelasten. Die Untersuchung zeigte, dass eine umgekehrte Reihenfolge sinnvoller ist. Es sollte besser zuerst die Grundübung (z. B. Bankdrücken) durchgeführt werden und die Isolationsübung (z. B. Butterflies) nachgeschaltet werden. Die Total Force (Last x Wiederholungszahl) ist bei der Nachermüdung höher als bei der Vorermüdung, für manche Muskelgruppen ist der Unterschied signifikant. Die Anspannungszeit (TuT) bei beiden Techniken ist gleich. Daher kann davon ausgegangen werden, dass bei der Methode der Nachermüdung ein wirksamerer Hypertrophiereiz gesetzt wird, weil die Spannungshöhe größer ist. Einen weiteren Vorteil der Nachermüdung sehen die Autoren darin, dass bei der nachgeschalteten Isolationsübung weitere Intensitätstechniken wie bspw. Intensivwiederholungen angeschlossen werden können. Bei der Methode der Vorermüdung ist dies nicht möglich, da die Ausführung der Grundübung durch die vorgeschaltete Isolationsübung bereits beeinträchtigt ist. Weitere Intensitätstechniken bei der Grundübung bergen daher ein zu großes Verletzungsrisiko. Allerdings sollten nicht zu viele zusätzliche Intensitätstechniken bei der Nachermüdung eingesetzt werden, da ansonsten die Anspannungszeit zum Teil in den laktaziden Bereich verschoben würde und eher ein Reiz für die Kraftausdauer gesetzt würde.

Philipp (1999a) hat in einer Einzelfallstudie die Überlegenheit von einem Einsatztraining mit der Intensitätstechnik Negativwiederholungen gegenüber verschiedenen Mehrsatztrainingsprogrammen ohne Intensitätstechniken herausgestellt. Er fand die größten Kraftzuwächse für Kniebeuge, Bankdrücken und Bankziehen jeweils für das Training mit Negativwiederholungen. Die Studie wurde an einem Kaderathleten im Segeln durchgeführt, die Trainingsprogramme fanden jeweils in der Saisonvorbereitung, also in verschiedenen Jahren statt. Wie bei allen Einzelfallstudien sind die Ergebnisse nicht generalisierbar.

## **2.4 Intensitätstechniken im Spannungsfeld der Einsatz- und Mehrsatztrainings-Diskussion**

Die Frage nach der Wirksamkeit der Intensitätstechniken im Krafttraining ist eng verknüpft mit der Diskussion um die optimale Satzzahl im Krafttraining. Die Ursprünge dieser Diskussion liegen in der Bodybuildingwelt der 1970er Jahre, als das hochvolumige Training Joe Weider's mit einem niedrigvolumigeren, aber intensiveren Training Arthur Jones konkurrierte (siehe Kapitel 2.1).

Während die Frage nach anderen Belastungsnormativa wie bspw. der Trainingshäufigkeit pro Woche geklärt scheint (u. a. Fröhlich, 2008), wird über die „richtige“ Satzzahl im Krafttraining sowohl in der nationalen als auch in der internationalen Literatur weiter diskutiert. Oftmals wurde die Debatte recht emotional geführt, insbesondere in der Zeitschrift „Leistungssport“, was einer wissenschaftlichen Klärung der Problematik nicht unbedingt zuträglich war (u. a. Kieser, 1998; Philipp, 1999a, b; Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999; Heiduk et al., 2002).

In der Sportwissenschaft wurden Versuche unternommen, mit Hilfe von Metaanalysen und narrativen Reviews die Problematik der optimalen Satzzahl im Krafttraining zu klären (Galvao & Taaffe, 2004; Fleck & Kraemer, 2004; Fröhlich, 2006; Peterson, Rhea & Alvar, 2004, 2005; Rhea, Alvar & Burkett, 2002; Rhea et al., 2003; Stone et al., 1998; Tan, 1999; Wolfe, Lemura & Cole, 2004).

Ein eindeutiges Ergebnis zeichnet sich nicht ab, dies mag aber auch in den unterschiedlichen Untersuchungsansätzen begründet sein. Gleichwohl ist dennoch eine Tendenz auszumachen: Mehrsatztraining (MST) scheint einem Krafttraining mit nur einem Satz (EST) prinzipiell leicht überlegen zu sein. Dies scheint insbesondere dann der Fall zu

sein, wenn die Probanden bereits krafttrainingserfahren sind und die Trainingsdauer einen bestimmten Zeitraum überschreitet.

Fleck und Kraemer (2004, S. 162 f.) listen 17 Studien auf, die EST und MST vergleichen. Bei zehn Studien war MST signifikant besser. Bei kurzen Studien (Dauer 6 bis 12 Wochen) war die Effektivität von Einsatztraining und MST vergleichbar.

In eine ähnliche Richtung gehen die Ergebnisse von Stone et al. (1998) und Tan (1999), die eine optimale Satzzahl von 3 bis 6 Sätzen in ihren Untersuchungen herausgestellt haben.

Wolfe, Lemura und Cole (2004) stellen bei kurzen Studien und untrainierten Probanden keinen Unterschied zwischen Einsatz- und Mehrsatztraining fest, bei längeren Studien jedoch finden sie jedoch eine Überlegenheit des Mehrsatztrainings.

Die Metaanalyse von Peterson, Rhea und Alvar (2004) ergab eine Trainingsempfehlung von 8 Sätzen für Leistungssportler und 4 Sätzen für untrainierte Personen und Freizeitsportler.

Es gibt allerdings auch Kritik an den oben beschriebenen Ergebnissen. Winett (2004) hat bei der Durchsicht verschiedener Metaanalysen zur Problematik der optimalen Satzzahl im Krafttraining (Peterson, Rhea & Alvar, 2004; Rhea, Alvar & Burkett, 2002; Rhea et al., 2003; Wolfe, Lemura & Cole, 2004) zahlreiche Verstöße gegen methodische Richtlinien festgestellt.

So wurden u. a. Effektstärken aus verschiedenen abhängigen Variablen (z. B. 1-RM, Kraftausdauer, Muskeldicke, Körperfettveränderungen) berechnet, als „overall effect sizes“ gemittelt und miteinander verglichen.

Winett (2004) zweifelt somit die Gültigkeit der Ergebnisse an, weil außerdem die Auswahl der aufgenommenen Studien und die durchgeführte Statistik den Standards der Metaanalyse nicht genügen. Außerdem bemängelt er, dass die Studien keine Theorie zur Erklärung einer Überlegenheit eines MST haben (Winett, 2004, S. 17). Der Autor proklamiert, dass zeitsparendere Einsatzprogramme allen Anscheins nach die gleiche Effektivität aufweisen wie Mehrsatztrainingsprogramme.

Die grundlegendere Problematik ist aber schon eine Stufe früher zu vermuten. In den einzelnen Studien, die in die Metaanalysen und narrativen Reviews aufgenommen wurden, erfolgte die Operationalisierung auf verschiedene Art und Weise. Teils wurde der Trainingserfolg über die Bestimmung des 1-RM's bestimmt, teils aber auch über andere

Parameter wie Kraftausdauerwerte oder über isometrische bzw. isokinetische Kraftmessung.

Zudem herrscht insgesamt eine hohe begriffliche Inkonsistenz bezüglich des Einsatztrainings.

Die Definitionen des Einsatztrainings in der Literatur reichen von einem Satz pro Übung und Muskelgruppe, der bei submaximaler Belastung abgebrochen wird (Boeckh-Behrens & Buskies, 2001, S. 71) bis hin zu einem Satz pro Übung mit ergänzenden Intensitätstechniken und mehreren Übungen pro Muskelgruppe, einem hochausbelastendem Training (Gießing et al., 2005).

Fleck und Kraemer (2004, S.188) definieren Einsatztraining als "...the performance of each exercise for one set [...] using heavy resistances and a few repetitions per set." MST ist dagegen "...virtually any training system that consists of more than one set of an exercise" (Fleck & Kraemer, S. 189).

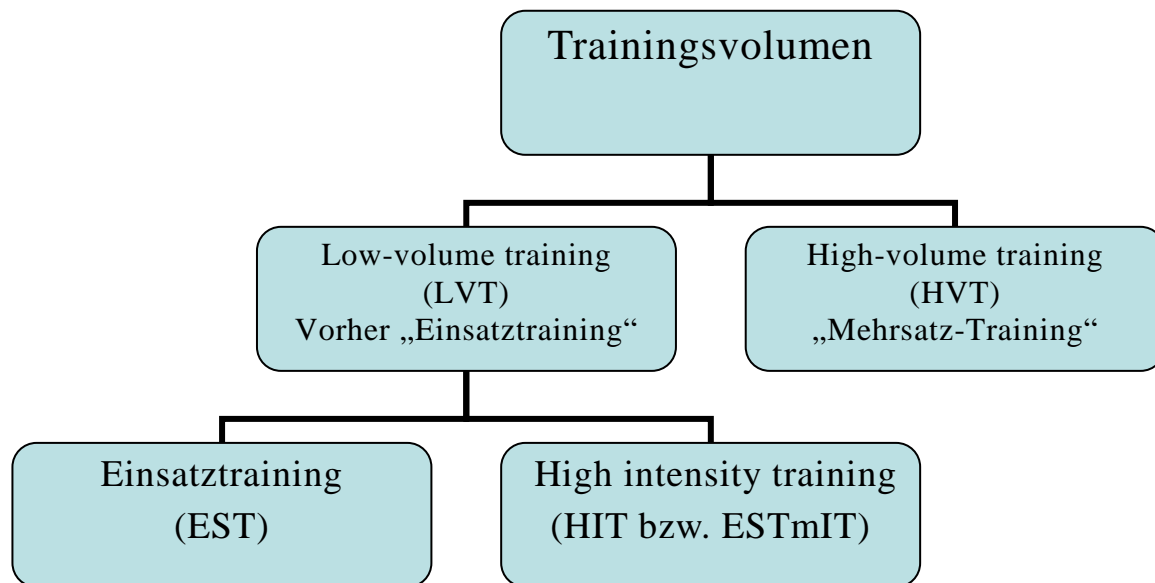
Bei Schlumberger und Schmidtbleicher (1999) ist das Einsatztraining identisch mit dem ersten Satz des MST. Außerdem wird pro Muskelgruppe nur eine Übung mit 8 bis 12 Wdh. bis zur Muskelerschöpfung durchgeführt.

Kieser (1998) präzisiert bei seiner Definition des Einsatztrainings nicht, ob mehrere Übungen pro Muskelgruppe ausgeführt werden.

Diesen eher freizeitsportlichen, gering ausbelastenden Definitionen des Einsatztrainings stehen die Definitionen von Gießing et al. (2005) und Philipp (1999a) gegenüber, für die das Einsatztraining durch den Einsatz von Intensitätstechniken hoch ausbelastend gestaltet wird. Ein Einsatztraining sollte nicht dem ersten Satz eines Mehrsatztrainings entsprechen, sonst habe es seinen Zweck verfehlt. Gießing et al. bezeichnen ihre Form des Einsatztrainings auch als High Intensity Training (HIT). Dabei wird über den Punkt des momentanen Muskelversagens (PmM) hinaus trainiert, und dies mit mehreren Übungen pro Muskelgruppe, um die Muskeln aus verschiedenen Ansatzpunkten heraus zu belasten. Dabei ist die Bewegungsgeschwindigkeit genau festgelegt, die konzentrische Phase dauert 2, die exzentrische Phase 4 Sekunden, und für die isometrische Phase wird eine Sekunde veranschlagt.

Es ist daher zu erwarten, dass die verschiedenen Studien zum Einsatztraining keine homogenen Ergebnisse produzieren, da die Einsatztrainingsprogramme bezüglich verschiedener Trainingsparameter wie z. B. der Intensität sehr unterschiedlich sind.

Heiduk et al. (2002, S. 5) schlagen für eine bessere Präzisierung eine Bezeichnung anhand des Trainingsvolumens vor (s. Abb. 2).



*Abbildung 2: Unterteilung der Trainingsformen anhand des Trainingsvolumens. EST = Ein Satz pro Übung und Muskelgruppe ohne Ausbelastungsstrategien. HIT = Ein Satz pro Übung mit eventuell mehreren Übungen pro Muskelgruppe mit Intensitätstechniken (PmM+), ESTmIT = Einsatztraining mit Intensitätstechniken (modifiziert nach Heiduk et al., 2002, S. 5)*

Die Unterteilung in zwei verschiedene Kategorien des LVT ermöglicht eine deutliche Präzisierung.

Das EST eignet sich für Anfänger, Neueinsteiger sowie Trainierte, die ihre Leistung erhalten wollen. Auch Personen, die nur wenig Zeit investieren können und trotzdem Krafteffekte erzielen möchten, können gut von einem EST profitieren. Ein MST ist eher für Trainierte ausgelegt, die ihre Leistung optimal verbessern wollen, oder für Personen, die durch einen größeren Trainingsumfang mehr Körperfett verbrennen wollen (Boeckh-Behrens & Buskies, 2005, S. 17; Fleck & Kraemer, 2004, S. 188 f.).

Demgegenüber steht das Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT), das eine Alternative zum MST darstell könnte. Diese Bezeichnung wird im weiteren Verlauf der Arbeit verwendet. Die Abgrenzung zum HIT nach Gießing (2006) besteht darin, dass die Bewegungsgeschwindigkeit nicht festgelegt ist. Dies ist in den Studien mit Intensitätstechniken häufig nicht der Fall, daher wurde der Begriff Einsatztraining mit Intensi-

tätstechniken (ESTmIT) für diese Studie ausgewählt. Durch die erhöhte Intensität und die im Satz längere Reizspannungsdauer könnte auch mit einem Einsatztraining eine ähnliche Effektivität erreicht werden wie bei einem Training mit mehreren Sätzen (Gießing, 2006; Remmert et al., 2005).

Einzelne Ergebnisse stützen diese Annahme. Starkey et al. (1996) ermittelten in ihrer Studie gleiche Zugewinne der isometrischen Maximalkraft und der Muskeldicke bei einem ausbelastenden Einsatztraining (allerdings ohne Intensitätstechniken) und einem Dreisatztraining. Die Probanden trainierten dabei über 14 Wochen Beinstrecker und Beinbeuger mit einem 8 - 12 RM. Die isometrische Maximalkraft wurde in sieben Winkeln gemessen. In keinem der Winkelgrade konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Einsatz- und Dreisatztraining festgestellt werden. Auch die Muskeldickenzunahme ergab keinen signifikanten Unterschied. Kritisch muss hier angefügt werden, dass dynamisch trainiert, aber isometrisch gemessen wurde. Dies könnte die Ergebnisse verfälscht haben, da jeweils andere Muskelaktionen bei Training und Testung angesprochen werden.

Hass et al. (2000) haben bei Probanden mit mindestens einjähriger Krafttrainingserfahrung gleiche Zuwächse beim Einsatztraining und bei einem MST bezüglich des 1-RM festgestellt. Demnach könnte ein EST nicht nur bei Untrainierten genauso effektiv sein wie ein MST.

Philipp (1999a) berichtet in einer Einzelfallstudie sogar von größeren Kraftzugewinnen bei einem ESTmIT mit Negativwiederholungen als bei verschiedenen Mehrsatzprogrammen.

Ein weiterer interessanter Ansatz ist bei einer norwegischen Arbeitsgruppe zu finden (Paulsen, Myklestad & Raastad, 2003; Rønnestad et al., 2007). Die Körperregion scheint bei Untrainierten Probanden einen Einfluss auf die Auswirkung des Trainingsvolumens (EST und MST) zu haben. Während die Kraftzugewinne (1-RM) bei der Muskulatur des Oberkörpers bei beiden Gruppen gleich sind, so ergibt sich bei der Muskulatur der unteren Extremitäten ein signifikanter Unterschied. Hier hat die Gruppe, die mit drei Sätzen trainierte, größere Kraftzuwächse (1-RM) zu verzeichnen als die Einsatz-Gruppe. Anscheinend benötigt die Muskulatur der unteren Extremitäten einen größeren Trainingsreiz (größeres Volumen), damit entsprechende Anpassungen ausge-

löst werden. Dies könnte durch die bessere Trainiertheit (mehr Reize im Alltag durch Gehen und Laufen) erklärt werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass auch die begriffliche Inkonsistenz insbesondere des Einsatztrainings in der Literatur dazu geführt hat, dass es immer wieder Diskussionen bezüglich der optimalen Satzanzahl im Krafttraining gegeben hat.

Das EST (siehe Abb. 2) ist eher dem Freizeitsport zuzuordnen. Krafttrainingsanfänger können damit gute Ergebnisse erzielen. Es ist aber für Krafttrainingserfahrene mit Sicherheit dem MST unterlegen, wenn maximale Kraftzugewinne angestrebt werden (Fleck & Kraemer, 2004).

Wenn ein niedrigvolumiges Training (LVT) mit nur einem Satz beispielsweise für Leistungssportler oder Bodybuilder die gleiche Effektivität aufweisen soll wie ein MST (HVT), dann muss die Intensität des Satzes durch Intensitätstechniken erhöht werden und mehrere Übungen pro Muskelgruppe müssen durchgeführt werden (ESTmIT bzw. HIT, Gießing, 2006). Dann ist es denkbar, dass mit einem Satz die gleichen oder vielleicht sogar höhere Maximalkraftzugewinne bzw. mehr Hypertrophie erreicht werden kann als mit mehreren Sätzen.

## **2.5 Entwicklung der Fragestellung**

Wie in Kapitel 2.4 dargestellt, gibt es in der Literatur seit geraumen Zeiten Diskussionen über die optimale Satzanzahl im Krafttraining. Ein zentraler Diskussionspunkt ist dabei, ob mit einem Einsatztraining die gleichen Kraftzuwächse erzielt werden können wie mit einem Mehrsatztraining. Dadurch wäre das Einsatztraining durch einen geringeren Zeitaufwand natürlich eine auch aus ökonomischen Gesichtspunkten hochinteressante Alternative zum Mehrsatztraining. Diese Frage ist aber noch nicht abschließend geklärt. Es gibt zwar eine Tendenz pro MST, die u. a. durch einige Metaanalysen zu diesem Thema gestützt wird (u. a. Fröhlich, 2006; Peterson, Rhea & Alvar, 2004; Rhea, Alvar & Burkett, 2002; Rhea et al., 2003; Wolfe, Lemura & Cole, 2004). Dennoch gibt es weiterhin Anhänger des Einsatztrainings, die es als gleichwertig zum Mehrsatztraining betrachten. Winett (2004) bemängelt bei den oben genannten Metaanalysen zahlreiche methodische Schwachpunkte und vertritt weiterhin die Position, dass MST dem Einsatztraining nicht überlegen ist. Auch andere Autoren sehen das Einsatztraining als ebenbürtige Alternative (u. a. Gießing, 2006; Hass et al., 2000; Heiduk et al., 2002; Philipp, 1999a, b; Starkey et al., 1996).

Einer der Gründe dafür, dass noch nicht geklärt ist, ob Einsatztraining und Mehrsatztraining unterschiedliche Effektivitäten aufweisen, ist die bisher unklare und verschiedene Definition von Einsatztraining in der Literatur (siehe Kapitel 2.4).

Es gibt einzelne Studienergebnisse, die andeuten, dass Einsatztraining zu vergleichbaren oder noch höhere Kraftzugewinne führen kann als ein MST (Hass et al., 2000; Philipp, 1999a, b; Starkey et al., 1996). Es ist zu vermuten, dass dies insbesondere bei krafttrainierten Probanden aber nur dann der Fall ist, wenn es sich um ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken handelt, das eine hohe Ausbelastung aufweist.

Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit dieser Aspekt herausgegriffen und die beiden Krafttrainingsprogramme Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT) und Mehrsatztraining (MST) miteinander verglichen. Dies geschah im Rahmen einer Metaanalyse, um alle möglichen vorhandenen Studienergebnisse mit einfließen lassen zu können und auch eine quantitative Aussage treffen zu können.

Dabei werden neben einem prinzipiellen Vergleich der beiden Trainingsmethoden auch Vergleiche anhand von Moderatorvariablen vorgenommen. Diese wurden anhand der Literaturlage ausgewählt (z. B. Einfluss der Körperregion der Muskulatur (Rønnestad et al., 2007), Einfluss der Studienlänge (u. a. Wolfe, Lemura & Cole, 2004)). Dabei wird z. B. überprüft, ob sich die Effektivität von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei kurzen und bei langen Studien unterscheidet.

Aufgrund der relativ geringen Anzahl der aufgenommenen Studien konnten wichtige Kriterien der Metaanalyse (Rustenbach, 2003) nicht vollständig eingehalten werden, daher handelt es sich um einen explorativen Ansatz einer Metaanalyse.

Die Ergebnisse müssen daher mit der entsprechenden Vorsicht in Bezug auf die praktische Bedeutsamkeit und die wissenschaftliche Gültigkeit interpretiert werden.

## 2.6 Hypothesenformulierung

Die Hypothesen wurden als Unterschiedshypothesen formuliert, da aufgrund der theoretischen Grundlage keine Richtungsbezeichnungen gerechtfertigt waren.

### **Haupthypothese**

H 1.1: Ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken und ein Mehrsatztraining unterscheiden sich hinsichtlich der Effektivität (Veränderung der Maximalkraft).

Im Folgenden werden die Hypothesen zu den Moderatorvariablen (unabhängigen Variablen) formuliert. Dadurch soll überprüft werden, ob diese Variablen einen Einfluss auf die Auswirkungen von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining haben.

### **Probandenalter:**

H 2.1: Das Alter der Probanden hat einen Einfluss auf die Effektivität (Veränderung der Maximalkraft) von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining.

### **Studiendauer:**

H 3.1: Die Studiendauer hat einen Einfluss auf die Effektivität (Entwicklung der Maximalkraft) von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining.

### **Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung:**

H 4.1: Die Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung hat einen Einfluss auf die Effektivität (Entwicklung der Maximalkraft) von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining.

### **Probandencharakteristik (trainiert vs. untrainiert)**

H 5.1: Die Probandencharakteristik hat einen Einfluss auf die Effektivität (Veränderung der Maximalkraft) von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining.

### **Trainingshäufigkeit pro Woche:**

H 6.1: Die Trainingshäufigkeit pro Woche hat einen Einfluss auf die Effektivität (Entwicklung der Maximalkraft) von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining.

