

DEUTSCHER SCHWIMMVERBAND

Rahmentrainingsplan zum Krafttraining im Beckenschwimmen

vom Aufbau- bis zum Hochleistungstraining

Version 1.0

Erstellt von:

STEFAN FUHRMANN*¹, MATZ KUNZ*¹, HENNING LAMBERTZ*², PD DR. KLAUS WIRTH*³, DR. MICHAEL KEINER*⁴, DR. HAGEN HARTMANN*⁵, MAIKE CZASCHE*⁶, ARTHUR JANKOWSKI*⁷, RONNY BERNDT*¹

Redaktion:

STEFAN FUHRMANN*¹

*¹ Olympiastützpunkt Hamburg/Schleswig-Holstein

*² Chefbundestrainer Deutscher Schwimmverband

*³ Fachhochschule Wiener Neustadt

*⁴ Hochschule für Gesundheit & Sport in Ismaning

*⁵ Universität Frankfurt

*⁶ Olympiastützpunkt Berlin

*⁷ Physiotherapeut, Athletiktrainer

Stand: 20.04.2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	- 4 -
2	Definition und Struktur der motorischen Fähigkeit Kraft	- 6 -
2.1	Maximalkraft	- 6 -
2.2	Schnellkraft.....	- 8 -
2.3	Kraftausdauer.....	- 8 -
3	Key-Points.....	- 10 -
3.1	Krafttraining aus präventiver Sicht.....	- 10 -
3.2	Krafttraining aus leistungssteigernder Sicht	- 12 -
3.2.1	Absprung- und Abstoßgeschwindigkeit bei Start und Wende	- 13 -
3.2.2	Maximale Schwimmgeschwindigkeit	- 13 -
3.2.3	Ökonomisierung der Bewegung	- 14 -
3.3	Zum Kraftausdauertraining an Land.....	- 14 -
3.4	Zum spezifischen und semispezifischen Krafttraining an Land.....	- 15 -
3.5	Zum Rumpfkrafttraining.....	- 17 -
4	Trainingsmethodik.....	- 18 -
4.1	Grundübungen im Krafttraining	- 20 -
4.1.1	Grundregeln.....	- 21 -
4.1.2	Kniebeugen.....	- 22 -
4.1.3	Kreuzheben.....	- 25 -
4.1.4	Bankdrücken mit Langhantel.....	- 28 -
4.1.5	Klimmzug	- 30 -
4.1.6	Latziehen	- 32 -
4.1.7	Vorgebeugtes Langhantelrudern.....	- 34 -
4.1.8	Rudern sitzend am Kabelzug	- 36 -
4.1.9	Beinbeuger	- 37 -
4.1.10	Reißen.....	- 38 -
4.1.11	Umsetzen.....	- 43 -
4.1.12	Zug breit.....	- 47 -
4.1.13	Zug eng	- 49 -
4.1.14	Überzüge	- 50 -
4.1.15	Fliegende	- 52 -
4.2	Streckenspezifische Orientierungswerte ausgewählter Grundübungen	- 53 -
4.3	Reaktives Training	- 53 -
5	Periodisierung / Planung	- 55 -

5.1	Periodisierung im Mehrjahresverlauf.....	- 55 -
5.2	Periodisierung im Jahresverlauf / innerhalb eines Makrozyklus.....	- 56 -
5.3	Kombination von Wasser- und Krafttraining.....	- 59 -
5.4	Wochenplanung / Trainingseinheit.....	- 61 -
5.4.1	800m und 1500m Zielstrecke	- 63 -
5.4.2	400m Zielstrecke	- 64 -
5.4.3	200m Zielstrecke	- 65 -
5.4.4	50 und 100m Zielstrecke	- 66 -
6	Krafttraining im Nachwuchsleistungssport	- 68 -
6.1	Allgemeines	- 68 -
6.2	Langfristiger Leistungsaufbau im Krafttraining	- 74 -
7	Ermittlung der Maximalkraftfähigkeiten.....	- 79 -
	Normierung und Technische Evaluierung in der Testung des DSV	- 79 -
	Nackenkniebeuge	- 80 -
	Umsetzen.....	- 81 -
	Reißen.....	- 82 -
	Bankdrücken.....	- 84 -
	Klimmzüge	- 84 -
	Literatur.....	- 86 -

1 Einleitung

Die Weltstandsanalyse nach den Olympischen Spielen in Rio macht ganz klar deutlich, dass die deutschen Beckenschwimmer den Anschluss an die Weltspitze verloren haben. Nach den medaillenlosen Spielen 2012, kehrten die DSV-Athleten auch 2016 ohne Edelmetall nach Hause. Als Hauptgrund kann dabei nicht eine schwache „Quote“, d.h. die Nicht-Erreichung der Qualifikationsleistung genannt werden. Vielmehr muss das Grundniveau (genereller Abstand vieler DSV-Schwimmer zur Weltspitze) als Ursache angeführt werden – dieses ist schlicht und einfach zu niedrig!

Ein weiteres Problem springt einem bei der Betrachtung der „2. Reihe“ ins Auge: In der unbereinigten Weltbestenliste (TOP 20) sind andere Nationen teilweise mit mehreren Schwimmern über eine Strecke vertreten. Wenn bei diesen Nationen die 2. oder „3. Reihe“ nachrückt, genügt dies meist immer noch für TOP-Platzierungen bei internationalen Großereignissen. Diese Nachrücker fehlen uns völlig. Der Deutsche Schwimmverband muss sich (wie zuletzt in Rio 2016) auf die wenigen deutschen Medaillen-Chancen stützen (Koch, Biedermann, Hentke), diesmal leider erfolglos.

Bei der Lösung der genannten Probleme gibt es eine Vielzahl von trainingsmethodischen Herangehensweisen. Doch besonders bei dem Thema „Kraft“ sehen die Autoren eine große Diskrepanz zwischen der trainingsmethodischen Ausrichtung des DSV und den internationalen Entwicklungen in Praxis und Wissenschaft.

Dabei soll der Rahmentrainingsplan (RTP) zum Krafttraining nicht als „Allheilmittel“ verstanden werden. Es muss aber klar sein, dass ein gewisses Niveau an Kraft unabdingbar ist, um international konkurrenzfähig zu sein. Und genau dieses Mindest-Niveau fehlt vielen unserer Sportler. Fragestellungen zu weiteren Themen (z.B. Biomechanik, Tapering, Technologieunterstützung etc.) sind weiterhin relevant und müssen in den nächsten Jahren ebenfalls systematisch aufgearbeitet werden.

Die Autoren sind der Meinung, dass die vorliegende Konzeption alles beinhaltet, um im Bereich der Kraft Grundlagen für bessere Wettkampfergebnisse zu legen. Dabei stehen die Entwicklung der Maximalkraft, die Gesunderhaltung des Athleten und die Zeitökonomie im Vordergrund. Auf Grundlage dessen ist der RTP als Orientierung und Hilfestellung gedacht und sollte auch so verstanden werden.

Die Praxisempfehlungen des RTP basieren auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, die systematisch analysiert, auf- und eingearbeitet wurden. Wenn zu einigen Punkten Forschungsdefizite vorliegen, wird dies beim entsprechenden Kapitel erwähnt. DSV-Praxiserfahrungen aus mehreren Jahrzehnten (Trainer, Leistungsdiagnostik) sollen nicht systematisch negiert werden, müssen aber aufgrund des teils massiven Rückstandes zur Weltspitze sehr kritisch hinterfragt werden. Der Leistungssport lebt von Erkenntnissen aus der Praxis – diese beiseite zu legen wäre fatal. Genauso fatal ist es jedoch,

Erfahrungen aus der Praxis nicht beiseite zu legen, wenn der aktuelle Forschungsstand klar dagegen spricht und die Wettkampfergebnisse entsprechend unbefriedigend sind. In vielen Bereichen fast ausschließlich der Praxiserfahrung der letzten Jahre zu folgen bzw. zu vertrauen ist der falsche Weg – der Abstand zur Weltspitze wird dadurch nicht kleiner. Wenn wir unsere trainingsmethodische Vorgehensweise nicht anpassen (hier im Bereich Kraft), woher soll dann der Leistungssprung kommen? Andere Nationen zeigen dies eindrucksvoll: Sie treiben den Erkenntnisgewinn immer weiter voran und aktualisieren fortlaufend ihre Trainingssysteme. Die schwimmspezifischen wissenschaftlichen Erkenntnisse, die zu verschiedenen Themen z.B. in Australien, Großbritannien oder Frankreich gewonnen werden, sind wegweisend und sicherlich ein entscheidender Grund für deren Vorsprung vor den deutschen Beckenschwimmern.

Auch der vorliegende RTP wird in den nächsten Jahren nicht von Aktualisierungen befreit sein. Sobald neues Wissen vorliegt, werden wir dies integrieren.

Zur Verdeutlichung des Problems bzw. des Ziels ein Zitat aus „Krafttraining im Nachwuchsleistungssport“ (Wissenschaftliche Expertise des BISp, Hartmann et al., 2010), Seite 200f: *„Zusammenfassend zeigt sich insgesamt eine erhebliche Diskrepanz hinsichtlich der existierenden Lehrmeinungen und einigen grundlegenden Sichtweisen, da ein Großteil der sportartspezifischen Literatur schon von der Genese bzw. tradierten Entwicklung her eine überwiegend bis ausschließlich methodisch-praktische Sichtweise hat; fundamentale bzw. erst in den letzten Jahren stärker im Vordergrund stehende Sichtweisen biologischer Natur, z.B. Aspekte von Anpassung / Adaptation, Muskelfaserzusammensetzung sind bis dato nur in Ansätzen in Betracht gezogen worden.“*

Der vorliegende Rahmentrainingsplan hat nicht zum Ziel, zukünftig mehr Trainingszeit an Land zu verbringen, sondern das bisher vorherrschende und überholte Krafttraining in Deutschen Vereinen und Stützpunkten, welches hauptsächlich auf Kraftausdauerkomponenten basierte (sofern der Begriff Krafttraining überhaupt gerechtfertigt ist), auf ein erfolgreicherer und modernes Level zu heben.

Die Autoren

2 Definition und Struktur der motorischen Fähigkeit Kraft

Die Literaturanalyse zeigt, dass unterschiedliche Modelle zur Strukturierung des Kraftverhaltens existieren (Bös & Mechlin, 1983; Fetz, 1980; Haare, 1973; Hollmann & Hettinger, 2000; Letzelter, 1982; Letzelter, 1971; Martin, 1977; Weineck, 2000; Werchoshanskij & Tatjan, 1975; Zatsiorskij, 1972). Die grundlegenden Erscheinungsformen der Kraft sind die Maximalkraft, die Schnellkraft, die Kraftausdauer und das reaktive Kraftverhalten. Im Rahmen dieser Modelle wurden Strukturmodelle anhand von unterschiedlichen Größen, wie biologischen und sportmedizinischen Gesichtspunkten, entwickelt. Letzelter (1982) nimmt Unterteilungen "in Bewegungsklassen" vor, denen jeweils eigene Kraftdimensionen zugeteilt werden. Diese definieren sich in Einteilungen wie Stoß-, Zug- und Wurfkraft. Grundlegend handelt es sich bei dieser Einteilung um eine Klassifizierung von Bewegungsfertigkeiten, wenngleich für deren Entwicklung die Kraft in hohem Maße grundlegend ist (Schmidtbleicher, 2003; Wirth, 2010). Diese Betrachtungsweise hat allerdings den Nachteil, dass sie eine Unterscheidung von konditionellen und koordinativen Einflüssen, die zum Bewegungserfolg beitragen, nicht zulässt. Nett (1967) strukturierte die Kraft in Subkategorien. Es werden die Maximalkraft, die Schnellkraft und die Kraftausdauer als drei Erscheinungsformen der Kraft unterschieden – diese befinden sich hierarchisch auf der identischen Stufe (Nett, 1967). Auf Basis dieser Einteilung kann gefolgert werden, dass die Erscheinungsformen unabhängig voneinander trainiert werden können; theoretisch lassen sich eindeutige Ziele für den Trainingsprozess ableiten. Die Einteilung von Nett (1967) berücksichtigt jedoch nicht Wechselwirkungen zwischen den Erscheinungsformen. Schmidtbleicher (1984) schlägt daher vor, die Erscheinungsformen der Kraft nicht hierarchisch auf einer Ebene anzusiedeln. Durch eine Vielzahl von Studien kann belegt werden, dass Veränderungen der Maximalkraft einen direkten Einfluss auf die Schnellkraft (u.a. Arabatzi, et al., 2010; Augustsson et al., 1998; Chelly et al., 2009; Christou et al., 2006; Hartmann et al., 2012; Kotzamanidis et al., 2005; Lamont et al., 2009; Lockie et al., 2012; Maio Alves et al., 2010; Moss et al., 1997; Rønnestad et al., 2008; Rønnestad et al., 2011; Wirth, 2006/07) und die Kraftausdauer (u.a. Dorgo et al., 2009; Naclerio et al., 2009) haben. Schmidtbleicher (1984, 2003) benennt die Maximalkraft daher als Basisfähigkeit. Der Ausprägungsgrad von Schnellkraft und Kraftausdauer wird u. a. von der Maximalkraft bestimmt (Bührle, 1985; Bührle & Schmidtbleicher, 1981). Daher ist es international anerkannt, dass die Maximalkraft die Basisgröße aller anderen Erscheinungsformen der Kraft darstellt.

2.1 Maximalkraft

Die Maximalkraft wird als die höchste Kraft verstanden, die das neuromuskuläre System bei einer maximalen willkürlichen Kontraktion erzeugen kann (Güllich & Schmidtbleicher, 2000). Durch eine maximale willkürliche Kontraktion können nicht alle motorischen Einheiten zeitgleich aktiviert

werden. Somit repräsentiert der unter diesen Bedingungen ermittelte Maximalkraftwert nicht die maximale Kraft die das neuro-muskuläre System entfalten kann, sondern nur den Teil, welcher von den Fähigkeiten des jeweiligen Individuums abhängt, sein muskuläres Potential auszuschöpfen (Wirth et al., 2012).

In der Literatur wird zwischen statischer und dynamischer Maximalkraft unterschieden (Hollmann & Hettinger, 2000; Letzelter, 1982). Viele Untersuchungen zeigen einen mittleren bis hohen Zusammenhang zwischen der statischen und dynamischen Maximalkraft (Ahtiainen et al., 2003; Baker et al., 1994; Berger & Henderson 1966; Bührle & Schmidtbleicher, 1981; Murphy et al., 1994; Wirth, 2007). Die dynamische Maximalkraft wird als die höchste Last ermittelt, die unter definierten Arbeitsbedingungen einmal gehoben werden kann (Schmidtbleicher, 1984). Sie wird auch als Einer-Wiederholungs-Maximum (1RM) bezeichnet. Die statische Maximalkraft wird bei unüberwindlichem Widerstand dynamometrisch gemessen und ist meist höher als die dynamische Maximalkraft (Müller, 1987). Es ist zu beachten, dass beim Bewältigen des 1RM eine wesentlich höhere Anforderung an die Koordination gestellt wird als bei der Messung der isometrischen Maximalkraft. So wird bei z.B. Langhantelübungen, wie der tiefen Kniebeuge oder beim Bankdrücken, zusätzlich Kraft dafür benötigt, die Hantel zu stabilisieren und größere horizontale Bewegungen zu vermeiden (Lander et al., 1985; Müller, 1987). Werden die koordinativen Anforderungen so weit wie möglich reduziert, ist die dynamische Maximalkraft nur noch geringfügig niedriger als die isometrische (Bührle, 1985).

Ergänzend muss noch auf die exzentrische Maximalkraft eingegangen werden. Sie beschreibt einen maximal kontrahierten Muskel, der entgegen seiner Arbeitsrichtung gedehnt wird (Wirth, 2010). Bei der exzentrischen Maximalkraft handelt es sich um die maximale Last, die einmal unter muskulärer Kontrolle abgelassen werden kann (Wirth, 2010).

Die vollständige Aktivierung eines Muskels ist nur unter intensiver elektrischer Stimulation zu erreichen. Hierbei ist es möglich, das gesamte in der Muskelmasse angelegte Kraftpotenzial in den Kontraktionsvorgang einzubringen. Dies wird als Absolutkraft bezeichnet (Güllich & Schmidtbleicher, 2000).

Die Maximalkraft wird durch den Muskelquerschnitt, die Muskelfaserzusammensetzung, die Muskelfaserausprägung, neuronale Faktoren (inter- und intramuskuläre Koordination), die Muskel-Sehnen-Elastizität, die Muskellänge und anthropometrisch-biomechanische Faktoren beeinflusst (Schmidtbleicher, 2003). Der Zusammenhang zwischen Muskelquerschnitt bzw. Muskelmasse und Maximalkraft ist durch entsprechende Studien belegt (Alway et al., 1990; Brechue & Abe, 2002; Fukunaga et al., 2001; Ikegawa et al., 2008; Kawakami et al., 1993; Wirth et al., 2014).

2.2 Schnellkraft

In vielen Sportarten ist es von entscheidender Bedeutung, den eigenen Körper (z. B. Sprint, Sprung), ein Sportgerät (z. B. Fußball, Speer, Kugel) oder den Gegner (Zweikampfsportarten) mit dem Ziel einer hohen Endgeschwindigkeit maximal beschleunigen zu können. Somit ist Schnellkraft die Fähigkeit des neuromuskulären Systems innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters einen möglichst großen Kraftimpuls zu produzieren (Schmidtbleicher, 2003).

Die Schnellkraft setzt sich aus Startkraft, Explosivkraft und Maximalkraft zusammen. Startkraft ist die Fähigkeit, in den ersten 20 bis 30 ms der Muskelkontraktion (Beginn einer Muskelaktivität) einen hohen Kraftanstieg zu erzielen. Als Explosivkraft wird die Fähigkeit beschrieben, einen begonnenen Kraftanstieg (Startkraft) maximal weiterzuentwickeln (Wirth et al., 2012). Je kürzer der Beschleunigungsweg und die zur Verfügung stehende Zeit einer Bewegung sind, desto größer ist der Einfluss von Start- und Explosivkraft (Martin et al., 1993).

In der Sportart Schwimmen spielt die Schnellkraft eine entscheidende Rolle bei der Start- und Wendeaktion (untere Extremitäten).

2.3 Kraftausdauer

Der Begriff Kraftausdauer bezeichnet die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, eine möglichst große Kraftstoßsumme in einer gegebenen Zeit gegen höhere Widerstände zu produzieren (Schmidtbleicher, 2003). Damit setzt sich die Kraftausdauer aus der Größe des Einzelkraftstoßes, sowie der Fähigkeit die Reduktion der Einzelkraftstöße möglichst gering zu halten zusammen (Ermüdungswiderstandsfähigkeit) (Schmidtbleicher, 2003). Die Beurteilung von Kraftausdauerleistungen ist auf Grund der Vielzahl an Einflussfaktoren schwierig. Nach Wirth und Mitarbeitern (2012) setzt sich die Kraftausdauerleistung aus folgenden Komponenten zusammen:

- Höhe des Krafteinsatzes pro Muskelkontraktion
- Schnelligkeit des Krafteinsatzes pro Muskelkontraktion
- Dauer der Krafteinsätze pro Muskelkontraktion
- Frequenz der Krafteinsätze
- Anzahl der Muskelkontraktionen bzw. Dauer der Muskelkontraktionen bei statischer Arbeitsweise
- Arbeitsweise der Muskulatur
- Belastete Muskelgruppe (Faserverteilung/Enzymbesatz)
- Menge der involvierten Muskelmasse

Rein definitorisch sollte bei Kraftausdauerleistungen die Kraftkomponente und nicht die Ausdauerkomponente dominant sein. Im Falle einer Dominanz der Ausdauerkomponente darf nicht

von Kraftausdauer gesprochen werden. Es handelt sich vielmehr um eine „Ausdauerleistung mit hoher Intensität bzw. hohem Krafteinsatz“. Diese Differenzierung (Abgrenzung zwischen Kraft- und Ausdauertraining) ist dringend notwendig, um in der Trainingsplanung die richtige Wahl der Trainingsmethodik vornehmen zu können (Soll die Kraft oder die Ausdauer dominant trainiert werden?).

Zur Differenzierung zwischen Kraftausdauer- und reinem Ausdauertraining empfiehlt es sich, zwei Minuten als zeitliche Obergrenze für Kraftausdauerbelastungen zu definieren (Wirth et al., 2012). Es ist davon auszugehen, dass die ATP-Produktion (Adenosintriphosphat) nach spätestens zwei Minuten (bei hoher Belastungsintensität) zu gleichen Teilen über den aeroben und anaeroben Stoffwechsel erfolgt (Hollmann & Hettinger, 2000; Spriet, 2006). Ein Fortsetzen der Arbeit führt zwangsläufig zu einem Übergewicht aerober Stoffwechselanteile und sollte damit dem Ausdauertraining zugeordnet werden. Des Weiteren müssen die Krafteinsätze über 50% der individuellen Maximalkraft liegen um das Training als Kraftausdauertraining einzuordnen (Schmidtbleicher, 2003). Die Mindestintensität von 50% begründet sich damit, dass in diesem Fall (50% des 1 RM) ein kompletter Gefäßverschluss vorliegt und die Stoffwechsellage dadurch dominant anaerob ist.

Es kann grundsätzlich von einem hohen Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der Kraftausdauer ausgegangen werden (Dorgo et al., 2009; Naclerio et al., 2009). Dieser ist umso höher, je näher die aufzubringende Kraft am individuellen Maximalkraftniveau liegt (Güllich & Schmidtbleicher, 2000). Folglich konnten Komi und Kollegen (1978) nach einem Krafttraining mit hohen Lasten eine Verbesserung der maximalen Haltezeit einer Last (50% bis 60% der Maximalkraft des Eingangstests) messen. Auch Campos und Kollegen (2002) konnten zeigen, dass mit einem Hypertrophietraining der Übung Kniebeuge, die Anzahl der möglichen Wiederholungszahlen bei 60% des 1RM signifikant gesteigert werden konnte. Bei den aufgeführten Studien konnten nach der Trainingsintervention zusätzlich gesteigerte Maximalkraftleistungen beobachtet werden.

Dementsprechend stellt die Maximalkraft die Basisgröße für die Kraftausdauerleistungsfähigkeit dar (Schmidtbleicher, 1984).

3 Key-Points

Für den Rahmentrainingsplan „Krafttraining“ sind die in diesem Kapitel aufgeführten grundlegenden Erkenntnisse von großer Bedeutung. Sie wurden bereits im Vorfeld als „Key-Points des Kraftkonzeptes“ (swim & more 11/2016) veröffentlicht und bilden die wissenschaftlichen Begründungen für die praktischen Empfehlungen des Rahmentrainingsplanes.

3.1 Krafttraining aus präventiver Sicht

Anhand einer sportartübergreifenden Metaanalyse aus dem Jahre 2014 kann belegt werden, dass Krafttraining das Auftreten von Sportverletzungen um mehr als 2/3 und Überlastungsschäden um die Hälfte verringert. Dabei sind die positiven Effekte des Krafttrainings höher als beispielsweise durch propriozeptives Training oder Stretching (Lauersen et al., 2014).

Als schwimmtypische Überlastungsschäden sind Wirbelsäule (Dawson & Rodeo, 2015; Gaunt & Maffulli, 2012; Heinonen et al., 2007; Johnson, 2003; Knobloch et al., 2008; Masiero et al., 2008; Mutoh et al., 1988; Sato et al., 2011; Wolf et al., 2009; Zaina et al., 2015), Schulter (Becker, 2011; Bradley et al., 2016; Dawson & Rodeo, 2015; Gaunt & Maffulli, 2012; Heinonen et al., 2007; Johnson, 2003; Knobloch et al., 2008; Mutoh et al., 1988; Pollard & Croker, 1999; Richardson et al., 1980; Sein et al., 2010; Tate et al., 2012; Walker et al., 2012; Wolf et al., 2009) und Knie (Dawson & Rodeo, 2015; Gaunt & Maffulli, 2012; Heinonen et al., 2007; Mutoh et al., 1988; Knobloch et al., 2008) zu nennen. McMaster und Troup (1983) befragten 993 Schwimmer zwischen 10 und 18 Jahren, mit dem Ergebnis, dass 47 Prozent Schmerzen in der Schulter angeben. Als Ursachen der Überlastungsschäden werden von den Autoren ungünstige Bewegungsabläufe bzw. Technikausführungen (z. B. enge Kniehaltung bei der Brustbeinbewegung, Lordosierung der Wirbelsäule beim Delphinschwimmen) und falscher oder zu häufiger Einsatz bestimmter Trainingsmittel (z.B. Paddels) genannt.

Bezüglich der Gesunderhaltung des Sportlers muss auf die Knochendichte (BMD) von Heranwachsenden und besonders von heranwachsenden Schwimmern genauer eingegangen werden. Als Knochendichte wird das Verhältnis zwischen Gewicht und Volumen bzw. Fläche eines Knochens bezeichnet. Aufgrund einer verringerten Knochendichte nimmt das Osteoporoserisiko zu, die Gefahr von Knochenbrüchen steigt. Während des Wachstums ist die Knochenneubildung größer als der Knochenabbau, so dass es beim Heranwachsenden (Kindheit und Pubertät) zu einer allmählich gesteigerten Knochendichte kommt (Metzl & Busko, 2015), mit einem Peak im Alter von ca. 30 Jahren. Somit ist das Knochenwachstum bei Kindern und Jugendlichen ausschlaggebend für die finale Knochendichte eines Erwachsenen und damit Schlüsselfaktor eines gesunden Skelettes (Rizzoli et al., 2010). Heranwachsende in der Sportart Schwimmen haben ein erhöhtes Risiko einer zu geringen Knochendichte, da der Körper durch den Auftrieb des Wassers (bis zu 4h am Tag) entlastet

wird und das eigene Körpergewicht somit nicht aktiv getragen werden muss (Whalen & Carter, 1988). So konnte in einer Vielzahl von Studien eine im Vergleich zu anderen Sportarten verringerte Knochendichte von Schwimmern nachgewiesen werden (Carbuhn et al., 2010; Cassell et al., 1996; Courteix et al., 1998; Creighton et al., 2001; Fehling et al., 1995; Ferry et al., 2011; Heinrich et al., 1990; Magkos et al., 2007; Mudd et al., 2007; Quiterio et al., 2011; Risser et al., 1990; Taaffe et al., 1997). Einige Untersuchungen konnten keinen Unterschied zwischen Schwimmern und untrainierten Personen (bezgl. Knochendichte) feststellen (Cassel et al., 1996; Courteix et al., 1998; Fehling et al., 1995; Heinrich et al., 1990; Kannus et al., 2008; Nilsson & Westlin, 1971; Risser et al., 1990) bzw. sogar eine geringere Knochendichte von Schwimmern im Vergleich mit Untrainierten (Ferry et al., 2011; Magkos et al., 2007a, 2007b; Quiterio et al., 2011; Risser et al., 1990). Als betroffene Körperregionen werden hauptsächlich Lendenwirbelsäule und untere Extremitäten genannt. Degenerative Veränderungen der Wirbelsäule sind mehrfach belegt (Goldstein et al., 1991; Hangai et al., 2009; Nyska et al., 2000; Rossi & Dragoni, 2001). Kaneoka und Mitarbeiter (2007) belegen degenerative Veränderungen an den Wirbelkörpern bei bis zu 2/3 der untersuchten Leistungsschwimmer.

Als Ursache für die schlechte Knochenstruktur muss der hohe Anteil an gewichtsentlastendem Training im Wasser (statischer Auftrieb) angenommen werden (Metzl & Busko, 2015).

Um einer verringerten Knochendichte bei Schwimmern entgegen zu wirken, müssen Übungen bzw. Sportarten gewählt werden, bei denen eine große Druckkraft auf den Knochen wirkt, wodurch sich ein positiver Effekt auf die knochenbildende Aktivität einstellt (Whalen & Carter, 1988). Dabei scheint die Intensität der Belastung ein wichtiger Faktor für die Anregung des Knochenwachstums zu sein (Cassel et al., 1996; Courteix et al., 1998; Dyson et al., 1997; Helge & Kanstrup, 2002; Lehtonen-Veromaa et al., 2000; Nickols-Richardson et al., 1999, 2000; Nurmi-Lawton et al., 2004; Vicente-Rodriguez et al., 2007). Es konnte nachgewiesen werden, dass Krafttraining und High Impact Belastungen (z.B. Sprünge) die für das Knochenwachstum erforderlichen Intensitäten erzielen (Blimkie et al., 1996; Creighton et al., 2001; Fehling et al., 1995; Gomez-Bruton et al., 2016; Heinrich et al., 1990; Kannus et al., 2008; Khan et al., 2001; Morseth et al., 2011; Schwarz et al., 2003; Taaffe et al., 1997; Vicente-Rodriguez, 2006; Witzke & Snow, 2000) und Krafttraining somit die Knochenstruktur positiv beeinflusst (Bailey, 2005; Cassel et al., 1996; Courteix et al., 1998; Grimston et al., 1993; Morseth et al., 2011; Mudd et al., 2007; Nilsson & Westlin, 1971; Risser et al., 1990; Schwarz et al., 2003; Virvidakis et al., 1990). Zusammenhänge zwischen gesteigerter Muskelkraft und erhöhter Knochendichte (über das Normalmaß hinaus) sind bekannt (Blimkie et al., 1996; Nichols et al., 2001; Witzke & Snow, 2000).

Die positiven Auswirkungen von High Impact Belastungen auf die Knochendichte konnten bei einer Vielzahl von Sportarten beobachtet werden, z.B. bei Gewichthebern (Block et al., 1989; Heinonen et

al., 1993; Nilsson & Westlin, 1971; Virvidakis et al., 1990), Bodybuildern (Heinrich et al., 1990), Leichtathletik-Werfern (Nilsson & Westlin, 1971), Basketball- sowie Volleyballspielern (Risser et al., 1990) und Fußballspielern (Nilsson & Westlin, 1971).