### 3 Die Metaanalyse

Die Metaanalyse ist der etymologischen Bedeutung nach eine „Analyse von Analysen“. Der Begriff wurde im statistischen Sinne erstmals von Glass (1976, zitiert nach dem Oxford English Dictionary online) verwendet. Da metaanalytische Verfahren dem Bereich der Psychologie und Medizin entstammen (Rustenbach, 2003) und in der Sportwissenschaft noch keinen ähnlichen Bekanntheitsgrad erlangt haben, wird an dieser Stelle eine kurze Einführung gegeben. Dabei werden die Ziele, Funktionen, und Methodik der Metaanalyse erläutert. Darüber hinaus werden einige Probleme der Metaanalyse angesprochen und Lösungsstrategien aufgezeigt (u. a. Beelmann & Bliesener, 1994).

#### 3.1 Funktion und Begründung

Die Metaanalyse ist die „systematische Integration zahlreich vorliegender Einzelbefunde zu kumulierten Gesamtaussagen“ (Rustenbach, 2003, S. XV). Das Verfahren ist aus der Notwendigkeit heraus entstanden, dass es in den einzelnen Forschungsbereichen insbesondere der Medizin und Psychologie eine hohe Anzahl an empirischen Einzelstudien gab und gibt, die es fast unmöglich machen, einen validen Überblick über den aktuellen Forschungsstand aus der Originalliteratur abzuleiten.

Die Zahl der Datensätze in den Literatur-Datenbanken ist immer weiter angestiegen, Rustenbach (2003, Vorwort) spricht von einem jährlichen Zuwachs allein in der Psychologie um rund 40 000 empirische Arbeiten.

Die Metaanalyse ermöglicht es, einen Überblick zu einer speziellen Forschungsfrage zu geben, indem sie die Befunde zahlreicher Einzelstudien integriert. So können quantitative Aussagen über verschiedene Studien zur gleichen Forschungsfrage getroffen werden, z. B. über die Effektivität mentalen Trainings auf die motorische Leistung. Dabei kann eventuell der Nachweis eines globalen, studienübergreifenden Effektes bei inkonsistenter Befundlage in den Primärstudien ermöglicht werden.

Außerdem können mit Hilfe der Metaanalyse Drittvariablen und deren Einfluss auf die abhängigen Variablen untersucht werden. So kann beispielsweise der Einfluss der Trainingsdauer auf den Zusammenhang zwischen mentalem Training und Verbesserung der motorischen Leistung überprüft werden (Bliesener, 1999, S. 56).

Rustenbach (2003, Vorwort) bewertet die Metaanalyse aufgrund der Integration zahlreicher Befundlagen als eine der wichtigsten Forschungsaufgaben in allen empirischen

Wissenschaften in den nächsten Jahrzehnten. Nur so kann seiner Auffassung nach in den Forschungsgebieten das umfangreiche Wissen valide abgebildet werden.

### **3.2 Vergleich zum narrativen Review**

Die Metaanalyse geht bei der Befundintegration noch einen Schritt weiter als das zuvor häufig angewandte narrative Review. Dabei handelt es sich um das klassische Verfahren der Literaturübersicht, das aber aufgrund seines qualitativen Charakters häufig kritisiert wurde (u. a. Cook & Leviton, 1980). Die Kritik richtete sich dabei gegen die häufig unsystematische Auswahl der Primärstudien und den Ausschluss von Primärstudien aufgrund oft nicht weiter präzisierter Mängel der Primärstudien in der Methodik. Zudem wurde der quantitative Informationsverlust kritisiert, da beim Auszählen nur zwischen signifikanten und nicht signifikanten Ergebnissen unterschieden wurde, die Höhe des Effektes jedoch unberücksichtigt blieb. Darüber hinaus kann bei narrativen Reviews der Einfluss von Drittvariablen kaum überprüft werden und bei einer großen Zahl an Primärstudien kann von einer Überforderung des Reviewers aufgrund der Informationsflut an Datensätzen ausgegangen werden.

Aus diesen Kritikpunkten heraus haben sich verschiedene methodische Lösungsansätze entwickelt, die von Glass (1976) erstmals als Metaanalyse bezeichnet wurden. Diese Strategien versuchen, die oben genannten Mängel in der Befundintegration weitestgehend auszuschließen und vermehrt quantitative Aussagen treffen zu können (Beermann & Bliesener, 1994; Bliesener, 1999; Rustenbach, 2003). Dabei werden sämtliche vorteilhafte Eigenschaften des subjektiv-narrativen Reviews bewahrt (Rosenthal, 1995).

Gegenüber der Primärforschung führen metaanalytische Befundintegrationen zu erhöhter Präzision, Reliabilität, Validität und Teststärke (Rustenbach, 2003, S. 8).

### **3.3 Methodik**

Beermann und Bliesener (1994, S. 212) verstehen die Metaanalyse als „Sammlung konzeptioneller und methodischer Verfahren, die relativ frei kombinierbar sind, und weniger als Oberbegriff unterschiedlicher typologischer Methoden.“ Dennoch können sechs verschiedene Phasen differenziert werden.

- 1) Formulierung einer empirisch bereits geprüften Fragestellung
- 2) Systematische Erfassung und Erhebung der empirischen Primärbefunde (Literatursuche, Studienauswahl)
- 3) Kodierung und Bewertung inhaltlicher und methodischer Merkmale der Studien
- 4) Aggregation der Primärbefunde
- 5) Interpretation der Ergebnisse
- 6) Dokumentation der Ergebnisse

Es kann allerdings nicht davon ausgegangen werden, dass die Metaanalyse stets genau nach diesen Schritten abläuft. Insbesondere zwischen den Schritten 1) und 3) kann es immer wieder dazu kommen, dass Rückkopplungsprozesse auftreten, d. h. dass bspw. durch die systematische Erfassung der Literatur ersichtlich wird, dass die explizite Fragestellung angepasst werden muss (Beelmann & Bliesener, 1994, S. 213). Im Falle dieser Arbeit beispielsweise sollten zunächst Einsatztraining mit einer speziellen Intensitätstechnik und Mehrsatztraining verglichen werden. Nach der Durchsicht der Literatur zeigte sich aber, dass aufgrund der geringen Zahl an Primärstudien auf den Vergleich von Intensitätstechniken insgesamt mit einem MST ausgewichen werden musste.

Die Besonderheit der metaanalytischen Verfahren im Vergleich zu den qualitativen narrativen Reviews ist vor allem die explizite Zusammenfassung quantitativer Befunde (Schritt 4).

Im Folgenden sollen die einzelnen Schritte der Metaanalyse dargestellt werden (vgl. Rustenbach, 2003). Im darauf folgenden Kapitel werden Probleme der metaanalytischen Verfahren erläutert und mögliche Lösungsansätze werden diskutiert.

### ***1) Explizite Formulierung der Fragestellung***

Die Formulierung der Fragestellung zu Beginn der Integrationsstudie muss bereits sehr präzise erfolgen. Es gilt, die theoretischen Hintergründe und Theorien des Forschungsfeldes zu überblicken, damit systematische Hypothesen formuliert werden können. Die Festlegung auf eine genaue Fragestellung und zu überprüfende Hypothesen ermöglicht die Festlegung des angestrebten Geltungs- und Anwendungsbereiches der Ergebnisse. Die Ausrichtung der Fragestellung in dieser Phase hat einen wesentlichen Anteil auf die nachfolgenden Arbeitsschritte.

## **2) Systematische Erfassung und Erhebung der Primärbefunde**

Dieser Schritt entspricht der Datenerhebung bei empirischen Studien. Jedoch weist die Erfassung der Primärbefunde einige Besonderheiten auf. Das Ziel ist es, möglichst umfassend alle Daten zur entsprechenden Forschungsfrage zu akquirieren bzw. nicht passende Studien auszuschließen. Dafür müssen genaue Kriterien festgelegt werden, die die Relevanz der Primärstudien für die Untersuchung definieren. Für diese Arbeit wurde z. B. festgelegt, dass die Studien die Entwicklung der Kraft in Form des 1-RM dokumentieren mussten.

Es sollte allerdings nicht zu viel und zu früh selektiert werden, da dies potenziell zu einer zu homogenen und damit unrepräsentativen Stichprobenauswahl führen kann.

## **3) Kodierung und Bewertung der Primärstudien**

In diesem Arbeitsschritt muss zunächst eine Auswahl relevanter Studienmerkmale getroffen werden, die kodiert werden müssen. Dazu müssen alle aufgenommenen Studien präzise erarbeitet und die entsprechenden Informationen in ein Kodierschema eingetragen werden. Relevante Variablen sind bspw. das mittlere Alter der Probanden, die Länge des Treatments und Angaben über die Methodik der empirischen Studie. Die relevanten Kategorien sollten so weit als möglich a priori festgelegt sein, dennoch muss im Verlaufe des Kodierprozesses immer noch die Möglichkeit bestehen, das Schema zu modifizieren.

Es wird empfohlen, die Kodierung von mehreren Personen vornehmen zu lassen, um subjektive Einflüsse zu minimieren. Die Kodierungsgüte kann über die Interraterreliabilität überprüft werden.

## **4) Aggregation der Primärbefunde**

Die Zusammenführung der Effektstärken verschiedener Studien ist der zentrale Unterschied einer Metaanalyse im Vergleich zum narrativen Review. Die Effektstärke als zentrales Maß für die praktische Bedeutsamkeit quantifiziert die Stärke des Zusammenhangs zwischen der Gruppenzugehörigkeit der Studienteilnehmer und dem Interventionsergebnis, der Veränderung der abhängigen Variablen. Bei dieser Arbeit war dies die Veränderung des 1-RM durch ein entsprechendes Krafttraining.

Durch die Berechnung der Effektstärke über die einzelnen Studien hinweg erhält man eine globale Effektstärke, die aussagekräftiger ist als die Ergebnisse der Einzelstudien.

Zusätzlich zur globalen Effektstärke können auch moderierende Einflüsse von Drittvariablen berechnet werden. Dazu gehören häufig das Geschlecht und das Alter der Probanden. Je nach Forschungsfrage können also mit Hilfe der verschiedenen Drittvariablen, die zuvor bei den einzelnen Studien kodiert wurden, Moderatoreffekte berechnet werden. Dies geht weit über die Möglichkeiten des narrativen Reviews hinaus und wird als einer der Hauptvorteile der Metaanalyse betrachtet.

#### **5) *Interpretation der Ergebnisse***

Die Befunde müssen zusammengefasst und zueinander in Relation gesetzt werden. Da es sich um einen quantitativen Forschungsansatz handelt, sind die Ergebnisse meist sehr umfangreich. Bei der Interpretation müssen potentiell validitätsmindernde Faktoren herausgearbeitet und einbezogen werden. Diese können prinzipiell in allen Schritten der Metaanalyse auftauchen, also müssen mögliche Faktoren bei Erhebung und Selektion, Kodierung und Bewertung sowie bei der Anwendung der statistischen Methoden berücksichtigt werden.

#### **6) *Dokumentation der Ergebnisse***

Für die Darstellung der Untersuchungsergebnisse generell gilt der gleiche Aufbau wie für sonstige wissenschaftliche Arbeiten (Einleitung, Theorie, Methoden, Ergebnisse, Diskussion). Bei der Präsentation der umfangreichen Ergebnisse bietet sich zunächst eine zusammenfassende Darstellung für Primärstudien, Literaturrecherche und -beschaffung in Form einer tabellarischen Häufigkeitsdeskription an. Dem folgen die Werte der Primärstudienmerkmale wie Untersuchungsdesign, Alter der Probanden etc. . Im Anschluss werden dann die „eigentlichen“ Ergebnisse der globalen Effektstärkeberechnung sowie des Einfluss der moderierenden Drittvariablen präsentiert.

### 3.4 Probleme und Lösungsansätze

Zu Beginn hat es zum Teil harsche Kritik an der Metaanalyse gegeben. Eysenck (1978, S. 517) bezeichnete die Durchführung als „exercise in mega-silliness“. Mittlerweile ist die Polemik etwas aus der Diskussion gewichen und hat einer differenzierteren Auseinandersetzung mit der Thematik Platz gemacht.

Trotz der relativen Objektivität des methodischen Verfahrens im Vergleich zu qualitativen Literaturübersichten gibt es dennoch subjektive Einflüsse seitens des Untersuchers, die oftmals nicht sorgfältig genug bedacht werden. Einige Forschungsschritte wie die Formulierung der expliziten Fragestellung, die Auswahl der Studien, die Festlegung der einzelnen Kodierungskriterien und die Art der Effektstärkeberechnung (s. Kap. 5.4 Exkurs Effektstärkeberechnung) unterliegen der Entscheidungsfreiheit des Untersuchers. Dadurch können sich Validitätsminderungen ergeben, wenn diese Schritte nicht genügend aus der Theorie hergeleitet sind. Es erscheint sinnvoll, Metaanalysen diesbezüglich kritisch zu betrachten und mehrere Analysen zu einer Thematik durchzuführen und gegenüberzustellen. Wenn die oben genannten Forschungsschritte aus der Theorie hergeleitet und begründet werden, so kann aber davon ausgegangen werden, dass die subjektiven Einflüsse des Untersuchers auf ein Minimum reduziert werden können (Jackson, 1980).

Die Hauptkritikpunkte an der Metaanalyse beziehen sich allerdings auf die Methodik und daraus resultierende Probleme, die sich in folgende Bereiche gliedern lassen (u. a. Beelmann & Bliesener, 1994; Bliesener, 1999; Cook & Leviton, 1980).

- a) Uniformitätsproblem bzw. Äpfel- und Birnenproblem
- b) Auswahl der Primärstudien (Publikationsverzerrungen („publication bias“) und Identifikationsfehler („retrieval bias“))
- c) Dokumentation der Primärstudien (Fehlende Angaben von Studienmerkmalen und statistischen Kennwerten)
- d) Methodische Qualität der Primärstudien („garbage-in, garbage-out“-Problem)
- e) Probleme der Effektstärkeberechnung und -aggregation (Statistische Abhängigkeiten, Moderatorenanalyse)

Die genannte Gliederung orientiert sich an Beelmann und Bliesener (1994) sowie Bliesener (1999). Die einzelnen Aspekte werden in der Folge präzisiert und mögliche Strategien zur Problemlösung angeführt.

**a) *Uniformitätsproblem bzw. Äpfel- und Birnenproblem***

Das Problem besteht darin, dass die unterschiedlichen Primärstudien inhaltlich nicht identisch sind, d. h. die Untersuchungsdesigns, Konstrukte und Operationalisierungen unterscheiden sich. Der Vorwurf lautet daher, es würden Äpfel mit Birnen verglichen (Hager, 1984). Um dieser Problematik entgegenzutreten, können verschiedene Strategien eingesetzt werden. Je genauer die Fragestellung formuliert und die Konstrukte, Variablen und Untersuchungsobjekte definiert werden, desto besser kann diese Problematik ausgeschaltet werden, da somit eine inhaltliche Vergleichbarkeit gewährleistet wird (Cook & Leviton, 1980). Zur höheren Transparenz und besseren Reproduzierbarkeit sollten Ausschlusskriterien hinsichtlich z. B. der Publikationssprache angegeben werden.

**b) *Auswahl der Primärstudien (Publikationsverzerrungen („publication bias“) und Identifikationsfehler („retrieval bias“))***

Eine Grundannahme der Metaanalyse besteht darin, dass die analysierten Primärstudien eine repräsentative Stichprobe aller Studien zu der Fragestellung darstellen. Diese Repräsentativität kann allerdings durch Publikationsverzerrungen und Identifikationsfehler eingeschränkt werden.

Die Publikationsverzerrung (auch als publication bias bezeichnet) bedeutet, dass nur veröffentlichte Studien in die Analyse miteinbezogen werden und unpublizierte Forschungsberichte und Dissertationen nicht berücksichtigt werden. Dadurch handelt es sich nicht mehr um eine repräsentative Stichprobe. Dies ist umso mehr bedeutsam, da eine Tendenz bei Wissenschaftlern besteht, erwartungskonforme Ergebnisse eher zu veröffentlichen und nicht signifikante Ergebnisse in der heimischen Schublade zu belassen („file-drawer-problem“). Wenn nur publizierte Studien analysiert werden, kann dies zu einer Überschätzung des Effektes führen (Lane & Dunlap, 1978, zitiert nach Bliesener, 1999, S. 58). Um dem entgegenzuwirken, können Arbeitsgruppen bezüglich unveröffentlichter Daten angeschrieben werden. Zur Prüfung der Publikationsverzerrung kann außerdem das „fail-safe-N“ berechnet werden (Rosenthal, 1979). Dies gibt die hypothetische Zahl von Studien mit Nulleffekten an, die existieren müssten, um

einen signifikanten statistischen Befund, der durch die Metaanalyse ermittelt wurde, bedeutungslos zu machen.

Der Identifikationsfehler („retrieval bias“) bezeichnet das Problem, dass aufgrund einseitiger Literaturrecherche, z. B. rein EDV-gestützt, nicht alle Studien zu einer Fragestellung gefunden werden. Zur Vermeidung von Identifikationsfehlern bietet sich die Verwendung multipler Suchstrategien an. Dazu gehören neben der Literaturrecherche in unterschiedlichen Datenbanken auch die Durchsicht einschlägiger Zeitschriften, und vor allem die Auswertung bereits vorliegender Übersichtsarbeiten sowie die Auswertung der Quellen vorliegender Primärstudien nach dem Schneeballsystem.

***c) Dokumentation der Primärstudien (Fehlende Angaben von Studienmerkmalen und statistischen Kennwerten)***

Durch das Fehlen von Angaben bei den Primärstudien kann es zu Selektionseffekten kommen. Wenn entscheidende Informationen bspw. zur Methodik nicht angegeben sind, müssen die Studien eventuell ausgeschlossen werden, u. a. da keine Effektstärken berechnet werden können. Dies kann insgesamt zu großen Informationsverlusten führen, wenn zu viele Studien ausgeschlossen werden müssen. Eine mögliche Strategie sind Verfahren zur Beschaffung oder Rekonstruktion fehlender Daten. Dies ist allerdings sehr zeitintensiv, da Autoren kontaktiert werden müssen oder sich unveröffentlichtes Material beschafft werden muss. Ansonsten gibt es nur die Möglichkeit, fehlende Angaben zu Studienmerkmalen über Verteilungsannahmen zu schätzen (Alexander et al., 1989).

***d) Methodische Qualität der Primärstudien („garbage-in, garbage-out“-Problem)***

Die Tatsache, dass methodisch schwache Studien durch metaanalytische Verfahren nicht im Nachhinein besser werden, hat Eysenck (1978) als „garbage-in, garbage-out“ bezeichnet. Es ist logisch, dass eine Metaanalyse in ihrer Güte von der Qualität der Primärstudien abhängt. Es gibt verschiedene Ansätze, wie mit diesem Problem umgegangen werden kann (vgl. Bliesener, 1999, S. 60). Nach dem Konzept der „best evidence synthesis“ sollen nur die methodisch besten Studien aufgenommen werden und deren Ergebnisse genau diskutiert werden. Beelmann und Bliesener (1994, S. 218) plädieren aber dafür, vorerst auch methodisch schwächere Studien in die Analyse mit aufzunehmen. Es müssen allerdings Mindestanforderungen an die methodische Qualität gestellt werden, um ganz schwache Primärstudien zu exkludieren.

Die methodische Qualität sollte dafür kodiert werden. So kann die Güte der Methodik bei der Berechnung als Moderatorvariable verwendet werden, der Einfluss der Methodik auf die Ergebnisse kann somit eingeschätzt werden. Wenn dabei systematische Kovariationen auftreten, so sollten entweder getrennte Analysen („gute“ vs. „schlechte“ Studien) durchgeführt werden oder die Effektstärken der methodisch guten Studien stärker gewichtet werden.

*e) Probleme der Effektstärkeberechnung und -aggregation (Statistische Abhängigkeiten, Moderatorenanalyse)*

Die Metaanalyse ist bei der Bestimmung der Effektstärken einer Vielzahl von Problemen ausgesetzt. Diese werden hier kurz angesprochen. Eine ausführliche Übersicht findet sich bei Beelmann und Bliesener (1994, S. 219 ff.).

Ein Problem ist die mangelnde Objektivität und Reliabilität der Kodierung von Studienmerkmalen. Es können Unterschiede bei der Kodierung auftreten, wenn sie von verschiedenen Personen vorgenommen wird. Daher sollte die Auswahl der zu kodierenden Studienmerkmale möglichst theoriegeleitet sein und offen beschrieben werden, die Kriterien für die Kodierung sollten klar festgelegt sein. Außerdem sollte die Kodierung für eine Metaanalyse von mehreren Personen vorgenommen werden, um eine Interraterreliabilität zu berechnen. Damit kann dem Problem weitestgehend entgegengetreten werden.

Durch die Aufnahme mehrerer abhängiger Variablen aus einer Studie (z. B. 1-RM, Kraftausdauer und Körperfettveränderungen) sind die Voraussetzungen für die in einer Metaanalyse angewandten inferenzstatistischen Verfahren verletzt, da hierfür unabhängige Stichproben vorliegen müssen. Eine Variante ist, diese Tatsache zu ignorieren, da man davon ausgeht, dass, wenn die Zahl der Effektstärken nur unwesentlich größer ist als die Zahl der unabhängigen Stichproben, sich dann die Verzerrung der Parameter in Grenzen hält. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die verschiedenen Effektstärken einer Studie arithmetisch zu mitteln und nur einmal einfließen zu lassen, dabei ist allerdings der Informationsverlust zu beachten.

Die Gewichtung von Effektstärken bezieht sich auf zwei Aspekte:

Ausreißer können dazu führen, dass die berechnete globale Effektstärke stark beeinflusst wird. Daher sollten parallele Analysen mit und ohne Ausreißer durchgeführt werden, um die Höhe des Einflusses zu bestimmen.

*Tabelle 2: Übersicht methodischer Probleme metaanalytischer Untersuchungen und mögliche Lösungsstrategien (modifiziert nach Beelmann & Bliesener, 1994, S. 223 f.)*

<b>Problem</b>	<b>Aspekt</b>	<b>Mögliche Strategien</b>	<b>Restriktionen</b>
Uniformitätsprobleme	Konzeptionelle Heterogenität der Primärstudien („Äpfel-und-Birnen-Problem“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Möglichst präzise Formulierung der Fragestellung</li> <li>- Möglichst genaue Erklärung der relevanten Konstrukte</li> <li>- Evtl. Einführung weiterer theoretisch abgeleiteter Selektionskriterien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine</li> <li>- Keine</li> <li>- Keine</li> </ul>
Auswahl der Primärstudien	Publikationsverzerrungen  Identifikationsfehler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse publizierter und unveröffentlichter Daten</li> <li>- Berechnung des „fail-safe-N“</li> <li>- Einsatz multipler Suchstrategien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unveröffentlichte Studien sind oft schwer zu beschaffen</li> <li>- Keine</li> <li>- Keine</li> </ul>
Dokumentation der Primärstudien	Fehlende Angaben zu Studienmerkmalen  Fehlende Angaben zu statistischen Kennwerten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulierung von apriori-Regeln zum Ausschluss schlecht dokumentierter Studien</li> <li>- Rückfrage bei Primärstudienautoren</li> <li>- Schätzung von Parameterverteilungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evtl. erhebliche Reduktion des Studienpools</li> <li>- Hoher Aufwand</li> <li>- Setzt hohe theoretische Kenntnis voraus</li> </ul>
Methodische Qualität der Primärstudien	Unzureichende Qualität („garbage-in, garbage-out“)  Variierende Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition von Mindestanforderungen</li> <li>- Berechnung des Einflusses der Methodik der Primärstudien über Subgruppenanalyse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evt. Erhebliche Reduktion des Studienpools</li> <li>- Bewertung der Methodik unterliegt uneinheitlichen Kriterien</li> </ul>
Probleme der Effektstärkenberechnung und -aggregation	Unreliabilität der Effektstärkenschätzung  Statistische Abhängigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewichtung der Effektstärken nach Stichprobengröße</li> <li>- Effektstärkenschätzung mit und ohne Ausreißer</li> <li>- Berechnung mittlerer Studieneffektstärken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kenntnis der jeweiligen Stichprobengröße</li> <li>- Ausreißerdefinition</li> <li>- Evtl. erheblicher Informationsverlust</li> </ul>

Was die Moderatorenanalyse angeht, so sollten die potentiellen Moderatoren ausschließlich aus der Theorie heraus bestimmt werden. Eine übermäßige Analyse von Moderatoren könnte zu falsch signifikanten Ergebnissen führen.

---

Cooper (1991) kritisiert, dass Autoren sich im Rahmen von Metaanalysen darauf beschränken, nur mittlere Effektstärken zu bestimmen. Zu selten würden auch Versuche unternommen, diese Effektstärken theoriegeleitet zu erklären. Er fordert, dass Metaanalysen auch immer einen Beitrag zur Theorieprüfung leisten müssen, neue Forschungsfragen erarbeiten und Hypothesen überprüfen sollen, die in Primärstudien noch nicht überprüft wurden. Cooper räumt ein, dass allerdings dadurch Grenzen gesetzt sind, dass Daten nicht gleichzeitig zur Entwicklung und Testung von Theorien verwendet werden können.

## 4 Methodik

In diesem Kapitel wird der gesamte Ablauf der Integrationsuntersuchung beschrieben. Dabei werden die Operationalisierung der abhängigen Variable sowie die Selektionskriterien für die Primärstudien dargelegt. Darüber hinaus wird die Literaturrecherche dokumentiert und erste Befunde der Primärstudien (u. a. Publikationszeitraum, Publikationssprache) werden vorgestellt. Die angewendeten statistischen Verfahren insbesondere zur Berechnung der Effektstärke werden angegeben.

Abschließend findet eine kritische Auseinandersetzung mit der Methodik der durchgeführten Metaanalyse statt.

### 4.1 Aggregation der Primärbefunde

Die **Literaturrecherche** erfolgte im ersten Zug über die Online-Recherche in verschiedenen Datenbanken. Dazu gehörten die Datenbanken des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (SpoLit, SpoFor und SpoMedia), die Virtuelle Fachbibliothek der Sportwissenschaft [www.vifasport.de](http://www.vifasport.de) (u. a. SPONET, SPOWIS), die medizinisch orientierten Datenbanken PubMed und MedLine, sowie die Zentralbibliothek der Deutschen Sporthochschule Köln. Zudem wurde eine ausführliche Online-Recherche in der Datenbank des amerikanischen „Journal of Strength and Conditioning Research durchgeführt.

Die Deskriptoren bzw. Schlagwörter bei der Suche waren „Intensitätstechnik\*<sup>1</sup>“, „intensity technique\*“, „Reduktionssätze“, „breakdown set\*“, „forced repetition\*“, mit und in Verbindung mit „Training“, „training“, „Krafttraining“, „strength training“ und „resistance training“. Weitere Schlagwörter waren „Einsatztraining“, „single set training“, „Mehrsatztraining“, „multiple set training“ und „high intensity training“.

Darüber hinaus erfolgte die Durchsicht bereits vorliegender Publikationen zur Thematik. Hierdurch wurden Literaturquerverweise nach dem Schneeballsystem gesichtet.

In einem Fall wurden die Autoren per E-Mail angeschrieben, um fehlende Daten zu erhalten. An dieser Stelle sei für die freundliche Hilfe gedankt, da alle benötigten Daten bereitwillig zur Verfügung gestellt wurden.

---

<sup>1</sup> Das Anfügen eines Sterns bedeutet, dass in Datenbanken der Wortstamm gesucht wird. „Intensitätstechnik\*“ findet z. B. auch „Intensitätstechniken“

Die Literatursuche wurde am 31.12.2008 abgeschlossen. Eventuelle später publizierte Studien wurden nicht berücksichtigt.

Die **Kriterien für die Studienselektion** waren folgende:

Die Primärstudie musste

- a) mit mehr als sechs Probanden durchgeführt worden sein
- b) ein Pre- und Posttestdesign aufweisen
- c) die verwendeten Trainingsmethoden angeben und beschreiben
- d) ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken im Design beinhalten
- e) die Effektivität des Krafttrainings über die konzentrische Maximalkraft (1-RM) operationalisieren.
- f) die notwendigen Daten zur ES-Berechnung angeben
- g) in deutscher, englischer oder französischer Sprache verfasst sein.

## **4.2 Operationalisierung der abhängigen Variable**

Als abhängige Variable zum Vergleich der beiden Trainingsformen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining wurde die Effektivität des Trainings bestimmt.

Die Effektivität wurde operationalisiert über die Veränderung der dynamischen konzentrischen Maximalkraft (1-RM). Prinzipiell könnte die Effektivität eines Krafttrainingsprogrammes auch über andere Kriterien wie z. B. die Kraftausdauer, die Veränderung des Körperfettanteils oder aber isometrische oder isokinetische Maximalkraftmessungen operationalisiert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde allerdings das 1-RM als die bestmögliche Variable identifiziert (Gießing et al., 2005; Gießing, 2006; Rhea, 2004b).

Zum einen handelt es sich bei den verglichenen Trainingsprogrammen vor allem um Programme, die Hypertrophie auslösen und die Maximalkraft verbessern sollen (Gießing, 2006). Daher bietet es sich an, die Effektivität des Trainings auch über die Veränderung der Maximalkraft zu operationalisieren. Kraftausdauer-effekte und Veränderungen des Körperfettanteils sind zwar auch zu erwarten und wurden teilweise in den Primärstudien auch erhoben (u. a. Kraemer, 1997), sind aber für diese Fragestellung eher von untergeordnetem Stellenwert.

Ein zweiter Vorteil findet sich in der Methodik der Erhebung des 1-RM. Hier herrscht in der Literatur weitgehend Einigkeit, während bspw. bei der Erhebung der Kraftausdauer unterschiedliche Methoden angewendet werden (vgl. Rhea, 2004b).

Zudem sollte die Messung der Variablen auch bei der gleichen Muskelaktion gemessen werden, mit der trainiert wird. Eine isometrische Messung der Maximalkraft bei einem dynamischen konzentrisch-exzentrischen Trainingsprogramm gibt möglicherweise keinen genauen Rückschluss auf die Effektivität.

### 4.3 Kodierung und Bewertung der Primärstudien

Die Kodierung der Primärstudien erfolgte nach einem a priori festgelegten, allerdings offenem Kodierschema (Rustenbach, 2003, S. 41 ff.). Das Schema beinhaltete verschiedene Kategorien, in denen jeweils mehrere Merkmale kodiert wurden<sup>2</sup>. Die einzelnen Kategorien waren:

- a) Beschreibung der Studie: Deskriptive Informationen zu Autoren, dem Jahr der Publikation, Studiendesign, Probandenanzahl und -alter etc.
- b) Informationen zur Testung und zu den Trainingsprogrammen, bspw. die Anzahl der Test- und Trainingsübungen, Angaben zu den Belastungsnormativa wie Trainingshäufigkeit/Woche, Angabe der Testmethodik etc.
- c) Informationen zur Methodik bzw. der Bewertung der Studie: Benotung der Methodik, Bewertung der Validität sowie Angabe von statistischen Prüfgrößen und -verfahren.
- d) Fazit der/des Autor(en)s: Einschätzung der Ergebnisse durch den/die Autoren sowie besondere Bemerkungen zur Primärstudie.

Die ausführliche Kodierliste findet sich im Anhang dieser Arbeit.

Im Vorfeld wurde entschieden, das Studienmerkmal „Bewertung der Methodik“ mit aufzunehmen, um eventuelle Einflüsse von „guten“ und „schlechten“ Studien auf die beiden Trainingsformen zu überprüfen. Die Bewertung der Methodik wurde mit 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 =

---

<sup>2</sup> Als Vorlage diente die Kodierliste der Metaanalyse zur Einsatz- und Mehrsatztrainings-Problematik von Dr. Michael Fröhlich (2006), die entsprechend der Anforderungen dieser Arbeit angepasst und ergänzt wurde. Einzelne Studien wurden von Teilnehmern der Arbeitsgruppe „Metaanalyse“ kodiert und die Ergebnisse miteinander verglichen, um die Reliabilität der Kodierung zu gewährleisten.

befriedigend, 4 = ausreichend, 5 = mangelhaft, 6 = ungenügend kodiert, wobei die Einteilung, angepasst an den trainingswissenschaftlichen Forschungsbereich, sich an der PEDro-Skala des Centre for Evidence-Based Physiotherapy (CEBP, 1999) orientierte (s. Tabelle 3).

*Tabelle 3: PEDro-Skala zur Bewertung der Methodik der Primärstudien (modifiziert nach CEBP, 1999, Zugriff am 26.04.2009 unter [http://pedro.org.au/german/scale\\_item\\_german.html#scale\\_9](http://pedro.org.au/german/scale_item_german.html#scale_9))*

1. Ein- und Ausschlusskriterien der Probanden wurden angegeben Dieses Kriterium gilt als erfüllt, wenn berichtet wird, wie die Probanden rekrutiert wurden, und wenn eine Liste mit Kriterien dargestellt wird, die genutzt wurde, um zu entscheiden, wer geeignet war an der Studie teilzunehmen.
2. Randomisierte Gruppenzuteilung der Probanden Stellt die Vergleichbarkeit der verschiedenen Gruppen her. Genauere Methode der Randomisierung muss nicht angegeben sein.
3. Verborgene Zuordnung zu den Gruppen Bedeutet, dass die Person, die entschieden hat ob der jeweilige Proband für eine Teilnahme geeignet war oder nicht, zum Zeitpunkt dieser Entscheidung nicht wissen konnte, welcher Gruppe der jeweilige Proband zugeordnet werden würde.
4. Gruppenhomogenität zu Beginn der Studie Durch eine Eingangsmessung muss festgestellt werden, ob sich die Gruppen nicht schon im Vorfeld signifikant unterscheiden.
5. – 7. Verblindung der Probanden, Therapeuten und Untersucher Diese Kriterien sind in der trainingswissenschaftlichen Untersuchungspraxis nicht praktikabel und wurden nicht in die Bewertung mit einbezogen.
8. Es wurde von mehr als 85 % der Startgruppe auch ein Ausgangswert gemessen. Probanden, von denen es keine Ausgangsmessung gibt, können sich systematisch von denjenigen unterscheiden, von denen Werte zu einem zweiten Messzeitpunkt gemessen werden konnten. Hierin liegt ein Potenzial für Verzerrungen.
9. Alle Probanden erhielten das vorgesehene Treatment Bezieht sich darauf, ob es im Untersuchungsablauf keine Protokollverletzungen gab, z. B. ein ursprünglich der Experimentalgruppe zugeordneter Proband die Behandlung der Kontrollgruppe erhielt.
10. Für min. eine abhängige Variable wurde ein statistischer Gruppenvergleich vorgenommen Unterschiede zwischen verschiedenen Behandlungs- bzw. Kontrollgruppen sollen auf ihre Überzufälligkeit überprüft werden.
11. Die Studie berichtet Punkt- und Streuungsmaße Um statistische Unterschiede zu überprüfen, werden nicht nur Mittelwerte, sondern auch Streuungsmaße wie z. B. die Standardabweichung benötigt.

Von den ursprünglich elf Kriterien dieser Skala, die für den medizinischen Bereich ausgelegt ist, wurden acht beibehalten, da eine Verblindung der Probanden, Therapeuten bzw. Untersucher im trainingswissenschaftlichen Studiendesign nicht praktikabel ist. Für jedes mit „Ja“ beantwortete Kriterium wurde ein Punkt vergeben. Je nach Summe der Punkte ergab sich ein Richtmaß für die Bewertung der Methodik der Primärstudien. 0 Punkte wurden als „ungenügend“ (1) bewertet, 1 Punkt entsprach der Kategorie „mangelhaft“ (5), 2-3 Punkte der Kategorie „ausreichend“ (4), 4-5 Punkte der Kategorie „befriedigend“ (3), 6-7 Punkte der Kategorie „gut“ (2) und 8 Punkte der Kategorie „sehr gut“ (1). Allerdings erfolgte gegebenenfalls eine Anpassung der Kategorie. Wenn in einer Primärstudie die Trainingsprogramme nicht vergleichbar waren (z. B. Kraemer 1997c), da z. B. beim Mehrsatztraining mehr Übungen absolviert wurden und häufiger in der Woche trainiert wurde als beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken, dann konnte eine Korrektur der Bewertung in eine niedrigere Kategorie erfolgen.

Die externe und interne Validität bzw. die Konstruktvalidität wurden in die folgenden Kategorien kodiert: 0 = „gering“, 1 = „moderat“ und 2 = „hoch“. Dabei wurde zu Beginn der Kodierung prinzipiell ein hoher Wert angenommen. Wenn im Verlauf des Kodierungsprozesses Faktoren auftraten, die die einzelnen Validitätsbereiche einschränken (vgl. Bortz, 2005; Bös et al., 2004), wurde die Bewertung der entsprechenden Validitätskategorie nach unten korrigiert. Die Bewertung wurde allerdings nicht zur Berechnung verwendet, sie diente eher als Anhaltspunkt zur möglichen späteren Erklärung von Effekten.

Es sei an dieser Stelle auch Will Hopkins, Professor an der University of Auckland in Neuseeland und Experte für Methodische Fragen auch im Bereich der Metaanalyse, gedacht. Die Kodierung der Studiendauer von Humburg (2007), wurde nach Rücksprache mit Will Hopkins als „9 Wochen“ vorgenommen. Bei der Studie handelte es sich um ein Cross-over-design mit zwei Trainingsphasen von je neun Wochen und einer Wash-outphase von neun Wochen. In der Literatur fanden sich keine Hinweise, wie die Studiendauer in einem solchem Fall kodiert werden soll. Auf die Rückfrage antwortete Will Hopkins: „the study duration is 9 weeks, of course. You want to calculate the effect of the training phase, and not of the overall study.“

Im Zuge des Kodierprozesses wurden zudem zwei Studien, die zunächst aufgenommen wurden, von der Effektstärkenberechnung ausgeschlossen.

Die Studie von Heiduk, Preuss und Steinhöfer (2002) offenbarte zu viele methodische Mängel, die im Rahmen dieser Metaanalyse nicht toleriert werden konnten. Sechs männliche, krafttrainingserfahrene Probanden führten zunächst über sieben Wochen ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken durch, und nach einer einwöchigen Übergangstrainingsphase wiederum sieben Wochen ein Dreisatztraining. Es gab keine Kontrollgruppe, es handelte sich nicht um ein Cross-over-Design, zudem betrug die Washoutphase nur ein siebtel der Trainingsphase. Es lässt sich also nicht mit Sicherheit sagen, ob nicht im Eingangstest des Dreisatztrainings die Effekte des ESTmIT gemessen wurden. Außerdem wurde die Dauer der Trainingsphase während des Verlaufs um eine Woche verkürzt, weil die Probanden den Angaben zufolge zu erschöpft waren. Insgesamt wurde aufgrund der Summe der Mängel entschieden, die Studie auszuschließen.

Greiwing (2007) verglich Einsatztraining, Einsatztraining mit Intensitätstechniken und ein Dreisatztraining. Die Erhebung der Maximalkraft wurde allerdings über eine isometrische Messung durchgeführt, während das Training mit dynamisch konzentrisch-exzentrischen Übungen durchgeführt wurde. Eine 1-RM Messung wurde zwar intendiert, wurde nach Angaben des Autors aber nicht durchgeführt, da viele Probanden dabei über Schmerzen geklagt hätten. Aufgrund der Operationalisierung der Maximalkraft im Rahmen dieser Arbeit (vgl. Kapitel 4.2) wurde die Studie nicht in die Effektstärkenberechnung mit aufgenommen.

#### **4.4 Befunde der Primärstudien**

Insgesamt konnten  $N = 8$  Primärstudien zur vorliegenden Problematik gesichtet werden. Davon konnten  $N = 6$  Primärstudien in die Berechnung aufgenommen werden (Ausschlussgründe siehe Kapitel 4.3).

Der Publikationszeitraum lag über die letzten zwölf Jahre verteilt. Drei Studien (entspricht einer Häufigkeit von 50 %) wurden 1997 (Kraemer a, b, c), eine (16,7 %) im Jahr 2001 (Faigenbaum et al.), eine (16,7 %) 2005 (Remmert et al.) und eine (16,7 %) 2007 (Humburg) veröffentlicht.

Die Untersuchungen wurden in vier Fällen (66,7 %) als Zeitschriftenartikel veröffentlicht (Faigenbaum et al., 2001; Kraemer 1997a, b, c). In einem Fall handelte es sich um eine Dissertation (Humburg, 2007) und eine Untersuchung wurde als Beitrag in einem Herausgeberwerk publiziert (Remmert et al., 2005).

Bei den Zeitschriftenartikeln, die allesamt im Journal of Strength and Conditioning Research publiziert wurden (Impact-Factor 2008 = 1,4), gab es ein Peer-Review im Begutachtungsprozess der Publikation. Die Dissertation wurde durch zwei Berichterstatter begutachtet. Bei dem Beitrag im Herausgeberwerk gab es keine Informationen über einen Begutachtungsprozess bei der Publikation.

Bei N = 5 Studien handelte es sich um englischsprachige Publikationen (Häufigkeit = 83,3 %, Faigenbaum et al., 2001; Kraemer, 1997a, b, c; Rimmert et al., 2005). Nur eine der aufgenommenen Studien (Humburg, 2007) wurde in deutscher Sprache verfasst.

Was das Design der Primärstudien betrifft, so handelte es sich bei N = 4 Studien um randomisierte Studien ohne Kontrollgruppe (66,7 %, Kraemer, 1997a, b, c; Rimmert et al., 2005). Eine Studie verwendete ein Cross-Over-Design (Humburg, 2007) und eine Studie wurde als randomisierte Studie mit Kontrollgruppe durchgeführt (Faigenbaum et al., 2001).

Faigenbaum et al. (2001, randomisierte Studie mit Kontrollgruppe) verglichen die Wirksamkeit vier verschiedener Krafttrainingsprogramme bei Kindern (n = 66) über einen Zeitraum von acht Wochen. Darunter waren ein reguläres Einsatzprogramm (6-8 RM) und ein Einsatzprogramm mit Intensitätstechniken (6-8 RM + Reduktionssatz durch Medizinballpässe). Ein Mehrsatztraining war nicht im Design enthalten.

Humburg (2007, Crossover-Design) überprüfte Mehrsatztraining und Einsatztraining mit Intensitätstechniken bei Erwachsenen (beide Geschlechter, keine Angabe des Trainingszustandes). Die Probanden (n = 29) führten zunächst über neun Wochen ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken durch und anschließend nach einer neunwöchigen Washoutphase absolvierten sie erneut über neun Wochen ein Mehrsatztrainingsprogramm, oder das Programm wurde in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt (randomisierte Zuteilung).

Rimmert et al. (2005, randomisierte Studie ohne Kontrollgruppe) verglichen die Effektivität zweier Einsatztrainingsprogramme mit Intensitätstechniken bei trainierten männlichen Probanden (n = 20). Die Programme unterschieden sich nur in der Trainingshäufigkeit pro Woche. Eine Gruppe absolvierte nur eine Einheit, die andere zwei Trainingseinheiten pro Woche. Dadurch sollte u. a. der Einfluss der Regeneration bei hochintensiven Krafttrainingsprogrammen überprüft werden.

Kraemer (1997) veröffentlichte die Ergebnisse von drei verschiedenen Untersuchungen in einer Publikation. Alle Studien wurden bei College-Football-Spielern durchgeführt und hatten jeweils keine Kontrollgruppe, da die Athleten trainieren mussten. In allen Studien wurde je-

weils Einsatztraining mit Forced Repetitions mit Mehrsatztrainingsprogrammen verglichen. Dabei wurden teilweise bei den Mehrsatztrainingsprogrammen andere und mehr Übungen durchgeführt. Zudem wurde in zweien der Untersuchungen Periodisierungsstrategien für die Mehrsatztrainingsprogramme angewandt.

#### **4.5 Statistische Verfahren und Effektstärke-Berechnung**

Zur Datenverarbeitung sowie zur statistischen Auswertung wurden die Softwareprogramme Microsoft Excel 2003 und SPSS 17.0 eingesetzt.

Die deskriptive Darstellung erfolgte mit Hilfe der Berechnung von Mittelwerten und Standardabweichungen. Zudem wurden Angaben zu Häufigkeitsverteilungen und Prozentwerten gemacht.

Die Überprüfung auf Unterschiede zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining wurde mit dem Mann-Whitney-U-Test (Bortz, 2005, S. 150 ff.) berechnet.

Von einer Berechnung der Unterschiede mit dem t-Test für unabhängige Stichproben wurde abgesehen. Bei kleinen Stichproben ( $n < 30$ ) kann die Anwendung des t-Tests problematisch sein, da nicht mehr davon ausgegangen werden kann, dass sich die Stichprobenmittelwerte nach dem Grenzwerttheorem normalverteilen (Bortz, 2005, S. 137). Der t-Test reagiert zwar robust auf Verletzungen seiner Voraussetzungen wie Normalverteilung und Varianzhomogenität, allerdings nur, wenn gleichgroße Stichproben verglichen werden, die möglichst eingipflig-symmetrisch sind (Bortz, 2005, S. 141). Dies war bei den Daten dieser Arbeit nicht der Fall, darum wurde entschieden, mit dem Mann-Whitney-U-Test einen nicht-parametrischen Test zu rechnen, um die Wahrscheinlichkeit eines falsch signifikanten Ergebnisses zu verringern. Hierbei handelt es sich um eine konservative Betrachtung.