Zusätzlich kann Krafttraining zu einer besseren Stabilität von Knie-, Hüft- und Schultergelenken führen. Durch eine bessere Gelenkführung ist eine Minderung der Reizzustände zu erwarten (Wirth et al., 2017, bisher unveröffentlichtes Manuskript). Jedoch kann es zu einer Überlastung kommen, wenn das Krafttraining einfach dem bestehenden Belastungsvolumen hinzugefügt wird; in Abhängigkeit vom Trainingszustand des Sportlers ist eine dezidierte Abstimmung von Land- und Wassertraining notwendig (Belastungs-Erholungs-Management).

Aufgrund der genannten Probleme des Wassertrainings auf der einen und der Chancen des Krafttrainings auf der anderen Seite, empfehlen eine Vielzahl von Autoren (u. a. Bass, 2000; Bass et al., 2002, 2008; Chillibeck et al., 1995; Heinrich et al., 1990; Vicente-Rodriguez, 2006) einen frühzeitigen Einstieg ins Krafttraining im Kindesalter.

Liegen aktuelle Schulterprobleme vor, müssen Trainingsmittel hinterfragt werden, bei denen aus schlecht sicherbaren Gelenkwinkeln gegen erhöhte Widerstände gearbeitet wird (z. B. Schwimmbank oder zu groß gewählte Paddels).

3.2 Krafttraining aus leistungssteigernder Sicht

Sportartübergreifend ist die entscheidende Bedeutung der Muskelkraft für die Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit hinreichend belegt. Zuletzt wurde durch Faigenbaum und Kollegen (2015) die große Bedeutung der Maximalkraft im langfristigen Leistungsaufbau umfassend beschrieben.

Wie bereits in Kapitel 2 ausführlich dargestellt, muss die Maximalkraft als Basisfähigkeit für weitere Erscheinungsformen gesehen werden (Schmidtbleicher, 1984, 2003). Der Ausprägungsgrad von Schnellkraft und Kraftausdauer wird maßgeblich von der Maximalkraftfähigkeit bestimmt.

Sportartübergreifend ist der positive Einfluss von Hypertrophietraining bzw. Training zur Ausprägung der Maximalkraft (und dies gilt eben auch für Ausdauersportarten!) auf die Wettkampfleistung durch eine Vielzahl von Studien belegt (u.a. Aagard et al., 2010; Aagard & Raastad, 2012; Hoff et al., 1999; Millet et al., 2002; Plisk, 2008; Rønnestad & Mujika, 2014; Rønnestad et al., 2011; Veliz et al., 2014).

In der Sportart Schwimmen kann sich eine gesteigerte Maximalkraft auf folgende Bereiche auswirken (Wirth et al., 2016a):

- a) Absprung- und Abstoßgeschwindigkeit bei Start und Wende
- b) Maximale Schwimmgeschwindigkeit
- c) Ökonomisierung der Bewegung (Ermüdungswiderstandsfähigkeit)

3.2.1 Absprung- und Abstoßgeschwindigkeit bei Start und Wende

Vor allem bei Wettkampfstrecken bis 200m (bei längeren Strecken ist die Wende leistungsrelevant) ist die Bedeutung der Start- und Wendeleistung hinreichend belegt (Arellano et al., 1994; Bishop et al., 2013; Garcia-Hermoso et al., 2013; Keskinen et al., 2007; Lyttle & Blanksby, 2015; Reilly, 1990; Thompson et al., 2000; Vantorre et al., 2014; Veiga et al., 2013; Wakayoshi et al., 1992), wobei der Startabschnitt deutlich häufiger beforscht wurde als die Wende. Beim Abstoß von der Wand (Wende) konnten Blanksby und Kollegen (1996) das Kraftmaximum an der Wand als den besten Prädiktor für die Zeit bis 5m nach der Wand identifizieren. Bei der Gegenüberstellung von unterschiedlichen maximalen Krafttests der unteren Extremitäten sowie Sprungleistungen (CMJ) mit diversen Startparametern (5m-Zeit, 10m-Zeit, 15m-Zeit, Leistungsparameter am Messstartblock), wurden Korrelationskoeffizienten zwischen $r = -0,85$ und $r = 0,76$ ermittelt (Breed & Young, 2003; Cossor et al., 2011; De Jesus & De Jesus, 2010; Garcia-Ramos et al., 2016; Miyashita et al., 1992; Tanner, 2001; West et al., 2011; Zatsiorsky et al., 1979).

3.2.2 Maximale Schwimmgeschwindigkeit

Die Korrelationen zwischen maximalen Schwimmgeschwindigkeiten bzw. geschwommenen Zeiten und der Maximalkraft (bei Strecken von 10 bis 50m) liegen zwischen $r = 0,49$ und $r = 0,85$ (für die Schwimmgeschwindigkeit) und $r = -0,41$ und $r = -0,80$ (für die geschwommene Zeit) (Blanksby et al., 1996; Carl et al., 2010; Gola et al., 2014; Hopper et al., 1983; Johnson et al., 1993; Keiner et al., 2015; Marinho & Orival, 2003; Ramos-Veliz et al., 2014; Strass, 1986; West et al., 2011). Korrelationen zwischen physikalischer Leistung (abhängig von der Maximalkraft, siehe u. a. Baker & Newton, 2006; Petersen et al., 2006; West et al., 2011) und geschwommenen Zeiten (bei Strecken zwischen 22 und 400m) liegen zwischen $r = 0,63$ und $r = 0,90$ (Hawley et al., 1992; Johnson et al., 1993; Morouço et al., 2012b; Sharp et al., 1982; Strzala & Tyka, 2009; Tanaka & Swensen, 1998). Der Einfluss der Maximalkraft auf die Schwimmleistung ist in Abhängigkeit von der Streckenlänge zu sehen (Sharp et al., 1982; Tanaka & Swensen, 1998). Je kürzer die Strecke, desto größer die Abhängigkeit. Einige Forscher gehen auch für Strecken länger als 400m von einem positiven Krafttrainingseffekt aus (Aspens et al., 2009).

Die Erhöhung der Schwimmgeschwindigkeit in Zusammenhang mit einer Erhöhung der Maximalkraft ergibt sich durch (Wirth et al., 2016a):

- Höhere Kraftmaxima pro Einzelzyklus
- Höhere Bewegungsfrequenzen ohne Verkürzung des Zyklusweges
- Hohe bis sehr hohe Frequenzen bei der Delphinbeinbewegung

3.2.3 Ökonomisierung der Bewegung

Die Ökonomisierung (Stoffwechsel) der Bewegung durch Krafttraining konnte bereits in einigen Sportarten nachgewiesen werden: Im Vergleich zu reinem Ausdauertraining verbesserte sich die Bewegungsökonomie durch die Kombination von Ausdauer- und Maximalkrafttraining bei Untrainierten, Läufern, Skilangläufern, Triathleten und Radfahrern (Hoff et al., 1999, 2002; Millet et al., 2002; Paavolainen et al., 1999; Rønnestad et al., 2011; Støren et al., 2008; Sunde et al., 2010).

Der Erklärungsansatz fürs Schwimmen bzgl. der Bewegungsökonomie ergibt sich dadurch, dass für das Erreichen einer anvisierten Schwimmgeschwindigkeit nicht das gesamte Maximalkraftpotenzial genutzt werden muss. Für den weiteren Verlauf (2. Streckenhälfte) bleiben mehr „Reserven“, wodurch der Abfall der Geschwindigkeit geringer ist (verbesserte Ermüdungswiderstandsfähigkeit).

3.3 Zum Kraftausdauertraining an Land

In der Trainingspraxis des Schwimmens wird oft jegliches Training mit erhöhten Widerständen als Kraft- bzw. Kraftausdauertraining bezeichnet. Jedoch sollte Krafttraining auch nur so benannt werden, wenn wirklich die Kraft gesteigert wird.

Die durch sog. Kraftausdauertraining ausgelösten Spannungsreize auf die Muskulatur sind (langfristig) zu gering um eine Steigerung der Muskelmasse zu erzielen (siehe Kapitel 4, Trainingsmethodik). Betreibt man langfristig ein Training im Bereich von Belastungsintensitäten, die 50 bis 60 % des 1RM (Einer-Wiederholungs-Maximum) entsprechen, so ist als dominante Anpassung eine erhöhte Kapazität im Bereich der anaerob-laktaziden Energiebereitstellung zu erwarten. Eine Steigerung der Maximalkraft über eine Vergrößerung des Muskelquerschnitts oder eine verbesserte neuronale Ansteuerung der Muskulatur ist nur bei Untrainierten zu erwarten (Campos et al., 2002; Khan et al., 2001; McDonagh & Davies, 1984; Wirth et al., 2012b). Ein klassisches Kraftausdauertraining ist aus physiologischer Sicht eher dem (sehr) intensiven Ausdauertraining bzw. Stoffwechseltraining zuzuordnen (da hauptsächlich die anaerob-laktazide Energiebereitstellung trainiert wird). Dies kann im Wasser deutlich effektiver angesteuert werden, da direkt in der Zielbewegung trainiert werden kann und Unterschiede kinematischer und kinetischer Merkmale damit ausgeschlossen werden (Spezifik; siehe auch 3.4). Es ist nicht erforderlich das Training des Stoffwechsels außerhalb des Wassers zu trainieren. Die durch Kraftausdauertraining erzielten Anpassungen können vollständig durch Schwimmtraining abgedeckt werden (Newton et al., 2002).

Das Problem des zu geringen Trainingsreizes (geringe Intensität) beim sog. Kraftausdauertraining (hier Armkraftzugerät) wird z. B. durch eine Arbeit von Hermsdorf (2009) verdeutlicht: Durch Training an einem Seilzugergometer (unterschiedliche Lasten linker und rechter Arm) konnte keine signifikante Verringerung der Lateralität nachgewiesen werden.

Ein Kraftausdauertraining führt zusätzlich zu einer starken Entleerung der Glykogenspeicher des Muskels. Dies wiederum wirkt sich negativ auf das Wassertraining aus und die Gefahr von Überlastung steigt. Daher ist ein Hypertrophie- bzw. Maximalkrafttraining deutlich besser mit Wassertraining kombinierbar. Das Krafttraining soll den Athleten auf ein höheres physisches Level bringen und nicht das Wassertraining an Land kopieren.

3.4 Zum spezifischen und semispezifischen Krafttraining an Land

Oft findet man in der deutschsprachigen Literatur eine Unterscheidung von allgemeinem und (semi-) spezifischem/speziellem Krafttraining. Diese Überlegungen gehen u.a. auf Harre (1970) zurück, der Krafttrainingsübungen in allgemeinentwickelnde Übungen, Spezialübungen und Wettkampfübungen unterteilt. Allgemeinentwickelnde Kraftübungen entsprechen nicht dem Kraft-Zeit-Verlauf der Wettkampfbewegung. Die Spezialübungen hingegen sollten weitgehend mit der dynamischen Struktur der Wettkampfbewegung übereinstimmen. Die Wettkampfübungen sollen schließlich keine wesentlichen Abweichungen in der Struktur und im Kraft-Zeit-Verlauf von der Wettkampfbewegung aufweisen. Für gewöhnlich bedeutet dies, dass das Krafttraining in der Regel in der originalen Wettkampfbewegung mit leicht erhöhten Widerständen erfolgt (vgl. Schnabel et al. 1994, S. 236f).

Laut Martin und Mitarbeitern (1993) und Weineck (2007) orientiert sich ein spezifisches Krafttraining an der Bewegungstechnik der Sportart (z. B. Biobank im Schwimmen). Dies betrifft sowohl kinematische (Weg-Zeit-Verhältnis) als auch kinetische (Kraft-Zeit-Verhältnis) Merkmale der Zielbewegungen. Auf physiologischer Betrachtungsebene erfolgt der Hinweis, dass eine Übereinstimmung des Innervationsverhaltens zwischen Trainingsübung und sportartspezifischer Technik angestrebt werden sollte.

Bei der Einordnung des Krafttrainings in „spezifisches“ Krafttraining werden zumeist nur rein biomechanische Merkmale verwendet. Physiologische Vorgänge werden bei der Beurteilung meist nicht berücksichtigt. Daher handelt es sich bei der Einordnung meist um eine reine Außenbetrachtung mit der Intention, einen sportartspezifischen Bewegungsablauf im Krafttraining zu imitieren. Jedoch kann es sich immer nur um eine Annäherung an eine Zielbewegung handeln. Die Konfrontation mit höheren äußeren Widerständen durch die Verwendung von Zusatzlasten hat immer eine Veränderung kinematischer und kinetischer Merkmale einer Bewegung zur Folge (Wirth et al., 2012b). Für die Arbeit an einer Biobank (Schwimmsport) ist belegt, dass weder das Innervationsverhalten noch kinetische oder kinematische Aspekte der Bewegung auf diesem Trainings- und Diagnosegerät mit denen des Schwimmens übereinstimmen (Olbrecht & Clarys, 1983; Schleihau, 1983). Demnach ist die Forderung, Krafttrainingsübungen so zu wählen bzw. zu modifizieren, dass sich das Aktivierungsverhalten des ZNS bei der Durchführung einer Übung dem Innervationsmuster möglichst der Zielbewegung annähert, nicht realistisch. Diese Annäherung an die

kinematischen (Weg-Zeit-Verhältnisse), kinetischen (Kraft-Zeit-Verhältnisse) und rhythmischen Bewegungsmerkmale der Zielbewegung lässt sich für die meisten sportartimmanenten Bewegungen nicht verwirklichen. Selbst wenn dies gelingt, bedeutet „angenähert“ doch immer „anders“! Es konnte sogar nachgewiesen werden, dass sog. „spezifische“ Übungen eine unerwünschte Veränderung der Schwimmtechnik und Beeinträchtigungen beim Technikerwerb zur Folge haben (Llop et al., 2003, 2006; Maglischo & Maglischo, 1984; Maglischo et al., 1985; Uebel, 1987; Williams et al., 2004).

Zusätzlich wird der Grad der Annäherung dadurch limitiert, dass die jeweilige Übung vorrangig ihre Effektivität im Aufbau eines hohen bzw. optimalen Maximalkraftniveaus behalten muss. Dann erst kann man überlegen, welche der Übungen den Transfer der erworbenen Kraftfähigkeit in die Zielbewegung am besten gewährleistet (Wirth et al., 2012b).

Die Probleme eines spezifischen/semispezifischen Krafttrainings an Land werden durch Vorontsov (2011, S. 324) folgerichtig zusammengefasst: *„The main conclusion following from reserach data is that land exercises cannot accurately reproduce specific neuro-muscular patterns of swimming motions, the best way to develop specific strength in swimmers would be to work on it during swimming training.“*

Des Weiteren kann argumentiert werden, dass das spezifische/semispezifische Krafttraining die Berechtigung über mögliche Anpassungen im Bereich des Stoffwechsels erhält. Nicht selten wird dieser Umstand zum Anlass genommen, im Krafraum eine sportartspezifische Stoffwechselsituation durch ein Kraftausdauertraining zu provozieren (z. B. Biobank). Im Allgemeinen lassen sich mit Krafttrainingsübungen über eine entsprechende Festlegung der Belastungskenngrößen sämtliche erwünschten Stoffwechselvorgänge erzeugen. Durch die Verwendung der Biobank soll dies zudem in einer der Schwimmbewegung angenäherten Form durchgeführt werden. Hinsichtlich der Stoffwechselsituation in den arbeitenden Muskeln könnte man in diesem Zusammenhang von einem funktionellen oder spezifischen Krafttraining sprechen. Es bleibt jedoch die Frage offen, aus welchem Grund man (hier speziell im Fall der Biobank) das Medium Wasser verlässt und eine Schwimmbewegung an Land zu imitieren versucht, wenn sich alle erwünschten Stoffwechselprozesse problemlos im Wasser und dort in den jeweiligen Schwimmtechniken (Spezifik!) entwickeln lassen (Newton et al., 2002). Diese Kritik betrifft sämtliche im Krafraum angesteuerten Stoffwechselprozesse, weil es nicht möglich ist, die Stoffwechselbelastung einzelner Muskeln - insbesondere in ihrem Verhältnis zueinander - exakt nachzuahmen, da sich die vermeintlich sportartspezifische Belastung nicht auf alle an den Bewegungen beteiligten Muskeln gleichermaßen verteilt. Somit erzeugt jede Abweichung von der Zielbewegung eine veränderte Belastungssituation.

3.5 Zum Rumpfkrafttraining

Die Bedeutung der Rumpfkraft für schnelle Schwimmleistungen ist unbestritten (u. a. Clarys & Rouard, 2011). Jedoch kann mit dem Stabilisationstraining, wie es lange Zeit gängige Praxis im DSV war, langfristig keine Kräftigung der Rumpfmuskulatur erzielt werden. Daher wird das klassische Rumpfkrafttraining oder Stabilisationstraining nach dem DSV Kraftkonzept nicht weiter empfohlen. Die oft lange Belastungszeit (Rumpfkraftzirkel etc.) zielt eher auf eine Ausdauer- bzw. Stoffwechselarbeit ab als auf ein Training der Kraft. Diverse Erschwerungen der klassischen Übungen (Beine anheben im Unterarmstütz, Schlinge, 4D Pro etc.) sind Koordinationsübungen, keine Kraftübungen. Wenn eine Verbesserung der Koordination das Ziel ist, sollte diese im Wasser geschult werden (spezifische Umgebungsbedingungen). Die in der Praxis angewandten Stabilisationsübungen für den Rumpf wurden nie auf ihre Effektivität überprüft oder in ihrer Wirkungsweise mit klassischen Krafttrainingsübungen (Grundübungen) verglichen (Wirth et al., 2016b).

Grundlage jeder (Rumpf-)Stabilität ist die Kraft und damit das Dickenwachstum der Muskulatur. Für eine Kraftsteigerung der (Rumpf-)Muskulatur ist ein hoher Spannungsreiz notwendig (siehe Kapitel 4, Trainingsmethodik). Hohe Spannungsreize werden durch Rumpfübungen realisiert, bei denen die Verwendung von Zusatzgewichten möglich ist. Sind die Gewichte der Grundübungen (siehe 4.1) nach einigen Jahren des Krafttrainings hoch genug, werden auch die Rumpfübungen mit Zusatzgewicht nicht mehr benötigt. Der Rumpf arbeitet beim Umsetzen, Reißen und der Kniebeuge mehr als ausreichend.

4 Trainingsmethodik

Die große Bedeutung der Maximalkraft wurde in den vorherigen Kapiteln bereits verdeutlicht. Der entscheidende Faktor zur Anhebung der Maximalkraft ist die Steigerung der Muskelmasse bzw. des Muskelquerschnitts (Alway et al., 1990; Brechue & Abe, 2002; Fukunaga et al., 2001; Ikegawa et al., 2008; Kawakami et al., 1993; Wirth et al., 2014). Um Hypertrophieeffekte zu erzielen ist es unumgänglich, durch hohe Spannungsreize (= hohe Trainingsintensität) Mikrotraumata der Muskulatur zu erzielen (Fríden, 1984; Fríden & Lieber, 1992; Fríden et al., 1981, 1983, 1984; Hortobagyi et al., 1998). Diese führen zu einer gesteigerten Proteinsynthese und damit (langfristig) zu einem erhöhten Muskelquerschnitt (Alway et al., 1989; Alway et al., 1988; Antonio & Gonyea, 1994; Aoki et al., 2006; Baar & Esser, 1999; Carson et al., 1996; Eliasson et al., 2006; Flück, 2012; Folland & Williams, 2007; Gehlert et al., 2015; Goldberg et al., 1975; Jones et al., 1989; Kanehisa et al., 2002; Wackerhage & Ratkevicius, 2008; Zanchi & Lancha, 2008).

Bezogen auf die notwendige Intensität ist belegt, dass ein Training von unter 60% des 1 RM langfristig zu gering ist, um Anpassungen des aktiven und passiven Bewegungsapparates zu bewirken (Campos et al., 2002; Khan et al., 2001; McDonagh & Davies, 1984). In Sportarten mit hohen Kraftanforderungen sind sogar Intensitäten unter 80% des 1 RM zu gering (Fry, 2004; Gamble, 2006; Häkkinen et al., 1987; Rhea et al., 2003; Zaras et al., 2014). Für den Trainingserfolg ist ein hohes Trainingsvolumen (Hypertrophietraining) notwendig, da dadurch die notwendige Gewebsschädigung (Mikrotraumata nehmen bei der Durchführung mehrerer Serien zu) gewährleistet wird und sich der passive Bewegungsapparat anpassen kann (Dickermann et al., 2000; Granhed et al., 1987; Karlsson et al., 1993, 1995; Khan et al., 2001; Rhodes et al., 2000; Tsuzuku et al., 1998). Laut Literatur sind 2 bis 3 Trainingseinheiten pro Muskelgruppe pro Woche erforderlich, um eine Steigerung der Muskelmasse zu erzielen (Rhea et al., 2003).

Beim Wechsel (siehe Kapitel Periodisierung) in das IK-Training (intramuskuläre Koordination) sind Intensitäten von über 90% (je nach Leistungsniveau) notwendig. Das IK-Training wird mit geringerem (im Vergleich zum Hypertrophietraining) Volumen zur Steigerung der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit bzw. Verbesserung der neuromuskulären Koordination eingesetzt (in Abhängigkeit von Streckenlänge und Saisonzeitpunkt).

Für die oberen Extremitäten ist in unserer Sportart ein separates Schnellkrafttraining nicht notwendig, weil die Winkelgeschwindigkeiten im Schultergelenk eher gering sind (Heusner, 1981; O'Shea & O'Shea, 1991; Rodeo, 1984; Rouard et al., 1996), die Kraftwerte bei Zugbeginn niedrig sind (Rouard et al., 1996) und die Dauer der vortriebswirksamen Zugphase bei hohen Schwimmgeschwindigkeiten mit 400-600 ms benannt wird (Maglischo, 2013, 2014; Rasulbekov et al., 1986; Stamm & Thiel, 2015). Daher ist kein explosiver Kraftanstieg notwendig, die Bewegung ist verhältnismäßig langsam.

Anders verhält es sich bei Start und Wende: In möglichst kurzer Zeit muss ein möglichst großer Anteil der Maximalkraftbasis abgerufen werden (kurze, intensive Aktivierung der Beinstreckerkette). Daher ist für die unteren Extremitäten ein entsprechendes Schnellkrafttraining (Reaktives Training) vorgesehen (abhängig von Länge der Zielstrecke, siehe Wochenplanung). Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, ist die Maximalkraft als Zubringerleistung der Schnellkraft zu sehen. Daher ist die Steigerung der Maximalkraft der erste und wichtigste Baustein für eine schnellkräftige Beinstreckung bei Start und Wende.

Ein weiterer entscheidender Bestandteil der Trainingsmethodik sind die Zugübungen. Als Zugübungen werden die Übungen Reißen, Umsetzen, Zug eng und Zug breit verstanden, wobei Reißen und Umsetzen als Zielübungen und die übrigen als Zubringerübungen zu verstehen sind (Bewegungsbeschreibungen siehe Kapitel 4.1). Das Reißen entspricht der originalen Wettkampfübung des Olympischen Zweikampfes im Gewichtheben. Das Umsetzen ist eine Teilbewegung der Wettkampfübung Stoßen im Gewichtheben (die Wettkampfübung Stoßen besteht aus den Teilbewegungen Umsetzen und Ausstoßen). Das Reißen und das Umsetzen beinhalten als komplexe Langhantelübungen alle Zielbewegungen im Krafttraining (Isometrie-Konzentrik-Exzentrik). Man spricht auch von dynamischen Langhantelübungen mit technikorientierten Bewegungsausführungen. Koordination, Beweglichkeit, Ganzkörperstabilisation und Schnellkraft/Explosivität spielen eine dominante Rolle bzw. werden besonders geschult (vgl. Wirth et al., 2012a).

Tab. 1: Belastungskonfigurationen der verwendeten Methoden

Methodik	Intensität* ¹	Wiederholungen pro Satz	Sätze pro Einheit* ²	Pause
Volumen-training	60 - 90% des 1 RM	8 bis 12	2 bis 6	Min. 3'
IK-Training* ³	90 - 100% des 1 RM	1 bis 6	2 bis 6	Min. 5'
Reißen und Umsetzen	Fokus auf Bewegungsqualität, später 80 – 100% des 1 RM	1 bis 6	2 bis 6	3' bis 5' (je nach Intensität)
Reaktives Training	100%	6 bis 8	3 bis 5	Min. 5'

*¹ In Abhängigkeit vom Leistungsstand (außer Reaktives Training, hier immer 100%)

*² In Abhängigkeit vom Leistungsstand und Saisonzeitpunkt

*³ IK-Training = Training der intramuskulären Koordination

Die Angst, dass der Sportler/die Sportlerin durch die beschriebene Methodik zu schwer oder zu muskulös wird ist unbegründet, da die Muskelhypertrophie in Kombination mit hohem Volumen (Langstreckler) im Ausdauertraining erschwert wird (Aagaard et al., 2011; Bell et al., 2000; Hickson et al., 1988, Kraemer et al., 1995; Newton et al., 2002). Eine negative Auswirkung einer ausgeprägten Muskulatur auf die Wasserlage und den Frontalwiderstand ist nicht belegt (Clarys, 1985; Newton et al., 2002). Dazu schreiben Newton und Kollegen (2002, S. 7): „Swimming Coaches believe that changes in body shape will increase drag force and this will be detrimental to swimming performance. This contention has not been supported [...] by scientific research“. Äußerst logisch dürfte auch die Schlussfolgerung erscheinen, dass dem erhöhten Körpervolumen der positive Effekt des gestiegenen Antriebsimpulses gegenübergestellt werden muss (Wirth et al., 2017, zur Veröffentlichung eingereicht). Bei jugendlichen Schwimmern konnte ein positiver Zusammenhang zwischen Körpermasse und Schwimmleistung nachgewiesen werden (Geladas et al., 2005; Jürimäe et al., 2007; Klika & Thorland, 1994).

4.1 Grundübungen im Krafttraining

Hohe Spannungsreize auf die Muskulatur (=hohe Lasten) können nur durch Übungen erzielt werden, bei denen eine gute Gelenksicherung möglich ist. Zusätzlich sind komplexe (mehrgelenkige) Übungen zu bevorzugen, weil:

- dadurch eine Aktivität der Rumpfmuskulatur provoziert wird (stabilisierende Aufgabe, Rumpf muss nicht zwingend separat trainiert werden),
- aus zeitökonomischer Sicht deutliche Vorteile bestehen (maximaler Ertrag mit möglichst geringem Aufwand)
- die Arbeit in der muskulären Kette koordinativ anspruchsvoller ist (koordinative Schulung)
- keine Schwachstellen am Körper zugelassen werden (neben den Agonisten werden auch die Synergisten und Antagonisten beansprucht)

Aufgrund der oben genannten Gründe sind durch das DSV-Kraftkonzept folgende Grundübungen vorgegeben:

Tab. 2: Grundübungen des Kraftkonzeptes

Kniebeuge
Beinbeuger
Bankdrücken
Klimmzug / Latzug
Kreuzheben / Rudern sitzend / Rudern vorgebeugt

Reißen* ¹
Umsetzen* ¹
Bauchzirkel* ²
Überzüge / Fliegende

*¹Reißen und Umsetzen sind den Zugübungen zuzuordnen. Reißen und Umsetzen sind die Zielübungen und werden durch Zug eng, Zug breit und Reißkniebeuge erarbeitet.

*²Das separate Training der Rumpfmuskulatur ist im Zusammenhang mit dem langfristigen Leistungsaufbau nicht erforderlich (siehe Key-Points) und daher nur als optionale Trainingsmöglichkeit zu verstehen.

4.1.1 Grundregeln

Bevor im Detail auf einzelne Übungen eingegangen wird, sollen dieser Beschreibung Grundsatzregeln vorausgestellt werden:

„Qualität ist das Produkt der Liebe zum Detail¹“

Qualitativ hochwertige Bewegungsausführungen sind zu jeglichem Zeitpunkt des Trainingsprozesses anzustreben, um Überlastungsschäden oder Verletzungen vorzubeugen. Selbst wenn dies nicht der Fall sein sollte, führen Veränderungen der Bewegungsqualität dazu, dass andere als die Zielmuskeln stärker belastet werden, was in einem geringeren Trainingsreiz resultiert. Der Bewegungsqualität ist daher immer Vorzug vor der Quantität zu geben.

Weiterhin gilt für die meisten Trainingsübungen, dass diese langsam und kontrolliert ausgeführt werden müssen, so dass der Sportler ständig die Kontrolle über die Bewegungsausführung behält. Einzig Übungen aus dem Gewichtheben bedingen zum Teil eine hohe Durchführungsgeschwindigkeit.

Weiter sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Technisch schwierige und komplexe Übungen (viel Muskulatur involviert) liegen zu Beginn einer Krafttrainingseinheit.
- Kommt es während einer Krafttrainingseinheit zu Ermüdungserscheinungen, die zur Folge hat, dass die motorische Kontrolle der Übungsausführung schlechter wird, so sollte die Serie abgebrochen werden. Reicht die interserielle Pause nicht aus, um akzeptable Bewegungsqualität in der Folgeserie zu garantieren, so sollte die Trainingsübung gewechselt werden (hin zu weniger komplexen, technisch einfacheren Übungen) oder das Training für die entsprechende Muskelgruppe beendet werden.
- Sportlern ist beizubringen mit Hilfestellungen (zur Sicherung bei einer Übung) zu arbeiten, bzw. sich aus einer misslichen Situation zu befreien (z.B. Abwerfen einer Hantel aus der tiefen Hocke).