Die Entscheidung für einen nichtparametrischen Test bedeutet nicht zwingend, dass die analysierten Daten mangelnde Qualität aufweisen. Die Entscheidung gibt eher einen Hinweis auf eine kritische Reflexion des Anwenders (Hosenfeld & Höft, 1999, S. 373).

Die Überprüfung auf Normalverteilung und Varianzhomogenität der einzelnen Stichproben wurde dennoch vorgenommen. Die Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test und die Varianzhomogenität mit dem Levene-Test überprüft.

Klassischerweise erfolgt die Effektstärkeberechnung bei Studien mit Kontrollgruppe durch die Berechnung der Differenz der Mittelwerte von Experimentalgruppe ( $x_{EG}$ ) und

Kontrollgruppe ( $x_{KG}$ ), dividiert durch die Standardabweichung der Kontrollgruppe (Glass et al., 1981, zitiert nach Rustenbach, 2003, S. 68).

$$g = (\bar{x}_{EG} - \bar{x}_{KG}) / s_{KG}$$

Hierbei werden allerdings nur Nachtestvergleiche berechnet. Eventuelle Gruppenunterschiede von Experimental- und Kontrollgruppe vor dem Treatment werden nicht berücksichtigt. Der eigentlich wichtige Effekt, die Interaktion zwischen Bedingungen und Zeitpunkten, kann somit nicht abgebildet werden.

Wenn die Unterschiedlichkeit der Gruppen im Vortest zur Berechnung der Effektstärke berücksichtigt werden soll, dann erscheint es ratsam, die korrigierte Effektstärke zu berechnen. Diese wird im Rahmen dieser Studie als  $d_{\text{kontroll}}$  bezeichnet (vgl. Jacobs, 1998).

$$d_{\text{kontroll}} = d_{\text{post}} - d_{\text{prä}}$$

Als Streuung dient die gepoolte Streuung aus beiden Gruppen (Hedges & Olkin, 1985):

$$s_{\text{gepoolt}} = \sqrt{\frac{(n_{EG} - 1)s_{EG}^2 + (n_{KG} - 1)s_{KG}^2}{n_{EG} + n_{KG} - 2}}$$

Diese Formel ( $d_{\text{kontroll}}$ ) zur Berechnung der Effektstärke wurde verwendet, wenn eine Kontrollgruppe im Studiendesign vorhanden war.

Wenn dies nicht der Fall war, dann wurde die Prä-Post-Effektstärke berechnet. Dabei wurde die Mittelwertdifferenz der Prä ( $x_{\text{prä}}$ )- und Postmessung ( $x_{\text{post}}$ ) der Experimentalgruppe berechnet und durch die gepoolte Standardabweichung beider Messzeitpunkte dividiert (Rustenbach, 2003, S. 81):

$$g = (\bar{x}_{\text{post}} - \bar{x}_{\text{prä}}) / s_{\text{gepoolt}}$$

Die gepoolte, mittlere Streuung wird folgendermaßen berechnet:

$$s_{\text{gepoolt}} = \sqrt{\frac{(n_{\text{post}} - 1)s_{\text{post}}^2 + (n_{\text{prä}} - 1)s_{\text{prä}}^2}{n_{\text{post}} + n_{\text{prä}} - 2}}$$

Cohen (1992) schlägt für die Klassifizierung der Effektstärke folgende Werte vor:

Von 0,2 bis 0,5 handelt es sich um einen kleinen Effekt, von 0,5 bis 0,8 spricht Cohen von einem mittleren Effekt und Werte über 0,8 bedeuten einen großen Effekt. Die Arbeit hat sich an dieser Klassifizierung orientiert.

Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0.05$  festgelegt.

## 4.6 Methodenkritik

Die Methodenkritik zu metaanalytischen Verfahren im Allgemeinen findet sich in Kapitel 3.4. Einen Exkurs zu methodischen Problemen der Effektstärkenberechnung mit Beispielen aus dieser Studie schließt sich an den Ergebnisteil in Kapitel 5.4 an.

Diese metaanalytische Untersuchung hat die Effektivität des Krafttrainings über die Veränderung der dynamischen konzentrischen Maximalkraft (1-RM) operationalisiert.

In einigen Metaanalysen zum Krafttraining wurden aber mehrere Effektstärken bezüglich verschiedener Parameter (Maximalkraft, Kraftausdauer, Körperfettanteil) berechnet und als gemittelte Gesamteffektstärke in die Metaanalyse mit einbezogen. Dies kann zu Verfälschungen der Ergebnisse führen, denn es werden Werte zusammengeführt, die unterschiedliche Trainingseffekte beschreiben (Winett, 2004).

Zudem gibt es bei den anderen Parametern wie bspw. der Kraftausdauer unterschiedliche methodische Ansätze zur Erhebung, die eine Vergleichbarkeit erschweren, während über die Methodik zur Erhebung des 1-RM in der Literatur weitgehend Einigkeit herrscht (Rhea, 2004b).

Der Vergleich der beiden Trainingsmethoden Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining erfolgte also nur über die Variable „Veränderung der dynamischen konzentrischen Maximalkraft“.

Die Studien wurden u. a. nach dem Trainingsstatus „Trainiert“ oder „Untrainiert“ kodiert. Hierbei ist anzumerken, dass die Kategorien nicht sehr trennscharf sind. Häufig wurden keine genauen Angaben über den Trainingsstand der Probanden gemacht. In einer Studie fehlten die Angaben, ob die Probanden Krafttrainingserfahrung hatten, sogar komplett. Hier wäre in der Primärforschung generell eine genauere Präzisierung bezüglich der bisherigen Krafttrainingskarriere (z. B. Anzahl der Trainingseinheiten im Zeitraum des letzten Jahres und Trainingsalter) wünschenswert.

Darüber hinaus gilt es zu erwähnen, dass nur Effektstärken bei Gruppentrainingsexperimenten berechnet wurden, die acht Wochen oder länger dauerten. Weitere Aussagen und Schlüsse über diesen Sachverhalt hinaus sind daher nicht möglich.

Im Allgemeinen ermöglichen metaanalytische Verfahren eine Erhöhung der externen Validität. Befunde können stärker als in Primärstudien wegen der Heterogenität der verschiedenen Studien generalisiert werden. Grenzen zeigen sich allerdings, wenn die Anzahl der Studien gering ist. Dadurch liegt eine sehr hohe Ergebnisvarianz vor (Cook, 1991). Da nur  $N = 6$  Studien in die Metaanalyse eingingen, trifft dies im Rahmen dieser Studie definitiv zu, die Generalisierung der Ergebnisse sollte wenn überhaupt mit großer Vorsicht vorgenommen werden.

Außerdem sind einzelne Studien mit mehreren Effektstärken der gleichen Trainingsgruppe (z. B. 1-RM Bankdrücken und Kniebeugen) in die Berechnung mit eingegangen. Damit handelt es sich bei den berechneten Effektstärken teilweise um abhängige Daten, und der Einsatz des Mann-Whitney-U-Tests (für unabhängige Stichproben) erscheint auf den ersten Blick fragwürdig. Meta-Analysen in der Glass'schen Tradition halten aber häufig an der Berechnung durch statistische Verfahren für unabhängige Stichproben fest, obwohl die Voraussetzungen dafür nicht erfüllt sind. Die Entscheidung muss in Hinblick auf das Ausmaß und die Art der Abhängigkeit getroffen werden (Beilmann & Bliesener, 1994, S. 219). Bei der vorliegenden Analyse wurde entschieden, den Mann-Whitney-U-Test zu rechnen. Von einer Mittelung der Effektstärken pro Studie wurde abgesehen, da hierdurch ein zu großer Informationsverlust einhergegangen wäre und die Stichprobe sich noch weiter verkleinert hätte.

## 5 Ergebnisse

Im folgenden Teil werden die Ergebnisse der Metaanalyse dargestellt. Zunächst werden inhaltliche Merkmale der Primärstudien wie beispielsweise die Probandenanzahl oder die Studienlänge mit Hilfe von deskriptiven statistischen Kennziffern präsentiert.

Im weiteren Verlauf werden Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining auf statistische Unterschiede überprüft. Auch der Einfluss von Moderatorvariablen wie zum Beispiel der Studienlänge wird berechnet.

### 5.1 Deskriptive Darstellung inhaltlicher Merkmale der Primärstudien

Einige Befunde der Primärstudien wie z. B. die Art der Publikation und das Studiendesign wurden bereits in Kapitel 4.4 beschrieben. Hier soll nun eine genauere deskriptive Darstellung der Primärstudien insbesondere anhand der Charakteristika der Probanden und der methodischen Merkmale erfolgen.

Im Rahmen der explorativen Metaanalyse gingen  $N = 6$  Studien und somit 233 Probanden in die Berechnung mit ein.

#### 5.1.1 Charakteristika der Probanden

Die durchschnittliche Probandenanzahl pro Studie betrug  $38,7 \pm 15,4$  (Min = 20, Max = 65, Median = 37). Das Alter aller Probanden (s. Abb. 4) war im Mittel  $20,6 \pm 7,4$  Jahre (Min = 8,1; Max = 30,2; Median = 20).

Was die Charakteristik der Probanden angeht, so wurde diese in den Status „Trainiert“ ( $N = 138$ ) oder „Untrainiert“ ( $N = 66$ ) unterschieden. Bei  $N = 29$  Probanden wurden keine Angaben zum Trainingsstatus gemacht.

An vier der Studien waren nur Männer beteiligt ( $N = 138$ ). An zwei der Studien waren beide Geschlechter beteiligt ( $\♂ = 60$ ,  $\♀ = 35$ ). Es gab keine Studie, bei der alle Probanden weiblich waren. Daher musste a posteriori die Moderatorvariable „Geschlecht der Probanden“ ausgeschlossen werden. Der Einfluss des Geschlechtes auf die Maximalkraftentwicklung bei einem Einsatztraining mit Intensitätstechniken bzw. bei einem Mehrsatztraining konnte nicht überprüft werden.

### 5.1.2 Methodische Merkmale der Primärstudien

In diesem Kapitel werden die methodischen Merkmale der Primärstudien genauer deskriptiv dargestellt. Dazu gehören u. a. die Anzahl der Trainingsübungen pro Studie oder die mittlere Studienlänge.

Die Anzahl der Testübungen bezeichnet die Testverfahren, bei denen ein 1-Repetition-Maximum (1-RM) erhoben wurde. Da die Bestimmung eines 1-RM als abhängige Variable für die dynamische Maximalkraft Voraussetzung für die Aufnahme in die Studienauswahl war, hat in jeder Studie mindestens ein Test stattgefunden. Es konnten aber auch mehrere Tests durchgeführt werden, z. B. an verschiedenen Muskelgruppen. Im Mittel wurden pro Studie  $2,0 \pm 1,1$  Testübungen durchgeführt (Min = 1, Max = 4, Median = 2,0).

Die Lage der Muskulatur bei den Testübungen als genauer differenzierende Variable sagt aus, ob die Testübungen an Muskeln bzw. Muskelgruppen der oberen oder unteren Extremitäten durchgeführt wurden. Die am häufigsten verwendeten Übungen waren das Bankdrücken für die oberen Extremitäten sowie Kniebeugen bzw. Beinpresse für die unteren Extremitäten. Abbildung 3 zeigt die Körperregionen der Muskelgruppen bei den Testübungen.

Das Training während der Studien wurde durchschnittlich an  $11,1 \pm 4,8$  Geräten bzw. Übungen durchgeführt (Min = 4, Max = 19, Median = 10,75). Die maximale Anzahl an Trainingsübungen von 19 ist aufgrund eines zweiteiligen Split-Programms zu erklären. Die Probanden absolvierten in der ersten Wocheneinheit zehn Übungen und in der zweiten Wocheneinheit neun andere Übungen.

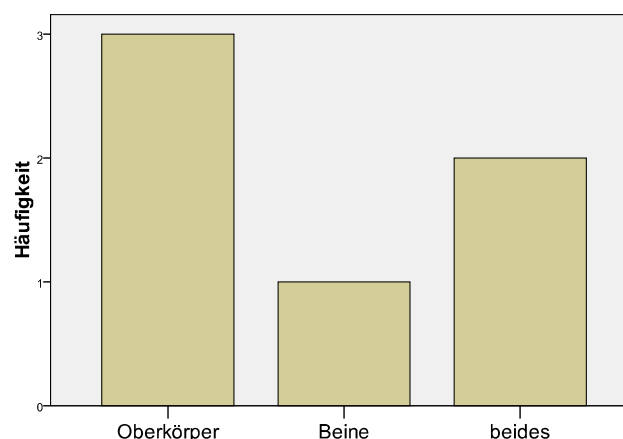


Abbildung 3: Lokalisation der Muskulatur bei den Testübungen

Die Anzahl der Serien beim Mehrsatztraining betrug meist 3 (bei  $N = 3$  Studien). In zwei Studien gab es kein Mehrsatztraining im Design und in einer Studie wurde zwischen 2 und 3 Serien pro Übung variiert.

Die folgende Abbildung zeigt, welche Intensitätstechniken in den Studien verwendet wurden.

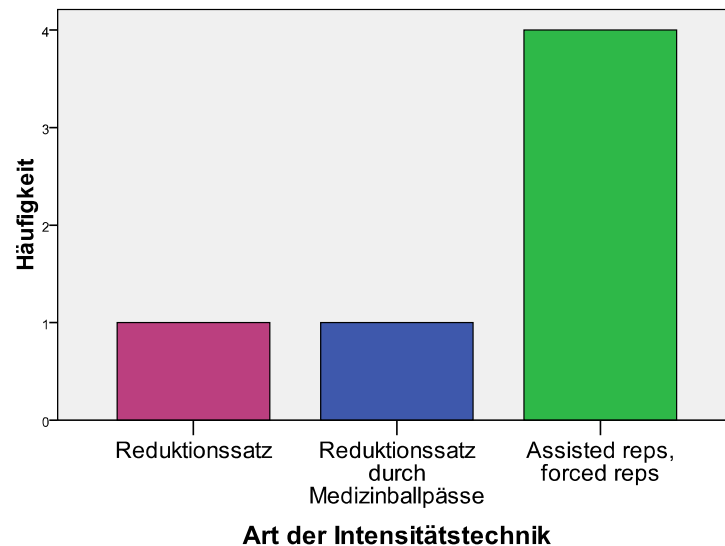


Abbildung 4: Arten der in den Primärstudien verwandten Intensitätstechniken und ihre Häufigkeiten

Die Trainingshäufigkeit pro Woche war im Mittel  $2,7 \pm 0,75$  (Min = 1,5; Max = 3,5; Median = 3). Der Minimalwert resultierte aus einer Studie, bei der ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken in einer Gruppe mit einer Trainingseinheit und in der anderen Gruppe mit zwei Einheiten pro Woche durchgeführt wurde. Analog dazu resultierte der Maximalwert von 3,5 aus einer Studie mit drei bzw. vier Einheiten pro Woche.

Die Studiendauer als ein wichtiger Faktor bei Trainingsstudien betrug durchschnittlich  $12,8 \pm 5,9$  Wochen (Min = 8; Max = 24; Median = 11).

Von den beiden obigen Werten hängt die Zahl der Trainingseinheiten insgesamt ab. In den Studien wurden durchschnittlich  $38,7 \pm 26,0$  Trainingseinheiten insgesamt gezählt (Min = 16; Max = 84; Median = 24).

Die folgende Tabelle zeigt, inwiefern die Primärstudien Angaben zu den Belastungsnormativa gemacht haben.

*Tabelle 4: Beschreibung von trainingsmethodischen Angaben in den Primärstudien*

Trainingsmerkmale	Angaben
Angabe von Belastungsnormativa (allgemein)	100 % (N = 6)
Angabe der Belastungsintensität	100 % (N = 6)
Angabe des Trainingsvolumens	100 % (N = 6)
Angabe der Serienpause	83,3 % (N = 5)
Angabe der verwendeten Testmethodik	100 % (N = 6)

In N = 2 Studien (33,3 %) wurden Periodisierungsstrategien verwendet, während bei N = 4 Studien keine Periodisierungsstrategien eingesetzt wurden.

Das 1-RM wurde in allen Studien erhoben (s. o.), was eine Voraussetzung für die Aufnahme in die Analyse war. Die Erhebung von anderen RM (z. B. maximale Anzahl von Wiederholungen bei 80 % des 1-RM) fand in 66,7 % der Studien statt (N = 4), in zwei Studien war dies nicht der Fall.

In N = 4 Studien wurde zusätzlich zur 1-RM-Messung noch eine isometrische und/oder isokinetische Maximalkraftmessung durchgeführt (N = 2, keine Messung). Diese Messungen wurden allerdings nicht in die Analyse mit aufgenommen, ebenso wenig wie die gemessenen anthropometrischen Daten (z. B. Body Mass Index und der Körperfettanteil; bei N = 4 Studien wurden entsprechende Daten erhoben).

Ein direkter Vergleich zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und einem Mehrsatztraining wurde in 2/3 (N = 4) der Studien durchgeführt. In zwei Studien war wie erwähnt kein Mehrsatztraining im Studiendesign enthalten. In den Studien, in denen ein Vergleich stattfand, wurde in N = 3 Studien ein signifikanter Unterschied pro Mehrsatztraining festgestellt. Einmal wurde kein Unterschied registriert.

Bei allen Studien erfolgte die statistische Berechnung mit parametrischen Verfahren (N = 6). Bei zwei Studien wurden zudem auch non-parametrische Verfahren angewandt (33,3 %).

### 5.1.3 Bewertung der Methodik

Die Methodik sowie die Ergebnisse der Primärstudien wurden bewertet (Grundlagen der Bewertung siehe Kapitel 4.3), um einen eventuellen Einfluss von „schlechten“ oder „guten“ Studien auf die Ergebnisse errechnen zu können.

Aufgrund der geringen Fallzahlen als auch der relativen Homogenität der Bewertungen wurden diese Bewertungen allerdings nicht für weitere Berechnungen verwendet. Dennoch werden die Ergebnisse hier kurz dargestellt. Die Bewertung erfolgte in einer sechsstufigen Skala analog dem deutschen Notensystem in der Schule. Eine 1 bedeutete „sehr gut“, eine 6 dementsprechend „ungenügend“.

Bei der Bewertung der Methodik wurden von den Primärstudien ( $N = 6$ ) jeweils 50 % ( $N = 3$ ) mit „gut“ und „befriedigend“ bewertet.

Bei der Bewertung der Studienergebnisse, die in gewissem Maße das Resultat der Methodik widerspiegeln, zeigte sich im Prinzip das gleiche Bild. 50 % der Ergebnisse wurden mit „gut“, 50 % mit „befriedigend“ bewertet.

Insgesamt waren die Belastungsnormativa wie Trainingsvolumen, Belastungsintensität oder Serienpause häufig genau angegeben und dokumentiert. Etwaige Abzüge in der Methodik sowie der Bewertung der Ergebnisse gab es in den meisten Fällen wegen Mängeln in der Konstruktvalidität oder bei der externen Validität.

## 5.2 Effektstärkenvergleich zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining

Insgesamt konnten bei  $N = 6$  Studien 23 Effektstärken (ES) berechnet werden (14 ES für Einsatztraining mit Intensitätstechniken, 9 ES für Mehrsatztraining). In  $N = 4$  Studien konnte ein direkter Effektstärkevergleich zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining durchgeführt werden

Ein genereller, signifikanter Unterschied zwischen einem Einsatztraining mit Intensitätstechniken ( $ES = 0,34 \pm 0,25$ ;  $N = 14$ ) und einem Mehrsatztraining ( $ES = 0,46 \pm 0,18$ ;  $N = 9$ ) konnte nicht festgestellt werden ( $U = 41$ ;  $p = 0,17$ ;  $df = 1, 21$ ).

Nach Cohens (1992) Effektstärkenklassifizierung liegen sowohl beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken als auch beim Mehrsatztraining kleine Effekte vor, wobei das Mehrsatztraining einen mittleren Effekt ( $d = 0,5$ ) nur knapp verpasst. Rein arithmetisch betrachtet hat Mehrsatztraining eine um 35,3 % höhere Effizienz als Einsatztraining mit Intensitätstechniken.

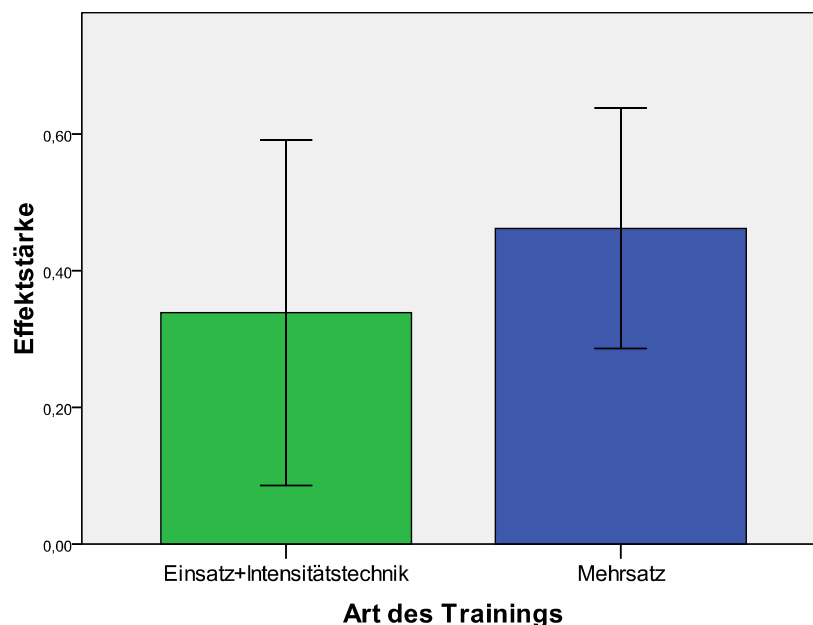


Abbildung 5: Effektstärkevergleich zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining ( $M \pm SD$ )

### H 1.1 wird verworfen

## 5.3 Einfluss von Moderatorvariablen

Im Rahmen einer Metaanalyse wird außer der Berechnung der generellen Effektstärke (wie hier der Vergleich zweier Trainingsformen) normalerweise der Einfluss sogenannter Moderatorvariablen mit Hilfe von Varianzanalysen berechnet (siehe Kapitel 3).

Nun war es aufgrund der geringen Fallzahlen bei dieser Studie und der daraus resultierenden unterschiedlichen und zu geringen Zellenbesetzung (vgl. Kapitel 4.6 Methodenkritik) nicht zulässig, parametrische Verfahren wie eine univariate Varianzanalyse anzuwenden.

Bei drei Moderatorvariablen (durchschnittliches Probandenalter, Studienlänge und Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung) war es zumindest möglich, einen Unterschied mit nonparametrischen Verfahren wie dem Mann-Whitney-U-Test zu überprüfen. Eine Aussage über eine Interaktion zwischen Trainingsart und Moderatorvariable kann daher nicht getroffen werden.

Bei manchen Moderatorvariablen wie der Probandencharakteristik waren einzelne Zellen überhaupt nicht besetzt. Diese Ergebnisse können daher nur rein deskriptiv dargestellt werden.

### 5.3.1 Probandenalter

Das durchschnittliche Probandenalter der einzelnen Studien wurde verwendet, um eine Trennung in „Studien mit jüngeren Probanden“ und „Studien mit älteren Probanden“ vorzunehmen. Als „jünger“ wurden die Studien definiert, deren Probanden im Durchschnitt 20,0 Jahre und jünger waren. Analog dazu waren die Probanden bei „älteren“ Studien im Durchschnitt älter als 20,0 Jahre. Diese Trennung wurde vorgenommen am Median (= 20,0 Jahre, Mittelwert = 20,6 Jahre). Bei einer Trennung am Mittelwert hätte die Zellenbesetzung eine Prüfung durch den Mann-Whitney-U-Test nicht zugelassen. Daher wurde entschieden, die Trennung am Median durchzuführen.

Bei den Studien mit jüngeren Probanden konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining festgestellt werden, das Signifikanzniveau wurde allerdings nur knapp verfehlt ( $U = 5$ ;  $p = 0,07$ ). Das Einsatztraining mit Intensitätstechniken ( $N = 6$ , Mittlerer Rangplatz = 4,3) wies eine mittlere ES von  $0,21 \pm 0,23$  auf.

Die Effektstärke beim Mehrsatztraining ( $N = 5$ , Mittlerer Rangplatz = 8,0) betrug im Mittel  $0,45 \pm 0,23$ .

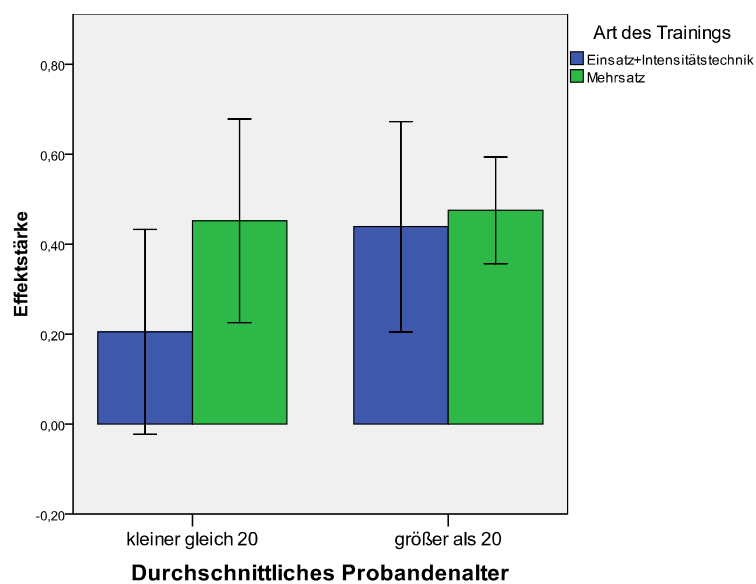


Abbildung 6: Vergleich der Trainingsformen anhand der Moderatorvariable „Durchschnittliches Probandenalter“ ( $M \pm SD$ )

Bei Studien mit älteren Probanden (Durchschnittsalter größer als 20,0 Jahre) ergibt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen einem Einsatztraining mit Intensitätstechniken und einem Mehrsatztraining ( $U = 12$ ;  $p = 0,50$ ). Das Einsatztraining mit Intensitätstechniken ( $N = 8$ ) weist eine mittlere ES von  $0,44 \pm 0,23$  auf, beim Mehrsatztraining ( $N = 4$ ) ist die mittlere ES =  $0,48 \pm 0,12$ .

*Tabelle 5: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte  $\pm$  Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Durchschnittliches Probandenalter“ in den verschiedenen Kategorien*

	Studien mit jüngeren Probanden (Alter $\leq$ 20 Jahre)	Studien mit älteren Probanden (Alter $>$ 20 Jahre)
ESIT	N = 6 ES (0,21 $\pm$ 0,23)	N = 8 ES (0,44 $\pm$ 0,23)
MS	N = 5 ES (0,45 $\pm$ 0,23)	N = 4 ES (0,48 $\pm$ 0,12)

## H 2.1 wird verworfen

### 5.3.2 Studiendauer

Die Studiendauer als Moderatorvariable „teilt“ die Studien in kürzere und längere Studien. Die Trennung wurde vorgenommen durch den Median (= 11 Wochen). Studien, die elf Wochen oder kürzer waren, wurden als „kurze Studien“ definiert, analog dazu wurden Studien mit einer Dauer von mehr als elf Wochen als „lange Studien“ definiert. So war es möglich, jeweils die kurzen und die langen Studien auf einen Unterschied zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining zu überprüfen. Bei den kurzen Studien (Einsatztraining mit Intensitätstechniken  $N = 7$  (ES =  $0,28 \pm 0,19$ ); Mehrsatztraining  $N = 6$  (ES =  $0,48 \pm 0,2$ )) konnte kein Unterschied zwischen den beiden Trainingsformen festgestellt werden ( $U = 11$ ;  $p = 0,15$ ). Die mittlere Rangsumme betrug 5,6 beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken und 8,7 beim Mehrsatztraining.

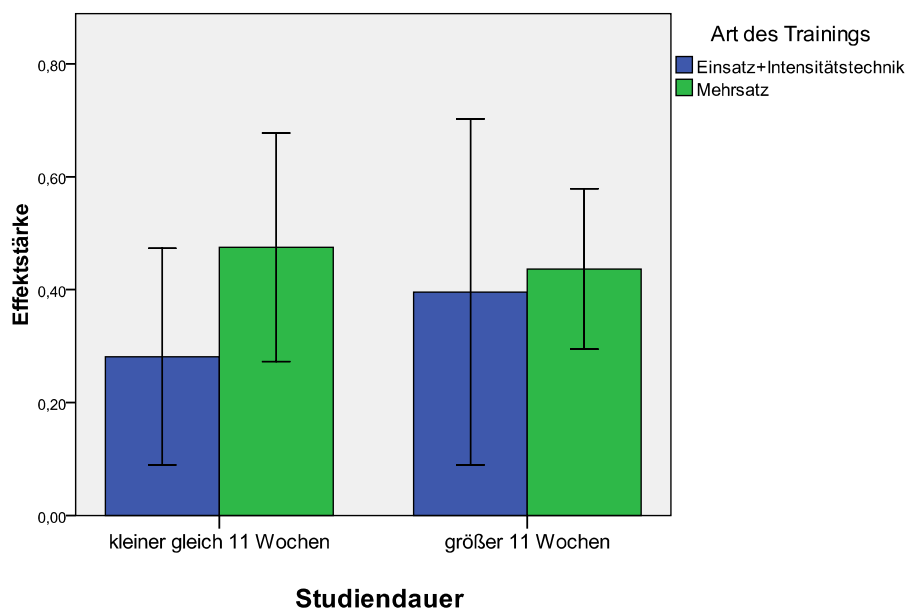


Abbildung 7: Vergleich der Trainingsformen anhand der Moderatorvariable „Studiendauer“ ( $M \pm SD$ )

Auch bei den längeren Studien (Studiendauer mehr als 11 Wochen) zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken ( $N = 7$ ,  $ES = 0,40 \pm 0,30$ ) und Mehrsatztraining ( $N = 3$ ,  $ES = 0,44 \pm 0,14$ ). Die Signifikanz wird mit  $p = 0,73$  ( $U = 9$ ) deutlich verfehlt. Der mittlere Rang liegt für Einsatztraining mit Intensitätstechniken bei 5,29 und für Mehrsatztraining bei 6,0.

Tabelle 6: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte  $\pm$  Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Studiendauer“ in den verschiedenen Kategorien

	Studiendauer $\leq$ 11 Wochen	Studiendauer $>$ 11 Wochen
ESIT	$N = 7$ ES (0,28 $\pm$ 0,19)	$N = 7$ ES (0,40 $\pm$ 0,30)
MS	$N = 6$ ES (0,48 $\pm$ 0,2)	$N = 3$ ES (0,44 $\pm$ 0,14)

**H 3.1 wird verworfen**

### 5.3.3 Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung

Die Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung wurde unterschieden in Übungen, die an den oberen Extremitäten durchgeführt wurden (z. B. Bankdrücken und Bizepscurl) und Übungen, die an den unteren Extremitäten durchgeführt wurden (z. B. Beinpresse und Beinbeugen).

Bei den Übungen an den oberen Extremitäten unterschieden sich Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining nicht signifikant ( $U = 24$ ;  $p = 0,90$ ). Der mittlere Rangsummenplatz betrug beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken 8,1 ( $N = 10$ ,  $ES = 0,37 \pm 0,29$ ) und beim Mehrsatztraining 7,8 ( $N = 5$ ,  $ES = 0,34 \pm 0,10$ ).

Bei den Übungen, die an den unteren Extremitäten durchgeführt wurden, ergibt sich ein anderes Bild. Wie in Abbildung 8 zu erkennen, ist der Unterschied zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken ( $ES = 0,27 \pm 0,10$ ,  $N = 4$ ) und Mehrsatztraining ( $ES = 0,62 \pm 0,10$ ;  $N = 4$ ) größer als bei den zuvor betrachteten Moderatorvariablen.

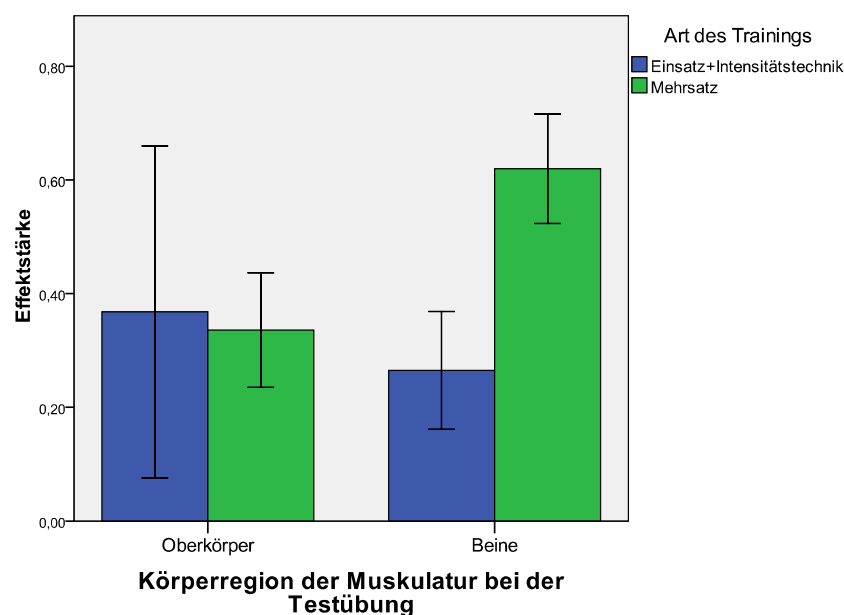


Abbildung 8: Vergleich der Trainingsformen anhand der Moderatorvariable „Körperregion der Muskulatur bei der Testübung“ ( $M \pm SD$ )

Der Unterschied ist groß genug, um das Signifikanzniveau zu unterschreiten ( $U = 0$ ;  $p = 0,02$ ). Der mittlere Rangplatz ist beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken 2,5 und beim Mehrsatztraining 6,5.

*Tabelle 7: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte  $\pm$  Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung“ in den verschiedenen Kategorien*

	Testübungen an Muskelgruppen der oberen Extremitäten	Testübungen an Muskelgruppen der unteren Extremitäten
ESIT	N = 10 ES (0,37 $\pm$ 0,29)	N = 4 ES (0,27 $\pm$ 0,10)
MS	N = 5 ES (0,34 $\pm$ 0,10)	N = 4 ES (0,62 $\pm$ 0,10)

#### **H 4.1 wird angenommen**

#### **5.3.4 Probandencharakteristik**

Die Probandencharakteristik bezeichnet den Trainingszustand der Probanden. Unterschieden wird dabei in Trainiert und Untrainiert (vgl. Kapitel 4.6 Methodenkritik). Von den aufgenommenen Studien konnte nur eine Effektstärke (ES) für untrainierte Probanden (Einsatztraining mit Intensitätstechniken) berechnet werden. Demgegenüber konnten für trainierte Probanden neun ES für ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken und fünf ES für ein Mehrsatztraining berechnet werden. In einer Studie mit Subgruppen wurde keine Angabe über den Trainingszustand der Probanden gemacht. Hier konnten je vier ES für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining berechnet werden. Daraus ergibt sich folgende Zellenbesetzung

*Tabelle 8: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte  $\pm$  Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Probandencharakteristik“ in den verschiedenen Kategorien*

	Trainiert	Untrainiert	Keine Angabe
ESIT	N = 9 ES (0,33 $\pm$ 0,30)	N = 1 ES (0,65)	N = 4 ES (0,28 $\pm$ 0,08)
MS	N = 5 ES (0,45 $\pm$ 0,23)	-	N = 4 ES (0,48 $\pm$ 0,12)

Aufgrund der Zellenbesetzungen war es nicht möglich, Berechnungen bezüglich der beiden Kategorien „Trainiert“ und „Untrainiert“ durchzuführen. So können an dieser Stelle nur deskriptive Merkmale für die einzelnen Kategorien angegeben werden. Die größte Effektstärke hat die Studie mit untrainierten Probanden aufzuweisen. Ansonsten haben die Zellen für Mehrsatztraining größere Effektstärken als die entsprechenden Werte für Einsatztraining mit Intensitätstechniken.

### **H 5.1 konnte nicht überprüft werden**

#### **5.3.5 Trainingshäufigkeit pro Woche**

Die Trainingshäufigkeit pro Woche wurde durch den Median = 3 in zwei Kategorien geteilt, in die Studien, in denen weniger als drei Mal pro Woche trainiert wurde und in die Studien, in denen drei Mal oder mehr pro Woche trainiert wurde. Ähnlich wie bei der Moderatorvariable „Probandencharakteristik“ ließ die Zellenverteilung eine statistische Überprüfung der Unterschiede nicht zu, so dass sich darauf beschränkt wurde, die Zellenbelegung mitsamt der jeweiligen deskriptiven Statistik anzugeben.

*Tabelle 9: Zellenbesetzung der Effektstärkenmittelwerte  $\pm$  Standardabweichung für Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining bei der Moderatorvariable „Trainingshäufigkeit pro Woche“ in den verschiedenen Kategorien*

	Trainingshäufigkeit pro Woche $\geq 3$	Trainingshäufigkeit pro Woche $< 3$
ESIT	N = 9 ES (0,19 $\pm$ 0,11)	N = 5 ES (0,61 $\pm$ 0,20)
MS	N = 9 ES (0,46 $\pm$ 0,18)	-

Der höchste Effektstärken-Mittelwert zeigt sich beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken, wenn seltener als drei Mal pro Woche trainiert wird. Wenn drei Mal oder mehr pro Woche trainiert wird, so sind beim Mehrsatztraining höhere Effektstärken zu verzeichnen als beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken.

Über mögliche Ursachen und Gründe der Werte wird im Kapitel „Diskussion“ Stellung bezogen.

### **H 6.1 konnte nicht überprüft werden**

*Tabelle 10: Übersicht über die Ergebnisse der Effektstärkenvergleiche zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT) und Mehrsatztraining (MST) global sowie anhand von Moderatorvariablen*

	ES ESTmIT	ES MST	Signifikanz
<b>Globale Effektstärke</b>	0,34 ± 0,25	0,46 ± 0,18	n. s. (p = 0,17)
<b>Moderatorvariablen</b>			
<i>Probandenalter</i>			
Jüngere Probanden	0,21 ± 0,23	0,45 ± 0,23	n. s. (p = 0,07)
Ältere Probanden	0,44 ± 0,23	0,48 ± 0,12	n. s. (p = 0,50)
<i>Studiendauer</i>			
Kürzere Studien	0,28 ± 0,19	0,48 ± 0,2	n. s. (p = 0,15)
Längere Studien	0,40 ± 0,30	0,44 ± 0,14	n. s. (p = 0,73)
<i>Körperregion der Muskelgruppe</i>			
Oberkörper	0,37 ± 0,29	0,34 ± 0,10	n. s. (p = 0,90)
Untere Extremitäten	0,27 ± 0,10	0,62 ± 0,10	s. (p < 0,02)
<i>Probandencharakteristik</i>			
Trainiert	0,33 ± 0,30	0,45 ± 0,23	k. A.
Untrainiert	0,65 (1 ES)	-	k. A.
<i>Trainingshäufigkeit</i>			
3 oder mehr TE/Woche	0,19 ± 0,11	0,46 ± 0,18	k. A.
Weniger als 3 TE/Woche	0,61 ± 0,20	-	k. A.

## 5.4 Exkurs: Effektstärkeberechnung

Im objektiven Verfahren der Metaanalyse gibt es in manchen Arbeitsschritten dennoch Einflüsse des Untersuchers. Einer dieser Schritte findet sich bei der Festlegung der Formel zur Effektstärkeberechnung. Zur Veranschaulichung wurden alle ES, wenn möglich, mit zwei unterschiedlichen Formeln berechnet und mögliche Unterschiede diskutiert. Auch die korrigierte ES nach Stichprobenanzahl wird angegeben.

*Tabelle 11: Berechnung aller Effektstärken aus den Primärstudien nach verschiedenen Berechnungsverfahren.*

Studie	ES Prä-Post	ES Kontrollgruppe	Korrigierte ES nach Stichprobengröße
Faigenbaum ESTmIT	0,95	0,65	0,89; 0,62
Faigenbaum EST	0,09	0,21	0,09; 0,20
Humburg Bizeps ESTmIT	0,20	0,22	0,18; 0,20
Humburg Bizeps MST	0,44	0,45	0,43; 0,44
Humburg Bankdrücken ESTmIT	0,26	0,21	0,24; 0,20
Humburg Bankdrücken MST	0,36	0,32	0,33; 0,29
Humburg Beinpresse li ESTmIT	<b>0,36</b>	<b>0,59</b>	0,33; 0,54
Humburg Beinpresse li MST	0,59	0,67	0,55; 0,63
Humburg Beinpresse re ESTmIT	<b>0,33</b>	<b>0,67</b>	0,30; 0,62
Humburg Beinpresse re MST	0,54	0,65	0,50; 0,60
Remmert Bankdrücken 1 TE/Woche	0,55	-	0,50
Remmert Latziehen 1 TE/Woche	0,47	-	0,43
Remmert Bankdrücken 2 TE/Woche	0,43	-	0,39
Remmert Latziehen 2 TE/Woche	0,94	-	0,85
Kraemer (a) Bankdrücken ESTmIT	0,07	-	0,07
Kraemer (a) Bankdrücken MST	0,19	-	0,18
Kraemer (a) Beinpresse ESTmIT	0,13	-	0,13
Kraemer (a) Beinpresse MST	0,76	-	0,73
Kraemer (b) Bankdrücken ESTmIT	0,08	-	0,08
Kraemer (b) Bankdrücken MST	0,31	-	0,30
Kraemer (b) Hang Clean ESTmIT	0,06	-	0,06
Kraemer (b) Hang Clean MST	0,41	-	0,39
Kraemer (c) Beinpresse ESTmIT	0,24	-	0,23
Kraemer (c) Beinpresse MST	0,59	-	0,57

Die unterschiedlichen Berechnungsformen der Effektstärke (ES Kontrollgruppe und ES Prä-Post) sind in Kapitel 4.5 beschrieben.

Die Effektstärke berücksichtigt nicht den Stichprobenumfang, sondern Mittelwert und Standardabweichung (Leonhart, 2004, S. 242).

Mit steigendem Stichprobenumfang nähert sich die berechnete ES dem Erwartungswert der Gesamtpopulation. Bei kleinen Stichproben wird der Erwartungswert überschätzt. Daher kann die ES anhand der Größe der Stichprobe korrigiert werden. Dies geschieht mit der folgenden Formel:

$$d_{\text{korr}} = c(m) \times \text{Effektstärke (ES)}$$

Der exakte Korrekturfaktor von Hedges (1981) ist recht komplex, eine ausreichende Annäherung ist nach Rustenbach (2003, S. 76) über

$$c(m) = 1 - [3/(4m-1)] \quad \text{mit} \quad m = n_1 + n_2 - 2 \quad (\text{Freiheitsgrade der Stichprobe})$$

möglich. Je größer die Stichprobe, desto mehr nähert sich  $c(m)$  dem Wert 1 an und desto weniger wird der Erwartungswert der Effektstärke davon beeinflusst.

Bsp.:

$$\text{a) } ES = 1,24 ; \text{ Gesamtstichprobe } n = 41 \rightarrow m = 39$$

$$c(39) = 1 - [3/(4 \times 39 - 1)] = 1 - 0,02 = 0,98$$

$$\rightarrow d_{\text{korr}} = 1,24 \times 0,98 = 1,22$$

$$\text{b) } ES = 1,24 ; \text{ Gesamtstichprobe } n = 10 \rightarrow m = 8$$

$$c(8) = 1 - [3/(4 \times 8 - 1)] = 1 - 0,1 = 0,9$$

$$\rightarrow d_{\text{korr}} = 1,24 \times 0,9 = 1,12$$

Bei Betrachtung aller Werte sieht man, dass die Korrektur der ES bei den berechneten Werten keine großen Einflüsse ausübt. Die größte Korrektur ergibt sich bei der ES Faigenbaum ESTMIT, sie wird von 0,95 auf 0,89 korrigiert. Je höher die ES, desto stärker wirkt sich logischerweise eine prozentuale Korrektur aus. Insbesondere bei sehr kleinen Stichproben empfiehlt sich also, die korrigierte Effektstärke zu berechnen und diesen Wert in die Untersuchung einfließen zu lassen. Im Rahmen dieser Metaanalyse diente die Berechnung der korrigierten Effektstärke  $d_{\text{korr}}$  nur dazu, um sie im Rahmen dieses Exkurses kurz zu diskutieren.

Einige Studien (Remmert et al., 2005; sowie die drei Studien von Kraemer (1997a, b, c)) ließen nur eine Berechnung der ES Prä-Post zu, da es sich um Studien ohne Kontrollgruppe handelte. Daher konnten Effektstärken nur anhand der Veränderungen in der Gruppe berechnet werden.