¹ Andreas Tenzer (*1954), deutscher Philosoph und Pädagoge

- Wenngleich Krafttraining bei korrekter Anwendung zu den sichersten Sportarten² (Hamill, 1994) zählt, sollte aus Sicherheitsgründen ein Training im Krafraum immer mindestens zu zweit absolviert werden.

4.1.2 Kniebeugen

Bei der Kniebeuge sind neben den Ausführungsvarianten³ die Kniebeugen in Abhängigkeit der Beugetiefe⁴ zu unterscheiden. In Bezug auf die Beugetiefe muss die Ausführung der tiefen oder zumindest parallelen⁵ Ausführungsvariante der halben oder Viertel-Variante u.a. aus verletzungsprophylaktischen Gesichtspunkten bevorzugt werden⁶. Die parallele bzw. tiefe Ausführung weist hohe Zusammenhänge mit Schnellkraftleistungen auf (Baker & Nance, 1999; Baker & Newton, 2008; McBride et al., 2009), in Längsschnittanalysen konnte sogar die Überlegenheit dieser Ausführungsvariante gegenüber weniger tiefen Ausführungen ermittelt werden (Bloomquist et al., 2013; Hartmann, et al., 2012).

Die Kniebeuge trainiert die Muskelschlingen⁷ der Beinstreckerkette und des Rumpfes⁸. Die Varianten der Front- und Nackenkniebeuge können zu den wichtigsten Trainingsübungen zur Entwicklung der Maximalkraft der Beinstreckerkette gezählt werden. Die Reißkniebeuge ist als Zubringerübung zur Übung Reißen zu verstehen.

Bewegungsbeschreibung

Die Hantelstange sollte in einem Hantelständer abgelegt sein. Der Sportler platziert die Hantelstange so, dass die Hantel bei der Nackenkniebeuge auf dem Trapezmuskel, der Front- und Reißkniebeuge auf den Schultern und dem Schlüsselbein ruht. Nun kann der Sportler die Hantel mit aufrechtem Oberkörper aus dem Hantelständer nehmen, die Hände an der Hantel dienen nur der Fixation. Die

² Verletzungsanfälligkeit nicht erhöht bei Athleten im Vergleich zur „normalen“ Bevölkerung (Bailey & Martin, 1994; Brown & Kimball, 1983; Faigenbaum, 2000; Faigenbaum & Myer, 2009; Faigenbaum et al., 2009; Hamill, 1994; Ramsay et al., 1990; Risser, 1990; Stone 1990, Stone et al. 1993; Zemper, 1990); ebenso keine höhere Verletzungsanfälligkeit zwischen Training an Maschinen im Vergleich zu Freihanteln

³ Zu unterscheiden sind die Varianten Reißkniebeuge, Frontkniebeuge, Nackenkniebeuge (hohe und tiefe Ablage)

⁴ Zu unterscheiden sind die tiefe Kniebeuge (40°-45° Kniewinkel [Caterisano et al., 2002; Wretenberg et al., 1996]), die parallele Kniebeuge (60°-70° Kniewinkel [Fry et al., 1993]), die halbe Kniebeuge (80°-100° Kniewinkel [Caterisano et al., 2002; Wretenberg et al., 1993]) und die Viertel-Kniebeuge (110°-140° Kniewinkel [Caterisano et al., 2002; Wretenberg et al., 1993])

⁵ Vergleich parallele und tiefe Kniebeuge, Empfehlung: So tief, wie technisch korrekt möglich

⁶ Detaillierte Diskussion hierzu in Hartmann et al. 2013, 2016

⁷ Zielmuskeln: M. Quadriceps femoris; M. gluteus maximus, medius et minimus; Lumbaler und thorakaler M. erector spinae

⁸ Detaillierte Diskussion in Wirth et al., 2016

Standposition⁹ sollte nun so gewählt sein, dass der Sportler hüftbreit steht. Bei überhüftbreitem Stand sind die Füße leicht nach außen rotiert (ca. 7-15° Außenrotation [Escamilla et al., 2000, 2002]). Die exzentrische Phase wird durch ein kontrolliertes Beugen der Knie und Hüfte eingeleitet, der Rücken sollte hierbei stabil bleiben. Der Umkehrpunkt der Bewegung ist an der tiefst möglichen, technisch korrekten Beugtiefe zu setzen. Die Knie dürfen sich vor den Fußspitzen befinden. Ein federn in der Hockposition ist zu vermeiden. Beim Aufstehen aus der tiefen Hockposition ist wichtig, dass eine Streckung des Knie- und Hüftwinkels gleichzeitig erfolgt, der Sportler weiterhin bei stabiler Rückenposition so aufrecht, wie möglich ist. Die konzentrische Phase der Bewegung endet mit einer Streckung der Hüft- und Kniegelenke.

Häufige Fehler

- Zu schnelle Bewegung beim Absenken des Körpers
- Der Sportler beugt nicht tief genug
- Ellbogen zeigen bei der Frontkniebeuge nach unten, bzw. sind nicht gestreckt in der Reißkniebeuge
- Keine Belastung auf dem ganzen Fuß während der Bewegung
- Knie bewegen sich nach innen (Valgusstellung)
- Zu starke Oberkörpervorneige
- Während der Senkbewegung wird die Hüfte nach hinten geschoben
- Verstärkte Kyphose in der Brustwirbelsäule
- In der konzentrischen Phase werden zuerst die Knie gestreckt, dann die Hüfte

⁹ Nach Einnahme der Standposition muss bei der Reißkniebeuge die Hantel über Kopf gedrückt werden. Die Hantel ist konstant auf Ebene des Körperschwerpunktes zu halten.



Abb. 1a: Ausgangsposition (Nackenkniebeuge)



Abb. 1b: Ausgangsposition



Abb. 1c: Abwärtsbewegung



Abb. 1d: Umkehrpunkt / tiefste Position

4.1.3 Kreuzheben

Die Zielmuskulatur des Kreuzhebens ist die Rumpfmuskulatur und die Beinstreckerkette¹⁰. Im Kreuzheben lassen sich drei Varianten unterscheiden: Klassisches Kreuzheben, rumänisches Kreuzheben und Sumo-Kreuzheben¹¹. Während im Vergleich zum Sumo-Kreuzheben beim klassischen Kreuzheben aufgrund der größeren Rumpfvorneigung verstärkt der Rückenstrecker zum Einsatz kommt, profitiert die Sumo-Variante durch die aufrechte Haltung und das körpernahe Heben der Gewichtslast von einer höheren Beteiligung der Hüft- und Beinstrecker¹². Beim rumänischen Kreuzheben liegt die Akzentuierung vor allem in der Kräftigung des Rückenstreckers, da hierbei mit einem großen Kniegelenkwinkel und starker Oberkörperneigung gearbeitet wird. Rumänisches Kreuzheben findet z.B. Verwendung als Zubringerübung für das Umsetzen (Whaley & McClure, 1997).

Bewegungsbeschreibung

Die Standposition sollte so gewählt sein, dass der Sportler hüftbreit steht. Bei überhüftbreitem Stand sind die Füße leicht nach außen rotiert (ca. 7-15° Außenrotation [Escamilla et al., 2000, 2002]). Die Füße sind bei der gesamten Bewegung komplett zu belasten. Die Hantel liegt dicht an den Schienbeinen auf dem Boden. Gesäß absenken und nach hinten drücken, um eine Hohlkreuzhaltung in Hockstellung einzunehmen¹³. Je nach Körperproportionen und Beweglichkeit beträgt der Kniegelenkwinkel zwischen 80° und 120° (vgl. Escamilla et al., 2002; Zawieja, 2008).

Bei leichten Lasten ist die Hantelaufnahme im Obergriff möglich (weiter als schulterbreit). Bei hohen Lasten im Kreuzgriff aufnehmen, um zu verhindern, dass die Hantel in eine Richtung die Hand verlässt (Erhöhung der Griffkraft). Die Arme sind gestreckt und außerhalb der Beine. Knie zeigen in Richtung der Fußspitzen nach vorn. Brust anheben. Schulterblätter senken (Depression) und zusammenführen (Retraktion). Der Sportler nimmt den Kopf hoch, der Blick ist geradeaus gerichtet. Vor Beginn der Bewegung atmet der Sportler tief ein und hält den Atem¹⁴. Der Sportler zieht die Langhantel mit gestreckten Armen möglichst dicht an den Beinen zur Hochstrecke. Die Bewegung

¹⁰ Zielmuskulatur: Lumbaler und thorakaler M. erector spinae; M. gluteus maximus, medius et minimus; M. biceps femoris; M. semimembranosus; M. semitendinosus; M. quadriceps femoris

¹¹ Auf die beiden letztgenannten soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden, zur Übungsbeschreibung wird auf Wirth et al., 2012 verwiesen.

¹² EMG-Befunde zeigen aufgrund der aufrechteren Körperposition und breiteren Hockstellung erhöhte Beteiligung von M. vastus medialis et lateralis (Escamilla et al., 2002) und geringere Beteiligung des M. erector spinae (Horn, 1988) gegenüber der klassischen Variante. Breiter Stand involviert verstärkt die Adduktoren des Oberschenkels, von denen der M. adductor magnus Einfluss auf die Hüftstreckung nimmt.

¹³ Dies gewährleistet Kontakt der Intervertebralgelenke zur Minimierung von Scherkräften und optimale Druckverteilung auf den Bandscheiben (vgl. Cholewicki & McGill, 1992, Potvin, McGill & Norman, 1991, Potvin, Norman & McGill, 1991).

¹⁴ Dies erhöht die antagonistische Kontraktion von Abdominalmuskeln und Rückenstrecker zu Bewegungsbeginn. Grundsätzlich wird die Funktion der intra-abdominalen Druckstütze in der Reduzierung spinaler Kompressionskräfte kontrovers diskutiert. Ein erhöhter intra-abdominaler Druck wird von Gottlob (2009) als Folge der horizontalen Verspannung der Fascia thoracolumbalis über gesteigerte Aktivierung der seitlichen Bauchmuskulatur angenommen und der spinale Entlastungsfaktor als gering eingestuft (siehe auch

beginnt mit gleichzeitiger Knie- und Hüftstreckung. Der Sportler bleibt so aufrecht, wie möglich¹⁵. Sobald die Langhantel die Kniescheiben passiert, erfolgt Parallelverschiebung über Streckung in Rücken und Hüfte und der Sportler atmet durch den Mund aus. Im letzten Drittel der Bewegung ist auf die kontrollierte und ruckfreie Hüftextension zu achten. Hierbei kippt der Sportler das Becken in aufrechte Position¹⁶, die Streckung in Knien, Hüfte und Wirbelsäule erfolgt synchron. Der Sportler kehrt im Anschluss kontrolliert in die Ausgangsstellung zurück und legt die Hantel auf dem Boden ab.

Häufige Fehler

- Hantelstange schlägt gegen Unterschenkel und Knie (Hämatome)
- Überstrecken der Lendenwirbelsäule (Hyperlordose) bei Bewegungsabschluss (im Stand)
- Auflösen der Lordose beim Aufrichten
- Verstärkte Kyphosierung in der Brustwirbelsäule
- Schultern werden in der Aufrichtbewegung nach vorne gezogen
- Die Knie knicken nach innen (Valgushaltung)

Cholewicki, Juluru & McGill, 1999, Cholewicki et al., 1999, Kingma et al. 2006, McGill, Norman & Sharratt, 1990). Auf Basis von biomechanischen Modellrechnungen belegen die Befunde von Stokes, Gardner-Morse und Henry (2010) eine Reduzierung von spinalen Kompressionskräften. Dies ist in vivo bislang noch unbewiesen.

¹⁵ Der Winkel des Oberkörpers zum Boden bleibt zunächst unverändert.

¹⁶ Dies vermeidet ein Überstrecken in Lendenwirbelsäule (Hyperextension=Stauchungsgefahr der Bandscheiben) sowie Berühren der Dornfortsätze.



Abb. 2a: Ausgangsposition



Abb. 2b: Aufrichtung



Abb. 2c: Endposition

4.1.4 Bankdrücken mit Langhantel

Bankdrücken stellt eine der Basisübungen zur Entwicklung der Maximalkraft des Oberkörpers¹⁷ dar. Auch bei dieser Übung werden verschiedene Varianten¹⁸ und Teilbewegungsausführungen unterschieden. Die klassische Variante stellt das Flachbankdrücken über die komplette Bewegungsamplitude dar. Die Empfehlung einer Teilbewegung im Bankdrücken, in der die Langhantel lediglich bis ca. 90° Ellbogenwinkel (Gross in Brown, 2000; Mookerjee & Ratamess, 1999) abgesenkt werden soll, limitiert in hohem Maße die Effektivität dieser Übung. Der M. pectoralis major wird aufgrund seiner gedehnten Position (trotz vergleichsweise geringerer Trainingslast) mit den höchsten Spannungsreizen konfrontiert, sobald die Langhantel die Brust verlässt^{19,20}. Teilamplitudentraining hat zur Folge, dass das erworbene Maximalkraftniveau in den untrainierten Gelenkwinkeln nicht abrufbar ist.

Bewegungsbeschreibung

Der Sportler liegt in Rückenlage auf der Flachbank. Der Sportler positioniert sich so, dass die Langhantel senkrecht über den Augen in der Ablage liegt. Die Beine sind hierbei gespreizt und auf dem Boden²¹. Die Höhe der Hantelablage ist so zu wählen, dass mit fast gestreckten Armen die Langhantel problemlos aufgenommen werden kann²². Der Sportler greift die Langhantel im Obergriff, sodass Unterarme in unterster Position nahezu senkrecht stehen. Die Schulterblätter sind nach unten zurückzuführen sowie die Schultern tief abzusenken und dort zu fixieren²³. Der Sportler greift die Hantel so, dass je nach Armlänge, eine Griffbreite zwischen 165-200% des biakromialen Abstandes²⁴ gewählt wird. Je enger die Griffbreite gewählt wird, umso mehr beteiligen sich der M. triceps brachii und M. deltoideus pars clavicularis (EMG-Befunde Barnett, Kippers & Turner, 1995). Nach dem Aufnehmen der Hantel senkt der Sportler diese zur Mitte (bzw. unteren Teil) der Brust ab (leicht

¹⁷ Zielmuskeln: M. pectoralis major; M. deltoideus pars clavicularis; M. deltoideus pars acromialis (stabilisierend); M. triceps brachii; M. coracobrachialis; M. pectoralis minor

¹⁸ Flach- und Schrägbankdrücken. Im Vergleich zum Flachbankdrücken arbeiten beim Schrägbankdrücken verstärkt der M. deltoideus pars clavicularis et acromialis

¹⁹ Die höchsten Kraftmaxima müssen im Umkehrpunkt der Bewegung aufgebracht werden (McLaughlin & Madsen, 1984, Lander et al., 1985, Elliott, Wilson, Kerr, 1989, Wilson, Elliott & Kerr, 1989)

²⁰ Bei Durchführung eines winkelspezifischen Krafttrainings, in dem der schwierigste Bewegungsteil ausgelassen wird, fällt die eingeschränkte Bewegungsamplitude vor allem in den Aktivitätsbereich des M. triceps brachii (vgl. Elliott, Wilson, Kerr, 1989). Dies erlaubt über die günstigeren Hebelverhältnisse und besseren Kraftentfaltungsmöglichkeiten die Bewältigung höherer Trainingslasten. Dadurch wird die Übung Bankdrücken allerdings zweckentfremdet und besonders das Anpassungspotenzial des Triceps ausgeschöpft.

²¹ Dies sorgt für eine stabilere Position

²² zu tief eingestellte Ablage birgt Gefahr, dass beim Ablegen die Hantel über die Vorrichtung fällt

²³ auch beim Hochdrücken der Langhantel

²⁴ Abstand zwischen den Acromia (vgl. Clemons & Aaron, 1997). Dies entspricht ca. einem Ellbogenwinkel von 90° in der Position, in der sich der Oberarm parallel zum Boden befindet

berühren²⁵). Handgelenke sind stabil zu halten und der Sportler soll das Gesäß auf der Flachbank belassen. Der Sportler drückt dann die Langhantel in leichtem Bogen nach oben, sodass bei gestreckten Ellbogen die Hantel über dem Nacken ist (Algra, 1982; McLaughlin & Madsen, 1984)²⁶. Die Schulterblätter und Schultern bleiben während der gesamten Ausführung auf dem Polster, ebenso der Kopf. Auch bei dieser Übung ist die Empfehlung für die Bewegungsgeschwindigkeit im Absenken langsam, in der Druckbewegung langsam bis zügig.

Häufige Fehler

- Abfedern der Langhantel auf dem Brustkorb



Abb. 3a: Ausgangs- und Endposition

²⁵ Dies gilt für Griffbreiten bis ca. 200% biakromialen Abständen, da sich mit zunehmender Griffbreite (bis 270%) der horizontale Abstand zur Schulterachse verringert, d.h. die Langhantel wird weiter oben auf der Brust abgelegt, da die Ellbogen stärker abduziert werden müssen (Wagner et al., 1992).

²⁶ Für einen sicheren Abschluss der Übung muss mit zunehmender Streckung des Ellbogens die Trainingslast kontrolliert abgebremst werden (Elliott, Wilson, Kerr, 1989), da andernfalls bei unkontrolliertem schnellen Ausstoßen die Schultern nach vorne gezogen werden und sich die Verletzungsgefahr des Schultergelenks beträchtlich erhöht.



Abb. 3b: Umkehrpunkt

4.1.5 Klimmzug

Der Klimmzug könnte fast als Variante des Latziehens aufgrund der Bewegungsausführung bezeichnet werden. Der Klimmzug²⁷ wird auch als Basisübung des Oberkörpers eingestuft. Bei zu schwach ausgebildeter Muskulatur können Latzugvarianten als vorbereitende Übungen des Klimmzugs dienen oder es kann auf Klimmzugmaschinen mit Körpergewichtsentlastung ausgewichen werden. Wechselnde und kombinierte Trainingsschwerpunkte zwischen Klimmzügen und Latziehen sind möglich. Analog zu den Übungen des Latzuges sind verschiedene Variationen²⁸ zu unterscheiden, die die Belastungen der Zielmuskulatur verschieben können²⁹.

Bewegungsbeschreibung

Der Sportler hängt sich an die Klimmzugstange. Der Rücken ist hierbei lordosiert. Der Sportler hebt zusätzlich den Brustkorb. Die Hüfte ist gestreckt, die Unterschenkel können angewinkelt werden.

Der Sportler zieht den Körper nach oben und je nach Variante berührt die Stange *leicht* entweder Brust oder Nacken. Die LWS ist in Lordose, die BWS ist aufgerichtet. Der Sportler soll sich bei der

²⁷ Zielmuskulatur: M. latissimus dorsi, M. teres major et minor, M. infraspinatus, M. trapezius pars ascendens, Mm. Rhomboidei, M. levator scapulae

²⁸ Ausführung zur Brust/in den Nacken, enge/breite Griffbreite, supinierte/pronierete Griffposition

²⁹ Breite Griffvariationen bei Ruderbewegungen involvieren in höherem Maße den M. deltoideus pars spinalis und den M. trapezius pars descendens im Vergleich zu engen; in supinierter Griffposition wird der M. biceps femoris stärker involviert als am Latzug, was unter Umständen keine adäquate Ausbelastung des M. latissimus dorsi sicherstellt.

Zugbewegung auf die Schultern konzentrieren (Schultern nach unten ziehen und Schulterblätter zusammenführen). Die Arme und Ellbogen werden seitlich des Oberkörpers nach unten bewegt. Durch eine langsame Streckung der Ellbogen und Schultern kehrt der Sportler in die Ausgangsstellung zurück.

Häufige Fehler

- Rundrücken und damit Betonung der Arbeit der Armbeuger
- Schulterblätter werden nicht nach unten und zur Mitte gezogen
- Schwung aus den Beinen



Abb. 4a: Ausgangs- und Endposition



Abb. 4b: Umkehrpunkt von hinten



Abb. 4c: Umkehrpunkt von vorne

4.1.6 Latziehen

Das Latziehen stellt eine Basisübung für den Oberkörper³⁰ dar. Beim Latziehen lassen sich ebenfalls wieder einige Varianten^{31,32} unterscheiden. Dies führt zu leichten Verschiebungen der Arbeit der Zielmuskulatur. Zum Beispiel scheint die engen Griffvariationen verstärkt in LWS und Becken fixierte Faseranteile des M. latissimus dorsi zu beanspruchen. Hingegen die breiten Griffvariationen involvieren vermehrt im BWS-Bereich inserierend Faseranteile³³ (Gottlob, 2009). Die Variationen in einem pronierten Griff führen im Vergleich zur supinierten Position zu einer stärkeren Beteiligung des M. biceps brachii und der Außenrotatoren (M. supraspinatus, teres minor) sowie eine größere Bewegungsamplitude im Schultergelenk. Dies führt zu einem größeren Aktivitätsbereich des M. latissimus dorsi mit Dehnungsposition in der Ausgangsstellung.

Bewegungsbeschreibung

Der Sportler nimmt die Zugstange in einer aufrechten Sitzposition auf. Hierbei darf der Gewichtsstapel nicht aufliegen. Die Oberschenkel werden fixiert, sodass diese parallel zum Boden stehen. Je nach Variante leicht nach vorne bzw. nach hinten lehnen. Der Sportler nimmt eine Hohlkreuzstellung in Lendenwirbelsäule ein und hält die Brustwirbelsäule aufgerichtet.

³⁰ Zielmuskulatur: M. latissimus dorsi, M. teres major et minor, M. trapezius pars ascendens, M. infraspinatus, Mm. Rhomboidei, M. levator scapulae

³¹ enge und breite Griffvariationen; zur Brust und in den Nacken ziehen; Parallel- oder Untergriff

³² Einige Autoren empfehlen, auf die Ausführungsvariante in den Nacken zu verzichten und die Variante zur Brust zu bevorzugen. Als Grund wird eine erhöhte Verletzungsgefahr des Glenohumeralgelenks angegeben (insb. des Lig. glenohumeral inferior; vgl. Corrao et al., 2010, Crate, 1997, Haupt, 2001, Fees et al., 1998, Lantz & McNamara, 2003, Reeves et al., 1998, Sperandei et al., 2009), ist jedoch bei korrekter Ausführung nicht zu erwarten (Newton, 1998). Bei bereits bestehenden Schulterbeschwerden kann jedoch bspw. auf breites Latziehen zur Brust im Obergriff (Corrao et al., 2010, Fees et al., 1998, Lantz & McNamara, 2003) und engem Untergriff ausgewichen werden, da diese Übungen eine höhere stabilisierende Funktion der Rotatorenmanschette und einen größeren „subacromialen Freiraum“ (Gottlob, 2009) sicherstellen.

³³ Durch die Möglichkeit, die Ellbogen weiter nach hinten zu führen, wird der Pars scapularis des M. latissimus dorsi stärker involviert (Faserzug von Angulus inferior der Scapula)

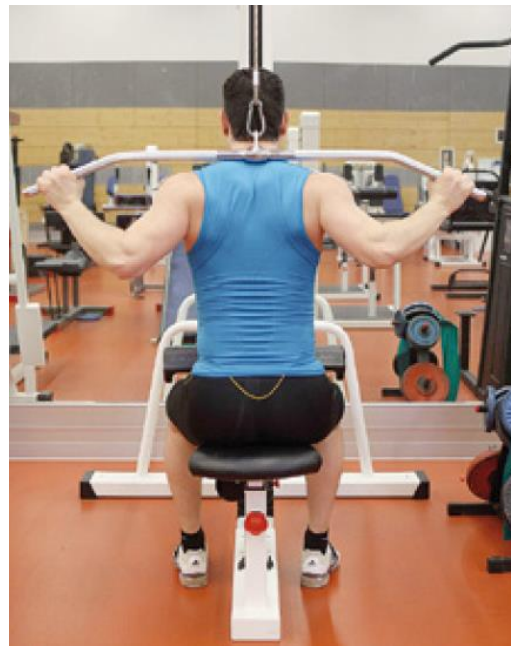
Stange wird hinter den Kopf gezogen und der Nacken *leicht* berührt, bzw. die Stange vor den Kopf gezogen und die Brust leicht berührt. Die Schulterblätter werden nach unten gezogen und zusammengeführt. Der Sportler bewegt die Arme und Ellbogen seitlich des Oberkörpers nach unten. Handgelenke sind dabei stabil zu halten. Um in die Ausgangsstellung zurückzukehren werden die Ellbogen und Schultern langsam gestreckt.

Häufige Fehler

- Rundrücken
- Schwingen des Oberkörpers
- Schulterblätter werden nicht nach unten und zur Mitte gezogen



*Abb. 5a: Ausgangs- und Endposition**



*Abb. 5b: Umkehrpunkt (Zug in den Nacken)**



Abb. 5c: Umkehrpunkt (Zug zur Brust)*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp

4.1.7 Vorgebeugtes Langhantelrudern

Die Übung vorgebeugtes Langhantelrudern³⁴ ist als Basisübung für den Oberkörper zu definieren. Beim vorgebeugten Langhantelrudern lassen sich verschiedene Varianten³⁵ unterscheiden. Dies führt zu leichten Verschiebungen der Arbeit der Zielmuskulatur. Mit größerer Griffbreite (proniert) erhöht sich die Beteiligung des M. deltoideus pars spinalis. Je enger diese wird, umso mehr beteiligen sich M. trapezius pars transversus und die Armbeuger (M. brachialis, brachioradialis, biceps femoris). Enger supinierter Griff erhöht Beteiligung des M. biceps femoris und M. trapezius pars transversus (Arme können enger am Körper geführt werden). Die außenrotierte Handstellung führt zu stärkerer Beteiligung von M. infraspinatus und M. teres minor. Im supinierten Griff ist die maximale Griffweite schulterbreit zu wählen. Breiterer Griff involviert in größerem Maße den M. trapezius pars descendens, weshalb hiervon abzuraten ist.

Bewegungsbeschreibung

Der Sportler nimmt einen schulterbreiten Stand ein, die Füße sind komplett belastet. Die Aufnahme der Langhantel vom Boden erfolgt in gleicher Weise wie beim klassischen Kreuzheben. Der Sportler

³⁴ Zielmuskulatur: M. latissimus dorsi, M. teres major, M. trapezius pars descendens / transversa / ascendens, Mm. Rhomboidei, M. levator scapulae, M. deltoideus pars spinalis, thorakaler und lumbaler M. erector spinae

³⁵ Enge und breite Griffbreite, supinierter und pronierter Griff

winkelt die Beine leicht an. Der Oberkörper wird nach vorn gebeugt³⁶, die Lendenwirbelsäule wird in Hohlkreuzstellung (Gesäß nach hinten) gedrückt. Der Sportler hält die Brustwirbelsäule aufgerichtet und blickt nach vorne. Der Sportler nimmt die Langhantel im *Obergriff* (ca. 1,5-fache Schulterbreite) oder im *Untergriff* (schulterbreit) auf. Der Sportler zieht die Langhantel möglichst dicht am Körper entlang zum Bauch (Obergriff) bzw. zum Bauchnabel (Untergriff). Er führt dabei die Schulterblätter zusammen. Die Ellbogen sind nach hinten und leicht nach oben gerichtet. Im Anschluss führt der Sportler die Langhantel kontrolliert in die Ausgangsstellung.

Häufige Fehler

- Zu starke Aufrichtung Oberkörpers
- Arme werden ohne die Schultern zurückgezogen (Adduktion / Retraktion der Schulterblätter)
- Rundrücken (Vorneigung des Oberkörpers ist zu gering!)



Abb. 6a: Ausgangsposition



Abb. 6b: Endposition

³⁶ Je weiter Oberkörper geneigt wird, umso schwieriger die Ausführung: Oberkörperneigung in paralleler Position zum Boden verstärkt stabilisierende Funktion des thorakalen und lumbalen M. erector spinae. Oberkörperwinkel zum Boden bis max. 45°, da mit weiterer Rumpfaufrichtung sich die Beteiligung des M. trapezius pars descendens erhöht

4.1.8 Rudern sitzend am Kabelzug

Die Übung Rudern sitzend am Kabelzug³⁷ kann als Variante des vorgebeugten Langhantelruderns beschrieben werden. Beim Rudern sitzend am Kabelzug lassen sich verschiedene Varianten³⁸ unterscheiden. Dies führt zu leichten Verschiebungen der Arbeit der Zielmuskulatur. Mit größerer Griffbreite (proniert) erhöht sich die Beteiligung des M. deltoideus pars spinalis. Je enger diese wird, umso mehr beteiligen sich M. trapezius pars transversus und die Armbeuger (M. brachialis, brachioradialis, biceps femoris). Enger supinierter Griff erhöht Beteiligung des M. biceps femoris und M. trapezius pars transversus (Arme können enger am Körper geführt werden). Die außenrotierte Handstellung führt zu stärkerer Beteiligung von M. infraspinatus und M. teres minor. Im supinierten Griff ist die maximale Griffweite schulterbreit zu wählen.

Bewegungsbeschreibung

Der Sportler greift den engen/breiten Griff mit beiden Händen und setzt sich auf die am Zugturm befestigte Flachbank. Der Athlet stellt die Füße auf die Fußablage und drückt sie fest dagegen, um sich hierüber zu fixieren. Die Beine sind hierbei leicht gebeugt, dies erleichtert eine stabile aufrechte Position des Oberkörpers. Der Sportler hält die Brustwirbelsäule aufgerichtet und blickt nach vorne. Der Sportler nimmt die Langhantel im Obergriff (ca. 1,5fache Schulterbreite) oder im Untergriff (schulterbreit) auf.

Der Sportler zieht das Griffstück zum Bauch (Obergriff) bzw. zum Bauchnabel (Untergriff). Der Sportler sollte versuchen die Schulterblätter so weit wie möglich nach hinten zusammenzuführen. Anschließend wird der Griff in einer kontrollierten Bewegung in die Ausgangsposition gebracht.