Maier-Riehle & Zwingmann (2000, S. 195) erwähnen, dass aus der Berechnung der ES Prä-Post allgemein höhere Werte resultieren, als wenn Angaben der Kontrollgruppe in die Berechnung mit eingehen. Dies resultiert den Autoren zufolge daraus, dass mögliche Verbesserungen der Kontrollgruppe nicht einfließen und korrigierend wirken können.

Bei Betrachtung der Werte in Tab. 11 kann diese Aussage nicht pauschal unterstützt werden. Eine eindeutige Tendenz ist nicht auszumachen. Zum Großteil liegen die Werte von ES Prä-Post und ES Kontrollgruppe nahe beieinander. In Einzelfällen weist aber teils ES Prä-Post deutlich höhere Werte auf (Faigenbaum ESTmIT), teils sind die errechneten Werte anhand von ES Kontrollgruppe höher (Humburg Beinpresse li + re ESTmIT).

Morris (2008, S. 371) verdeutlicht die Wichtigkeit, die Berechnung der Effektstärke festzulegen, da verschiedenen Berechnungsformen zu teils sehr unterschiedlichen Werten führen. Er plädiert dafür, dass, wenn Daten der Kontrollgruppe vorhanden sind, diese auch in die Berechnung mit einfließen sollten, da jede Information die Effektstärke präziser machen kann und dem Erwartungswert der Gesamtpopulation annähert.

Wenn möglich, wurde der ES Kontrollgruppenwert in die Untersuchung aufgenommen. In zwei Fällen wurde allerdings entschieden, den Wert ES Prä-Post zu verwenden (Humburg Beinpresse li + re ESTmIT).

Generell wird eine a priori-Festlegung der Effektstärke-Berechnung befürwortet, im Einzelfall sollte der Untersucher aber die Anwendung immer kritisch hinterfragen und die Möglichkeit haben, etwaige Änderungen durchzuführen (Maier-Riehle & Zwingmann, 2000, S. 197).

Im Folgenden wird am Einzelfall der Werte „Beinpresse rechts“ von Humburg (2007) erläutert, warum entschieden wurde, die ES Prä-Post zu verwenden.

Die ES Kontrollgruppe liegt für das ESTmIT (0,67) etwas höher als für das MST (0,65) (siehe Tab. 12). Die Mittelwertsdifferenz beträgt für das ESTmIT allerdings nur 13,7 kg, während sie für das MST bei 22,6 kg liegt. Der Grund für die höheren ES Kontrollgruppenwerte ESTmIT liegen also in der Standardabweichung (SD). Die SD steht im Nenner der Effektstärkeberechnung. Eine geringe SD führt demnach zu größeren Effektstärken, während eine große SD kleinere Effektstärkewerte nach sich zieht.

*Tabelle 12: 1-RM-Werte (kg ± SD) der Testübung „Beinpresse rechts“ von Humburg (2007, S. 30 u. S. 38) der Gruppen Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT), Mehrsatztraining (MST) und der Kontrollgruppe. In Klammern die Werte für ES Prä-Post ; ES Kontrollgruppe)*

Gruppe	Pre-Test	Post-Test
ESTmIT	174,4 ± 44,7 kg	188,1 ± 36,4 kg (0,33 ; 0,67)
MST	172,7 ± 38,4 kg	195,3 ± 44,7 kg (0,54 ; 0,65)
Kontrollgruppe	156 ± 31 kg	150 ± 33 kg

Während in der Gruppe ESTmIT die SD von Prä- zu Postmessung um 8,3 kg sinkt, ist sie in der Gruppe MST im Posttest 6,3 kg größer als im Prätest.

Da bei ES Kontrollgruppe:  $d_{\text{kontroll}} = d_{\text{post}} - d_{\text{prä}}$  führt dies zu den beschriebenen Effektstärken. In der Gruppe ESTmIT ist  $d_{\text{post}}$  verhältnismäßig höher, weil  $SD_{\text{post}}$  gering ist,  $d_{\text{prä}}$  ist demnach kleiner, weil  $SD_{\text{prä}}$  höher ist. Daraus ergibt sich eine insgesamt höhere Effektstärke. Analog dazu verhält es sich in der Gruppe MST, wo  $d_{\text{prä}}$  aufgrund der geringen  $SD_{\text{prä}}$  verhältnismäßig höher ist,  $d_{\text{post}}$  aber wegen der großen  $SD_{\text{post}}$  relativ gesehen kleiner ist.

Die ES Kontrollgruppe ist für beide Gruppen fast identisch, obwohl die Mittelwertsdifferenz bei MST bedeutend größer ist.

Bei Berechnung der ES Prä-Post fließt die Mittelwertsdifferenz zu einem größeren Teil in die Effektstärke mit ein, was sich in den Werten für ESTmIT (0,33) und MST (0,54) zeigt. Die Werte sind insgesamt geringer, weil die niedrige SD der Kontrollgruppe bei dieser Berechnung keinen Eingang findet.

Aufgrund der deutlich größeren Mittelwertsdifferenz in der Gruppe MST wurde in diesem Fall entschieden, die Effektstärken aus der ES Prä-Post-Berechnung zu verwenden. Es wird davon ausgegangen, dass diese besser den tatsächlichen Effekt abbilden. Die fast identischen Werte von ESTmIT und MST bei ES Kontrollgruppe werden vermutlich eher durch die Entwicklungen der SD beeinflusst als dass sie die Effekte der Trainingsformen anzeigen.

Analog dazu wurde bei Humburg (2007) „Beinpresse links“ entschieden, die ES Prä-Post-Werte zu verwenden.

Dieser Einzelfall verdeutlicht, dass bei der Berechnung der Effektstärken der Untersucher die Werte immer kritisch hinterfragen und eventuell die Berechnung nach einer anderen Methode durchführen sollte.

## 6 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollten zwei unterschiedliche Krafttrainingsprogramme anhand ihrer Effektivität verglichen werden. Einsatztraining mit Intensitätstechniken (ESTmIT) und Mehrsatztraining (MST) wurden mit Hilfe metaanalytischer Verfahren auf statistische Unterschiede in der Verbesserung der dynamischen, konzentrischen Maximalkraft überprüft. Dafür konnten durch umfassende Suche in nationalen und internationalen Literaturdatenbanken sowie multiple Recherchestrategien acht Primärstudien zur Problematik gesichtet werden. Zwei Studien konnten aufgrund von methodischen Mängeln bzw. aufgrund von fehlenden Daten nicht in die Effektstärkeberechnung mit aufgenommen werden (s. Kapitel 4.3), so dass letztendlich  $N = 6$  Primärstudien mit einer Gesamtprobandenzahl von 233 in die metaanalytische Untersuchung mit eingingen. Die durchschnittliche Probandenzahl pro Primärstudie betrug demnach etwa 39 Probanden.

Die Probandengruppen in den Primärstudien waren in einem Fall untrainierte Kinder (Faigenbaum et al., 2001), in vier Fällen krafttrainingserfahrene Männer (Remmert et al., 2005; Kraemer, 1997a, b, c), bzw. einmal handelte es sich um eine Gruppe mit Männern und Frauen, bei denen keine Angabe zum Trainingsstatus gemacht wurde (Humburg, 2007).

Das Alter der Probanden lag zwischen 8,1 und 30,2 Jahren, wobei bei den meisten Studien das Alter zwischen 20 und 30 Jahren lag. Dies entspricht für eine Metaanalyse einer relativen Homogenität. Fröhlich (2006) hatte in seiner Metaanalyse zur Einsatz-Mehrsatz-Problematik eine weitaus größere Altersspanne (8,5 bis 66,9 Jahre) aufzuweisen.

Bei allen Studien wurden ziemlich genaue Angaben zu den Belastungsnormativa der durchgeführten Krafttrainingsprogramme gemacht (z. B. Intensität, Volumen, Serienpause). In zwei Drittel der Studien konnte ein direkter Vergleich zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining durchgeführt werden. In zwei Studien konnten nur Effektstärken für Einsatztraining mit Intensitätstechniken berechnet werden.

Innerhalb der Primärstudien konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem Einsatztraining mit Intensitätstechniken und dem Mehrsatztraining gefunden werden.

Allerdings lag die mittlere Effektstärke des Mehrsatztrainings, als quantitatives Maß für die Effizienz, um 35,3 % höher als beim Einsatztraining mit Intensitätstechniken. Dies spricht zumindest für einen nicht zu vernachlässigenden Effekt in der Praxis, der andeutet, dass das Mehrsatztraining für maximale Kraftzugewinne überlegen scheint.

Bei Betrachtung der einzelnen Primärstudien muss konstatiert werden, dass bei drei von vier Studien, bei denen ein direkter Vergleich zwischen einem Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining im Design durchgeführt wurde, ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Trainingsformen gefunden wurde. In allen drei Studien von Kraemer (1997) wird eine statistisch abgesicherte Überlegenheit des Mehrsatztrainings gefunden. Bei den Probanden handelt es sich um College-Football-Spieler, die bereits einen hohen Krafttrainingsstatus aufweisen. Teilweise sind bei den Probanden des Mehrsatztrainings (+ 18 kg beim Bankdrücken in 10 Wochen) um 300 % größere Kraftzuwächse zu finden als bei den Probanden des Einsatztrainings mit Intensitätstechniken (+ 6 kg beim Bankdrücken in 10 Wochen). Bei zweien der drei Untersuchungen von Kraemer (1997) war das MST allerdings im Gegensatz zum ESTmIT periodisiert und die Anzahl der Trainingseinheiten war mit 3-4 auch höher als beim ESTmIT (2-3 TE/Woche). Die Periodisierung wird aber beim Krafttraining als wichtiger Einflussfaktor auf die Effektivität betrachtet (Fleck & Kraemer, 2004), von daher muss die Höhe der Unterschiede in den Kraftzuwächsen mit Vorsicht betrachtet werden. Winnett (2004) fordert sogar, die Studien von Kraemer (1997) von einer Metaanalyse als Ausreißer auszuschließen, weil die Effektstärken der beiden Trainingsformen zu unterschiedlich sind. Außerdem stammen die Ergebnisse offenbar aus einem Zeitraum, der schon einige Jahre vor der Publikation lag. Die Studien wurden dennoch in die Metaanalyse mit aufgenommen, denn aus Sicht des Autors gibt es keinen Grund, ältere Studien, die aber den methodischen Anforderungen genügen, auszuschließen. Zudem ergibt sich trotz des Festhaltens an den Studien und insgesamt nur geringen Primärstudienzahlen kein signifikanter Effekt für eine Überlegenheit des Mehrsatztrainings, wie es Winnett (2004) befürchtet.

In keiner der aufgenommenen Studien konnte eine höhere Effektstärke für ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken im direkten Vergleich zu einem Mehrsatztraining berechnet werden. Die höchsten Effektstärken für ESTmIT traten bei Remmert et al. (2005,  $ES = 0,94$ ) und Faigenbaum et al. (2001,  $ES = 0,65$ ) auf, in Studien, in denen es keinen direkten Vergleich zu einem Mehrsatztraining gab. Die ES von Faigenbaum könnte dadurch erklärt werden, dass es sich bei den Probanden um Kinder handelte, die noch keine Krafttrainingserfahrung hatten. Erfahrungsgemäß ist der Kraftzuwachs bei untrainierten Probanden zu Beginn eines Trainings recht hoch und vor allem neuronalen Anpassungen zuzurechnen (Lavin, 1999, S. 17; Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999, S. 10).

Die  $ES = 0,94$  in der Studie von Remmert et al. (2005) ergab sich bei der Übung Latziehen bei zwei TE/Woche. Die durchgeführte Intensitätstechnik war ein doppelter Reduktionssatz, zudem wurde der Belastungsabbruch auch über die Anspannungszeit (TUT) überwacht. Möglicherweise wurden durch eine exaktere Steuerung der benötigten TUT besser die benötigten Stoffwechselprozesse angesprochen, denn auch die anderen ES der Studie waren recht hoch (siehe Kapitel 5.4).

Es lässt sich also ein erstes Fazit ziehen: Obwohl sich kein signifikanter Unterschied zwischen Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining finden lässt, so weist das MST dennoch größere Effektstärken auf. Dies spricht, wenn das Trainingsziel auf optimale Kraftzuwächse ausgerichtet ist, für eine tendenzielle Überlegenheit des MST, denn in keiner Studie war die berechnete Effektstärke für ESTmIT im direkten Vergleich höher als für MST.

Das Probandenmerkmal „Alter“ übt anscheinend keinen Einfluss auf die Effektivität der beiden Trainingsprogramme aus. Dies kann aber im Rahmen dieser Untersuchung auch darauf zurückzuführen sein, dass die Altersstruktur relativ homogen war (maximales Alter 30,2 Jahre). Darüber hinaus ist das ESTmIT aufgrund der hohen orthopädischen Belastungen nicht unbedingt für ältere Freizeitkraftsportler ausgelegt. Genauere Aussagen über die Lebensspanne hinweg können nicht getroffen werden, da die Primärstudien nur ein gewisses Altersspektrum abdecken.

Auch das Studienmerkmal „Studiendauer“ scheint sich nicht auf die Effektivität von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining auszuwirken. Weder bei Studien, die elf Wochen oder kürzer dauerten, noch bei Studien, die länger als zwölf

Wochen dauerten, konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Metaanalysen zur Einsatz-Mehrsatz-Problematik (Fröhlich, 2006; Peterson, Rhea & Alvar, 2004; Rhea, Alvar & Burkett, 2002; Rhea et al., 2003; Wolfe, Lemura & Cole, 2004) stellten bei längeren Studien meist eine größere Effektivität von MST fest, während sich bei kurzen Studien MST und ESTmIT nicht signifikant unterschieden (Wolfe, Lemura & Cole, 2004). Dies wurde u. a. so interpretiert, dass bei einer kurzen Trainingsdauer die koordinativen und neuronalen Anpassungen den größten Einfluss auf die Kraftentwicklung haben, und diese weitgehend von der Satzzahl unabhängig sind. Im weiteren Trainingsverlauf kann ein erhöhtes Trainingsvolumen dann über Auslösen der Hypertrophie zu einer stärkeren Verbesserung der Maximalkraft beitragen.

Die Befunde dieser Arbeit könnten dahingehend interpretiert werden, dass ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken aufgrund der gesteigerten Ausbelastung auch bei längeren Studiendauern ausreichend starke Reize setzt, um ähnliche Kraftverbesserungen zu erzielen wie ein MST. Aber auch bei dieser Metaanalyse weisen die Effektstärken für MST bei längeren Studien tendenziell höhere Werte auf, so dass vielleicht gefolgert werden kann, dass sich ein ESTmIT im Vergleich zum normalen Einsatztraining ohne Ausbelastungsstrategien der Effektivität des Mehrsatztrainings annähert.

Beim Merkmal „Körperregion der Muskelgruppe bei der Testübung“ unterscheiden sich Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining signifikant. Während sich bei Testübungen am Oberkörper und oberen Extremitäten kein Unterschied zwischen den beiden Trainingsformen ergibt, so weist das Mehrsatztraining bei Testübungen an den unteren Extremitäten eine signifikant höhere Effektstärke auf als Einsatztraining mit Intensitätstechniken. Dies könnte damit erklärt werden, dass der Trainingszustand der unteren Extremitäten generell höher ist, da auch im Alltag vermehrt Trainingsreize durch gehen und laufen gesetzt werden. Dadurch benötigen die beteiligten Muskelgruppen eventuell ein größeres Trainingsvolumen, um hohe Anpassungen in Form von Maximalkraftverbesserungen zu erzielen. In diese Richtung argumentieren Paulsen, Myklestad und Raastad (2003) sowie Rønnestad et al. (2007), die in ihren Untersuchungen ebenfalls einen Einfluss der Körperregion auf das Trainingsvolumen fanden. Rønnestad und Kollegen verteilten 21 untrainierte Probanden randomisiert auf zwei Gruppen, die entweder die Oberkörperübungen mit drei Sätzen und die Übungen der unteren Extremitäten mit einem Satz absolvierten (3O-1U) oder umgekehrt (1O-

3U). Nach einem Trainingszeitraum von elf Wochen ergaben sich beim Oberkörpertraining keine signifikanten Unterschiede zwischen Einsatz- und Dreisatztrainingsprogrammen. Beim Training der unteren Extremitäten war der Kraftzuwachs in der Gruppe Dreisatz signifikant höher als in der Einsatzgruppe. Die Autoren bieten folgende Erklärung an: „One possible explanation is that we use leg muscles in daily life activities for a greater extent than our upper-body-muscles. As a consequence, some of the growth potential in the leg muscles might already be reached through daily activities, meaning they are better trained than upper-body muscles” (Rønnestad et al., 2007, S. 161). Diese Studie bezieht sich wie angegeben auf untrainierte Probanden. Die Autoren vermuten, dass sich trainierte Oberkörper-Muskeln ähnlich verhalten wie die Muskulatur der unteren Extremitäten in der beschriebenen Studie, d. h. dass sie von einer höheren Satzzahl profitieren würden.

Die vorliegenden Ergebnisse dieser Arbeit in Bezug auf die Körperregion der Muskulatur deuten an, dass auch bei trainierten Probanden die Muskelgruppen der unteren Extremitäten stärker von einem Mehrsatztraining profitieren als die Muskelgruppen der oberen Extremitäten, in Bezug auf ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken. Ob dies immer noch mit den alltäglichen Belastungen für die Beine erklärt werden kann, ist fraglich, zumindest bei Personen, die schon seit langer Zeit Krafttraining betreiben und für die dementsprechend gehen und laufen keinen krafttrainingspezifischen Reiz mehr auslösen sollten. Hier könnten weitere Untersuchungen mit differenzierten Angaben zur Krafttrainingserfahrung der Probanden hilfreiche Erkenntnisse bringen.

Der Einfluss des Probandenmerkmals „Trainingsstatus“ sowie des Studienmerkmals „Trainingshäufigkeit pro Woche“ konnten nicht statistisch überprüft werden, weil die geringen Fallzahlen und die Zellenbesetzung dies nicht zuließen (siehe Kapitel 5.3.4 und 5.3.5).

Der Einfluss der Trainingshäufigkeit pro Woche wurde explizit bei Remmert et al. (2005) untersucht. Zwei Trainingsgruppen führten über zwölf Wochen das gleiche Trainingsprogramm durch (HIT mit doppeltem Reduktionssatz), der einzige Unterschied bestand in der Trainingshäufigkeit pro Woche. Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen einer und zwei Trainingseinheiten pro Woche festgestellt. Einen Erklärungsansatz für diese Tatsache sehen die Autoren in der vergrößerten benötigten Regenerationszeit aufgrund des enorm intensiven Trainings. Sie vermuten, dass die

Probanden, die zwei TE/Woche absolvierten, nicht genügend regenerieren konnten und sich daher in einem Anfangsstatus des Übertrainings befanden. Daher konnten sie keine größeren Maximalkraftzugewinne erreichen als die Gruppe, die nur einmal pro Woche trainierte. Zatsiorsky und Kraemer (2008, S. 122) veranschlagen für hochintensive Krafttrainingseinheiten eine nötige Regeneration von mindestens 72 Stunden. Die Ergebnisse von Remmert et al. (2005) deuten daraufhin, dass eventuell noch größere Zeiträume für eine vollständige Regeneration bei extrem intensiven Trainingseinheiten benötigt werden.

Lavin (1999, S. 17) kritisiert in Bezug auf Einsatztraining generell, dass Aufwärmätze und Brakedown-Sätze durchgeführt werden und EST sich dadurch dem Mehrsatztraining vom Volumen her nähert. Übertragen gesehen auf Einsatztraining mit Intensitätstechniken könnte hier angemerkt werden, dass durch die Durchführung von mehreren Reduktionssätzen (bzw. anderer Intensitätstechniken) das Volumen ähnlich erhöht wird, wenn auch innerhalb eines Satzes.

Zum Merkmal „Trainingsstatus“ kann hier angefügt werden, dass es in der Primärforschung einer weiteren Präzisierung der Angaben bedürfte, um diese Kategorie noch trennschärfer zu machen. Häufig fehlen genaue Angaben zu der Dauer, die die Probanden bereits Krafttraining durchführen. Weiterhin wäre wünschenswert, wenn die Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche im Zeitraum vor der Untersuchung angegeben würde (z. B. im letzten halben Jahr). Durch die mangelnde Präzisierung finden sich in der Kategorie „Trainiert“ zum einen Probanden, die ein halbes Jahr Krafttrainingserfahrung haben, zum anderen Personen, die College-Footballer sind und somit seit Jahren gezielte Krafttrainingsprogramme absolvieren (Kraemer, 1997). Eine genauere Dokumentation der bereits angesprochenen Merkmale könnte hier generell in der Krafttrainingsforschung hilfreich sein.

Einsatztraining mit Intensitätstechniken ist für Untrainierte weitestgehend ungeeignet, da es eine gute koordinative Beherrschung der Übungen voraussetzt, weil auch im Bereich der absoluten Ausbelastung noch Wiederholungen gemacht werden. Bei einer unsicheren Durchführung der Übung würde sich die Verletzungsgefahr dann zusätzlich stark erhöhen. Daher ist es nicht weiter verwunderlich, dass nur wenige, genau genommen eine Effektstärke für untrainierte Probanden berechnet werden konnte (und dies war eine Variation der Intensitätstechnik Reduktionssatz durch Medizinballpässe). Da-

her konnten natürlich keine Gruppenvergleiche gerechnet werden. Generell deutet vieles daraufhin, dass bei Untrainierten die Kraftzuwächse bei verschiedenen Trainingsprogrammen zunächst ähnlich sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den ersten Wochen die Kraftzuwächse hauptsächlich über eine Verbesserung der intra- und intermuskulären Koordination geschehen. Die koordinativen und neuromuskulären Anpassungen sind dabei offenbar weitestgehend von der Satzzahl und der Intensität unabhängig. Daher bieten sich im Anfängerbereich Trainingsprogramme mit geringen Satzzahlen und moderaten, submaximalen Intensitäten an (vgl. Lavin, 1999; Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999).

Im weiteren Trainingsverlauf kommt der Vergrößerung des Muskelquerschnitts zur Kraftentfaltung jedoch die bestimmende Rolle zu. Um morphologische Anpassungen des Muskels durch Hypertrophie auszulösen, wird aber neben hohen Lasten (Höhe der Muskelspannung) auch die Ausschöpfung der energiereichen Phosphate benötigt (Zatsiorsky & Kraemer, 2008).

Bührle und Ehrich (1984, S. 6) merken an, dass um die richtigen Stoffwechselprozesse für Muskelhypertrophie anzusteuern (Ausschöpfung der energiereichen Phosphate), die Ausbelastung in einem Zeitraum von 20 - 30 Sekunden erfolgen sollte (bei entsprechender Höhe der Muskelspannung). Bei der Durchführung von Intensitätstechniken (z. B. mehrere Reduktionssätze) erhöht sich die Spannungsdauer bedeutend, Remmert et al. (2005) berichten beispielsweise Belastungsabbrüche nach 40 – 90 Sekunden. Dadurch ist es denkbar, dass bei manchen Übungen gar nicht mehr vornehmlich im Hypertrophiebereich trainiert wird, sondern durch die Laktatakkumulation verstärkt Kraftausdauer-effekte hervorgerufen werden. Allerdings ist das theoretische Hintergrundwissen zu den Mechanismen der Muskelhypertrophie, sowie der Kraftentwicklung und notwendiger Trainingsreize zu gering, so dass eine endgültige Bewertung noch nicht möglich scheint (Philipp, 1999b, S. 32).

Ein Faktor im Krafttraining, der im Rahmen trainingswissenschaftlicher Untersuchungen noch nicht ausführlich für alle Belastungsprotokolle untersucht ist, ist die hormonelle Reaktion des Körpers auf Krafttrainingsreize. Auch die genauen Funktionen der einzelnen Hormone für die Mechanismen der Hypertrophie sind noch nicht gänzlich geklärt (Lichtenegger, 2005, S. 195).

Mulligan et al. (1996) fanden bei Frauen ( $n = 10$ ) bei einem Dreisatztraining stärkere Anstiege von Laktat, Cortisol und des Wachstumshormons HGH als bei einem Einsatztraining. Die Autoren schließen daraus, dass das Trainingsvolumen ein entscheidender Faktor für die Hormonreaktion des Körpers beim Krafttraining sein könnte. Allerdings wurden bei dem Einsatztraining keine Ausbelastungsstrategien in Form von Intensitätstechniken durchgeführt.

Ahtiainen et al. (2003, 2004) untersuchten die Reaktion der Hormone Testosteron, Cortisol und HGH bei zwei Krafttrainingsprogrammen (Maximum und Forced Repetitions). Maximum Repetitions (MR) bedeutete eine Übung mit einer Intensität von 12 RM. Bei Forced Repetitions (FR) wurde eine höhere Last aufgelegt, so dass der Proband diese ungefähr achtmal selbst bewältigen konnte. Die restlichen vier Wiederholungen wurden mit Partnerhilfe durchgeführt.

Bei trainierten Probanden, die 4 Sätze Beinpresse, 2 Sätze Kniebeugen und 2 Sätze Beinstrecken durchführten, stiegen HGH und Cortisol in der FR-Gruppe signifikant mehr an als in der MR-Gruppe. Zudem war der Verlust der isometrischen Maximalkraft bei FR stärker ausgeprägt. Die Hormonantwort auf Forced Repetitions und damit auf eine Intensitätstechnik fällt somit stärker aus als auf ein „reguläres“ Training bis zur Erschöpfung (Ahtiainen et al., 2003).

In einer ähnlichen Versuchsanordnung (FR vs. MR) wurden Athleten mit Untrainierten verglichen. Tendenziell stiegen bei Untrainierten und Athleten Cortisol, HGH, Freies Testosteron und Serumtestosteron bei FR stärker an als bei MR. Bei den Athleten fiel dieser Anstieg signifikant höher aus als bei den Untrainierten. Ahtiainen et al. schließen daraus, dass Forced Repetitions eine überlegene Krafttrainingsmethode insbesondere für stark Trainierte (z. B. Hochleistungssportler) sein kann, da die Hormone, denen eine Bedeutung bei der Muskelhypertrophie zugesprochen wird, stärker ausgeschüttet werden (Ahtiainen et al., 2004).

Dies ist ein interessantes Ergebnis, allerdings steht der Vergleich zwischen einem Einsatztraining mit Forced Repetitions und einem Mehrsatztraining mit 12-RM noch aus. Hier könnte in der Zukunft die Stärke der hormonellen Antwort auf verschiedene Belastungsprotokolle, auch mit verschiedenen Intensitätstechniken, eine Antwortmöglichkeit auf die Effektivität von ESTmIT und MST bieten.

Außerdem wären aber auch mehr Untersuchungen hilfreich, die die genaue Einflussnahme der Hormone auf die Hypertrophie und deren Mechanismen weiter klarifizieren. Keogh, Wilson & Weatherby (1999) haben Intensitätstechniken mit einem Krafttraining verglichen, das dem Bereich der Hypertrophie zuzuordnen ist (6-RM). Dabei wurden zwei essentielle Voraussetzungen für ein Hypertrophietraining (vgl. Zatsiorsky & Kraemer, 2008), die Höhe der Muskelspannung (per EMG-Messung) und die Reizspannungsdauer (TUT) erhoben.

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass einige Intensitätstechniken wie z. B. Negativwiederholungen, Funktional Isometrics und Breakdowns (Reduktionssätze) durchaus dazu geeignet sein könnten, einen stärkeren Hypertrophiereiz zu setzen als ein vergleichbares „normales“ Krafttraining (6-RM). Die Muskelspannung bei den Intensitätstechniken war signifikant höher als beim 6-RM-Training, und das bei einer längeren Reizspannungsdauer, also könnten zwei der wichtigen Faktoren zur Auslösung der Hypertrophie bei der Durchführung von Intensitätstechniken stärker ausgeprägt sein.

Ähnlich wie bei den Ergebnissen von Ahtiainen et al. (2003, 2004), so ist auch anhand dieser Ergebnisse keine Aussage möglich, ob ein Einsatztraining mit Intensitätstechniken gleiche Ergebnisse erzielen könnte wie ein Mehrsatztraining. Hier wäre eventuell ein Forschungsansatz denkbar, in dem in einer Studie Einsatztrainingsprogramme mit verschiedenen Intensitätstechniken mit einem Mehrsatztraining verglichen werden. Dies könnte sowohl über EMG-Messung als auch über die Messung der hormonellen Reaktion auf die verschiedenen Programme geschehen.

Definitiv wären in der Zukunft auch mehr Trainingsstudien mit verschiedenen Intensitätstechniken im Vergleich zu Mehrsatztrainingsprogrammen hilfreich. Damit könnte herausgefunden werden, ob mit einem geringen Zeitaufwand (ESTmIT) die gleichen Kraftzuwächse erreicht werden können wie mit einem MST. Außerdem würden dann differenzierte Aussagen über die Effektivität einzelner Intensitätstechniken getroffen werden können, da durchaus denkbar ist, dass es unterschiedliche Wirksamkeiten von Intensitätstechniken gibt (vgl. Keogh et al., 1999).

Metaanalytische Verfahren ermöglichen im Allgemeinen die Erhöhung der externen Validität. Die Befunde können stärker als in den Primärstudien generalisiert werden, weil viele heterogene Studien in die Metaanalyse mit einbezogen werden. Die Ausweitung des Geltungsbereichs hat aber ihre Grenzen, wenn die Anzahl der aufgenommenen

Primärstudien gering ist (Cook, 1991). In Rahmen dieser metaanalytischen Betrachtung wurden nur  $N = 6$  Primärstudien aufgenommen. Die Einschränkung der Generalisierbarkeit der Ergebnisse und der wissenschaftlichen Gültigkeit trifft also zu. Eventuelle Befunde müssen mit der entsprechenden Vorsicht betrachtet werden und können eventuell nur Fingerzeige in eine entsprechende Richtung sein.

Bezüglich des Alters können keine Aussagen über die gesamte Lebensspanne gemacht werden, da die Probanden in den Studien in der Mehrzahl zwischen 20 und 30 Jahre alt waren. Insbesondere über die Auswirkungen für ältere Menschen können gar keine Aussagen getroffen werden, da das maximale Alter 30,2 Jahre betrug.

Den Trainingsstatus betreffend muss erwähnt werden, dass nur eine Probandengruppe untrainiert war, d. h. generalisierte Aussagen über verschiedene Trainingsstadien können nicht gemacht werden.

Die Dauer der Studien lag zwischen acht und 24 Wochen. Daher kann gesagt werden, dass die berechneten Effekte vermutlich über die Trainingsdauer stabil sind, die Ergebnisse dieser und anderer Metaanalysen deuten an, dass sich bei längeren Trainingsdauern die Unterschiede in den Effekten zwischen ESTmIT und MST vergrößern.

Um eine größere Aussagekraft für die entsprechenden Geltungsbereiche zu erzielen, würden allerdings deutlich mehr Studien benötigt.

Hierin liegt auch ein Problem der Metaanalyse. Sie ist der Primärforschung immer nachgeschaltet und muss auf eine größere Anzahl an Studien zurückgreifen können, um ihre Vorteile und Möglichkeiten voll auszuschöpfen (Cordray, 1990, zitiert nach Beelmann & Bliesener, 1994, S. 227).

Rhea (2004b, S. 921) kritisiert, dass in der Krafttrainingsforschung die Festlegung metaanalytischer Standards noch nicht so weit fortgeschritten ist wie bspw. in der Psychologie. Dadurch ist es in der Vergangenheit in manchen Fällen zu Kritik an der Methodik durchgeführter Metaanalysen gekommen, und die eigentlichen zu überprüfenden Sachverhalte schienen nicht mehr das Zentrum der Diskussion zu sein (u. a. Winnett, 2004). Aus der Sicht des Autors ist Rhea (2004b) daher zuzustimmen, dass Standards für die Durchführung von Metaanalysen in der Krafttrainingsforschung und in der Sportwissenschaft genauer festgelegt werden sollten. So könnte sich die Diskussion weg von der Methodik der Metaanalyse hin zu den Inhalten des Krafttrainings verlagern, was dem Forschungsbereich nur gut tun kann.

---

Rhea (2004a, S. 919) plädiert zudem für eine verstärkte Angabe und Berechnung von Effektstärken in den Primärstudien. Die Effektstärke als quantitatives Maß für die praktische Relevanz sollte demnach als Standard in Trainingsstudien angegeben werden, wie z. B. Mittelwert und Standardabweichung. Dem ist ebenfalls zuzustimmen, da eine Angabe einer Effektstärke für ein Trainingsprogramm von  $ES = 0,4$  ( $p = 0,12$  im Vgl. zur Kontrollgruppe) mehr aussagt als nur die Angabe „nicht signifikant“. Keine der aufgenommenen Primärstudien im Rahmen dieser Arbeit gab eine Effektstärke an.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Metaanalyse knüpfen an bisherige Studien zur Einsatz-Mehrsatz-Problematik an (Fröhlich, 2006; Peterson, Rhea & Alvar, 2004; Rhea, Alvar & Burkett, 2002; Rhea et al., 2003; Wolfe, Lemura & Cole, 2004).

Der Vergleich von Einsatztraining mit Intensitätstechniken und Mehrsatztraining ergab zwar keinen signifikanten Unterschied. Die Effektstärke, als quantitatives Maß für die Effizienz, lag beim Mehrsatztraining allerdings um 35,3 % höher als beim Einsatztraining mit Intensitätstechnik, was zumindest auf eine nicht zu vernachlässigende Relevanz für die Praxis hindeutet.

Der Unterschied war aber geringer als zwischen Mehrsatz- und Einsatztraining in der Metaanalyse von Fröhlich (2006, S. 282). Dort lagen die Effektstärken für das Mehrsatztraining um 61,4 % höher als beim Einsatztraining.

Dies deutet darauf hin, dass MST auch im Vergleich zum ESTmIT das Training der Wahl ist, wenn eine Maximierung der Kraftzugewinne angestrebt wird. Einsatztraining mit Intensitätstechniken nähert sich aber durch die größere Ausbelastung dem MST in der Effektivität an, in Einzelfällen können damit auch bessere Ergebnisse erzielt werden als mit einem Mehrsatztraining (vgl. Philipp, 1999a).

Der Geltungsbereich dieser Metaanalyse ist eingeschränkt (vgl. Diskussion und Methodenkritik). Um eine größere Aussagekraft erreichen zu können, würden mehr randomisierte, kontrollierte Gruppenexperimente mit großen Fallzahlen und strenger Kontrolle der intervenierenden Variablen (Belastungsnormativa) benötigt.

Im Folgenden sollen kurz mögliche Studiendesigns in der Zukunft beschrieben werden, die sich aus den Ergebnissen der Arbeit und der vorliegenden Literatur ergeben.

- a) Querschnittsstudie zur Überprüfung der hormonellen Reaktion auf ESTmIT und MST. In Anlehnung an Athiainen et al. (2003, 2004) wäre es denkbar, die hormonelle Antwort von trainierten Probanden auf zwei Krafttrainingsprogramme (ESTmIT, MST) zu messen. Die Hormone, die vermutlich am Vorgang der Hypertrophie beteiligt sind (Testosteron, HGH, Cortisol) könnten sowohl akut unmittelbar nach dem Training, aber auch zu späteren Zeitpunkten (z. B. am Folgetag) gemessen werden. So könnten Aussagen darüber getroffen werden, ob die hormonelle Antwort bei einem ESTmIT ähnlich ausfällt wie bei einem MST.

- b) Längsschnittuntersuchung zur Überprüfung des Einflusses des Trainingsstatus. Zwei Probandengruppen ( $G_1$  = Krafttrainingserfahrung zwischen einem und zwei Jahren,  $G_2$  = Hochleistungssportler (Krafttrainingserfahrung > 5 Jahre)) würden über einen längeren Zeitraum (>10 Wochen) ESTmIT und MST absolvieren. Je die Hälfte jeder Gruppe führt ein ESTmIT durch, die andere Hälfte der Gruppe ein MST. So könnte überprüft werden, ob bei extrem trainierten Probanden MST deutlicher überlegener ist als bei weniger trainingserfahrenen Probanden.
- c) Längsschnittstudie, die den Einfluss der Körperregion näher untersucht. Krafttrainingstrainierte Probanden (Krafttrainingserfahrung > 1 Jahr) trainieren in Anlehnung an Rønnestad (2007) über 10 Wochen (oder länger) in zwei Gruppen. Eine Gruppe trainiert die unteren Extremitäten mit ESTmIT und den Oberkörper mit MST, die andere Gruppe trainiert die unteren Extremitäten mit MST und den Oberkörper mit ESTmIT. Durch die Analyse der verschiedenen Muskelgruppen könnten eventuelle Einflüsse gefunden werden. Es ist denkbar, dass manche Muskelgruppen ein größeres Trainingsvolumen benötigen, bei anderen aber eher die Trainingsintensität der entscheidende Faktor ist.
- d) Längsschnittstudie zur Überprüfung der Effektivität verschiedener Intensitätstechniken. Trainierte Probanden (Krafttrainingserfahrung > 1 Jahr) führen über einen Zeitraum von 10 Wochen oder länger verschiedene ESTmIT-Programme durch, z. B. mit Reduktionssätzen, mit Negativwiederholungen, mit Forced Reps usw. . Die Probanden trainieren über die gesamte Trainingsdauer immer nur mit einer Intensitätstechnik. Auf diese Weise könnten die einzelnen Intensitätstechniken auf ihre Effektivität hin untersucht werden und davon ausgehend praktische Trainingsempfehlungen ausgesprochen werden.

Generell ist zu sagen, dass auf dem Gebiet der Intensitätstechniken noch viel Forschungsbedarf besteht.

Fleck und Kraemer (2004, S. 188) fordern im Krafttraining mehr Untersuchungsansätze, die der Frage nachgehen, warum verschiedene Trainingssysteme zu unterschiedlichen Anpassungen führen. Dadurch würde es noch besser möglich, für jedes Trainingsziel individuelle Trainingsprogramme zu erstellen.

Bisher mangelt es dafür allerdings noch am Theoriewissen zu den genauen Mechanismen der Hypertrophie und zur Kraftentwicklung. Nur durch besseres Hintergrundwis-

sen um die Konfiguration der Belastungsnormativa im Krafttraining und deren Auswirkungen in der Trainingspraxis könnten eine genauere Ableitung für die Formulierung von trennscharfen Hypothesen und deren methodisch einwandfreie Überprüfung ermöglicht werden. Bisher fehlt es vor allem an der Kontrolle intervenierender Variablen (Philipp, 1999b, S. 32).

Da zu wenig gesichertes Wissen in der Theorie vorhanden ist, verlagert sich das Handeln in die Praxis. Das zeigt sich unter anderem auch im Falle der Intensitätstechniken. Diese sind fast ausnahmslos durch „Tüfteleien“ von Trainingspraktikern etwa im Bereich des Bodybuildings entstanden und fanden erst verhältnismäßig spät eine wissenschaftliche Überprüfung. Der Autor hofft, dass die vorliegende Arbeit dazu einen Beitrag leisten kann.

Zum Abschluss sei noch einmal ein Rückgriff auf die Einleitung und das Zitat von Fleck & Kraemer (2004, S. 21) erlaubt:

“The search for an optimal number of sets and repetitions assumes several factors: that an optimal number of sets and repetitions actually exists; that once found it will work for all individuals and exercises or muscle groups; that it will work equally well in untrained and trained individuals; and that it will promote maximal increases in strength, power, and body compositional changes for an indefinite period of time. These assumptions may not be correct.”

Eine optimale Trainingskonfiguration, die für jede Situation und jede Person gilt, gibt es nicht. Es gilt immer, nach der Analyse der Trainingsziele ein angepasstes Trainingsprogramm zu entwickeln. Die individuellen Reaktionen des Trainierenden müssen berücksichtigt werden. Dabei kann es „die richtige Trainingsform“ nicht geben, da Variation und Periodisierung unerlässlich sind, um Trainingsplateaus zu verhindern (Fleck & Kraemer, 2004). Einsatztraining mit Intensitätstechniken kann daher auch eine Variationsmöglichkeit sein, um durch eine Steigerung der Trainingsintensität zu helfen, ein Trainingsplateau zu durchbrechen.

## Literaturverzeichnis

- Ahtiainen, J., Pakarinen, A., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 410-418.
- Ahtiainen, J., Pakarinen, A., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(5), 527-543.
- Alexander, R. A., Carson, K. P., Alliger, G. M. & Cronshaw, S. F. (1989). Empirical distributions of range restricted SDx in validity studies. *Journal of Applied Psychology*, 74, 253-258.
- Beelmann, A. & Bliesener, T. (1994). Aktuelle Probleme und Strategien der Metaanalyse. *Psychologische Rundschau*, 45, 211-233.
- Bliesener, T. (1999). Methoden der systematischen Befundintegration – Eine Übersicht über Möglichkeiten und Grenzen der Meta-Analyse. In J. Wiemeyer (Ed.), *Forschungsmethodologische Aspekte von Bewegung, Motorik und Training im Sport. dvs Schriftenreihe* (S. 55-70). Hamburg: Czwalina.
- Boeckh-Behrens, W.-U. & Buskies, W. (2001). *Fitness-Krafttraining* (3. ed.). Reinbek: Rowohlt.
- Boeckh-Behrens, W. -U. & Buskies, W. (2005). *Supertrainer Schultern, Arme, Brust*. Reinbek: Rowohlt.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. ed.). Heidelberg: Springer.
- Bös, K., Hänsel, F. & Schott, N. (2004). *Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft* (2. ed.). Hamburg: Czwalina.
- Breitenstein, B. (2001). *Bodybuilding - die besten Methoden*. Reinbek: Rowohlt.
- Bührle, M. & Werner, E. (1984). Das Muskelquerschnittstraining der Bodybuilder. *Leistungssport*, 14(3), 5-9.
- Buskies, W. (1999). Sanftes Krafttraining nach dem subjektiven Belastungsempfinden versus Training bis zur muskulären Ausbelastung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 10, 316-320.
- CEBP. (2008). *Centre for Evidence-Based Physiotherapy. PEDro Scale*. Retrieved 04/26, 2009, from [http://pedro.org.au/german/scale\\_item\\_german.html#scale\\_9](http://pedro.org.au/german/scale_item_german.html#scale_9)
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Quantitative Methods in Psychology*, 112(1), 155-159.
- Cook, T. D. (1991). Meta-analysis: Its potential for causal description and causal explanation within program evaluation. In G. Albrecht, & H. U. Otto (Eds.), *Social prevention and the social sciences* (pp. 245-285). Berlin: De Gruyter.
- Cook, T. D. & Leviton, L. C. (1980). Reviewing the literature: A comparison of traditional methods with meta-analysis. *Journal of Personality*, 48, 449-472.
- Cooper, H. M. (1991). An introduction to meta-analysis and the integrative research review. In G. Albrecht, & H. U. Otto (Eds.), *Social prevention and the social sciences* (pp. 287-304). Berlin: De Gruyter.

- Cordray, D. S. (1990). An assessment from the policy perspective. In K. W. Wachter, & M. L. Straf (Eds.), *The future of meta-analysis* (pp. 99-119). New York: Russel Sage Foundation.
- Eysenck, H. J. (1978). An exercise in mega-silliness. *American Psychologist*, 33, 517.
- Faigenbaum, A. D., Loud, R. L., O'Connell, J., Glover, S., O'Connell, J. & Westcott, W. L. (2001). Effects of different resistance training protocols on upper-body strength and endurance development in children. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(4), 459-465.
- Fleck, S. J. & Kraemer, W. J. (2004). *Designing resistance training programs*. (3rd ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Fröhlich, M. (2006). Zur Effizienz des Einsatz- vs. Mehrsatz-Trainings. *Sportwissenschaft*, 36(3), 269-291.
- Fröhlich, M. & Gießing, J. (2006). Nachermüdung als trainingsmethodische Alternative im Krafttraining. *Leistungssport*, 36(2), 39-44.
- Fröhlich, M., Gießing, J., Schmidbleicher, D. & Emrich, E. (2007). Intensitätstechnik Vor- und Nachermüdung im Muskelaufbautraining – ein explorativer Methodenvergleich. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58(1), 25-30.
- Galvao, D. A. & Taaffe, D. (2004). Single- vs. multiple-set resistance training: Recent developments in the controversy. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 660-667.
- Galvao, D. A. & Taaffe, D. (2005). Resistance exercise dosage in older adults: Single- versus multiset effects on physical performance and body composition. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(12), 2090-2097.
- Gießing, J. (2000). Das heavy-duty-konzept. *Leistungssport*, 30(4), 19-23.
- Gießing, J. (2005). Intensive Nachermüdung als Maßnahme zur Optimierung der Ausbelastungsintensität beim Muskelaufbautraining. *Leistungssport*, 35(2), 11-14.
- Gießing, J. (2006). *HIT - Hochintensitätstraining. Das optimierte System für rapiden Muskelaufbau*. Arnsberg: Novagenics.
- Gießing, J., Fröhlich, M. & Preuss, P. (Eds.). (2005). *Current results of strength training research* (1st ed.). Göttingen: Cuvillier.
- Gießing, J., Preuss, P., Greiwing, A., Goebel, S., Müller, A., Schischek, A. & Stephan, A. (2005). Fundamental definitions of decisive training parameters of single-set training and multiple-set training for muscle hypertrophy. In J. Gießing, M. Fröhlich & P. Preuss (Eds.), *Current results of strength training research*. (pp. 9-23). Göttingen: Cuvillier.
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and Meta-analyses of research. *Educational researcher*, 5,3-8. Retrieved 04/26, 2009, from Oxford English Dictionary Online [http://dictionary.oed.com/cgi/entry/00307098?single=1&query\\_type=word&queryword=meta-analysis](http://dictionary.oed.com/cgi/entry/00307098?single=1&query_type=word&queryword=meta-analysis)
- Glass, G. V., McGaw, B. & Smith, M. L. (1981). *Meta-analysis in social research*. Beverly Hills: Sage.