Über die komplette Übungsausführung verbleibt der Oberkörper in einer völlig unveränderten Position.

Häufige Fehler

- Arme werden ohne die Schultern zurückgezogen
- Schulterblätter werden nicht nach unten und zur Mitte gezogen
- Starke Positionsveränderung des Oberkörpers (Hüftwinkel maximal 110 Grad)

³⁷ Zielmuskulatur: M. latissimus dorsi, M. teres major, M. trapezius pars descendens / transversa / ascendens, Mm. Rhomboidei, M. levator scapulae, M. deltoideus pars spinalis, thorakaler und lumbaler M. erector spinae

³⁸ Enge und breite Griffbreite, supinierter und pronierter Griff



Abb. 7a: Ausgangsposition*



Abb. 7b: Endposition*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp

4.1.9 Beinbeuger

Neben den Kniebeugevarianten kann es sinnvoll sein, ein zusätzliches Training des Beinbeugers durchzuführen. Dies vor dem Hintergrund, dass zwar bei den Kniebeugevarianten bzw. dem Kreuzheben auch mehr oder minder die ischiocruralen Muskeln belastet werden, jedoch eine zusätzliche Kräftigung dieser Muskelgruppe, wegen des Belastungsprofils der meisten Sportarten, angezeigt ist.

Die Trainingsübung des Beinbeugers kann durch verschiedene Varianten³⁹ trainiert werden. Der Trainingsübung in der liegenden Variante⁴⁰ ist hierbei der Vorzug zu geben, da ohne zusätzliche Fixation gegen hohe Widerstände gearbeitet werden kann.

Bewegungsbeschreibung

Der Sportler liegt bäuchlings auf dem Gerät und führt die Unterschenkel unter das dafür vorgesehene Beinpolster. Das Beinpolster liegt zwischen den Waden und den Achillesfersen. Der Sportler liegt mit den Knien auf Höhe des Drehgelenkes des Gerätes. Der Sportler hält stets Kontakt mit dem Oberkörper zu dem Gerät und kann eine weitere Stabilisierung des Oberkörpers durch Festhalten am Polster oder an Griffen erzeugen. Die Beine sind bei der Durchführung dieser Übung auf wenigstens 90°Kniewinkel zu beugen. Danach streckt der Sportler vollständig die Beine, hierbei ist auf eine aktive Sicherung⁴¹ des Kniegelenkes in der getreckten Beinposition zu achten.

³⁹ Sitzend, liegend, stehend am Gerät oder Seilzug

⁴⁰ Zielmuskeln: M. biceps femoris, M. semimembranosus, M. semitendinosus, M. gastrocnemius

⁴¹ Ggf. ist es notwendig, dass der Sportler die Beine nicht vollständig streckt, um eine aktive Sicherung zu erzwingen

Häufige Fehler

- Keine aktive Sicherung des Kniegelenkes in der Streckung
- Abheben der Hüfte und des Oberkörpers



Abb. 8a: Ausgangs- und Endposition*



Abb. 8b: Umkehrpunkt der Bewegung*

4.1.10 Reißen

Das Reißen ist eine Wettkampfübung des olympischen Gewichthebens. Durch die explosiven Bewegungselemente dieser Übung stellt das Reißen eine Basisübung zur Entwicklung der Schnellkraft dar.

Bewegungsbeschreibung

Die Ausführung der Bewegung gliedert sich in verschiedene Phasen⁴². Die Standposition sollte so gewählt sein, dass der Sportler hüftbreit steht⁴³. Die Füße sind bei der gesamten Bewegung komplett zu belasten. Die Hantel liegt dicht an den Schienbeinen auf dem Boden, die Zehen sind unter der Hantel⁴⁴. Der Sportler senkt das Gesäß ab und drückt dieses nach unten hinten⁴⁵, um eine Hohlkreuzhaltung in Hockstellung einzunehmen. Die Schultern befinden sich hierbei vor der Hantel⁴⁶, der Sportler blickt geradeaus. Der Sportler greift mit gestreckten Armen mit breitem Griff⁴⁷ die Hantel im Obergriff.

Die sogenannte 1. Zugphase besteht aus einem langsamen Anheben der Hantel bis über das Knie – Richtung Oberschenkelmitte. Die Bewegung erfolgt gleichmäßig und ähnelt dem Anheben beim

⁴² 1. Zugphase, 2. Zugphase, Umgruppierungsphase

⁴³ Bei leicht überhüftbreitem Stand sind die Füße leicht nach außen rotiert (ca. 7-15° Außenrotation [Escamilla et al., 2000, 2002]).

⁴⁴ Große Zehen vor der Hantel

⁴⁵ Ca. 75° Grad Kniewinkel

⁴⁶ Ca. 6-8 Zentimeter

⁴⁷ Etwa Distanz der linken Schulter bis ausgestreckter rechter Faust des Sportlers

Kreuzheben. Der Sportler öffnet gleichzeitig den Knie- und den Hüftwinkel. Wichtig ist, dass der Sportler die Schultern bis zum Ende der 1. Zugphase vor der Hantelstange hat. Beim Übergang zur sogenannten 2. Zugphase sollte die Hantelstange den Oberschenkel des Sportlers leicht berühren. Mit der 2. Zugphase beginnt der explosive Teil der Übung. Der Sportler streckt die Beine und den Oberkörper explosiv, hierdurch wird die Hantel beschleunigt. Die Arme des Sportlers sind Kraftüberträger, heben nicht aktiv mit, sondern führen die Hantel eng am Körper vorbei. In der Endphase der Zugbewegung hebt der Sportler den Schultergürtel und die Fersen, die Hüfte ist leicht überstreckt, die maximale Hantelgeschwindigkeit sollte der Sportler erreicht haben. In der sogenannten Umgruppierungsphase steht der Wechsel von der Zug- zur Umkehrbewegung im Vordergrund. Das geschieht am Ende der Beschleunigungsphase. Der Sportler kehrt aktiv die Bewegung um, indem der Bodenkontakt gelöst wird. Durch einen aktiven Armzug und ein schnelles Beugen der Beine springt der Sportler unter die Hantel. Anschließend erfolgt ein aktives Abbremsen der Senkgeschwindigkeit der Hantel und die Hantel wird kurz vor der tiefen Hockposition abgebremst und der Sportler nimmt die tiefe Hockposition ein. Der Oberkörper ist hierbei leicht nach vorne gebeugt, der Blick ist geradeaus und die Hantel hält der Sportler mit getreckten Armen lotrecht über dem Körperschwerpunkt. Der Sportler bringt die Hantellast analog zur Reißkniebeuge zur Hochstrecke.

Häufige Fehler

Startposition

- Zu breite oder zu schmale Fußstellung
- Zu nah oder zu weit von der Hantel
- Zu breite oder zu enge Griffbreite
- Hantel in Bewegung
- Zu weite Oberkörper Vor- oder Rücklage

1. Zug

- Ruckartiges Anheben der Hantel
- Rundrücken
- Gebeugte Arme
- Fersen anheben
- Keine Parallelverschiebung
- Hantel wird nach vorne bewegt

2. Zug

- Kein fließender Übergang zwischen 1. und 2. Zug
- Arme heben aktiv mit
- Zu frühes Anwinkeln der Arme
- Die Hantel berührt nicht den Oberschenkel
- Zu frühes Strecken der Hüft- und Kniegelenke
- Zu früher Zehenstand
- Schleudern der Hantel

Umgruppieren

- Zu lange im Zehenstand
- Fehlendes aktives Weiterziehen mit den Armen und Schultern nach Lösen des Bodenkontaktes
- Sprung in einen zu engen oder zu breiten Stand
- Sprung zu weit nach vorn



Abb. 9a: Ausgangsposition*

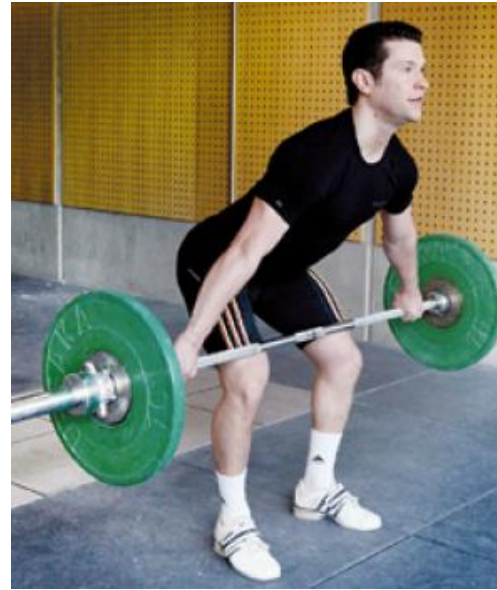


Abb. 9b: 1. Zug*



Abb. 9c: 2. Zug*



Abb. 9d: Umgruppieren

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp



Abb. 9e: Phase des Abbremsens*



Abb. 9f: Tiefe Hocke*



Abb. 9g: Endposition

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp

4.1.11 Umsetzen

Das Umsetzen ist eine Teilbewegung der Wettkampfübung Stoßen im Gewichtheben.

Bewegungsbeschreibung

Die Ausführung der Bewegung gliedert sich in verschiedene Phasen⁴⁸. Die Standposition sollte so gewählt sein, dass der Sportler hüftbreit steht⁴⁹. Die Füße sind bei der gesamten Bewegung komplett zu belasten. Die Hantel liegt dicht an den Schienbeinen auf dem Boden, die Zehen sind unter der Hantel⁵⁰. Der Sportler senkt das Gesäß ab und drückt dieses nach unten hinten⁵¹, um eine Hohlkreuzhaltung in Hockstellung einzunehmen. Die Schultern befinden sich hierbei vor der Hantel⁵², der Sportler blickt geradeaus. Der Sportler greift mit gestreckten Armen mit breitem Griff⁵³ die Hantel im Obergriff.

Die sogenannte 1. Zugphase besteht aus einem langsamen Anheben der Hantel bis über das Knie – Richtung Oberschenkelmitte. Die Bewegung erfolgt gleichmäßig und ähnelt dem Anheben beim Kreuzheben. Der Sportler öffnet gleichzeitig den Knie- und den Hüftwinkel. Wichtig ist, dass der Sportler die Schultern bis zum Ende der 1. Zugphase vor der Hantelstange hat. Beim Übergang zur sogenannten 2. Zugphase sollte die Hantelstange den Oberschenkel des Sportlers leicht berühren. Mit der 2. Zugphase beginnt der explosive Teil der Übung. Der Sportler streckt die Beine und den Oberkörper explosiv, hierdurch wird die Hantel beschleunigt. Die Arme des Sportlers sind Kraftüberträger, heben nicht aktiv mit, sondern führen die Hantel eng am Körper vorbei. In der Endphase der Zugsbewegung hebt der Sportler den Schultergürtel und die Fersen, die Hüfte ist leicht überstreckt, die maximale Hantelgeschwindigkeit sollte der Sportler erreicht haben. In der sogenannten Umgruppierungsphase steht der Wechsel von der Zug- zur Umkehrbewegung im Vordergrund. Das geschieht am Ende der Beschleunigungsphase. Der Sportler kehrt aktiv die Bewegung um, indem der Bodenkontakt gelöst wird. Durch einen aktiven Armzug und ein schnelles Beugen der Beine bringt sich der Sportler unter die Hantel. Er dreht die Ellbogen ein, wobei diese Bewegung aus dem Schultergelenk resultiert. Der Sportler legt die Hantel auf den Schultern und den Schlüsselbeinen ab. Anschließend erfolgt ein aktives Abbremsen der Senkgeschwindigkeit der Hantel und die Hantel wird kurz vor der tiefen Hockposition abgebremst und der Sportler nimmt die tiefe Hockposition ein, die Ellbogen zeigen in dieser Phase nach vorne oben.

⁴⁸ 1. Zugphase, 2. Zugphase, Umgruppierungsphase

⁴⁹ Bei leicht überhüftbreitem Stand sind die Füße leicht nach außen rotiert (ca. 7-15° Außenrotation [Escamilla et al., 2000, 2002]).

⁵⁰ Große Zehen vor der Hantel

⁵¹ Ca. 75° Grad Kniewinkel

⁵² Ca. 6-8 Zentimeter

⁵³ Etwa Distanz der linken Schulter bis ausgetreckter rechter Faust des Sportlers

Häufige Fehler

Startposition

- Zu breite oder zu schmale Fußstellung
- Zu nah oder zu weit von der Hantel
- Zu breite oder zu enge Griffbreite
- Hantel in Bewegung
- Zu weite Oberkörper Vor- oder Rücklage

1. Zug

- Ruckartiges Anheben der Hantel
- Rundrücken
- Gebeugte Arme
- Fersen anheben
- Keine Parallelverschiebung
- Hantel wird nach vorne bewegt

2. Zug

- Kein fließender Übergang zwischen 1. und 2. Zug
- Arme heben aktiv mit
- Zu frühes Anwinkeln der Arme
- Die Hantel berührt nicht den Oberschenkel
- Zu frühes Strecken der Hüft- und Kniegelenke
- Zu früher Zehenstand
- Schleudern der Hantel

Umgruppieren

- Zu lange im Zehenstand
- Fehlendes aktives Weiterziehen mit den Armen und Schultern nach lösen des Bodenkontaktes
- Sprung in einen zu engen oder zu breiten Stand
- Sprung zu weit nach vorn
- Zu schwaches oder später Abbremsen der Hantellast
- Starke Oberkörpervorlage

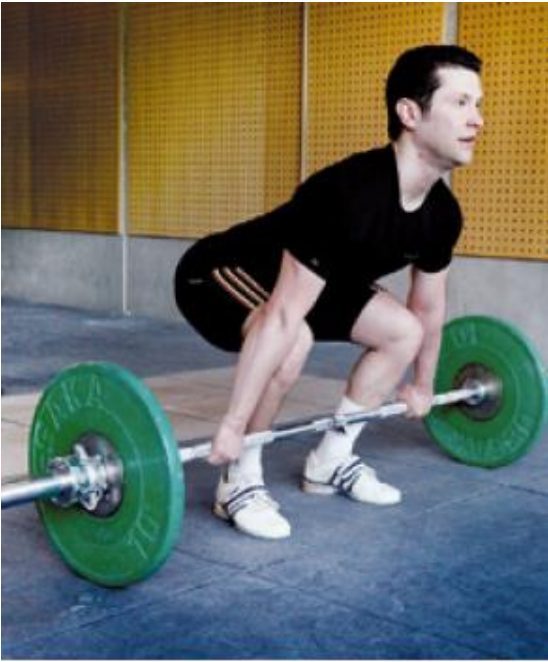


Abb. 10a: Ausgangsposition*



Abb. 10b: 1. Zug*



Abb. 10c: 2. Zug*



Abb. 10d: Umgruppieren*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISP



Abb. 10e: Phase des Abbremsens*



Abb. 10f: Tiefe Hocke*



Abb. 10g: Endposition*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp

4.1.12 Zug breit

Der Zug breit ist eine Zubringerübung für die Übung Reißen. Zug eng ist bedeutsam, um die Schnellkraftfähigkeit für die Beschleunigungsphase beim Reißen zu trainieren. Startposition, 1. Zug und 2. Zug sind identisch mit der Übung Reißen (siehe oben). Die Hantel wird vom Boden bis ca. oberhalb des Bauchnabels beschleunigt, es folgt eine kurze Treibphase bis ca. Brusthöhe. Anschließend wird die Hantel wieder auf den Boden geführt (vgl. Wirth et al., 2012).

Häufige Fehler

- Hantel wird nach vorne weggehoben
- Gesäß wird zu stark angehoben
- Rücken nicht gerade
- Zu frühes Beugen der Arme
- Keine Körperstreckung beim Erreichen der maximalen Geschwindigkeit
- Weitere Fehler siehe Reißen (4.1.10)

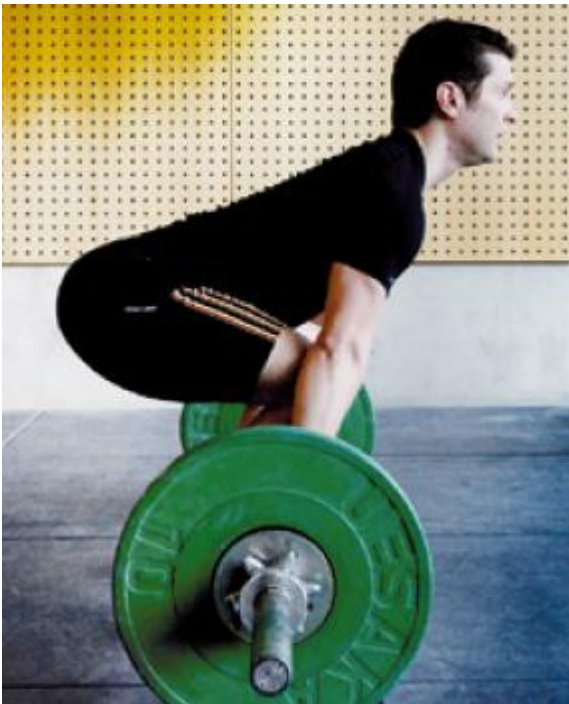


Abb. 10a: Ausgangsposition*



Abb. 10b: Zugphase*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp



*Abb. 10c: Ende der Zugphase**

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISP

4.1.13 Zug eng

Der Zug eng ist eine Zubringerübung für die Übung Umsetzen. Zug eng ist die spezifische Schnellkraftübung für die Wettkampfübung Umsetzen. Startposition, 1. Zug und 2. Zug sind identisch mit der Übung Umsetzen (siehe oben). Die Hantel wird vom Boden bis ca. oberhalb der Hüfte beschleunigt, es folgt eine kurze Treibphase bis ca. unterhalb des Rippenbogens. Anschließend wird die Hantel wieder auf den Boden geführt (vgl. Wirth et al., 2012).

Häufige Fehler

- Körper in der Endphase nicht ganz gestreckt
- Arme beim Abheben gebeugt
- Zu starke Betonung von Knie- oder Hüftstreckung
- Weitere Fehler siehe Umsetzen (4.1.11)



Abb. 10a: Startposition*



Abb. 10b: Zugphase*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp



Abb. 10b: Zugphase*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp

4.1.14 Überzüge

Die Übung Überzüge⁵⁴ stellt eine sinnvolle Ergänzungsübung zum Oberkörpertraining dar.

Bewegungsbeschreibung

Der Athlet legt sich mit dem Rücken auf eine Flachbank, sodass der Kopf mit der Flachbank abschließt. Der untere Rücken ist **lordosiert** und berührt nicht das Polster. Die Beine sind angewinkelt und stehen fest auf dem Boden. Der Sportler greift⁵⁵ die Langhantel schulterbreit im Obergriff und drückt diese vom Brustkorb in leichtem Bogen nach oben in die Ausgangsposition, sodass bei leicht gebeugten und leicht nach innengedrehten Ellbogen die Hantel über dem Nacken ist.

Der Sportler senkt die Hantel kontrolliert nach hinten über den Kopf ab bis eine vollständige Streckung des Schultergelenkes erfolgt ist. Der Sportler führt die Hantel im Anschluss wieder kontrolliert in die Ausgangsposition.

⁵⁴ Zielmuskulatur: M. serratus anterior, M. pectoralis major, M. triceps brachii, M. latissimus dorsi

⁵⁵ Bekommt diese ggf. vom Trainer zuvor gereicht

Häufige Fehler

- Starkes Abknicken der Ellenbogen
- Gesäß verlässt die Flachbank, um eine „Brücke“ zu bilden



Abb. 11a: Ausgangs- und Endposition*



Abb. 11b: Mittlere Bewegungsphase*

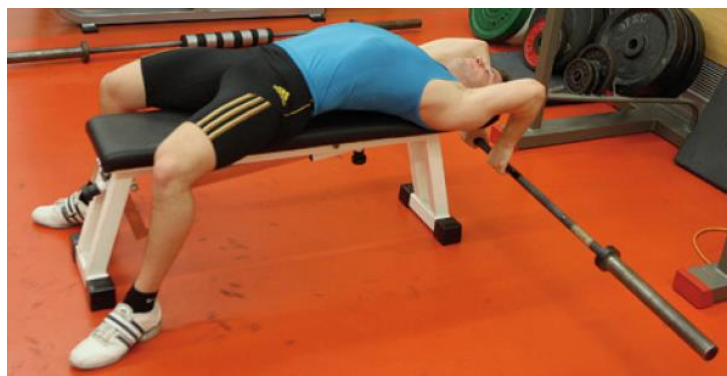


Abb. 11c: Umkehrpunkt der Bewegung*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp

4.1.15 Fliegende

Die Übung Fliegende⁵⁶ stellt eine sinnvolle Ergänzungsübung zum Oberkörpertraining dar.

Bewegungsbeschreibung

Der Sportler nimmt in jede Hand eine Kurzhantel. Der Athlet legt sich mit dem Rücken auf eine Flachbank. Die Beine sind angewinkelt und stehen fest auf dem Boden. Der Sportler bringt die Hantel in neutraler Griffhaltung (Hammerhaltung) zur Hochstrecke, sodass diese bei leicht gebeugten Armen über dem Nacken sind. Der untere Rücken ist lordosiert und berührt nicht das Polster. Die Hanteln werden an den stets fast ausgestreckten Armen kontrolliert zu beiden Seiten abgesenkt, indem er eine Rotationsbewegung mit der Schulter ausführt bis die Kurzhanteln seitlich auf gleicher Höhe des Oberkörpers sind. Hierbei verändert sich ausschließlich die Position des Armes. Im Anschluss bringt der Sportler die Hanteln wieder kontrolliert zur Hochstrecke.

Die Schulterblätter sollen während der gesamten Ausführung die Bank berühren, d.h. sie bleiben in Retroversion.

Häufige Fehler

- Schwungholen in der Umkehrbewegung
- Ablassen der Kurzhantel tiefer als Schulterhöhe



Abb. 12a: Ausgangs- und Endposition*



Abb. 12b: Umkehrpunkt der Bewegung*

*Abbildungen aus Wirth et al., 2012, mit Genehmigung des BISp

⁵⁶ Zielmuskulatur: M. pectoralis major, M. deltoideus (pars clavicularis), M. serratus anterior, M. anconaeus

4.2 Streckenspezifische Orientierungswerte ausgewählter Grundübungen

Die nachfolgend aufgelisteten Orientierungswerte stammen vom Britischen Schwimmverband und wurden auf der Verbandshomepage veröffentlicht (www.britishswimming.org; Zugriff 09.08.2016).

Da in Deutschland nur wenige Erfahrungen im Bereich des Maximalkrafttrainings im Schwimmen vorliegen, dienen die britischen Werte im ersten Moment als gute Orientierung. Langfristig muss es jedoch Ziel des Deutschen Schwimmverbandes sein, DSV-interne Orientierungswerte zu bilden.

Nach Meinung der Autoren und im Vergleich mit anderen Sportarten, sind die Werte aus GB mit einem langfristig angelegtem und sinnvoll geplante Krafttraining problemlos zu erreichen.

Es muss in diesem Zusammenhang deutlich herausgestellt werden, dass es nicht um die Maximierung der Maximalkraftfähigkeit im langfristigen Aufbau geht. Ziel ist immer eine optimale Entwicklung der Maximalkraft in Abhängigkeit von der Zielstrecke. „Optimal“ orientiert sich dabei immer an der Möglichkeit, die Kraft möglichst effektiv ins Wasser zu transferieren (siehe Kapitel 5.3).

Tab. 3: Orientierungswerte von drei Grundübungen

Geschlecht	Distanz	Klimmzug 1 RM* (kg Zusatzgewicht)	Bankdrücken 1 RM* (kg)	Kniebeuge 1 RM* (kg)
w	50 und 100m	25	75	85
	200 und 400m	20	65	80
	800m	15	55	75
m	50 und 100m	50	120	130
	200 und 400m	35	100	115
	1500m	30	90	100

* Einer-Wiederholungs-Maximum

4.3 Reaktives Training

Um sinnvoll reaktives Training zu betreiben, sollte eine gute Maximalkraftbasis der unteren Extremitäten vorhanden sein, da die Maximalkraft Grundlage der Schnellkraft ist (siehe Kapitel 2). Für eine optimale Start- Wendeleistung muss die Maximalkraft der Beine in Schnellkraft transferiert werden, d. h. einen möglichst hohen Anteil der Kraft in einem kurzen Zeitfenster aktivieren. In einem ersten Schritt geschieht dies durch die Grundübungen Reißen und Umsetzen (Transfer in die schnelle Bewegung. Training der gesamten Streckerkette: Wade, Oberschenkel vorne, Gesäß). Beim reaktiven Training wird das zur Verfügung stehende Zeitfenster noch kleiner (Transfer in die noch schnellere Bewegung). Folgende Übungen bieten sich an (Auswahl):

Tab. 4: Übungskatalog Reaktives Training

Übungen Reaktives Training (Auswahl)
Kugelschocken
Vertikale Kugelwürfe
Treppensprünge
Standweitsprünge
Kastensprünge
Squat Jump
Counter Movement
Leichtathletischer Sprint

Die Belastungskonfigurationen des reaktiven Trainings sind in Tabelle 1 (S.19) zu finden.

5 Periodisierung / Planung

Ein entscheidender Punkt bei allen Überlegungen zum Kraftkonzept bleibt die Belastungssteuerung im Jahres- und Mehrjahresverlauf. Es kann und soll nicht darum gehen, in kürzester Zeit ALLES zu trainieren, sondern darum, sich ein wohl überlegtes 4-Jahres-Konzept (bei Nachwuchsathleten siehe langfristiger Leistungsaufbau) immer wieder als Grundmodell zur Ausbildung und Ausrichtung seiner Topathleten vor Augen zu führen. Die trainingsmethodische Zielstellung eines jeden Trainingsjahres bzw. Trainingsabschnittes muss klar sein und sich in den mehrjährigen Verlauf nahtlos eingliedern. Nur so werden wir nicht „irgendwann“ eine gute Form unserer Besten erreichen, sondern gezielt den Moment X ansteuern können.

Wann will ich was erreichen? Was muss ich wann dafür tun?
--

Somit orientiert sich die Periodisierung des Trainings im Jahres- und Mehrjahresverlauf an der Terminierung der Hauptwettkämpfe. Alle Inhalte (und damit auch das Krafttraining) sind so zu planen, dass bei den entscheidenden Wettkämpfen die maximale Leistung erbracht werden kann.

Durch eine Periodisierung wird das Trainingsjahr in unterschiedliche, aber gegenseitig abhängige Abschnitte (Perioden / Zyklen) unterteilt, mit dem Ziel zum richtigen Zeitpunkt die sportliche Höchstform zu erreichen (Olbrecht, 1997). Die Leistungsentwicklung soll so gesteuert werden, dass eine sportliche Höchstform zeitlich terminierbar wird (Martin, 1980).

5.1 Periodisierung im Mehrjahresverlauf

Im Mehrjahresverlauf erfolgt kein Wechsel der grundlegenden Trainingsinhalte (siehe Kapitel 4). Es muss durchgehend mit der beschriebenen Methodik gearbeitet werden. Somit erfolgt die Ausprägung der Kraft ausschließlich über Volumen-, IK-, reaktives Training sowie die Zugübungen (Umsetzen, Reißen inkl. entsprechender Zubringerübungen). Entgegen einiger nicht wissenschaftlich belegbarer Behauptungen (Witt, 2014, S. 165) kann eine Stagnation im Krafttraining nicht mit einem Wechsel der grundlegenden Trainingsinhalte überwunden werden. Aufgrund der vorangegangenen Kapitel sollte deutlich geworden sein, welches methodische Vorgehen zu den erforderlichen Anpassungen führt. Bleiben die erforderlichen Reize durch falsche Trainingsinhalte und -methoden aus, ist bereits nach wenigen Wochen von einer Verringerung der Maximalkraftfähigkeiten auszugehen. Ein Wechsel in Kraftausdauermethoden, Cross Fit oder ähnlicher Inhalte verbietet sich daher.

Um eine Stagnation im langfristigen Leistungsaufbau zu vermeiden ist entscheidend, dass:

- Die Methodik konsequent umgesetzt wird
- Die Übungsqualität ein hohes Niveau hat
- Die Trainingsinhalte zwischen Kraft- und Wassertraining abgestimmt sind (siehe Wochenplanung)
- Nicht zu wenige (zu geringes Trainingsvolumen) oder zu viele (zu starke Ermüdung) Krafttrainingseinheiten pro Woche eingeplant werden (siehe Wochenplanung und Trainingshäufigkeit); zu viel oder zu wenig ist in Abhängigkeit vom Leistungsniveau des Sportlers zu sehen
- Entlassungsphasen (Verringerung des Volumens) oder Trainingspausen (ca. 1 Woche) eingeplant werden

Variationen in der grundlegenden Methodik ergeben sich durch die Anzahl der Wiederholungen, die Höhe der verwendeten Gewichte (Volumen und Intensität) und den möglichen Variationen der Grundübungen. Dadurch wird das neuromuskuläre System vor zwar nicht immer neue, jedoch immer wieder variierende Aufgaben gestellt. Die Grundstruktur im Vorgehen darf aber nicht verändert werden. Die in Kapitel 4 beschriebene Methodik bildet die Grundlage.

Ergänzend zum mehrjährigen Aufbau von Nachwuchssportlern siehe Kapitel 6.

5.2 Periodisierung im Jahresverlauf / innerhalb eines Makrozyklus

Wie bereits unter 5.1 angemerkt, stehen zur Planung die folgenden Trainingsmethoden zur Verfügung:

- Volumentraining (Hypertrophietraining)
- IK-Training (intramuskuläre Koordination; nur für Streckenlängen bis einschließlich 400m, siehe Wochenplanung)
- Reaktives Training

Zusätzlich sind die Zugübungen (Umsetzen, Reißen inkl. entsprechende Zubringerübungen) wichtige Trainingsinhalte die entsprechend eingeplant werden müssen.

Grundlegend ist bei der Jahresplanung das folgende Vorgehen zu beachten:

- Das *Volumentraining* hat eine Zunahme des Muskelquerschnitts zum Ziel, was mit einer Erhöhung der Maximalkraft einhergeht (Alway et al., 1990; Brechue & Abe, 2002; Fukunaga et al., 2001; Ikegawa et al., 2008; Kawakami et al., 1993; Wirth et al., 2014). Aufgrund des hohen Trainingsvolumens ist von einer entsprechenden muskulären Ermüdung auszugehen. Daher sollte intensives Volumentraining mit einem gewissen Abstand zu den

Hauptwettkämpfen durchgeführt werden. Der Ermüdungseffekt ist bei der erstmaligen Durchführung einer Volumentrainingsphase natürlich entsprechend hoch, wird sich im Laufe der Zeit jedoch verringern. Die Dauer eines Volumentrainings sollte laut Literatur zwischen 6 und 16 Wochen andauern (Hartmann & Tünnemann, 1988; Hoffman, 2002; Pampus, 1995; Young, 1991). Dementsprechend ist Tabelle 5 nur als Anhaltspunkt zu verstehen und die Länge der Volumen-Phase muss individuell betrachtet werden.

- Das *IK-Training* ist die bevorzugte Trainingsmethodik in der Wettkampfperiode (Tapering, UWV). Auf der einen Seite führt das IK-Training zu einer weiteren Ausprägung der Maximalkraft (intramuskuläre Koordination), auf der anderen Seite ist die muskuläre Ermüdung/Belastung im Vergleich zum Volumentraining deutlich geringer (geringere Stoffwechselbelastung, geringere zentralnervöse Ermüdung, weniger Gewebeschädigung). Dadurch bietet sich die Kombination mit hochintensivem wettkampfspezifischem Wassertraining an (nur für Streckenlängen bis einschließlich 400m, siehe 5.4).
- Spätestens 6 bis 8 Wochen vor dem Wettkampfhöhepunkt der Saison muss auf ein IK-Training umgestellt werden (Hatfield, 1989; Zatsiorsky, 1995). In der Regel ist es jedoch erforderlich, das relativ stark ermüdende Hypertrophietraining früher zu beenden und damit anzufangen, das Krafttraining so zu gestalten, dass nur noch geringe Ermüdungseffekte erzeugt werden bzw. verbleiben. Dementsprechend ist Tabelle 5 nur als Anhaltspunkt zu verstehen und die Länge der IK-Phase muss individuell betrachtet werden.
- Die *Zugübungen* werden als Trainingsübungen ganzjährig eingesetzt. Nur so sind langfristig Fortschritte zu erzielen (nur für Streckenlängen bis einschließlich 400m, siehe 5.4).
- Das *reaktive Training* wird ganzjährig eingesetzt. Nur so sind langfristig Fortschritte zu erzielen (nur für Streckenlängen bis einschließlich 400m, siehe 5.4).
- Aus Sicht der Kraftausprägung ist es nicht zu empfehlen jeden Wettkampf zu 100% anzusteuern und damit die Volumenphase häufig zu verlassen. Besonders problematisch ist dieser Umstand bei Sportlern und Sportlerinnen, die noch deutlich an Kraft zulegen müssen (siehe Orientierungswerte). Liegt bereits eine gute Maximalkraftbasis vor, kann ein häufigerer Wechsel in die IK-Phase besser kompensiert und geplant werden. Die Häufigkeit und Dauer der IK-Phasen darf aber keine Verringerung der Maximalkraft nach sich ziehen (rechtzeitiger Wechsel ins Volumentraining) bzw. einen langfristigen Ausbau der Kraftfähigkeiten verhindern.
- Je bedeutender der Wettkampf (OS, WM, etc.), desto länger sollte die IK-Phase gewählt werden (Verringerung der Gesamtermüdung).
- In der Taperphase vor Hauptwettkämpfen sollte das Krafttraining (IK-Training) beibehalten werden. Selbst in der Wettkampfwoche wird noch Krafttraining empfohlen, um Kraftverlust

zu vermeiden (siehe Tab. 5). Dieses Vorgehen ist analog zur generellen Empfehlung in der Taperphase zu sehen: Allmähliche Reduzierung des Volumens und Beibehaltung der Intensität (u. a. Pyne & Mujika, 2011). Je höher das Kraftniveau, desto stärker ist der Kraftverlust bei Ausbleiben des Trainingsreizes.

- Der Übergang vom Volumentraining zum IK-Training ist physiologisch nicht zu 100% trennbar. In der Trainingspraxis sollte der Wechsel nicht schlagartig, sondern stufenweise vollzogen werden (siehe Tab. 5)
- Für den Langstreckenbereich (800m und 1500m) sind in der Planung IK-Phase, Reißen und Umsetzen und reaktives Training nicht vorgesehen. Aufgrund der deutlichen Dominanz der aeroben Ausdauer genügt im Langstreckenbereich ausschließlich ein Volumentraining (Hypertrophie) um präventive und evtl. auch leistungssteigernde Ziele zu erreichen. Um die Ermüdung zu verringern, ist in der Wettkampfperiode einfach eine Reduzierung der Sätze pro Trainingseinheit vorgesehen. Bei starker Ermüdung ist auch eine leichte Verringerung der Wiederholungen pro Satz oder eine Reduzierung der Trainingslast möglich (Verringerung des Volumens bzw. der Intensität).

Zusätzlich bietet sich eine *Blockbildung / Blockperiodisierung* an. Die Theorie der Blockperiodisierung richtet sich nach der Erkenntnis, dass der menschliche Körper nur eine begrenzte Anzahl von Trainingsreizen gleichzeitig verarbeiten kann. Mehrere verschiedene Trainingsreize überlagern sich und verhindern so die Entwicklung bzw. verstärken die Ermüdung. Besonders bei Top-Athleten ist eine synchrone Optimierung mehrerer Leistungskomponenten schwierig bzw. nicht möglich. Nur durch eine Fokussierung auf eine geringe Anzahl von Trainingszielen können trainingswirksame Reize auf hohem Leistungsniveau erzielt werden. Dementsprechend können Stagnation bzw. Leistungsrückgang vermieden werden (Issurin, 2002, 2007, 2008a,b, 2010, 2012; Issurin & Lustig, 2004, Vorontsov, 2011).

Tab. 5: Beispiel eines Makrozyklus für 50 bis 400m – Strecken*

<u>Wochen vor WK- Höhepunkt</u>	<u>Wiederholungen</u>	<u>Sätze</u>	<u>Einheiten pro Woche</u>
12	10	Streckenspezifisch	Streckenspezifisch
11			
10			
9			
8			
7			
6	6 bis 8		
5			
4	4 bis 6		
3			
2	2 bis 4		
1			
Wettkampfwoche	2 bis 4	1 bis 3	1 (bis 2)

*je wichtiger der Wettkampf, desto länger die IK-Phase (Verringerung der Ermüdung)

Wenn in der Trainingspraxis beispielsweise eine starke Hypertrophie der Muskulatur angestrebt wird, kann es phasenweise nötig sein (Konzentration auf einen Trainingsreiz), das Wassertraining für 6 bis 8 Wochen auf ein nötiges Minimum zu reduzieren (Beibehaltung des vorherrschenden Grundlagenausdauerlevels). Durch die Konzentration auf nur einen Trainingsreiz / ein Trainingsziel (hier Hypertrophie) kann die Gesamtermüdung so gering wie möglich gehalten werden (Vermeidung von Überlastung, Übertraining). Bei nötigenfalls wieder ansteigenden Wasservolumen wird sich das gesteigerte Kraftniveau positiv auf die Leistungsfähigkeit auswirken. Gearbeitet wird „Step by Step“, gut durchdacht, in einen Jahresverlauf (und auch Mehrjahresverlauf) eingeordnet und mit klaren Zielen in der Leistungsentwicklung.

Blockbildung heißt **nicht**, dass einzelne Leistungskomponenten (Kraft, Ausdauer etc.) unberücksichtigt bleiben. Vielmehr wird der Trainingsreiz so gewählt, dass beim Blocktraining einer Komponente die anderen Komponenten **erhaltend** trainiert werden.

5.3 Kombination von Wasser- und Krafttraining

Generell hat Krafttraining ein enormes Potenzial, die aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit zu verbessern (Schumann, 2016). Bei der Kombination von Kraft- und Wassertraining sind bisher keine negativen Effekte des Krafttrainings auf die Ausdauerleistungsfähigkeit wissenschaftlich belegt (Rønnestad & Mujika, 2014). Bei gleichzeitig hohem Ausdauertrainingsvolumen (Langstrecke) bleibt die Hypertrophie der Muskulatur jedoch eingeschränkt (Jones et al., 2013).

Folgende Empfehlungen können gegeben werden:

- Im Bereich der Mittel- und Kurzstrecken sollte die Frequenz und das Volumen des Ausdauertrainings phasenweise reduziert werden (siehe auch Periodisierung) (Schumann, 2016), um bessere Anpassungen an das Krafttraining zu erzielen.
- Kraft- und Ausdauertraining sollte separiert werden und die Pause zwischen Land- und Wassereinheiten sollte so groß wie möglich sein (Schumann, 2016).
- Nach intensivem Volumentraining kein Wasser mehr (nur für 50 und 100m möglich, bei längeren Zielstrecken maximalen Abstand beachten)

Transfer der Kraft ins Wasser

Ein entscheidender Punkt bei der Kombination von Kraft- und Wassertraining ist, dass die gesteigerte Kraft ins Wasser transferiert wird. Aus wissenschaftlicher Sicht muss man jedoch sagen, dass entsprechende Studien mit dieser speziellen Forschungsfragestellung rar sind.

Als Grundlage eines guten Kraft-Wasser-Transfers dient die regelmäßige Durchführung eines technikorientierten Trainings. Inhalte sollten beispielsweise sein (Hilgner-Recht & Wirth, 2010):

- Variation der Krafteinsätze
- Variation der Frequenz und Bewegungsausführung
- Variation des Verhältnisses Zyklusweg-Frequenz

Aufgrund der Spezifik der Stoffwechselforgänge der verschiedenen Schwimmtechniken (Barbosa et al., 2006) sollten entsprechende Serien in der Hauptlage mit wettkampfspezifischem Bewegungsablauf (ganze Lage) durchgeführt werden.

Vorontsov (2011) nennt zwei mögliche Situationen, die für einen Kraft-Wasser-Übertrag genutzt werden können:

- Die Geschwindigkeit der Trainingsübung ist größer als die Geschwindigkeit über die Wettkampfdistanz ($V_{\text{exercise}} > V_{\text{race pace}}$)
- Der zu überwindende Widerstand der Trainingsübung ist größer als der zu überwindende Widerstand während des Schwimmens bei Wettkampfgeschwindigkeit ($R_{\text{exercise}} > R_{\text{at race pace}}$)

Daraus ergeben sich konkret folgende Trainingsinhalte (Vorontsov, 2011):

- Sprints über Teilstrecken kürzer als die Wettkampfstrecke (10, 15, 20, 25, 30, 35m) (non-assisted/non-resisted)

- Sprints mit Nutzung von Flossen oder Paddels
- Sprints über Teilstrecken kürzer als die Wettkampfstrecke (10, 15, 20, 25, 30, 35m) mit Zusatzlast (power rack, Widerstandsgürtel, Widerstandshose, stretch-cords)
- Sprints unter erleichterten Bedingungen (z.B. stretch-cords) (assisted swimming)
- Supramaximale Schwimmgeschwindigkeiten im Schwimmkanal

Jedoch muss darauf geachtet werden, dass die Erhöhung der Widerstände (resisted swimming) bzw. die Erleichterung der Bedingungen (assisted swimming) nicht zu extrem gewählt wird, weil es ansonsten zu einer Verschlechterung der Schwimmtechnik und einer Verringerung des Krafttransfers kommen kann (Vorontsov, 2011). So berichten Maglischo und Mitarbeiter (1985), dass eine Widerstandserhöhung zu kurzen Zykluswegen bei gleichzeitig niedrigen Frequenzen führen kann. Auf der anderen Seite wurde eine Erhöhung der Frequenz bei übermäßig gewählten erleichterten Bedingungen (assisted), nicht durch Zunahme der Handgeschwindigkeit, sondern durch die Verkürzung des Zyklusweges erzielt.

Die Veränderung der Zieltechnik aufgrund zu groß gewählter Widerstände konnte auch bei der Nutzung von Flossen und Paddels beobachtet werden (Gourgoulis et al., 2008; Payton & Lauder, 1995; Reilly, 1990, Sidney et al., 2004).

Zusammengefasst birgt die Nutzung von erhöhten Widerständen (resisted) und die Schaffung von erleichterten Bedingungen (assisted) die Gefahr, dass sich kinetische und kinematische Merkmale von der Zielbewegung unterscheiden, was eine veränderte Aktivierung des ZNS zur Folge hat. Dieser Umstand muss bei der Wahl entsprechender Trainingsmittel unbedingt beachtet werden. Stichert (1981) empfiehlt bei Sprints über kurze Teilstrecken eine Widerstandserhöhung zwischen 3 und 7 Kilogramm. Dies genügt einerseits für einen entsprechenden Trainingsreiz und andererseits konnte eine Technikverschlechterung nicht festgestellt werden.

Generell ist die Empfehlung der Autoren jedoch, besonders die Trainingsserien mit erhöhten Widerständen (power rack, Widerstandsgürtel, Widerstandshose, stretch-cords) oder Vergrößerung der Antriebsflächen (Paddels, Flossen) sehr dosiert einzusetzen, um Technikverschlechterungen zu vermeiden.

5.4 Wochenplanung / Trainingseinheit

Bei der Planung des Krafttrainings innerhalb einer Trainingseinheit sollte drauf geachtet werden, dass die Zugübungen (Umsetzen, Reißen, Zug eng, Zug breit) immer am Anfang der Einheit stattfinden. Für die koordinativ anspruchsvollen Zugübungen müssen die Sportler und Sportlerinnen möglichst ausgeruht sein, damit eine hohe Übungsqualität ermöglicht wird. Zusätzlich sind explosive

Krafteinsätze notwendig, was bei entsprechender Voreremüdung nicht zu 100% gewährleistet werden kann.

Bei der Durchführung eines reaktiven Trainings sollte dieses nicht am gleichen Tag oder am Tag nach dem Beintraining eingeplant werden, da auch hier eine Voreremüdung der unteren Extremitäten vermieden werden sollte (maximale Intensität in der Reaktivkrafteinheit entscheidend!).

Das separate Training der Rumpfmuskulatur ist im Zusammenhang mit dem langfristigen Leistungsaufbau nicht erforderlich (siehe Key-Points).

Trainingshäufigkeit

Unter Trainingshäufigkeit sind die Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche zu verstehen, in denen ein Muskel oder eine Muskelgruppe belastet wird. Wong und Booth (1988) konnten im Tierversuch zeigen, dass bei täglichem Training der Kraft kein Muskelwachstum erfolgt. Sie kamen zu der grundlegenden Aussage, dass die Zahl der Regenerationstage für das Ausmaß des Muskelwachstums eine Rolle spielen muss. Erfolgt die Kraftbelastung zu häufig in der Woche (bezogen auf eine Muskelgruppe) wird demzufolge die Regeneration verringert. Dies kann zur Folge haben, dass

- die mechanische Schädigung des Muskels immer weiter zunimmt (Abnahme der Kraft)
- dem ZNS nicht genug Zeit zur Erholung eingeräumt wird (Abnahme der Kraft)
- das hormonelle Gleichgewicht in eine katabole Richtung kippt (Abnahme der Kraft)

Fast alle Studien zu diesem Thema beschäftigen sich mit Trainingshäufigkeiten von ein-, zwei- und dreimal pro Woche. Die Überlegenheit eines zweimaligen Trainings pro Woche (für eine Muskelgruppe!) im Vergleich mit einem einmaligen Training pro Woche ist zweifelsfrei (Hoffman et al., 1990; Pollock et al., 1993). Brazell-Roberts und Thomas (1989) konnten keinen signifikanten Unterschied von zwei gegenüber drei Trainingseinheiten pro Woche feststellen. Ausgehend von der Regenerationsdauer nach einem Krafttraining ist Willoughby (1992) der Meinung, dass zwei Trainingseinheiten pro Woche für eine Muskelgruppe das Maximum darstellen sollten.

In einer Metaanalyse konnten Rhea und Kollegen (2003) durch die Zusammenfassung von 140 Krafttrainingsstudien zeigen, dass für trainierte Personen ein zweimaliges Training pro Woche pro Muskelgruppe als Optimum angesehen werden muss. Diese Empfehlung ermöglicht eine hohe Trainingsintensität (hoher Spannungsreiz auf der Muskulatur) und eine ausreichend lange Regeneration zwischen den Einheiten.

Besonders in Kombination mit dem Trainingsvolumen im Wasser, dürfen zwei Krafteinheiten pro Woche pro Muskelgruppe nicht überschritten werden um eine Überlastung zu vermeiden.

5.4.1 800m und 1500m Zielstrecke

Tab. 6: Beispielhafte Wochenplanung 800m und 1500m Zielstrecke

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
08.00 – 10:00	Wasser	Wasser	Wasser SH	Wasser SH	Wasser	Wasser SH	
13.00 – 15:00		Kraft Ganzkörper			Kraft Ganzkörper		
18.00 – 20.00	Wasser SH	Wasser	Wasser SH	Wasser SH	Wasser	Wasser SH	

SH = mögliche Schlüsseleinheit im Wasser

Ganzkörperprogramm:

Tab. 7: Ganzkörperprogramm 800m und 1500m Zielstrecke inkl. Belastungskonfigurationen Vorbereitungsperiode (VP) und Wettkampfperiode (WP)

Trainingsübung	Sätze VP	Sätze WP	Wh. VP	Wh. WP	Lasten VP → WP
Kniebeuge	3 - 4	2 - 3	10	(8) ^{*2} - 10	Gleichbleibend ^{*1} evtl. abnehmend ^{*2}
Klimmzug / Latzug					
Bandrücken					
Kreuzheben / Rudern vorgebeugt / Rudern sitzend					
Beinbeuger					
Evtl. ergänzendes Rumpftaining	20er Sätze mit Zusatzgewicht, nur Flexoren				

*¹ bezieht sich nur auf den Wechsel zwischen VP und WP. Innerhalb der VP müssen Lasten langfristig zunehmen

*² Bei starker Ermüdung ist auch eine leichte Verringerung der Wiederholungen pro Satz oder eine Reduzierung der Trainingslast möglich

-
- Die Belastungsintensität ergibt sich aus der geforderten Wiederholungszahl.
 - In den einzelnen Serien sollte die muskuläre Auslastung angestrebt werden.
 - Das Aufwärmen bis zum Erreichen der geforderten Belastungsintensität erfolgt individuell.

5.4.2 400m Zielstrecke

Tab. 8: Beispielhafte Wochenplanung 400m Zielstrecke

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
08.00 – 10:00	Wasser	Wasser		Wasser SH	Wasser	Wasser SH	
13.00 – 15:00		Kraft Ganzkörper		Reaktives Training	Kraft Ganzkörper		
18.00 – 20.00	Wasser SH	Wasser	Wasser SH	Wasser SH	Wasser	Wasser SH	

SH = mögliche Schlüsseleinheit im Wasser

Ganzkörperprogramm:

Tab. 9: Ganzkörperprogramm 400m Zielstrecke inkl. Belastungskonfigurationen Vorbereitungsperiode (VP) und Wettkampfperiode (WP)

Trainingsübung	Sätze VP	Sätze WP	Wh. VP	Wh. WP	Lasten VP → WP
Zugübung*	3 - 4	2 - 3	3 - 6	2 - 3	Zunehmend
Kniebeuge	3 - 4	2 - 3	10	2 - 6	
Klimmzug / Latzug					
Bankdrücken					
Kreuzheben / Rudern vorgebeugt / Rudern sitzend					
Beinbeuger					
Evtl. ergänzendes Rumpfttraining	20er Sätze mit Zusatzgewicht, nur Flexoren				

*Umsetzen, Reißen als Zielübungen; Zug eng, Zug breit und Reißkniebeuge als Zubringerübungen für Umsetzen, Reißen

- Die Belastungsintensität ergibt sich aus der geforderten Wiederholungszahl.
- In den einzelnen Serien sollte die muskuläre Auslastung angestrebt werden. Dies gilt nicht für die mit (*) gekennzeichneten Übungen.
- Das Aufwärmen bis zum Erreichen der geforderten Belastungsintensität erfolgt individuell.

5.4.3 200m Zielstrecke

Woche 1: 1x Oberkörper + 2x Beine

Tab. 10: Beispielhafte Wochenplanung 200m Zielstrecke, 1x Oberkörper + 2x Beine

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
08.00 – 10:00	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	
13.00 – 15:00	Kraft Beine		Reaktives Training		Kraft Beine		
18.00 – 20.00	Wasser	Wasser SH	Kraft Oberkörper	Wasser SH	Wasser	Wasser SH	

SH = mögliche Schlüsseinheit im Wasser

Woche 2: 2x Oberkörper + 1x Beine

Tab. 11: Beispielhafte Wochenplanung 200m Zielstrecke, 2x Oberkörper + 1x Beine.

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
08.00 – 10:00	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	
13.00 – 15:00	Kraft Oberkörper	Reaktives Training			Kraft Oberkörper	Reaktives Training	
18.00 – 20.00	Wasser	Wasser SH	Kraft Beine	Wasser SH	Wasser	Wasser SH	

SH = mögliche Schlüsseinheit im Wasser

Beine:

Tab. 12: Woche 1 200m Zielstrecke inkl. Belastungskonfigurationen Vorbereitungsperiode (VP) und Wettkampfperiode (WP)

Trainingsübung	Sätze VP	Sätze WP	Wh. VP	Wh. WP	Lasten VP → WP
Zugübung*	3 - 5	2 - 3	3 - 6	2 - 3	Zunehmend
Kniebeuge	3 - 5	2 - 3	10	2 - 6	
Beinbeuger					
Evtl. ergänzendes Rumpfttraining	20er Sätze mit Zusatzgewicht, nur Flexoren				

*Umsetzen, Reißen als Zielübungen; Zug eng, Zug breit und Reißkniebeuge als Zubringerübungen für Umsetzen, Reißen

- Die Belastungsintensität ergibt sich aus der geforderten Wiederholungszahl.

- In den einzelnen Serien sollte die muskuläre Auslastung angestrebt werden. Dies gilt nicht für die mit (*) gekennzeichneten Übungen.

- Das Aufwärmen bis zum Erreichen der geforderten Belastungsintensität erfolgt individuell.

Oberkörper:

Tab. 13: Woche 2 200m Zielstrecke inkl. Belastungskonfigurationen Vorbereitungsperiode (VP) und Wettkampfperiode (WP)

Trainingsübung	Sätze VP	Sätze WP	Wh. VP	Wh. WP	Lasten VP → WP
Zugübung*	3 - 5	2 - 3	3 - 6	2 - 3	Zunehmend
Bankdrücken	3 - 5	2 - 3	10	2 - 6	
Klimmzug/ Latzug					
Kreuzheben / Rudern vorgebeugt / Rudern sitzend					

*Umsetzen, Reißen als Zielübungen; Zug eng, Zug breit und Reißkniebeuge als Zubringerübungen für Umsetzen, Reißen. **Nur 1x im Oberkörperplan!**

- Die Belastungsintensität ergibt sich aus der geforderten Wiederholungszahl.
- In den einzelnen Serien sollte die muskuläre Auslastung angestrebt werden. Dies gilt nicht für die mit (*) gekennzeichneten Übungen.
- Das Aufwärmen bis zum Erreichen der geforderten Belastungsintensität erfolgt individuell.

5.4.4 50 und 100m Zielstrecke

Woche 1: 1x Oberkörper + 2x Beine

Tab. 14: Beispielhafte Wochenplanung 50/100m Zielstrecke, 1x Oberkörper + 2x Beine

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
08.00 – 10:00	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	
13.00 – 15:00			Reaktives Training				
18.00 – 20.00	Kraft Beine	Wasser SH	Kraft Oberkörper	Wasser SH	Kraft Beine	Wasser SH	

SH = mögliche Schlüsseleinheit im Wasser

Woche 2: 2x Oberkörper + 1x Beine

Tab. 15: Beispielhafte Wochenplanung 50/100m Zielstrecke, 2x Oberkörper + 1x Beine

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
08.00 – 10:00	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	
13.00 – 15:00	Reaktives Training				Reaktives Training		
18.00 – 20.00	Kraft Oberkörper	Wasser SH	Kraft Beine	Wasser SH	Kraft Oberkörper	Wasser SH	

Tab. 15: Beispielhafte Wochenplanung 100m Zielstrecke, 2x Oberkörper + 1x Beine

SH = mögliche Schlüsseleinheit im Wasser

Beine:

Tab. 16: Woche 1 50/100m Zielstrecke inkl. Belastungskonfigurationen Vorbereitungsperiode (VP) und Wettkampfperiode (WP)

Trainingsübung	Sätze VP	Sätze WP	Wh. VP	Wh. WP	Lasten VP → WP
Zugübung*	5 - 6	3 - 4	3 - 6	2 - 3	Zunehmend
Kniebeuge	5 - 6	3 - 4	10	2 - 6	
Beinbeuger					
Evtl. ergänzendes Rumpfttraining	20er Sätze mit Zusatzgewicht, nur Flexoren				

*Umsetzen, Reißen als Zielübungen; Zug eng, Zug breit und Reißkniebeuge als Zubringerübungen für Umsetzen, Reißen

- Die Belastungsintensität ergibt sich aus der geforderten Wiederholungszahl.

- In den einzelnen Serien sollte die muskuläre Auslastung angestrebt werden. Dies gilt nicht für die mit (*) gekennzeichneten Übungen.

- Das Aufwärmen bis zum Erreichen der geforderten Belastungsintensität erfolgt individuell.

Oberkörper:

Tab. 17: Woche 2 50/100m Zielstrecke inkl. Belastungskonfigurationen Vorbereitungsperiode (VP) und Wettkampfperiode (WP)

Trainingsübung	Sätze VP	Sätze WP	Wh. VP	Wh. WP	Lasten VP → WP
Zugübung*	5 - 6	3 - 4	3 - 6	2 - 3	Zunehmend
Bankdrücken	5 - 6	3 - 4	10	2 - 6	
Klimmzug/ Latzug					
Kreuzheben / Rudern vorgebeugt / Rudern sitzend					

*Umsetzen, Reißen als Zielübungen; Zug eng, Zug breit und Reißkniebeuge als Zubringerübungen für Umsetzen, Reißen. **Nur 1x im Oberkörperplan!**

- Die Belastungsintensität ergibt sich aus der geforderten Wiederholungszahl.

- In den einzelnen Serien sollte die muskuläre Auslastung angestrebt werden. Dies gilt nicht für die mit (*) gekennzeichneten Übungen.

- Das Aufwärmen bis zum Erreichen der geforderten Belastungsintensität erfolgt individuell.

Für die Sprintstrecken sollte im langfristigen Training auf 4x pro Woche erhöht werden, um weitere Anpassungen der Kraftfähigkeiten zu ermöglichen. Eine Steigerung auf vier Einheiten in der Woche bietet sich an, wenn:

- Die Anpassung auf 3x pro Woche erfolgreich verlaufen ist.
- Ein Fokus auf die 50m-Strecke erfolgt.
- Eine Stagnation der Kraftwerte beobachtet wird.
- Ein entsprechendes Trainingsalter erreicht wird.

6 Krafttraining im Nachwuchsleistungssport

6.1 Allgemeines

Es ist unbestritten, dass die Entwicklung der Maximalkraftfähigkeiten eine entscheidende Bedeutung im langfristigen Leistungsaufbau in einer Vielzahl von Sportarten hat (u. a. Faigenbaum et al., 2015). Jedoch ist das Krafttraining im Kindes- und Jugendalter ein in der Vergangenheit häufig zu rudimentär behandeltes Thema (besonders im deutschsprachigen Raum). Dies resultiert möglicherweise aus der unbegründeten Angst vor Verletzungen und dem (auch unbegründeten) Zweifel an der Wirksamkeit von Krafttraining für Kinder vor- und während der Pubertät. Dementsprechend mangelt es an einer adäquaten Übersicht über Inhalte, Methoden, Belastungsumfänge und Belastungsintensitäten des Krafttrainings für die einzelnen Ausbildungsstufen. Allerdings ist die systematische Ausbildung der relevanten Techniken und Kraftfähigkeiten ab dem Kindesalter für einen langfristigen Leistungsaufbau unabdingbar und stellt auch die zwingend notwendige Grundlage für das spätere Training im Hochleistungsbereich dar (Behringer et al., 2010; Faigenbaum et al., 2014, 2015; Hartmann et al., 2010; Wirth et al., 2012a). Die Gefahr, dass ein altersgerechtes Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen gefährlich oder schädigend ist, kann aus Sicht der Wissenschaft eindeutig ausgeschlossen werden (u. a. Hartmann et al., 2010; Faigenbaum & Meyer, 2010; Faigenbaum et al., 2014; Lloyd et al., 2013). Demnach ist das Krafttraining für Kinder und Jugendliche ein bedeutsamer Bestandteil dieser Konzeption. Folgend soll ein theoretischer Überblick der relevanten biologischen Mechanismen gegeben werden, auf denen die im Kapitel 6.2 dargelegten Empfehlungen für Trainingsinhalte und die praktische Eingliederung basieren.