- Greiwing, A. (2007). *Einsatz-, Mehrsatz- und High-Intensity Training. Ein Vergleich der Effekte dreier Trainingsmethoden auf Muskelwachstum, Maximalkraft und Kraftausdauer*. Saarbrücken: VDM Dr. Müller.
- Hager, W. (1984). Metaanalyse - Zahlen als Psychologieersatz? *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 31, 64-70.
- Hass, C. J., Garzarella, L., De Hoyos, D. & Pollock, M. L. (2000). Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 235-242.
- Hedges, L. V. (1981). Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. *Journal of Educational Statistics*, 6, 107-128.
- Hedges, L. V. & Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Orlando: Academic Press.
- Heiduk, R., Preuss, P. & Steinhöfer, D. (2002). Die optimale Satzzahl im Krafttraining: Einsatz- versus Mehrsatz-Training. *Leistungssport*, 32(4), 4-13.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4. ed.). Wiebelsheim: Limpert.
- Hosenfeld, I. & Höft, S. (1999). Robustheit statistischer Testverfahren. In B. Strauß, H. Haag & M. Kolb (Eds.), *Datenanalyse in der Sportwissenschaft* (S. 359-376). Schorndorf: Hofmann.
- Humburg, H. (2007). *1-Satz- vs. 3-Satz-Training. Die Auswirkungen des Krafttrainingsvolumens auf Maximalkraft, Kraftausdauer, Muskeldicke und neuronale Faktoren*. Saarbrücken: VDM Dr. Müller.
- Jackson, G. (1980). Methods for integrative reviews. *Review of Educational Research*, 50, 438-460.
- Jacobs, B. (1998). Einführung in die Versuchsplanung. Retrieved 05/04, 2009, from <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/seminar/vpl/bedeutung/eskorr.htm>
- Keogh, J. W. L., Wilson, G. J. & Weatherby, R. E. (1999). A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 247-258.
- Kraemer, W. J. (1997). A series of studies-the physiological basis for strength training in american football: Fact over philosophy. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(3), 131-142.
- Krüger, M. (2004). In Grupe O. (Ed.), *Einführung in die Geschichte der Leibeserziehung und des Sports. Teil 1: Von den Anfängen bis ins 18. Jahrhundert*. (2. ed.). Schorndorf: Hofmann.
- Lane, D. M. & Dunlap, W. B. (1978). Estimating effect size: Bias resulting from significance criterion in editorial decisions. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 31, 107-112.
- Lavin, D. (1999). Efficacy of weight training: Multiple sets versus single sets. *Strength and Conditioning Journal*, 21(3), 17.
- Leonhart, R. (2004). Effektgrößenberechnung bei Interventionsstudien. *Rehabilitation*, 43, 241-246.

- Lichtenegger, N. (2005). The relationship between myostatin function, strength gain and muscle hypertrophy. In J. Gießing, M. Fröhlich & P. Preuss (Eds.), *Current results of strength training research* (pp. 195-205). Göttingen: Cuvillier.
- Maier-Riehle, B. & Zwingmann, C. (2000). Effektstärkevarianten beim Eingruppen Prä-Post-Design: Eine kritische Betrachtung. *Rehabilitation*, 39, 189-199.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (2001). *Handbuch Trainingslehre* (3. ed.). Schorndorf: Hofmann.
- Mießner, W. (2004). *Muskel Trainingsbuch*. München: BLV.
- Morris, S. B. (2008). Estimating effect sizes from pretest-posttest-control group designs. *Organizational Research Methods*, 11(2), 364-386.
- Mulligan, S. E., Fleck, S. J., Gordon, S. E., Koziris, L. P., Triplett-McBride, T. N. & Kraemer, W. J. (1996). Influence of resistance exercise volume on serum growth hormone and cortisol concentrations in Women. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(4), 256-262.
- Paulsen, G., Myklestad, D. & Raastad, T. (2003). The influence of volume of exercise on early adaptations to strength training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 115-120.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R. & Alvar, B. A. (2004). Maximizing strength developments in athletes: A meta-analysis to determine the dose-response relationship. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 377-382.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R. & Alvar, B. A. (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: A review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 950-958.
- Philipp, M. (1999a). Ein Satz genügt! – Erfahrungen mit Mehrsatz- und Einsatz-Methoden im Krafttraining. *Leistungssport*, 29(1), 26-28.
- Philipp, M. (1999b). Einsatz-Training versus Mehrsatz-Training. Zur Kontroverse um die Satzzahl beim Krafttraining unter Berücksichtigung empirischer Evidenzen. *Leistungssport*, 29(4), 27-38.
- Preuss, P., Goebel, S., Greiwing, A., Müller, A., Schischek, A. & Stephan, A. (2006). Belastungssteuerung im Krafttraining: konzeptionell-inhaltliche Präzisierung und Fragestellungen am Beispiel des Muskelaufbautrainings. *Leistungssport*, 36(2), 32-38.
- Remmert, H., Schischek, A., Zamhöfer, T., & Ferrauti, A. (2005). Influence of recovery duration on increase of strength and muscular growth within a high-intensity training (HIT). In J. Gießing, M. Fröhlich & P. Preuss (Eds.), *Current results of strength training research : An empirical and theoretical approach*. (pp. 89-102). Göttingen: Cuvillier.
- Rhea, M. R. (2004a). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 918-920.
- Rhea, M. R. (2004b). Synthesizing strength and conditioning research: The meta-analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 921-923.

- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Ball, S. D. & Burkett, L. N. (2002). Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(4), 525-529.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A. & Burkett, L. N. (2002). Research notes - single versus multiple sets for strength - A meta-analysis to address the controversy. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(4), 485-488.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N. & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(3), 456-464.
- Rønnestad, B. R., Egeland, W., Kvamme, N. H., Refsnes, P. E., Kadi, F. & Raastad, T. (2007). Dissimilar effects of one- and three-set strength training on strength and muscle mass gains in upper and lower body in untrained subjects. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 157-163.
- Rosenthal, R. (1979). The "file drawer problem" and tolerance for null results. *Psychological Bulletin*, 86, 638-641.
- Rosenthal, R. (1995). Writing meta-analytic reviews. *Psychological Bulletin*, 118, 183-192.
- Rustenbach, S. J. (2003). *Metaanalyse - Eine anwendungsorientierte Einführung*. Bern: Hans Huber.
- Schlumberger, A. & Schmidbleicher, D. (1999). Einsatz-Training als trainingsmethodische Alternative - Möglichkeiten und Grenzen. *Leistungssport*, 29(3), 9-11.
- Seibert, W. (1988). *Perfektes Körpertraining* (4. ed.). Oberhaching: sportinform.
- Selye, H. (1991). *Stress beherrscht unser Leben*. München: Heyne.
- Starkey, D. B., Pollock, M. L., Ishida, Y., Welsch, M. A., Brechue, W. F., Graves, J. E. & Feigenbaum, M. S. (1996). Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(10), 1311-1320.
- Stone, M. H., Chandler, T. J., Conley, M. S., Kramer, J. B. & Stone, M. E. (1996). Training to muscular failure: Is it necessary? *Strength and Conditioning Journal*, 18(3), 44-48.
- Stone, M. H., Potteiger, J. A., Pierce, K. C., Proulx, C. M., O'Bryant, H. S. & Johnson, R. L. (1998). Athletic performance development: Volume load-1 set vs. multiple sets, training velocity and training variation. *Strength and Conditioning Journal*, 20(6), 22-31.
- Tan, B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: A review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 289-304.
- Tidow, G. (1999). Zur Dimensionalität des Adaptationsraums im Bereich von Kraftbeanspruchungen. In Radandt, S., Grieshaber, R. & Schneider, W. (Eds.), *Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen*. (S. 41-80). Leipzig: Monade Verlag.
- Waldeger, S., Busch, G. L., Kaba, N. K., Zempel, G., Ling, H., Heidland, A., Haussinger, D. & Lang, F. (1997). Effect of cellular hydration on protein metabolism. *Mineral and Electrolyte Metabolism*, 23, 201-205.
- Weider, J. (1991). *Joe Weider's Bodybuilding - Trainingsmethoden und Ernährungsprinzipien*. (2nd ed.). München: Heyne.

- Willardson, J. M. (2007). The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 628-631.
- Winett, R. A. (2004). Meta-analyses do not support performance of multiple sets or high volume resistance training. *Journal of Exercise Physiology*, 7(5), 10-20.
- Wolfe, B. L., Lemura, L. M., & Cole, P. J. (2004). Quantitative analysis of single- vs. multiple-programs in resistance training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 35-47.
- Wydra, G. (2005). *Wissenschaftliches Arbeiten in der Sportwissenschaft: Manuskript und Vortrag* (2. ed.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Zatsiorsky, V. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign: Human Kinetics.
- Zatsiorsky, V., & Kraemer, W. J. (2008). *Krafttraining. Praxis und Wissenschaft*. [Science and Practice of strength training.] (3. ed.). Aachen: Meyer & Meyer.

## Anhang:

A1 Kodierliste.....	96
A2 Verwendete Studien.....	98
A3 Voraussetzungstests.....	99
A4 Mann-Whitney-U-Test: Haupthypothese.....	100
A5 Mann-Whitney-U-Test: Moderatorvariable Probandenalter.....	101
A6 Mann-Whitney-U-Test: Moderatorvariable Studienlänge.....	102
A7 Mann-Whitney-U-Test: Moderatorvariable Körperregion.....	103

### A1 Kodierliste

Autor(en)
Art der Studie (1 = Gesamtstudie; 2 = Teilstudie)
Jahr der Publikation
Art der Publikation (1 = Zeitschriftenartikel; 2 = Beitrag Herausgeberwerk; 3 = Dissertation, Monographie)
Name der Zeitschrift (1 = Journal of Strength and Conditioning Research; 2 = Leistungssport)
Review im Begutachtungsprozess der Publikation (0 = nein; 1 = ja; 2 = nicht bekannt)
Impact Factor der Zeitschrift im Jahr 2008 (numerisch)
Sprache der Publikation (1 = englisch; 2 = deutsch)
Studien-Design (1 = randomisierte Studie mit Kontrollgruppe; 2 = Quasiexperimentelles Design; 3 = Crossoverdesign; 4 = randomisierte Studie ohne Kontrollgruppe)
Anzahl der Probanden (numerisch)
Durchschnittliches Alter der Probanden (numerisch)
Alter der Probanden (1 = kleiner gleich 20; 2 = größer als 20)
Geschlecht der Probanden (1 = männlich; 2 = weiblich; 3 = beide Geschlechter beteiligt)
Charakteristik der Probanden (0 = keine Angabe; 1 = trainiert; 2 = untrainiert)
Anzahl der Test-Übung(en) im Kraftbereich (numerisch)
Körperregion der Muskulatur bei der Testübung (1 = Oberkörper; 2 = Beine; 3 = Beides)
Anzahl der Trainings-Übung(en) (numerisch)

Angabe der verwendeten Trainingsübung(en) (1=Bankdrücken a) Schrägbankdrücken; 2=Beinbeugen a) sitzend; 3=Latziehen; 4=Crunch; 5=Rückenstrecken; 6=Beinstrecken; 7=Medizinballpässe; 8=Beinpresse, Kniebeuge a) einbeinig; 9=Hüftabduktion am Kabel; 10=Rudern im Sitzen a) einarmig; 11=Lat-Pull-Over; 12= Crunch schräg 13=Lat-pulldown; 14=Bizeps-Curls; 15=Calf-raises; 16=Tricepsdrücken; 17=Schulterheben; 18=Butterfly; 19=Lateral raises; 20=Military Press; 21=Upright now; 22=Rotatorenübungen; 23=Hammerschmidtbeinpresse; 24=Schulterdrücken; 25=Pulls from midhigh; 26=Push press; 27=Power cleans a)Hang cleans; 28=Lunges; 29=Abduction,Adduction exercises; 30=Side bend)
Direkter Vergleich Einsatz vs. Mehrsatz im Design (0 = nein; 1 = ja)
Direkter Vergleich Einsatz + Intensitätstechniken vs. Mehrsatz im Design (0 = nein; 1 = ja)
Direkter Vergleich Einsatz + Intensitätstechniken vs. Einsatz ohne Intensitätstechniken im Design (0 = nein; 1 = ja)
Angabe von Belastungsnormativa (0 = nein; 1 = ja)
Angabe der Intensität (0 = nein; 1 = ja)
Mittlere Trainingsintensität in % des 1-RM
Angabe des Volumen (0 = nein; 1 = ja)
Angabe der Serienpause (0 = nein; 1 = ja)
Anzahl der Serien beim Mehrsatztraining (numerisch)
Angabe der Trainingshäufigkeit (0 = nein; 1 = ja)
Häufigkeit des Trainings pro Woche im Mittel (numerisch)
Trainingshäufigkeit (1 = weniger als 3 Mal/Woche; 2 = 3 Mal und mehr pro Woche)
Verwendung von Periodisierungsstrategien (0 = nein; 1 = ja)
Dauer der Studie in Wochen (numerisch)
Studienlänge (1 = kleiner gleich 11 Wochen; 2 = länger als 11 Wochen)
Angabe der verwendeten Testmethodik (0 = nein; 1 = ja)
Dynamische Maximalkraft (1-RM) (0 = nein; 1 = ja)
Repetition Maximum (0 = nein; 1 = ja)
Punkt des momentanen Muskelversagens (0 = nein; 1 = ja)
Punkt des momentanen Muskelversagens plus Intensitätstechniken (0 = nein; 1 = ja)
Art der Intensitätstechnik (1 = Reduktionssatz, 2 = Reduktionssatz durch Medizinballpässe, 3 = Assisted reps, forced reps, 4 = Isometrische Kontraktionen, 5 = Teilwiederholungen)
Festgelegte submaximale Wiederholungszahl (0 = nein; 1 = ja)
Isometrische und/oder isokinetische Maximalkraftmessung (0 = nein; 1 = ja)

Anthropometrische Daten wie BMI, Körperfettmessung etc. (0 = nein; 1 = ja; 2 = keine Angaben)
Benotung der Methodik (1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend)
Benotung der Ergebnisse (1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend)
Bewertung der internen Validität (0 = gering; 1 = mittel; 2 = hoch)
Bewertung der externen Validität (0 = gering; 1 = mittel; 2 = hoch)
Bewertung der Konstruktvalidität (0 = gering; 1 = mittel; 2 = hoch)
Bewertung der statistischen Validität (0 = gering; 1 = mittel; 2 = hoch)
Signifikanter Unterschied zwischen Einsatz + Intensitätstechniken und Mehrsatz (0 = nein; 1 = ja; 2 = nicht direkt untersucht)
Statistisches Prüfverfahren (1 = parametrische Verfahren; 2 = nonparametrische Verfahren; 3 = parametrische und nonparametrische Verfahren; 4 = keine Angaben)
Angabe der statistischen Prüfgröße (0 = nein; 1 = ja)
Mittlere Effektstärke der Berechnung (ES) Einsatztraining (numerisch)
Mittlere Effektstärke der Berechnung (ES) Einsatztraining mit Intensitätstechniken (numerisch)
Mittlere Effektstärke der Berechnung (ES) Mehrsatztraining (numerisch)
Art des Trainings (1 = Einsatztraining mit Intensitätstechniken; 2 = Mehrsatztraining)
Einschätzung der Ergebnisse durch die Autoren (Fazit) (1 = pro Intensitätstechniken; 2 = pro Mehrsatztraining; 0 = indifferentes Ergebnis; 3 = nicht untersucht; 4 = kein Unterschied)
Sonstiges

## A2 Verwendete Studien

Die aufgenommenen Studien waren Faigenbaum et al. (2001), Humburg (2007), Kraemer (1997, Studie wurde drei Mal aufgenommen, da drei verschiedene Untersuchungen in einer Publikation) und Remmert et al. (2005).

## A3 Voraussetzungstests

### Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung

#### Deskriptive Statistiken

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
ES ESTmIT und MST (ES Rechnen)	23	,3870	,22977	,06	,94

#### Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		ES ESTmIT und MST (ES Rechnen)
	N	23
Parameter der Normalverteilung <sup>a, b</sup>	Mittelwert	,3870
	Standardabweichung	,22977
	Extremste Differenzen	
	Absolut	,087
	Positiv	,087
	Negativ	-,077
	Kolmogorov-Smirnov-Z	,415
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,995

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

### Levene-Test auf Varianzhomogenität

#### Zwischensubjektfaktoren

	Wertelabel	N
Art des Trainings	Ein-satz+Intensitätstechnik	14
	Mehrsatz	9

#### Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen<sup>a</sup>

Abhängige Variable: ES ESTmIT u. MST (ES Rechnen)

F	df1	df2	Sig.
,961	1	21	,338

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + Code

**Tests der Zwischensubjekteffekte**

Abhängige Variable: ES ESTmIT u. MST (ES Rechnen)

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Korrigiertes Modell	,084 <sup>a</sup>	1	,084	1,632	,215
Konstanter Term	3,513	1	3,513	68,453	,000
ArtDesTrainings	,084	1	,084	1,632	,215
Fehler	1,078	21	,051		
Gesamt	4,605	23			
Korrigierte Gesamtvariation	1,161	22			

a. R-Quadrat = ,072 (korrigiertes R-Quadrat = ,028)

**A4 Mann-Whitney-U-Test Haupthypothese****Ränge**

Art des Trainings		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ES Rechnen	Einsatz+Intensitätstechnik	14	10,43	146,00
	Mehrsatz	9	14,44	130,00
	Gesamt	23		

**Statistik für Test<sup>b</sup>**

	ES Rechnen
Mann-Whitney-U	41,000
Wilcoxon-W	146,000
Z	-1,386
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,166
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,179 <sup>a</sup>

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Art des Trainings

## A5 Mann-Whitney-U-Test: Moderatorvariable Probandenalter

### Durchschnittliches Alter der Probanden kleiner gleich 20

Ränge

Art des Trainings		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ES Rechnen	Einsatz+Intensitätstechnik	6	4,33	26,00
	Mehrsatz	5	8,00	40,00
	Gesamt	11		

Statistik für Test<sup>b</sup>

		ES Rechnen
Mann-Whitney-U		5,000
Wilcoxon-W		26,000
Z		-1,826
Asymptotische	Signifi-	,068
kanz (2-seitig)		
Exakte	Signifikanz [2*(1-	,082 <sup>a</sup>
seitig Sig.)]		

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Art des Trainings

### Durchschnittliches Alter der Probanden größer als 20

Ränge

Art des Trainings		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ES Rechnen	Einsatz+Intensitätstechnik	8	6,00	48,00
	Mehrsatz	4	7,50	30,00
	Gesamt	12		

Statistik für Test<sup>b</sup>

		ES Rechnen
Mann-Whitney-U		12,000
Wilcoxon-W		48,000
Z		-,679
Asymptotische	Signifi-	,497
kanz (2-seitig)		
Exakte	Signifikanz [2*(1-	,570 <sup>a</sup>
seitig Sig.)]		

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Art des Trainings

## A6 Mann-Whitney-U-Test: Moderatorvariable Studienlänge

### Studiendauer kleiner gleich 11 Wochen

Ränge

Art des Trainings		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ES Rechnen	Einsatz+Intensitätstechnik	7	5,57	39,00
	Mehrsatz	6	8,67	52,00
	Gesamt	13		

Statistik für Test<sup>b</sup>

		ES Rechnen
Mann-Whitney-U		11,000
Wilcoxon-W		39,000
Z		-1,429
Asymptotische	Signifi-	,153
kanz (2-seitig)		
Exakte Signifikanz [2*(1-		,181 <sup>a</sup>
seitig Sig.)]		

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Art des Trainings

### Studiendauer länger als 11 Wochen

Ränge

Art des Trainings		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ES Rechnen	Einsatz+Intensitätstechnik	7	5,29	37,00
	Mehrsatz	3	6,00	18,00
	Gesamt	10		

Statistik für Test<sup>b</sup>

		ES Rechnen
Mann-Whitney-U		9,000
Wilcoxon-W		37,000
Z		-,342
Asymptotische	Signifi-	,732
kanz (2-seitig)		
Exakte Signifikanz [2*(1-		,833 <sup>a</sup>
seitig Sig.)]		

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Art des Trainings

## A7 Mann-Whitney-U-Test: Moderatorvariable Körperregion...

### Oberkörper

Ränge

Art des Trainings	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ES Rechnen Einsatz+Intensitätstechnik	10	8,10	81,00
Mehrsatz	5	7,80	39,00
Gesamt	15		

Statistik für Test<sup>b</sup>

	ES Rechnen
Mann-Whitney-U	24,000
Wilcoxon-W	39,000
Z	-,122
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,903
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,953 <sup>a</sup>

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Art des Trainings

### Beine

Ränge

Art des Trainings	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
ES Rechnen Einsatz+Intensitätstechnik	4	2,50	10,00
Mehrsatz	4	6,50	26,00
Gesamt	8		

Statistik für Test<sup>b</sup>

	ES Rechnen
Mann-Whitney-U	,000
Wilcoxon-W	10,000
Z	-2,323
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,020
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,029 <sup>a</sup>

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: Art des Trainings

## Erklärung

Hiermit versichere ich, dass die Arbeit

„Metaanalytische Betrachtungen von Intensitätstechniken im Krafttraining –  
ein explorativer Ansatz“

von mir selbst und ohne jede unerlaubte Hilfe angefertigt wurde, dass sie noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen hat. Die Stellen der Arbeit einschließlich der Tabellen und Abbildungen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall kenntlich gemacht und die Herkunft nachgewiesen.

.....

Datum und Unterschrift