Wachstum/Körperzusammensetzung

Bis zu einem Alter von ca. 9 Jahren herrscht eine überwiegende Deckungsgleichheit der Wachstumsgeschwindigkeit bei Mädchen und Jungen. Die präpubertäre Wachstumsphase dauert bei Jungen in etwa bis zum 11. Lebensjahr und somit ca. 3 Jahre länger als bei Mädchen. Aus dem früher auftretenden pubertären Wachstumsschub der Mädchen resultiert zwischen dem 9. und 14. Lebensjahr eine durchschnittlich höhere Körpergröße im Vergleich zu den Jungen (Veldhuis et al., 2005). Mit dem 15. Lebensjahr ist bei Mädchen im Durchschnitt 99 % der Erwachsenengröße realisiert (Largo & Prader, 1987). Aufgrund der längeren vorpubertären Wachstumsphase ist dies bei Jungen circa 3 Jahre später zu erwarten, wodurch sich auch der endgültige Größenunterschied sowie die ungleiche Muskelentwicklung zwischen den Geschlechtern erläutert (Hartmann et al., 2010). Diese nicht lineare Entwicklung der allgemeinen Wachstumsprozesse sollte für die Beurteilung und das Monitoring der Muskelkraft im Krafttraining mit Heranwachsenden stetig als Grundlage beachtet werden (Lloyd et al., 2013).

In Bezug auf die Körperzusammensetzung kommt es mit Beginn der Pubertät bei beiden Geschlechtern zu einer deutlichen Zunahme der fettfreien Körpermasse, wobei der Anstieg bei den Jungen deutlich höher ausfällt und sich über eine längere Zeitspanne zieht (Hartmann et al., 2010). Bei Mädchen ist dieser Vorgang circa mit dem 16. Lebensjahr und bei Jungen bis zum 20. Lebensjahr vollendet (Rogol et al., 2002; Veldhuis et al., 2005). Hinsichtlich des prozentualen Fettanteils an der Gesamtkörpermasse liegt dieser bei Mädchen am Ende der Pubertät aufgrund des hormonellen Einflusses fast doppelt so hoch wie bei Jungen (Hartmann et al., 2010). In diesem Zusammenhang sei auf die Bedeutung einer optimalen Körperkomposition im Schwimmen hingewiesen, welche in mehreren Studien durch einen Anstieg der fettfreien Körpermasse, einer Reduzierung des Körperfettanteils und einer damit einhergehenden verbesserten Schwimmleistung dargelegt wurde (Cochrane et al., 2015; Helmuth, 1980; Pyne et al., 2006; Roelofs et al., 2017).

Krafttraining und Knochenwachstum

Das Knochenwachstum und eine damit einhergehende erhöhte Widerstandsfähigkeit entsteht durch eine ansteigende Mineralisierung des Knochengewebes, welche simultan zum Größenwachstum verläuft (Hartmann et al., 2010). Der Mineralgehalt des Knochengewebes wird wiederum entscheidend durch die Muskelentwicklung beeinflusst (Hartmann et al., 2010; Rauch et al., 2004). Im Entwicklungsverlauf ist die Knochenwachstumsphase bei Mädchen im Alter von circa 16 Jahren und bei Jungen im Alter von 20 Jahren abgeschlossen (Hartmann et al., 2010). Weitere wichtige Einflussfaktoren auf ein ideal entfaltetes Knochenwachstum sind Ernährung, Hormone und Genetik (Hartmann et al., 2010). Dass Krafttraining negative Auswirkungen auf das Knochenwachstum hat und möglicherweise schädigend ist, wurde hinreichend widerlegt (Faigenbaum & Meyer, 2010; Falk & Eliakim, 2003; Lloyd et al., 2013). Darüber hinaus sind positive Effekte eines Krafttrainings bei Kindern auf die Entwicklung der Knochendichte bewiesen (Conroy et al., 1993; Naughton et al., 2000; Zauner et al., 1989). Auf den besonderen Stellenwert der Knochendichte in der Sportart Schwimmen wurde bereits in Kapitel 3.1 hingewiesen. Zusammenfassend zeichnet sich das Kindesalter als eine optimale Phase ab, um das Wachstum der Knochenmasse als auch die Knochenstruktur positiv durch Krafttraining zu beeinflussen (Bass et al., 2008; Hartmann et al., 2010; Lloyd et al., 2013; Vicente-Rodriguez, 2006). Dabei haben Trainingsformen mit hohen mechanischen Belastungen (Krafttraining) nachweislich größere Auswirkungen auf das Wachstum der Knochenmasse als Aktivitäten mit geringeren mechanischen Belastungen (Schwimmen, Laufen, etc.) (Bass et al., 2008; Hartmann et al., 2010; Roelofs et al., 2017). Weiterhin ist die Muskelkraft einer der bedeutendsten mechanischen Reize für die Entwicklung des Knochengewebes und der Knochenquerschnittsfläche (Hartmann et al., 2010; Rauch et al., 2004).

Zusätzlich gibt es keinen wissenschaftlichen Anhaltspunkt, der eine negative Auswirkung von Krafttraining auf die resultierende Körpergröße im Erwachsenenalter belegt (Behringer et al., 2010; Falk & Eliakim, 2003; Malina, 2006; Wirth et al., 2012a).

Hormonsystem

Ein weiterer wichtiger Faktor im Zuge der Kraftentwicklung von Heranwachsenden ist der hormonelle Einfluss. Hierbei sind unter anderem das Wachstumshormon HGH, der insulinähnliche Wachstumsfaktor IGF-1 sowie Testosteron von besonderer Bedeutung (Llyod et al., 2013). Vor der Pubertät weist HGH schon die typischen Sekretionsfrequenzmuster auf, jedoch ist die Konzentration im Blut aufgrund der noch verminderten Sekretionsamplitude vergleichsweise gering (Hartmann et al., 2010). Mit Beginn der Pubertät nimmt die HGH- sowie die IGF-1-Konzentration im Blut deutlich zu (Behringer et al., 2010). Hier ist darauf hinzuweisen, dass IGF-1 als elementare Einflussgröße auf das Muskelgewebe anzusehen ist, indem es neben der Potenzierung der Proteinsynthese auch die Proliferation von Satellitenzellen aktiviert und somit eine mögliche Hypertrophie oder Hyperplasie hervorrufen kann (Wilmore et al., 2008). Die Testosteronkonzentration erhöht sich ebenfalls mit Beginn der Pubertät und steigt bei Jungen bis zur späten puberalen Phase auf das bis zu 20-fache ihres Ausgangswertes an (De Ste Croix, 2007). Ein Zuwachs der Testosteronkonzentration konnten Blimkie & Sale (1998) auch bei Mädchen ermitteln, wenngleich dieser Anstieg im Vergleich zu den Jungen deutlich geringer ausfällt. Insgesamt lässt sich festhalten, dass Testosteron nach der Übersichtsarbeit von Behringer und Mitarbeitern (2010) nach wie vor als übergeordneter Stimulator für anabole Prozesse im Muskel gilt und demzufolge die elementarste hormonelle Geltungsgröße für die Muskelkraftentwicklung im Wachstumsprozess darstellt. Dennoch sei hier auf die erwähnte anabole Wirkung der Wachstumshormone hingewiesen, welche – wie auch Testosteron – bereits in der präpuberalen Phase in geringerer Konzentration vorhanden sind. Dementsprechend ist (unter Berücksichtigung des Hormonsystem) Krafttraining bereits vor der Pubertät erfolgreich einsetzbar.

Trainierbarkeit/Effektivität

Der Begriff Trainierbarkeit steht für die Sensitivität der Entwicklung eines Athleten auf einem vorliegenden Trainingsreiz. Hierbei soll die Frage geklärt werden, ob ein Krafttraining zur Leistungsverbesserung von Kindern und Jugendlichen führt. Allen voran sei an dieser Stelle auf die zwingende Notwendigkeit einer korrekten Übungsausführung, respektive einer hohen Bewegungsqualität im Training hingewiesen, welche als Grundlage für die folgend aufgeführten Trainingseffekte und Anpassungen angesehen werden muss. In Bezug auf die relativen maximalen Kraftzuwächse pro Woche lassen sich in allen Entwicklungsstufen ähnliche Raten wie bei Erwachsenen feststellen (Behringer et al., 2010). Die größten Kraftverbesserungen zeigen sich zu

Beginn der Trainingsphase. Es bestehen sogar leichte Tendenzen von einer – relativ gesehen – besseren Trainierbarkeit von präpubertären Kindern verglichen mit Jugendlichen in der Adoleszenz oder Erwachsenen (Behringer et al., 2010; Granacher et al., 2016; Menzi et al., 2007). In der angesprochenen Entwicklungsstufe lassen sich überdies auch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede der Kraftzuwächse eruieren. In der Pubertät bestehen derzeit noch keine gesicherten Aussagen über mögliche Geschlechtsunterschiede in Anbetracht der relativen Kraftzuwächse (Hartmann et al., 2010). Um die Frage nach der Wirksamkeit von Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen darüber hinaus zu beantworten, dient u.a. eine Übersichtsarbeit von Matos und Winsley (2007). Unter Hinzunahme einer Vielzahl an Studien konnten hierbei Zuwachsraten der Muskelkraft von 13 bis 30% in Folge von Krafttraining mit Kindern ermittelt werden. Im Vergleich hierzu lagen die Zuwächse infolge von anaeroben Ausdauertraining bei 3 bis 10% (mean power) bzw. bei 4 bis 20% (peak power). Die Steigerungsrate der VO₂max betrug nach aerobem Ausdauertraining im Mittel etwa 5%. Der Mythos über die Ineffektivität von Krafttraining mit Kindern im Vergleich zur Trainierbarkeit anderer konditioneller Fähigkeiten ist demnach völlig unbegründet. Diese Aussage wird des Weiteren durch eine Vielzahl an Übersichtsarbeiten unterstützt, in denen das Krafttraining als wirkungsvolle Methode angesehen wird, um die maximale Muskelkraft von Kindern und Jugendlichen in allen Altersbereichen zu entwickeln und zu steigern (Behringer et al., 2010; Granacher et al., 2016; Hartmann et al., 2010; Lloyd et al., 2015). An Hand einer Meta-Analyse (Einbezug von 43 Studien) von Lesinski und Kollegen (2016) wurden Belastungsnormative von einer mehr als 23 wöchigen Trainingsperiode, mit 5 Sätzen pro Übungen á 6-8 Wiederholungen, einer Intensität von 80-89% des 1 RM und einer Pausenzeit von 3 bis 4 Minuten zwischen den Sätzen als am effektivsten im Krafttraining mit Heranwachsenden konstatiert. Um also die Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen langfristig zu steigern sind – bei ausreichender Eingewöhnung und hoher Bewegungsqualität – Übungen mit hohen Spannungsreizen zwingend notwendig.

Abschließend soll noch auf die im Kapitel 4 beschriebene Trainingsmethodik eingegangen werden. Häufig werden besonders im Kinder- und Jugendbereich Übungen mit dem eigenen Körpergewicht durchgeführt. Im Sinne eines langfristigen Leistungsaufbaus können jedoch Übungsformen mit dem eigenem Körpergewicht ein Training mit freien Gewichten (Grundübungen) nicht ersetzen (Hartmann et al., 2010). Darüber hinaus ist die Belastungsdosierung anhand von freien Gewichten viel präziser zu steuern (Wirth et al., 2012a). Ist eine beständige Entwicklung der Muskelkraft als Ziel definiert, ist das angepasste Training mit freien Gewichten, u.a. aufgrund der hohen Anforderung an Stabilität und Koordination, auch mit Heranwachsenden die belegbar effizienteste Methode (Faigenbaum et al., 2013; Faigenbaum, 2017; Granacher et al., 2016).

Adaptationen

Die Vergrößerung des Muskelquerschnitts in und nach der puberalen Phase in Folge von Krafttraining ist unumstritten (Faigenbaum et al., 2014; Hartmann et al., 2010). Es bestehen allerdings auch Hinweise auf eine krafttrainingsinduzierte Muskelhypertrophie bei Kindern vor der Pubertät (Behringer et al., 2010; Fukunaga et al., 1992; Matos & Winsley, 2007; Mersch & Stoboy, 1989). Dabei ist zu beachten, dass erst nach mehreren Monaten Hypertrophieeffekte auf die Skelettmuskulatur zu erwarten sind (Wirth et al., 2012a). Dieser Aspekt wird in der Trainings- und Untersuchungsmethodik häufig vernachlässigt und führt dementsprechend zu Fehlinterpretationen der Trainingsfortschritte und Untersuchungsergebnisse (Behringer et al., 2010; Faigenbaum, 2003; Hartmann et al., 2010). Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass in der präpuberalen Phase ein erhöhtes neuromuskuläres Anpassungspotential über einen längeren Zeitraum zu Kraftzuwachsen führt und somit morphologische Adaptationen – im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen – möglicherweise erst später einsetzen (Hartmann, et al, 2010). Kraemer und Fleck (2005) empfehlen im Sinne der Effektivität dementsprechend einen Krafttrainingsplan mit ausreichend langen Zeitraum und angemessen schweren Gewichten. Diese Ansicht wird durch weitere Literatur unterstützt, in der für Hypertrophieeffekte im präpuberalen Alter intensive Belastungsreize über einen ausreichend langen Zeitraum empfohlen werden (Faigenbaum, 2003; Hollmann & Hettinger, 2000; Rowland, 2005, Tolfrey, 2007). Insgesamt geben die genannten Ergebnisse Anlass, den Hypertrophieeffekt auch im präpuberalen Alter nicht zu vernachlässigen. Zusätzlich müssen jedoch weitere Adaptationsmechanismen berücksichtigt werden. Diesbezüglich stellen Optimierungen auf nervaler Ebene einen wichtigen Mechanismus für die Erklärung von Kraftzuwachsen in Folge von Krafttraining dar. Hierbei sind gesteigerte Kraftwerte bei Kindern und Jugendlichen – ebenso wie bei Erwachsenen – insbesondere im Anfangsstadium auf eine verbesserte inter- und intramuskuläre Koordination zurückzuführen (Hartmann et al., 2010; Wirth et al., 2012a). Dies betrifft neben den Agonisten auch die – für die Gelenksicherung und Stabilisation zuständigen – Synergisten und Antagonisten einer entsprechenden Krafttrainingsübung. Während die Verbesserung der intermuskulären Koordination grob als ein motorischer Lerneffekt auf die Bewegungsausführung anzusehen ist, bedeutet eine Optimierung der intramuskulären Koordination eine gesteigerte Rekrutierung und Frequenzierung sowie eine Synchronisierung der motorischen Einheiten innerhalb eines Muskels (Hartmann et al., 2010). Der Aspekt der erhöhten neuromuskulären Anpassung in der präpuberalen Phase wurde u.a. in einer Übersichtsarbeit von Faigenbaum und Mitarbeitern (2015) unterstützt, in dem die genannte Entwicklungsstufe als eine unvergleichliche Gelegenheit für eine optimale neuronale Kraftentwicklung als Basis für spätere Spitzenleistungen angesehen wird. Abschließend lässt sich festhalten, dass sich zum Einstieg in das Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen niedrige Intensitäten und Volumina eignen, im langfristigen Leistungsaufbau aber nicht zu den notwendigen

Adaptationen führen und Übungen, in denen hohe Intensitäten realisiert werden können, erforderlich sind (Faigenbaum, 2017; Lesinski et al., 2016).

Belastbarkeit/Verletzungsgefahr

Neben den Auswirkungen auf Wachstumsprozesse, der Trainierbarkeit und der Effektivität soll abschließend die Belastbarkeit und Verletzungsgefahr beim Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen angesprochen werden. Vorweg ist anzuführen, dass unter Berücksichtigung der Stoffwechselprozesse, neben der aeroben auch keine geringere anaerobe Belastbarkeit bei Kindern und Jugendlichen im Vergleich zu Erwachsenen vorliegt (Hartmann et al., 2010). Darüber hinaus ist in dieser Entwicklungsstufe die erhöhte Regenerationsfähigkeit nach intensiven Belastungen bekannt (Hartmann et al., 2010). In Bezug auf die muskuläre Beanspruchung in Folge von Krafttraining lässt sich bei Heranwachsenden ein geringeres Schmerzempfinden und eine niedrigere Kreatinkinasekonzentration nachweisen (Behringer et al., 2010; Hartmann et al., 2010). Demnach ist die Belastbarkeit der Muskulatur bei Kindern und Jugendlichen als vergleichbar anzusehen (Behringer et al., 2010). Dennoch muss die physiologische Konstitution bei der Belastungsgestaltung unbedingt beachtet werden, da insbesondere in Entwicklungsphasen mit hohen Längenzuwachsraten von einer geringeren Belastungstoleranz der passiven Strukturen ausgegangen werden kann (Hartmann et al., 2010). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist es, das Krafttraining im Kontext der Gesamtbelastung zu sehen und dementsprechend Inhalte aufeinander abzustimmen, um eine Überlastung zu vermeiden. Die Befürchtung einer erhöhten Verletzungsgefahr der Epiphysenfugen kann wissenschaftlich nicht bestätigt werden (Behringer et al., 2010; Hartmann et al., 2010; Wirth et al., 2012a). Darüber hinaus besteht kein negativer Einfluss eines Krafttrainings auf die Beweglichkeit von Kindern und Jugendlichen (Hartmann et al., 2010). In einigen Studien konnten überdies Verbesserungen der Bewegungsamplitude in Folge von Krafttrainingsinterventionen konstatiert werden (Hartmann et al., 2010). Unter Berücksichtigung der aktuellen Datenlage lässt sich ein gut konzipiertes und qualitativ hochwertiges Krafttraining – hierzu zählen insbesondere klassische Grundübungen – als eine sehr sichere Tätigkeit mit einer vergleichsweise (z.B. zum Football, Fußball, Handball, usw.) sehr niedrigen Verletzungsinzidenz kennzeichnen (Faigenbaum et al., 2013; Hartmann et al., 2010; Kraemer & Fleck, 2005; Malina, 2006; Wirth et al., 2012a). Vielmehr ist die frühzeitige Implementierung von Krafttraining in den langfristigen Leistungsaufbau als eine notwendige Maßnahme anzusehen, um den Athleten auf die auftretenden Belastungsspitzen grundlegend vorzubereiten. Dies – traditionell bedingt – ausschließlich anhand von Ausdauertraining zu gewährleisten, ist unzureichend und ignoriert die positiven Effekte von Krafttraining auf die passiven und aktiven Strukturen von jungen Athleten sowie auf die schädigenden Folgeerscheinungen des Schwimmtrainings.

6.2 Langfristiger Leistungsaufbau im Krafttraining

Aufgrund der unter 6.1 genannten Möglichkeiten und Notwendigkeiten eines frühen Einstiegs (vor der Pubertät) ins Krafttraining, empfiehlt der Rahmentrainingsplan des DSV einen Einstieg ins Krafttraining im Alter zwischen 8 und 10 Jahren. Durch einen entsprechend frühen Einstieg können alle notwendigen Grundlagen für spätere Spitzenleistungen langfristig entwickelt werden. Für eine generelle Orientierung bezüglich des Einstiegsalters in das Krafttraining dient die folgende Tabelle.

Tab. 18: Basic Guidelines for Resistance Exercise Progression in Children (mod. nach Kramer & Fleck, 2005)

Age (years)	Considerations
7 or younger	Introduce child to basic exercises with little or no weight; develop the concept of a training session; teach exercise techniques; progress from body weight calisthenics, partner exercises, and lightly resisted exercises; keep volume low.
8-10	Gradually increase the number of exercises, practice exercise technique for all lifts, start gradual progressive loading exercises, keep exercises simple, increase volume slowly, carefully monitor toleration to the exercise stress.
11-13	Teach all basic exercise techniques, continue progressive loading of each exercise, emphasize exercise technique, introduce more advanced exercises with little or no resistance.
14-15	Progress to more advanced resistance exercise programs, emphasize exercise techniques, increase volume.
16 or older	Enter adult programs after background experience has been gained

If a child enters an age level with no previous experience, progression must start at previous levels and move to more advanced levels as exercise toleration, skill, and understanding permit

Wie den Belastungskonfigurationen der jeweiligen Trainingsmethoden zu entnehmen ist, sind langfristig hohe Lasten (ca. 70 bis 90% 1 RM) für den Trainingserfolg notwendig. Um die Grundübungen des Konzeptes mit entsprechend hohen Lasten ausführen zu können, ist ein langfristiger Leistungsaufbau unumgänglich. Zum einen muss sich der passive Bewegungsapparat anpassen, um Überlastungsschäden zu vermeiden, zum anderen müssen die komplexen Techniken der Grundübungen beherrscht werden.

Aufbautraining

Je später der Einstieg erfolgt, desto mehr verschiebt sich der gesamte Ausbildungsprozess und das Leistungsmaximum wird entsprechend später erreicht. In Tabelle 18 ist exemplarisch der langfristige Leistungsaufbau mit einem Einstiegsalter von 10 Jahren dargestellt.

Tab. 19: Langfristiger Leistungsaufbau im Krafttraining, Etappe 1 und 2

Langfristiger Leistungsaufbau Krafttraining – Einstiegsalter 10 Jahre					
Ausbildungsetappe	Alter	Kraft/ Wo <i>TE/Dauer</i>	Spiel + Koord./Wo <i>TE/Dauer</i>	Rumpf/Wo <i>TE/Dauer</i>	Reaktives Tr./Wo <i>TE/Dauer</i>
Aufbautraining	10 + 11	2x <i>30' bis 45'</i>	1x <i>30' bis 60'</i>	2x <i>15' bis 20'</i>	1x <i>30'</i>
	12 + 13	2x <i>60' bis 90'</i>	1x <i>30' bis 60'</i>	0-1x <i>15' bis 20'</i>	1x <i>30'</i>

In den ersten vier Ausbildungsjahren liegt der Fokus auf der Schulung der Technik (Technikdominanz). Es werden maximal 6 bis 10 Wiederholungen pro Satz durchgeführt. Der Satz wird immer dann unterbrochen, wenn die technische Ausführung fehlerhaft ist oder sich die Qualität innerhalb des Satzes verschlechtert. Es sollten 3 bis 4 Belastungssätze eingeplant werden. Wir schlagen vor, pro Trainingseinheit 3 Übungen durchzuführen. Alle Übungen aus Tabelle 2 (Grundübungen) können theoretisch genutzt werden, solange sie technisch korrekt ausgeführt werden.

Trotz der Dominanz der Technik in dieser Ausbildungsphase ist im Verlauf des vierjährigen Aufbautrainings ein allmählicher Anstieg der Trainingsintensität und des Trainingsvolumens notwendig. So empfehlen Kraemer und Fleck (2005) (siehe auch 6.1) im Sinne der Effektivität einen Krafttrainingsplan mit angemessen schweren Gewichten (limitierend ist **immer** die Qualität der Bewegungsausführung). Diese Ansicht wird durch weitere Literatur unterstützt, in der für Hypertrophieeffekte im präpuberalen Alter intensive Belastungsreize über einen ausreichend langen Zeitraum empfohlen werden (Faigenbaum, 2003; Hollmann & Hettinger, 2000; Rowland, 2005, Tolfrey, 2007).

Die Trainingseinheiten *Spiel*, *Koordination* und *Rumpf* (im Sinne des *Kraftkonzeptes*) können im Anschluss an die Krafttrainingseinheiten oder an separaten Tagen durchgeführt werden. Die Einheit des reaktiven Trainings (4.3) sollte mit möglichst weitem Abstand zu den Kräfteinheiten erfolgen.

Eine Ausrichtung des Krafttrainings an Wettkämpfen ist nicht notwendig, eine IK-Trainingsphase ist nicht geplant. Weitere Trainingsinhalte an Land sind nicht notwendig.

Erfolgt ein Einstieg ins Krafttraining (im Sinne des vorliegenden Rahmentrainingsplans) nicht im empfohlenen Altersbereich (8 bis 10 Jahre), darf die Etappe des Aufbautrainings (Erlernen der Technik und Anpassung des passiven Bewegungsapparates) nicht übersprungen werden. Zwar ist in diesem Fall eine Verkürzung des Aufbautrainings auf 2 Jahre denkbar, aber immer unter dem

Vorbehalt, dass die Bewegungstechniken auf technisch hohem Niveau erlernt werden und einer Anpassung des passiven Apparates genügend Zeit eingeräumt wird.

Anschluss- und Hochleistungstraining

Im Optimalfall wird spätestens in der nachfolgenden Ausbildungsetappe (Anschluss- und Hochleistungstraining) eine streckenspezifische Ausrichtung vorgenommen. Zum einen müssen die aeroben und anaeroben Anteile im Wassertraining entsprechend gewichtet werden, zum anderen muss sich auch das Krafttraining an der gewählten Streckenlänge orientieren (siehe Tabelle 19).

Tab. 20: Langfristiger Leistungsaufbau im Krafttraining, streckenspezifische Ausrichtung, Etappe 3 und 4

Streckenspezifische Ausrichtung im langfristigen Leistungsaufbau des Krafttrainings							Periodisierung	
Ausbildungs- etappe	Strecke	Alter	TE Kraft/ Woche TE/Dauer	TE Spiel+ Koord./Wo TE/Dauer	TE Rumpf/Wo TE/Dauer	TE Reaktives Tr./Wo TE/Dauer	VP	WP
Anschluss- training	50 + 100	14/15	3 – 4x 90'	optional	0x	2x 45' bis 60'	Volumen -training	IK- Training
	200		3x 90'			1-2x 45' bis 60'		
	400		2x 90'			1x 45' bis 60'		
	800 + 1500		2x 90'			0x		
Hochleistungs- training	50 + 100	ab 16	3 bis 4x 90' - 120'	optional	0x	2x 60'	Volumen -training	IK- Training
	200		3 90'			1-2x 60'		
	400		2 90'			1x 60'		
	800 + 1500		2 90'			0x		

Aufgrund der vierjährigen Ausbildung im Aufbautraining ist im Anschluss- und Hochleistungstraining ein Krafttraining mit entsprechend hoher Intensität und hohem Volumen möglich und gewünscht. Die pro Woche notwendigen Einheiten für die verschiedenen Streckenlängen sind der Tabelle 19 zu entnehmen. Die Periodisierung des Trainings ist an den Hauptwettkämpfen ausgerichtet, wodurch in der Wettkampfperiode ein Wechsel in das IK-Training erfolgt (siehe Kapitel 5). Ausnahme bildet hier der Langstreckenbereich, hier genügt eine Reduzierung der Sätze im Volumentraining (Reduzierung der Ermüdung in Vorbereitung auf die Wettkämpfe).

Weitere Inhalte an Land (Kraftausdauertraining, Stabilisationstraining etc.) sind nicht notwendig, da das Kraftkonzept alle notwendigen Inhalte ausreichend abdeckt.

Beispieltrainingspläne Aufbautraining

Grundlegend sollten im Aufbautraining Ganzkörperprogramme genutzt werden. Im Folgenden zwei Beispieleinheiten für eine Trainingswoche:

1. Einheit der Woche, Ganzkörperprogramm

Tab. 21: Zwei Beispieleinheiten (eine Trainingswoche) im Aufbautraining

Trainingsübung	Satz 1 (Wh.)	Satz 2 (Wh.)	Satz 3 (Wh.)	Satz 4 (Wh.)
Zugübung*	3 – 6	3 - 6	3 - 6	
Kniebeuge	6 – 10	6 - 10	6 - 10	
Latzug / Klimmzug	6 – 10	6 - 10	6 - 10	

2. Einheit der Woche, Ganzkörperprogramm

Trainingsübung	Satz 1 (Wh.)	Satz 2 (Wh.)	Satz 3 (Wh.)	Satz 4 (Wh.)
Zugübung*	3 - 6	3 - 6	3 - 6	
Bankdrücken	6 - 10	6 - 10	6 - 10	
Rudern sitzend / vorgebeugt	6 - 10	6 - 10	6 - 10	
Beinbeuger	6 - 10	6 - 10	6 - 10	

*Umsetzen, Reißen als Zielübungen; Zug eng, Zug breit und Reißkniebeuge als Zubringerübungen für Umsetzen, Reißen

- im langfristigen Aufbau steigen Volumen und Intensität an
- Bewegungsqualität ist immer limitierend
- Aufwärmprogramm nicht berücksichtigt

Tab. 22: Beispiel einer Trainingswoche im Aufbautraining (10 Jährige) mit Berücksichtigung des Land- und Wassertrainings

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
09.00 – 11:00		Wasser		Wasser		Rumpf	
15.00 – 17:00	Spiel	Kraft Ganzkörper	Rumpf	Reaktives Training	Kraft Ganzkörper		
17.00 – 19.00	Wasser		Wasser		Wasser		

7 Ermittlung der Maximalkraftfähigkeiten

Eine Testung der Maximalkraft sollte im Leistungssport regelmäßig (ca. 2 bis 3x im Jahr) durchgeführt werden. In Bezug auf den langfristigen Leistungsaufbau ist eine Ermittlung der Maximalkraftfähigkeiten frühestens im Anschlusstraining sinnvoll und notwendig.

Generell dürfen Krafttests nur mit entsprechend erfahrener Personal durchgeführt werden. Grundvoraussetzung ist außerdem, dass die Sportler und Sportlerinnen die Bewegungstechnik sicher und sauber beherrschen (langfristiger Leistungsaufbau).

Aus Gründen der Ökonomie beschränkt sich der Krafttest auf die Hauptantriebsmuskulatur. Daher sollte das Einer-Wiederholungs-Maximum (1 RM) der Übungen Bankdrücken, Kniebeuge und Klimmzüge ermittelt werden. Zusätzlich sollte die technische Ausführung des Umsetzens und Reißens regelmäßig überprüft werden.

Die nachfolgend aufgeführten Evaluierungsbögen werden von den DSV-Kraftexperten zur Beurteilung der Krafttrainingsübungen genutzt. Sie sollen allen interessierten Athletiktrainern als Orientierung dienen.

Normierung und Technische Evaluierung in der Testung des DSV

<p>Abbrechen wenn:</p> <p>Sicherheit des Athleten in Gefahr</p> <p>Schlechte Technik</p>

Fragen vor Beginn jeder Übung:

Tab. 23: Checkliste Vorgespräch Athlet / Athletin

Fragen	Ja	Nein	Kommentar
Persönliche Bestleistung in der Übung in kg mit Datum?			
Hat der Athlet die Übung schon auf Maximalkraft (1 bis 3 RM) trainiert?			
Wurde die Übung in den letzten drei Wochen trainiert? Wenn ja, zu welchen Intensitäten?			
Wissen die Athleten, wie man Hilfestellung gibt (falls kein Helfer Vorort ist)? Wissen die Athleten, wie sie sich aus einer misslichen Lage befreien können (abwerfen, Hantel fallen lassen)?			
Hat der Athlet eine akute Verletzung, die die Übung beeinträchtigen könnte oder den Athleten in Gefahr bringt?			
Weitere Anmerkung des Athleten?			

Nackenkniebeuge

Anmerkungen:

Es muss ein Helfer anwesend sein, der die Athleten unterstützen kann.

Falls jemand die Übung in den letzten drei Wochen nicht trainiert hat und/ oder keine Erfahrung mit hohen Lasten in der Übung hat, sollte der Schwerpunkt auf einer technischen Evaluierung liegen und das Gewicht nur vorsichtig oder gar nicht erhöht werden.

Testnormierung und Beschreibung für die Athleten:

Ausgangsposition ist die hohe Hantelposition. Um einen Maximalwert zu erzielen, muss der Athlet in der Lage sein, eine technisch korrekte Kniebeuge bis unterhalb der Parallelstellung oder bis mindestens zur Parallelstellung durchzuführen (Hüftbeuge sollte unterhalb oder auf Höhe des Kniegelenkzentrums sein). Falls der Athlet dazu nicht in der Lage ist, sollte kein Maximal-Wert erhoben werden, sondern eine technische Evaluierung stattfinden, um bis zur nächsten Testung an der tiefen Kniebeuge arbeiten zu können. Die Gewichte sind mit Klemmen gesichert.

Für Bewegungsbeschreibung siehe Seite 22.

Technische Evaluierung

Start-Position	Kommentar	✓/x
Höhe der Hantelstange in der Ablage unter Schulter/ Achselhöhe, Rücken gerade		
Hände ca. neben der Schulter, Ellbogen hinter Hantelstange		
Stange liegt auf oberen Trapezius und hinteren Deltoiden		
Rumpf ist neutral und angespannt beim Abheben der Hantel		
Füße: Schulter- bis hüftbreit, Zehen sind leicht nach außen gerichtet		
Absenken		
Füße bleiben flach auf dem Boden, Gewicht im mittleren bis hinteren Fuß		
Rücken bleibt neutral und fest		
Kontrolle am untersten Punkt, kein Abfedern		
Knie-Ausrichtung verläuft mit den Füßen, keine Valgus Stellung oder Asymmetrien vorhanden		
Aufrichten		
Fußgelenke, Knie und Hüfte strecken synchron		
Hüfte steigt mit gleicher Geschwindigkeit wie die Langhantel, Oberkörper bleibt aufrecht		
Wirbelsäule bleibt neutral und gefestigt durch die Muskulatur		
Kopf= neutral zur Wirbelsäule, Augen nach vorn oder oben		
Endposition: Hüfte und Knie gestreckt, aufrechter Stand		

Umsetzen

Falls jemand die Übung in den letzten drei Wochen nicht trainiert hat und / oder keine Erfahrung mit hohen Lasten in der Übung vorliegen, dann sollte der Schwerpunkt auf einer technischen Evaluierung liegen und das Gewicht nur vorsichtig oder gar nicht erhöht werden.

Testnormierung und Beschreibung für die Athleten:

Keine Nutzung von Zughilfen (Straps). Männer heben mit der 20 kg Langhantel. Frauen können (wenn notwendig) die 15 kg Langhantel nutzen. Der Test wird auf einer Plattform durchgeführt, auf der das Gewicht fallen gelassen werden kann. Die Gewichte sind mit Klemmen gesichert.

Für Bewegungsbeschreibung siehe Seite 43.

Technische Evaluierung

Start Position	Kommentar	✓/x
Schienbein eng an der Langhantel, ohne sie zu berühren. Erste Reihe der Schuhband-Löcher ist unterhalb der Hantel/ Zehen vor der Hantel		
Griff: "Hook grip" Daumenklemme, etwas breiter als Schulter/Hüfte		
Hüfte ist höher als die Knie		
Rücken/ Rumpf ist neutral und gefestigt		
Brust zeigt nach vorne		
Schulter: Leicht vor der Langhantel, Schulterblätter sind nach hinten und unten aktiviert		
Ellbogen sind gestreckt und zeigen nach außen in Richtung Hantelverlauf		
Gewicht: mittlerer bis vorderer Fuß		
Kopf: neutral, nach vorne gerichtet		
Erster Zug		
Luft holen, Muskeln am Körper voranspannen		
Knie strecken, Rücken bleibt neutral und "gerade", Brust nach vorn		
Schulter vor Hantel, Knie kommen zurück, Gewicht geht in den mittleren bis hinteren Fuß		
Hantel bleibt eng am Körper und der Hantelverlauf geht leicht zurück zum Körper		
Winkel des Oberkörpers bleibt konstant		
Übergang		
Die Hüfte streckt und der Oberkörper richtet sich auf		
Gleichzeitiges wiederbeugen der Knie "Double knee bend"		
Gewicht geht zum Vorfuss, also ist im mittleren Fuß am Ende des Übergangs		
Ende: Sprungposition in der die Hantel leicht die		

Oberschenkel streift		
Zweiter Zug		
Dreifache Streckung von Fußgelenken, Knien und Hüfte – explosive Sprungbewegung, endet mit einem aggressiven Schulterzug		
Hantel bleibt eng am Körper		
Ende des Zugs: komplette dreifache Streckung, Schulterzug, Arme bleiben gerade		
Umgruppieren		
Am höchsten Punkt vom zweiten Zug, die Ellbogen beginnen zu beugen (Richtung nach außen und zurück, damit die Hantel eng am Rumpf bleibt)		
Körpergewicht wird gesenkt, Ellbogen und Handgelenke rotieren um die Hantel		
Landung in der Vorderen tiefen Kniebeuge mit der Hantel liegend auf dem vorderen Deltoid und Ellbogen zeigen nach vorne		
Gewicht ist im Hinterfuß		
Aufschwung		
Brust führt den Aufschwung		
Synchrone Streckung von Hüfte, Knien und Fußgelenken		
Rumpf bleibt aufrecht, mit neutralem Rücken		
Ausatmung wenn der Körper in der vertikalen Endposition ist		

Reißen

Testnormierung und Beschreibung für die Athleten:

Keine Nutzung von Zughilfen (Straps). Männer heben mit der 20 kg Langhantel. Frauen können (wenn notwendig) die 15 kg Langhantel nutzen. Der Test wird auf einer Plattform durchgeführt, auf der das Gewicht fallen gelassen werden kann. Gewichte sind mit Klemmen gesichert. Die Testung wird als technische Evaluierung der Bewegung mit wenig Gewicht vorgesehen, 2 Sätze mit 3 Wiederholungen. Für Bewegungsbeschreibung siehe Seite 38.

Technische Evaluierung

Start Position	Kommentar	✓/x
Schienbein eng an der Langhantel, ohne sie zu berühren. Erste Reihe der Schuhband-Löcher ist unterhalb der Stange/ Zehen vor der Hantel		
Griff: "Hook grip" Daumenklemme, Griffbreite: sollte in der Beuge der Hüfte sitzen wenn sich der Körper in der Sprungposition befindet		

Hüfte ist höher als die Knie		
Rücken/ Rumpf ist neutral und gefestigt		
Brust zeigt nach vorne		
Schulter: Leicht vor der Langhantel, Schulterblätter sind nach hinten und unten aktiviert		
Ellbogen sind gestreckt und zeigen nach außen in Richtung Hantelverlauf		
Gewicht: mittlerer bis vorderer Fuß		
Kopf: neutral, nach vorne gerichtet		
Erster Zug		
Luft holen, Muskeln am Körper voranspannen		
Knie strecken, Rücken bleibt neutral und "gerade", Brust nach vorn		
Schulter vor Hantel, Knie kommen zurück, Gewicht geht in den mittleren bis hinteren Fuß		
Hantel bleibt eng am Körper und der Barverlauf geht leicht zurück zum Körper		
Winkel des Oberkörpers bleibt konstant, wie in der Startposition		
Übergang		
Die Hüfte streckt und der Oberkörper richtet sich auf		
Gleichzeitiges Wiederbeugen der Knie "Double knee bend"		
Gewicht geht zum Vorfuß , also ist im mittleren Fuß am Ende des Übergangs		
Ende: Sprungposition in der die Hantel leicht die oberen Oberschenkel streift		
Zweiter Zug		
Dreifache Streckung von Hüfte, Knien und Fußgelenken – explosive Sprungbewegung, endet mit einem aggressiven Schulterzug		
Hantel bleibt eng am Körper		
Ende des Zugs: komplette dreifache Streckung, Schulterzug , Arme bleiben gerade		
Umgruppieren		
Am höchsten Punkt vom zweiten Zug, die Ellbogen beginnen zu beugen (Richtung nach außen und zurück, damit die Hantel eng am Rumpf bleibt)		
Gleichzeitiges senken des Körpergewichts, bis die Ellbogen unterhalb der Hantel in Richtung Decke gestreckt werden können		
Landung in der tiefen Reißkniebeuge mit den Armen komplett gestreckt		
Gewicht ist im Hinterfuß		
Aufschwung		
Brust führt den Aufschwung		

Synchrones strecken von Fußgelenken, Knien und Hüfte		
Rumpf bleibt aufrecht, mit neutralem, „geraden“ Rücken		
Ausatmung wenn der Körper aufrecht in der vertikalen Endposition ist		

Bankdrücken

Ein Helfer muss anwesend sein, der die Athleten sichert.

Testnormierung und Beschreibung für die Athleten:

Gewichte sind mit Klemmen gesichert.

Für Bewegungsbeschreibung siehe Seite 28.

Technische Evaluierung

Start Position	Kommentar	✓/x
Augen unter Langhantel		
Griff: Obergriff, Daumen um Hantel, Breite: neben Schulter		
Gesäß, Schultern und Kopf liegen auf der Bank		
Schulterblätter: nach unten und leicht hinten ziehen, Muskeln aktivieren und fixieren		
Hantel wird mit Helfer in Ausgangsposition gebracht: gestreckte Arme über Schulter/ Brust		
Handgelenke: fest unter Hantel		
Füße flach auf dem Fußboden, symmetrisch, schulterweit oder etwas größer		
Absenken		
Kontrolle des Hantelsenkens		
Kontrolle von Schulterposition, Fixierung wird gehalten besonders am tiefsten Punkt		
Übergang: kein Abfedern, Kontrolle am tiefsten Punkt		
Ellbogen ca. 45°		
Druck		
Explosive Druckbewegung nach oben, bis Ellbogen komplett ausgestreckt, mit Helfer wird die Hantel zurück zur Hantelablage geführt		

Klimmzüge

Testnormierung und Beschreibung für die Athleten:

Der Griff ist schulterbreit, Oberhandgriff, die Daumen umfassen die Stange. Falls ein Athlet aus besonderen Gründen diesen Griff nicht durchführen kann, besteht die Möglichkeit einen anderen Griff zu benutzen, der in den nachfolgenden Tests gleich bleiben muss, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Zu Beginn der Bewegung befinden sich die Arme komplett ausgestreckt im Hang. Beinschwingen ist nicht erlaubt. Die Bewegung endet mit dem Kinn über der Klimmzugstange. Gewicht wird mittels eines Klimmzug- Gürtels um die Hüfte gehängt. Für Bewegungsbeschreibung siehe Seite 30.

Technische Evaluierung

Start Position:	Kommentar	✓/x
Griff: Schulter breit, Daumen um Stange, Oberhandgriff („pronated overhand grip“)		
Rücken/ Rumpf neutral und gestärkt: kein Rund- oder Hohlrücken		
Schulter sind nach unten und hinten stabilisiert		
Kopf: neutral ausgerichtet mit Wirbelsäule		
Start: aus Hang, Arme komplett gestreckt		
Zug:		
Bewegung: Volle Körperspannung, kein Mitschwingen von Beinen oder Rumpf, Ellbogen beugen, Ziehen des Körpers zu der Stange		
Ende des Zugs: Kinn über Stange		
Absenken:		
Kontrolliert mit Körperspannung		

Literatur

- Aagard, P. & Andersen, J. L. (2010). Effects of strength on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (2), 39-47.
- Aagard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Crameri, R., Magnusson, S. P. & Kjaer, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21 (6), 298-307.
- Aagard, P. & Raastad, T. (2012). Strength Training for Endurance Performance. In I. Mujika (Ed.), *Endurance Training: Science and Practice* (pp. 53-59). Vitoria-Gasteiz: Unknown Publisher.
- Ahtiainen, J., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. (2005). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 475-480.
- Algra, B. (1982). An in-depth analysis of the bench press. *National Strength and Conditioning Journal*, 4 (5), 6-72.
- Alway, S. E., MacDougall, J. D., Sale, D. G., Sutton, J. R. & McComas, A. J. (1988). Functional and structural adaptations in skeletal muscle of trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 64 (3), 1114-1120.
- Alway, S. E., Stray-Gundersen, J., Grumbt, W. H. & Gonyea, W. J. (1990). Muscle cross-sectional area and torque in resistance-trained subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 60 (2), 86-90.
- Alway, S. E., Winchester, P. K., Davis, M. E. & Gonyea, W. J. (1989). Regionalized adaptations and muscle fiber proliferation in stretch-induced enlargement. *Journal of Applied Physiology*, 66 (2), 771-781.
- Antonio, J. & Gonyea, W. J. (1994). Muscle fiber splitting in stretch-enlarged avian muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (8), 973-977.
- Aoki, M. S., Miyabara, E. H., Soares, A. G., Saito, E. T. & Moriscot, A. S. (2006). mTOR pathway inhibition attenuates skeletal muscle growth induced by stretching. *Cell and Tissue Research*, 324 (1), 149-56.
- Arabatzi, F., Kellis, E. & De Villareal, E. (2010). Vertical jump biomechanics after plyometric, weightlifting and combined (weightlifting + plyometric) training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (9), 2440-2448.
- Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J. & Nelson, R. C. (1994). Analysis of 50-, 100-, and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 10 (2), 189-199.
- Aspens, S., Kjendlie, P.-L., Hoff, J. & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sport Science and Medicine*, 8 (3), 357-365.

- Augustsson, J., Esko, A., Thomee, R. & Svantesson, U. (1998). Weight training of the thigh muscle using closed vs. open kinetic chain exercises: A comparison of performance enhancement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27 (1), 3-8.
- Baar, K. & Esser, K. (1999). Phosphorylation of p70S6k correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. *American Journal of Physiology and Cell Physiology*, 276 (45), C120-C127.
- Bailey, D. A. (2005). The role of physical activity in the regulation of bone mass during growth. In O. Bar-Or (Ed.), *The child and adolescent athlete* (pp. 138-152). Malden: Blackwell Publishing.
- Bailey D. A. & Martin A. D. (1994). Physical activity and skeletal health in adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 6 (4), 330-347.
- Baker, D. & Nance, S. (1999). The relationship between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13 (3), 230-235.
- Baker, D. G. & Newton, R. (2006). Adaptations in upper-body maximal strength and power output resulting from long-term resistance training in experienced strengthpower athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (3), 541-546.
- Baker, D. G. & Newton, R. U. (2008). Comparison of lower body strength, power, acceleration, speed, agility, and sprint momentum to describe and compare playing rank among professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (1), 153-158.
- Baker, D., Wilson, G. & Carlyon, B. (1994). Generality versus specificity: a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength. *European Journal of Applied Physiology*, 68 (4), 350-355.
- Barbosa, T., Lima, F., Portela, A., Novais, D., Machado, L., Colaco, P., Goncalves, P., Fernandes, R. J., Keskinen, K. L. & Vilas-Boas, J. P. (2006). Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes. *Portuguese Journal of Sports Sciences*, 6 (2), 192-194.
- Barnett, Ch., Kippers, V. & Turner, P. (1995). Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9 (4), 222-227.
- Bass, S. L. (2000). The pubertal years - a uniquely opportune stage of growth when the skeleton is most responsive to exercise. *Sports Medicine*, 30 (2), 73-78.
- Bass S. L., Daly R. M. & Blimkie C. J. R. (2008). Growing a healthy skeleton: Exercise - the primary driving force. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Eds.), *The Young Athlete* (pp. 112-126), *Volume XIII of the Encyclopaedia of Sports Medicine*. Oxford (UK): Blackwell Publishing Ltd.
- Bass, S. L., Saxon, L., Daly, R. M., Turner, C. H., Robling, A. G., Seeman, E. & Stuckey, S. (2002). The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri-, and postpubertal girls a study in tennis players. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17 (12), 2274-2280.

- Becker, T. J. (2011). Overuse shoulder injuries in swimmers. *Journal of Swimming Research*, 18, 1-5.
- Behringer, M., vom Heede, A. & Mester, J. (2010). *Krafttraining im Nachwuchsleistungssport unter besonderer Berücksichtigung von Diagnostik, Trainierbarkeit und Trainingsmethodik* (Wissenschaftliche Expertise des BISp; Bd. 2). Köln: Sportverlag Strauß.
- Berger, R. A. & Henderson, J. M. (1966). Relationship of power to static to dynamic. *The Research Quarterly*, 37 (1), 9-13.
- Bishop, C., Cree, J., Read, P., Chavda, S., Edwards, M. & Turner, A. (2013). Strength and Conditioning for Sprint Swimming. *Strength & Conditioning Journal*, 35 (6), 1-6.
- Blanksby, B. A., Gathercole, D. G. & Marshall, R. N. (1996). Force plate and video analysis of the tumble turn by age-group swimmers. *Journal of Swimming Research*, 11, 40-45.
- Blimkie, C., Rice, S., Webber, C., Martin, J., Levy, D. & Gordon, C. (1996). Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 74 (9), 1025-1033.
- Blimkie, C. J. & Sale, D. G. (1998). Strength Development and Trainability During Childhood. In E. Van Praagh (Ed.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 193-224). Champaign: Human Kinetics.
- Block, J. E., Friedlander, A. L., Brooks, G. A., Steiger, P., Stubbs, H. A. & Genant, H. K. (1989). Determinants of bone density among athletes engaged in weightbearing and non-weight-bearing activity. *Journal of Applied Physiology*, 67 (3), 1100-1105.
- Bloomquist, K., Langberg, H., Karlsen, S., Madsgaard, S., Boesen, M. & Raastad, T. (2013). Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 113 (8), 2133-2142.
- Bös, K. & Mechlin, M. (1983). *Dimensionen sportmotorischer Leistungen*. Schorndorf: Wiss. Schriftenreihe des Deutschen Sportbundes 17.
- Bradley, J., Kerr, S., Bowmaker, D. & Gomez, J.- F. (2016). Review of shoulder injuries and shoulder problems in competitive swimmers. *American Journal of Sport Science and Medicine*, 4 (3), 57-73.
- Brazell-Roberts, J. V. & Thomas, L. E. (1989). Effects of weight training frequency on the self-concept of college females. *Journal of Applied Sport Science Research*, 3 (2), 40-45.
- Brechue, W. & Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *European Journal of Applied Physiology*, 86 (4), 327-336.
- Breed, R. V. P. & Young, W. (2003). The effect of a resistance training programme on the grab, track and swing starts in swimming. *Journal of Sport Science*, 21 (3), 213-220.
- British Swimming (2016). Strength and Conditioning. Zugriff am 9. August 2016 unter <https://www.britishswimming.org/performance/swimming/training-and-sports-science/strength-and-conditioning/>

- Brown, E. & Kimball, R. (1983). Medical history associated with adolescent power lifting. *Pediatrics*, 72 (5), 636–644.
- Bührle, M. (1985). Dimension des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. In M. Bührle (Hrsg.), *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings* (S. 82-111). Schorndorf: Verlag Hofmann.
- Bührle, M. & Schmidtbleicher, D. (1981). Komponenten der Maximal- und Schnellkraft. *Sportwissenschaft*, 11, 11-27.
- Campos, G. E. R., Luecke, T., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagermann, F. C., Murray, T. F., et al. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimes: specificity of repetition maximum training zones. *Journal of Applied Physiology*, 88, 50-60.
- Carbuhn, A., Fernandez, T., Bragg, A., Green, J. & Crouse, S. (2010). Sport and Training Influence Bone and Body Composition in Women Collegiate Athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (7), 1710-1717.
- Carl, D. L., Leslie, N., Dickerson, T., Griffin, B. & Marksteiner, A. (2010). Bench press and leg press and its relationship with in-water force and swimming performance when measured in-season in male and female age-group swimmers. In P.-L. Kjendlie, R. K. Stallman & J. Cabri (Eds). *Proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 247-248), Oslo, 16th -19th June 2010. Oslo: Published by the Norwegian School of Sport Science.
- Carson, J. A., Schwartz, R. J. & Booth, F. W. (1996). SRF and TEF-1 control of chicken skeletal α -actin gene during slow-muscle hypertrophy. *American Journal of Physiology and Cell Physiology*, 39, C1624-C1633.
- Cassel, C., Benedict, M. & Specker, B. (1996). Bone mineral density in elite 7- to 9-year-old female gymnasts and swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (10), 1243-1246.
- Caterisano, A., Moss, R. F., Pellingier, T. K., Woodruff, K., Lewis, V. C., Booth, W. & Khadra, T. (2002). The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (3), 428–432.
- Chelly, M., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z. & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (8), 2241-2249.
- Chilibeck, P. D., Sale, D. G. & Webber, C.E. (1995). Exercise and bone mineral density. *Sports Medicine*, 19 (2), 103-122.
- Cholewicki, J., Julurlu, K., Radebold, A., Panjabi, M. M. & McGill, S. M. (1999). Lumbar spine stability can be augmented with an abdominal belt and/or increased intra-abdominal pressure. *European Spine Journal*, 8 (5), 388-395.
- Cholewicki, J. & McGill, S. M. (1992). Lumbar posterior ligament involvement during extremely heavy lifts estimated from fluoroscopic measurements. *Journal of Biomechanics*, 25 (1), 17-28.

- Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Pilianidis, T. & Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 783-791.
- Clarys, J. P. (1985). Hydrodynamics and electromyography: ergonomics aspects in aquatics. *Applied Ergonomics*, 16 (1), 11-24.
- Clarys, J. P. & Rouard, A. (2011). The swimming muscle: history, methodology and applications of electromyography in swimming. In L. Seifert, D. Chollett & I. Mujika (Eds.). *World book of swimming: From science to practice* (pp. 43-68). New York: Nova Science.
- Clemons, J. M. & Aaron, Ch. (1997). Effect of grip width on the myoelectric activity of the prime movers in the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (2), 82-87.
- Cochrane, K. C., Housh, T. J., Smith, C. M., Hill, E. C. & Jenkins, N. D. (2015). Relative contributions of strength, anthropometric, and body composition characteristics to estimated propulsive force in young male swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29 (6), 1473-1479.
- Conroy, B. P., Kraemer W. J., Maresh C. M., Fleck S. J., Stone M. H., Fry A. C., Miller P. D. & Dalsky G. P. (1993). Bone mineral density in elite junior Olympic Weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (10), 1103-1109.
- Corrao, M., Pizzini, G. H., Palo, D. R., Hanney, W. J. & Kolber, M. J. (2010). Weight training modifications for the individual with anterior shoulder instability. *Strength and Conditioning Journal*, 32 (4), 52-55.
- Cossor, J., Slawson, S., Shillabeer, B., Conway, P. & West, A. (2011). Are land tests a good predictor of swim start performance? *Portugese Journal of sport Sciences*, 11 (2), 183-186.
- Courteix, D., Lespessailles, E., Loiseau Peres, S., Obert, P., Germain, P. & Benhamou C. (1998). Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: A comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports. *Osteoporosis International*, 8 (2), 152-158.
- Crate, T. (1997). Analysis of the lat pulldown. *Strength and Conditioning Journal*, 19 (3), 26-29.
- Creighton, D., Morgan, A., Boardley, D. & Brolinson, P. (2001). Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *Journal of Applied Physiology*, 90 (2), 565-570.
- Dawson, C. & Rodeo, S. A. (2015). Sports medicine: swimming injuries and prevention. In S. Riewald & S. A. Rodeo (Eds.), *Science of Swimming faster* (pp. 97-122). Champaign: Human Kinetics.
- De Jesus, K. & De Jesus, K. (2010). The contribution of a resistance training programme on the grab and track starts techniques in competitive swimming. *The FIEP Bulletin*, 80, 116-120.
- De Ste Croix, M. B. A. (2007). Advances in paediatric strength assessment: changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (3), 292-304.

- Dickerman, R. D., Pertusi, R. & Smith, G. H. (2000). The upper range of lumbar spine bone mineral density? An examination of the current world record holder in the squat lift. *International Journal of Sports Medicine*, 21 (7), 469-470.
- Dorgo, S., King, G. A. & Rice, C. A. (2009). The effects of manual resistance training on improving muscular strength and endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (1), 293–303.
- DOSB (2016). Olympia-Analyse Rio 2016: IAT – und DSV – Analyse (S. 278-281 u. 649-655). Zugriff am 5. Dezember 2016 unter https://www.dosb.de/fileadmin/Bilder_allgemein/Veranstaltungen/Rio_2016/Analyse_Rio2016.pdf
- Dyson, K., Blimkie, C. J., Davison, K. S., Webber, C. E. & Adachi, J. D. (1997). Gymnastic training and bone density in pre-adolescent females. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29 (4), 443-450.
- Eliasson, J., Elfegoun, T., Nilson, J., Köhnke, R., Ekblom, B. & Blomstrand, E. (2006). Maximal lengthening contractions increase p70 S6 kinase phosphorylation in human skeletal muscle in the absence of nutritional supply. *American Journal of Physiology, Endocrinology, and Metabolism*, 291 (6), E1197-E1205.
- Elliott, B. C., Wilson, G. J. & Kerr, G. K. (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21 (4), 450-462.
- Escamilla, R. F., Francisco, A. C., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Welch, C. M., Kayes, A. V., Speer, K. P. & Andrews, J. R. (2000). A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (7), 1265-1275.
- Escamilla, R. F., Francisco, A. C., Kayes, A. V., Speer, K. P. & Moorman, C. T. (2002). An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34 (4), 682-688.
- Escamilla, R. F., Lowry, T. M., Osbahr, D. C. & Speer, K. P. (2001). Biomechanical analysis of the deadlift during the 1999 Special Olympics World Games. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (8), 1345-1353.
- Faigenbaum, A. D. (2000). Strength training for children and adolescents. *Clinics in sports medicine*, 19 (4), 593-619.
- Faigenbaum, A. D. (2003). Youth Resistance Training. *President's Council on Physical Fitness & Sports Research Digest*, 4 (3), 1-6.
- Faigenbaum, A. D. (2017). Resistance exercise and youth: survival of the strongest. *Pediatric Exercise Science*, 29 (1), 14-18.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M. & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (5), 60-79.

- Faigenbaum, A. D., Llyod, R. S., MacDonald, J. & Myer, G. D. (2015). Citius, Altius, Fortius: beneficial effects of resistance training for young athletes: Narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (1), 3-7.
- Faigenbaum, A. D., Llyod, R. S. & Myer, G. D. (2013). Youth resistance training: past practices, new perspectives and future directions. *Pediatric Exercise Science*, 25 (4), 591-604.
- Faigenbaum, A. D. & Meyer, G. D. (2010). Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *British Journal of Sports Medicine*, 44 (1), 56-63.
- Falk, B. & Eliakim, A. (2003). Resistance training, skeletal muscle and growth. *Paediatric Endocrinology Reviews*, 1 (2), 120-127.
- Fees, M., Decker, T., Snyder-Mackler, L. & Axe, M. J. (1998). Upper extremity weight-training modifications for the injured athlete. A clinical perspective. *The American Journal of Sports Medicine*, 26 (5), S. 732-742
- Fehling, P., Alekel, L. Clasey, J., Rector A. & Stillman, R. (1995). A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*, 17 (3), 205-210.
- Ferry, B., Duclos, M., Burt, L., Therre P., Le Gall, F., Jaffré, C. & Courteix, D. (2011). Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 29 (3), 342-351.
- Fetz, F. (1980). *Bewegungslehre der Leibesübungen*. Frankfurt: Limpert-Verlag.
- Flück, M. (2012). Regulation of protein synthesis in skeletal muscle. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 63 (3), 75-80.
- Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training. *Sports Medicine*, 37 (2), 145-168.
- Fridén, J. (1984). Muscle soreness after exercise: implications of morphological changes. *International Journal of Sports Medicine*, 5 (2), 57-66.
- Fridén, J., Kjörrell, U. & Thornell, L. E. (1984). Delayed muscle soreness and cytoskeletal alterations: an immunocytological study in man. *International Journal of Sports Medicine*, 5 (1), 15-18.
- Fridén, J. & Lieber, R. L. (1992). Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24 (5), 521-530.
- Fridén, J., Sjöström, M. & Ekblom, B. (1981). A morphological study of delayed muscle soreness. *Experientia*, 37 (5), 506-507.
- Fridén, J., Sjöström, M. & Ekblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, 4 (3), 170-176.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34 (10), 663-679.

- Fukunaga, T., Funato, K. & Ikegawa, S. (1992). The effects of resistance training on muscle area and strength in prepubescent age. *The annals of physiological anthropology*, 11 (3), 357-364.
- Fukunaga, T., Miyatani, M., Tachi, M., Kouzaki, M., Kawakami, Y. & Kanehisa, H. (2001). Muscle volume is a major determinate of joint torque in humans. *Acta Physiology Scandinavia*, 172 (4), 249-255.
- Gamble, P. (2006). Periodization of training for team sports athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 28 (5), 56-66.
- Garcia-Hermoso, A., Escalante, Y., Arellano, R., Navarro, F., Domínguez, A. M. & Saavedra, J. M. (2013). Relationship between final performance and block times with the traditional and the new starting platforms with a back plate in international swimming championship 50-m and 100-m freestyle events. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12 (4), 698-706.
- García-Ramos, A., Tomazin, K., Feriche, B., Strojnik, V., de la Fuente, B., Argüelles- Cienfuegos, J., Strumbelj, B. & Stien, I. (2016). The relationship between the lower-body muscular profile and swimming start performance. *Journal of Human Kinetics*, 50 (13), 157-165.
- Gaunt, T. & Maffulli, N. (2012). Soothing suffering swimmers: a systematic review of the epidemiology, diagnosis, treatment and rehabilitation of musculoskeletal injuries in competitive swimmers. *British Medical Bulletin*, 103 (1), 45-88.
- Gehlert, S., Suhr, F., Gutsche, K., Willkomm, L., Kern, J., Jacko, D., Knicker, A., Schiffer, T., Wackerhage, H. & Bloch, W. (2015). High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Pflügers Archive-European Journal of Physiology*, 467 (6), 1343-1356.
- Geladas, N. D., Nassis, G. P. & Pavlicevic, S. (2005). Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (2), 139-144.
- Gola, R., Urbanik, C., Iwanska, D. & Madej, A. (2014). Relationship between muscle strength and front crawl swimming velocity. *Human Movement*, 15 (2), 110-115.
- Goldberg, A. L., Etlinger, J. D., Goldspink, D. F. & Jablecki, C. (1975). Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports*, 7 (3), 185-198.
- Goldstein, J. D., Berger, P. E., Windler, G. E. & Jackson, D. W. (1991). Spine injuries in gymnasts and swimmers - an epidemiologic investigation. *The American Journal of Sports Medicine*, 19 (5), 463-468.
- Gomez-Bruton, A., Montero-Marín, J., González-Agüero, A., García-Campayo, J., Moreno, L.A., Casajús, J.A. & Vicente-Rodríguez, G. (2016). The effect of swimming during childhood and adolescence on bone mineral density: A systematic review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46 (3), 365-379.
- Gottlob, A. (2009). *Differenziertes Krafttraining*. München: Urban & Fischer.

- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Vezos, N., Kasimatis, P., Antoniou, P. & Mavromatis, G. (2008). Estimation of hand and propelling efficiency during front crawl swimming with hand paddles. *Journal of Biomechanics*, 41 (1), 208-215.
- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., Gollhofer, A. & Behm, D. G. (2016). Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: a conceptual model for long-term athlete development. *Frontiers in Physiology*, 7 (164), 1-14.
- Granhed, H., Jonson, R. & Hannsson, T. (1987). The loads on the lumbar spine during extreme weightlifting. *Spine*, 12, 146-149.
- Grimston, S. K., Willows, M. D. & Hanley, D. A. (1993). Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (11), 1203-1210.
- Gross, M. L., Brenner, S. L., Esformes, I. & Sonzogni, J. J. (1993). Anterior shoulder instability in weight lifters. *The American Journal of Sports Medicine*, 21 (4), 599-603.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (2000). Methodik des Krafttrainings – Struktur der Kraftfähigkeiten und ihre Trainingsmethoden. In M. Sievers (Hrsg.), *Muskelkrafttraining* (Band: Ausgewählte Themen, S. 17-72). Kiel.
- Häkkinen, K., Komi, P. V., Alén, M. & Kauhanen, H. (1987). EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1-year training period in elite weightlifters. *European Journal of Applied Physiology*, 56 (4), 419-427.
- Haare, D. (1973). *Trainingslehre*. Berlin: VEB-Verlag.
- Hamill, B. (1994). Relative safety of weightlifting and weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8 (1), 53-57.
- Hangai, M., Kaneoka, K., Hinotsu, S., Shimizu, K., Okubo, Y., Miyakawa, S., Mukai, N., Sakane, M. & Ochiai, N. (2009). Lumbar intervertebral disk degeneration in elite competitive swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 37 (1), 149-155.
- Harre, D. (1970). *Trainingslehre – Einführung in die allgemeine Trainingsmethodik*. Berlin: Sportverlag.
- Hartmann, U., Platen, P., Niessen, M., Mank, D., Marzin, T., Bartmus, U. & Hawener, I. (2010). *Krafttraining im Nachwuchsleistungssport unter besonderer Berücksichtigung von Ontogenese, biologischen Mechanismen und Terminologie* (Wissenschaftliche Expertise des BISP; Bd. 1). Köln: Sportverlag Strauß.
- Hartmann, J. & Tünnemann, H. (1987). *Modernes Krafttraining*. Berlin: Sportverlag.
- Hartmann, H., Wirth, K. & Klusemann, M. (2013). Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. *Sports Medicine*, 43 (10), 993-1008.

- Hartmann, H., Wirth, K., Klusemann, M., Dalic, J., Matuschek, C. & Schmidtbleicher D. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (12), 3243-3261.
- Hartmann, H., Wirth, K., Mickel, C., Keiner, M., Sander, A. & Yaghibi, D. (2016). Stress for Vertebral Bodies and Intervertebral Discs with Respect to Squatting Depth. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 1, 254–268.
- Hatfield, F. C. (1989). *Power - A Scientific Approach*. Lincolnwood (Chicago): Contemporary Books.
- Hawley, J. A. & Williams, M. M. (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *International Journal of Sports Medicine*, 12 (1), 1-5.
- Haupt, H. A. (2001). Overuse injuries in the upper extremity. Upper extremity injuries associated with strength training. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20 (3), 481-490.
- Heinonen, A., Waller, B., Ristolainen, L. & Kujala, U. (2007). The prevalence of swimming injuries and their factors; a 12 month retrospective study. In J. Kallio, P. Komi, J. Komulainen, J. Avela, (Eds.), *12th Annual Congress of the European College of Sport Science*, 11-14 July. Jyväskylä.
- Heinrich, C. Going, S., Pamaneter, R., Perry, C., Boyden, T. & Lohmann, T. (1990). Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (5), 558-563.
- Helge, E. W. & Kanstrup, I. L. (2002). Bone density in female elite gymnasts: impact of muscle strength and sex hormones. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34 (1), 174-180.
- Helmuth, H. S. (1980). Anthropometric survey of young swimmers. *Anthropologischer Anzeiger*, 38 (1), 17-34.
- Hermsdorf, M. (2009). *Lateralität bei Leistungsschwimmen: experimentelle Studie zur Verringerung von Seitigkeitsunterschieden*. Berlin: Dissertation.
- Heusner, W. (1981). The theory of strength development for swimming and other sports - part 2. *Strength and Conditioning Journal*, 3 (6), 36-39.
- Hickson, R. C., Dvorak, B. A., Gorostiaga, E. M., Kurowski, T. T. & Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 65 (5), 2285-2290.
- Hilgner-Recht, M. & Wirth, K. (2010). Krafttraining im Sportschwimmen. Teil 1: Leistungsrelevante Kraftfähigkeiten im Schwimmen sowie deren Ansteuerung im Wasser- und Landtraining. *Leistungssport*, 40 (6), 21-27.
- Hilgner-Recht, M. & Wirth, K. (2010). Krafttraining im Sportschwimmen. Teil 2: Planung des schwimmerischen Krafttrainings. *Leistungssport*, 41 (1), 23-26.
- Hoff, J., Gran, A. & Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12 (5), 288-295.

- Hoff, J., Helgerud, J. & Wisløff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (6), 870-877.
- Hoffmann, J. R. (2002). Periodized training for the strength/power athlete. *NSCA's Performance Training Journal*, 1 (9), 8-12.
- Hoffmann, J. R., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Deschenes, M. & Kemp, M. (1990). The effects of self-selection for frequency of training in a winter conditioning program for Football. *Journal of Applied Sport Science Research*, 2 (4), 76-82.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin - Arbeits - und Trainingsgrundlagen*. Stuttgart: Schattauer.
- Hopper, R. T., Hadley, C., Piva, M. & Bambauer, B. (1983). Measurement of power delivered to an external weight. In A. P. Hollander, P. A. Huijing & G. de Groot, G (Eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming. International Series on Sport Science Volume 14* (pp. 113-119). Champaign: Human Kinetics.
- Horn, T. S. (1988). A biomechanical comparison of sumo and conventional deadlifting techniques. *International Journal of Sports Medicine*, 9, 150.
- Hortobagyi, T., Houmard, J., Fraser, D., Dudek, R., Lambert, J. & Tracy, J. (1998). Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84 (2), 492-498.
- Ikegawa, S., Funato, K., Tsunoda, N., Kanehisa, H. & Fukunaga, T. (2008). Muscle force per cross-sectional area is inversely related with pennation angle in strength trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (1), 128-131.
- Issurin, V. (2002). Zur Konzeption der Blockstruktur im Training von hochklassifizierten Sportlern. *Leistungssport*, 32 (6), 42-45.
- Issurin, V. (2008a). Factors affecting peak performance in swimming competition of the Athens OS. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48 (1), 1-8.
- Issurin, V. (2008b). Block periodization versus traditional training theory: a review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48 (1), 65-75.
- Issurin, V. (2012). Alternative approach to training for endurance athletes – block periodization. In I. Mujika (Ed.), *Endurance Training: Science and Practice* (pp. 13-19). Vitoria-Gasteiz: Unknown Publisher.
- Issurin, V. & Lustig, G. (2004). Klassifikation, Dauer und praktische Komponenten der Resteffekte von Training. *Leistungssport*, 34 (3), 55-59.
- Johnson, J. N. (2003). Competitive swimming illness and injury: common conditions limiting participation. *Current Sports Medicine Reports*, 2 (5), 267-271.
- Johnson, R. E., Sharp, R. L. & Hedrick, C. E. (1993). Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: a multiple regression approach. *Journal of Swimming Research*, 9, 10-14.

- Jones, T. W., Howatson, G., Russel, M. & French, D. N. (2013). Performance and neuromuscular adaptations following differing ratios of concurrent strength and endurance training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27 (12), 3342-3351.
- Jones, D. A., Newham, D. J. & Torgan, C. (1989). Mechanical influences on long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset pain. *The Journal of Physiology*, 412 (1), 415-427.
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A. & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 19 (1), 70-81.
- Kanehisa, H., Nagareda, H., Kawakami, Y., Akima, H., Masani, K., Kouzaki, M. & Fukunaga, T. (2002). Effects of equivolume isometric training programs comprising medium or high resistance on muscle size and strength. *European Journal of Applied Physiology*, 87 (2), 112-119.
- Kaneoka, K., Shimizu, K., Hangai, M., Okuwaki, T., Mamizuka, N., Sakane, M. & Ochiai, N. (2007). Lumbar intervertebral disk degeneration in elite competitive swimmers. *The American Journal of Sports Medicine*, 35 (8), 1341-1345.
- Kannus, P., Nikander, R., Sievänen, H. & Mujika, I. (2008). Adaptations of bone and connective tissue to training. In M. P. Schwellnus (Edt.), *Olympic Textbook of Medicine in Sport; Volume XIV of the Encyclopaedia of Sports Medicine* (pp 111-118). Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Karlsson, M. K., Johnell, O. & Obrant, K. J. (1993). Bone mineral density in weight lifters. *Calcified Tissue International*, 52 (3), 212-215.
- Karlsson, M. K., Johnell, O. & Obrant, K. J. (1995). Is bone mineral density advantage maintained longterm in previous weight lifters? *Calcified Tissue International*, 57 (5), 325-328.
- Kawakami, Y., Hirano, Y., Miyashita, M. & Fukunaga, I. (1993). Effect of leg extension training on concentric and eccentric strength of quadriceps femoris muscles. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 3 (1), 22-27.
- Keiner, M., Yaghoobi, D., Sander, A., Wirth, K. & Hartmann, H. (2015). The influence of maximal strength performance of upper and lower extremities and trunk muscles on different sprint swim performances in adolescent swimmers. *Science & Sports*, 30 (6), 147-154.
- Keskinen, O. P., Keskinen, K. L. & Mero, A. A. (2007). Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 28 (5), 407-413.
- Khan, K., McKay, H., Kannus, P., Bailey, D., Wark, J. & Bennell, K. (2001). *Physical activity and bone health*. Champaign: Human Kinetic Publishers.
- Kingma, I., Faber, G. S., Suwarganda, E. K., Bruijnen, T. B. M., Peters, R. J. A. & van Dieën, J. H. (2006). Effect of a stiff lifting belt on spine compression during lifting. *Spine*, 31 (22), 833-839.
- Klika, R. J. & Thorland, W. G. (1994). Physiological determinants of sprint swimming performance in children and young adults. *Paediatric Exercise Science*, 6 (1), 59-68.

- Knobloch, K., Yoon, U., Kraemer, R. & Vogt, P. M. (2008). 200-400 m breaststroke event dominate among knee overuse injuries in elite swimming athletes. *Sportverletzung & Sportschaden*, 22, 213-219.
- Komi, P., Viitasalo, J. T., Rauramaa, R. & Vihko, V. (1978). Effect of isometric strength training on mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function. *European Journal of Applied Physiology*, 40, 45-55,
- Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaikovou, G. & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (2), 369-375.
- Kraemer, W. J. & Fleck, S. J. (2005). *Strength training for young athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- Kraemer, W., Patton, J., Gordon, S., Harman, E., Deschenes, M., Reynolds, K., Newton, R., Triplett, N. & Dziados, J. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78 (3), 976-989.
- Lamont, H., Cramer, J. T., Bemben, D. A., Shehab, R. L., Anderson, M. A. & Bemben, M. G. (2009). Effects of a 6-week periodized squat training program with and without whole-body vibration on jump height and power output following acute vibration exposure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (8), 2317-2325.
- Lander, J. E., Bates, B. T., Sawhill, J. A. & Hamill, J. (1985). A comparison between free-weight and isokinetic bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17 (3), 344-353.
- Lantz, J. & McNamara, S. (2003). Modifying the latissimus pull-down exercise for athletes with shoulder injury. *Strength and Conditioning Journal*, 25 (6), 67-69.
- Largo, R. H. & Prader, A. (1987). Pubertal development in girls. Variability and interrelationships. *Pediatrican*, 14 (4), 212-218.
- Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M. & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48 (11), 871-877.
- Lehtonen-Veromaa, M., Möttönen, T., Irtala, K., Nuotio, I., Leino, A. & Viikari J. (2000). A 1-year prospective study on the relationship between physical activity, markers of bone metabolism, and bone acquisition in peripubertal girls. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 85 (10), 3726-3732.
- Lesinski, M., Prieske, O. & Granacher, U. (2016). Effects and dose response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50 (13), 781-795.
- Letzelter, H. (1982). Kraft als konditionelles Trainingsziel. *Sportpraxis*, 23, 89-90.
- Letzelter, M. (1971). Zur Terminologie der motorischen Grundeigenschaft Kraft. *Praxis der Leibesübungen*, 4, 68-70.

- Llop, F., Gonzáles, C., Hernando, E., Diaz-Rincon, J. A., Navarro, F. & Arellano, R. (2003). Analysis of modifications on technique and lactate concentration during added resistance freestyle swimming. In J.-C. Chatard (Ed.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX: Proceedings of the IXth World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 343-348). France: University of Saint-Etienne.
- Llop, F., Tella, V., Colado, J.C., Diaz, G. & Navarro, F. (2006). Evolution of butterfly technique when resisted swimming with parachute, using different resistance. In J. P. Vilas-Boas, F. Alves & A. Marques (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X, 6* (2), (pp. 302-304). Revista Portuguesa de Ciencias do Desporto.
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., et al. (2013). Position statement on youth resistance training: the 2014 international consensus. *British Journal of Sports Medicine, 48* (7), 498-505.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., De Ste Croix, M. B. A., Williams, C. A., et al. (2015). Long-term athletic development, part 2: barriers to success and potential solutions. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29* (5), 1451-1464.
- Lockie, R., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Knight, T. J. & Janse de Jonge, X. A. K. (2012). The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26* (6), 1539-1550.
- Lyttle, A. & Banksby, B. (2015). Techniques for starts and turns. In S. Riewald & S. Rodeo (Eds.), *Science of Swimming faster* (pp. 97-122). Champaign: Human Kinetics.
- Magkos, F., Kavouras, S. A., Yannakoulia, M., Karipidou, M., Sidossi, S. & Sidossis, L. S. (2007a). The Bone Response to Non-Weight-Bearing Exercise Is Sport-, Site-, and Sex-Specific. *Clinical Journal of Sport Medicine, 17* (2), 123-128.
- Magkos, F., Yannakoulia, M., Kavouras, S. A., Sidossis, L. S. (2007b). The type and intensity of exercise have independent and additive effects on bone mineral density. *International Journal of Sports Medicine, 28* (9), 773-779.
- Maglischo, E. W. (2013). Part II: is the breaststroke arm stroke a “pull” or a “scull”. *Journal of Swimming Research, 21* (1), 1-16.
- Maglischo, E. W. (2014). Is it time to consider a different way of swimming backstroke? *Journal of Swimming Research, 22* (1), 1-23.
- Maglischo, C. W. & Maglischo, E. W. (1984). Tethered and nontethered swimming. In J. Terauds, K. Barthels, E. Kreighbaum, R. Mann, & J. Crakes (Eds), *2. International Symposium on Biomechanics in Sports (1984)* (pp. 163-176). Colorado Springs, USA.
- Maglischo, E. W., Maglischo, C. W., Zier, D. J. & Santos, T. R. (1985). The effect of sprint-assisted and sprint-resisted swimming on stroke mechanics. *Journal of Swimming Research, 1* (2), 27-33.

- Maio Alves, J., Rebelo, A., Abrantes, C. & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players vertical jump, sprint and agility abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (4), 936-941.
- Malina, R. M. (2006). Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 16 (6), 478-487.
- Marinho, P. & Orival, A. (2003). Isometric force assessment and influence on the maximum velocity of swimmers of different levels. In J.-C. Chatard (Ed.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX: Proceedings of the IXth World Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 349-354). University of Saint-Etienne.
- Martin, D. (1977). *Grundlagen der Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D. (1980). *Grundlagen der Trainingslehre: Teil 2, Die Planung, Gestaltung, Steuerung des Trainings und das Kinder- und Jugendtraining*. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1993). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Verlag Hofmann Schorndorf.
- Masiero, S., Carraro, E., Celia, A., Sarto, D. & Ermani, M. (2008). Prevalence of nonspecific low back pain in schoolchildren aged between 13 and 15 years. *Acta Paediatrica*, 97, 212-216.
- Matos, N. & Winsley, R. J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of sports science and medicine*, 6 (3), 353-367.
- McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M. & Triplett, N. T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (6), 1633-1636.
- McDonagh, M. J. N. & Davies, C. T. M. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology*, 52 (2), 139-155.
- McGill, S. M., Norman, R. W. & Sharratt, M. T. (1990). The effect of an abdominal belt on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure during squat lifts. *Ergonomics*, 33 (2), 147-160.
- McLaughlin, T. M. & Madsen, N. H. (1984). Bench press techniques of elite heavyweight powerlifters. *National Strength and Conditioning Journal*, 6 (4), 44-65.
- McMaster, W. & Troup, J. (1993). A survey of interfering shoulder pain in United States competitive swimmers. *American Journal of Sports Medicine*, 21 (1), 67-70.
- Menzi, C., Zahner, L. & Kriemler, S. (2007). Krafttraining im Kindes- und Jugendalter. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 38-44.
- Mersch, F. & Stoboy, H. (1989). Strength training and muscle hypertrophy in children. In S. Oseid & K.-H. Carlsen (Edt.), *Children and Exercise XIII* (pp. 165-182). Champaign: Human Kinetics.
- Metzl, J. & Busko, M. (2015). Adolescent Swimmers. In S. Riewald & S. Rodeo (Hrsg.), *Science of swimming faster: the training, technology, and evolution of extraordinary performance* (pp. 451-466). Champaign: Human Kinetics.

- Millet, G., Jaouen, B., Borrani, F. & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (8), 1351-1359.
- Miyashita, M., Takahashi, S., Troup, J.P. & Wakayoshi, K. (1992). Leg extension power of elite swimmers. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming* (295-300). London: E & FN Spon.
- Mookerjee, S. & Ratamess, N. (1999). Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13 (1), 76-81.
- Morouço, P. G., Marinho, D. A., Amaro, N. M., Pérez-Turpin, J. A. & Marques, M. C. (2012a). Effects of dry-land strength training on swimming performance: a brief review. *Journal of Human Sport & Exercise*, 7 (2), 553-559.
- Morouço, P., Neiva, H. González-Badillo, J. J., Garrido, N., Marinho, D. A. & Marques, M. C. (2012b). Associations between dry land strength and power measurements with swimming performance in elite athletes: a pilot study. *Journal of Human Kinetics, Special Issue*, 105-112.
- Morseth, B., Emaus, N. & Jørgensen, L. (2011). Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. A review. *Norsk Epidemiologi*, 20 (2), 173-178.
- Moss, B., Repsnes, P. E., Abildaard, A., Nicolaysen, K. & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology*, 75 (3), 193-199.
- Mudd, L., Fornetti, W. & Pivarnik, J. (2007). Bone Mineral Density in Collegiate Female Athletes: Comparisons Sports. *Journal of Athletic Training*, 42 (3), 403-408.
- Müller, K. J., (1987). *Statische und dynamische Muskelkraft – Eine empirische Grundlagenforschung*. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch.
- Murphy, A. J., Wilson, D. G. & Pryor, J. F. (1994). Use of the iso-inertial force mass relationship in the prediction of dynamic human performance. *European Journal of Applied Physiology*, 69 (3), 1880-1884.
- Mutoh, Y., Takamoto, M. & Miyashita, M. (1988). Chronic injuries of elite competitive swimmers, divers, water polo players, and synchronized swimmers. In B. E. Ungerechts, K. Wilke & R. Reischl (Eds.), *International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 333-337) (5th: 1986: Bielefeld, Germany) *Swimming Science V, International Series of Sport Sciences Vol.18*. Champaign: Human Kinetics.
- Naclerio, F. J., Colado, J. C., Rhea, M. R., Bunker, D. & Triplett, N. T. (2009). The influence of strength and power on muscle endurance test performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (5), 1482–1488.
- Naughton, G., Farpour-Lambert, N. J., Carlson, J., Bradney, M. & Van Praagh, E. (2000). Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Medicine*, 30 (5), 309-325.

- Nett, T. (1967). *Leichtathletisches Muskeltraining – Kraft- und Dehnübungen*. Berlin: Verlag Bartels & Wernitz KG.
- Newton, H. (1998). Ask the Experts: The lat pulldown. *Strength and Conditioning Journal*, 20 (2), 76.
- Newton, R. U., Jones, J., Kraemer, W. J. & Wardle, H. (2002). Strength and power training of Australian olympic swimmers. *Strength and Conditioning Journal*, 24 (3), 7-15.
- Nilsson, B. & Westlin, N. (1971). Bone density in athletes. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 77, 179-182.
- Nichols, D., Sanborn, C. & Love, A. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *Journal of Pediatrics*, 139 (4), 494-500.
- Nickols-Richardson S. (1999). Longitudinal bone mineral density changes in female child artistic gymnasts. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14 (6), 994-1002.
- Nickols-Richardson S. (2000). Premenarcheal gymnasts possess higher bone mineral density than controls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (1), 63-69.
- Nurmi-Lawton J. A., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Bishop, J. A., Taylor, P., Cooper, C. & New, S. A. (2003). Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: a 3-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19 (2), 314-322.
- Nyska, M., Constantini, N., Calé-Benzoor, M., Back, G. & Mann, G. (2000). Spondylolysis as a cause of low back pain in swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 21 (5), 375-379.
- Olbrecht, J. (1997). *The Science of Winning. Planning, Periodizing and Optimizing Swim Training*. Luton: Swimshop.
- Olbrecht, J. & Clarys, J. P. (1983). EMG of specific strength training exercises for the front crawl. In A. P. Hollander, P. A. Huijing & G. de Groot (Eds.), *Bio-mechanics and Medicine in Swimming, International Series on Sport Science Volume 14* (pp. 137-141). Champaign: Human Kinetics.
- O'Shea, P. & O'Shea, K. (1991). The 50-meter freestyle sprint. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 13 (5), 6-11 + 88-90.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A. & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *European Journal of Applied Physiology*, 86 (5), 1527-1533.
- Pampus, B. (1995). *Schnellkrafttraining – Theorie, Methoden, Praxis*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Payton, C. J. & Lauder, M. A. (1995). The influence of hand paddles on the kinematics of front crawl swimming. *Journal of Human Movement Studies*, 28 (4), 175-192.
- Petersen, M. D., Alvar, B. A. & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 867-73.
- Plisk, S. (2008). Optimizing sprint speed through training. In S. J. Fleck, W. J. Kraemer, L. E. Brown, J. Antonio, J. Weir, W. P. Ebben & J. Stout (Eds.), *Book of Abstracts. 6th International*

Conference on strength training (pp. 341-343), October 30 - November 02, 2008. Colorado Springs.

- Pollard, H. & Croker, D. (1999). Shoulder pain in elite swimmers. *Australasian Chiropractic & Osteopathy*, 8 (3), 91-95.
- Pollock, M. L., Graves, J. E., Bamman, M. M., Legett, S. H., Carpenter, D. M., Carr, C., Cirulli, J., Matkozych, J. & Fulton, M. (1993). Frequency and volume of resistance Training. Effect on cervical extension strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74 (10), 1080-1086.
- Potvin, J. R., McGill, S. M. & Norman, R. W. (1991). Trunk muscle and lumbar ligament contributions to dynamic lifts with varying degrees of trunk flexion. *Spine*, 16 (9), 1099-1107.
- Potvin, J. R., Norman, R. W. & McGill, S. M. (1991). Reduction in anterior shear forces on the L4/L5 disc by the lumbar musculature. *Clinical Biomechanics*, 6 (2), 88-96.
- Pyne, D. B., Anderson, M. E. & Hopkins, W. G. (2006). Monitoring changes in lean mass of elite male and female swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1 (1), 14-26.
- Pyne, D. B. & Mujika, I. (2011). The Taper: Physiology, Performance and Planning. In L. Seifert, D. Chollett & I. Mujika (Eds.). *World book of swimming: From science to practice* (pp. 345-358). New York: Nova Science.
- Quiterio, D., Ana, L., Carnero, E., Baptista, F. & Sardinha, L. (2011). Skeletal Mass in Adolescent Male Athletes and Nonathletes: Relationships with High-Impact Sports. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25 (12), 3439-3447.
- Ramos-Veliz, R., Requena, B., Suarez-Arrones, L., Newton, R. U. & Sáez de Villarreal, E. (2014). Effects of 18-week in-season heavy resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (4), 1007-1014.
- Ramsay, J., Blimkie, C. J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J. D. & Sale, D. G., (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and Science in Sport Exercise*, 22 (5), 605-614.
- Rasulbekov, R. A., Fomin, R. A., Chulkov, V. U. & Chudovsky, V. I. (1986). Does a swimmer need explosive strength? *Journal of Strength and Conditioning*, 8 (2), 56-57.
- Rauch, F., Bailey, D. A., Baxter-Jones, A., Mirwald, R. & Faulkner, R. (2004). The „muscle-bone unit“ during the pubertal growth spurt. *Bone*, 34 (5), 771-775.
- Reeves, R. K., Laskowski, E. R. & Smith, J. S. (1998a). Weight training injuries. Part 1: Diagnosis and managing acute conditions. *The Physician and Sportsmedicine*, 26 (2), 67-96.
- Reeves, R. K., Laskowski, E. R. & Smith, J. (1998b). Weight training injuries. Part 2: Diagnosing and managing chronic conditions. *The Physician and Sportsmedicine*, 26 (3), 54-73.
- Reilly, T. (1990). Swimming. In T. Reilly, N. Secher, P. Snell & C. Williams (Eds.). *Physiology of Sports* (pp. 159-163). London: E. & F.N. SPON.

- 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 and Science in Sports and Exercise*, 35 (3), 456-464.
- Rhodes, E. C., Martin, A. D., Taunton, J. E., Donnelly, M., Warren, J. & Elliot, J. (2000). Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *British Journal of Sports Medicine*, 34 (1), 18-22.
- Richardson, A. B., Jobe, F. W. & Collins, H. R. (1980). The shoulder in competitive swimming. *The American Journal of Sports Medicine*, 8 (3), 159-163.
- Risser, W., Lee, E. J., LeBlanc, A., Poindexter, H. B., Risser, J. M. & Schneider, V. (1990). Bone density in eumenorrhic female college athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22 (5), 570-574.
- Risser, W. L., Risser, J. M. & Preston, D. (1990). Weight-training injuries in adolescents. *The American Journal of Diseases of Children*, 144 (9), 1015-1017.
- Rizzoli, R., Bianchi, M., Garabedian, W. & Moreno, L. (2010). Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*, 46 (2), 294-305.
- Rodeo, S. (1984). Swimming the breaststroke - a kinesiological analysis and considerations for strength training. *Strength and Conditioning Journal*, 6 (4), 4-9.
- Roelofs, E. J., Smith-Ryan, A. E., Trexler, E. T. & Hirsch, K. R. (2017). Seasonal effects on body composition, muscle characteristics, and performance of collegiate swimmers and divers. *Journal of Athletic Training*, 52 (1), 45-50.
- Rogol, A. D. (2003). Growth, body composition and hormonal axes in children and adolescents. *Journal of Endocrinological Investigation*, 26 (9), 855-860.
- Rønnestad, B., Kvamme, N., Sunde, A. & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (3), 773-780.
- Rønnestad, B., Nymark, B. & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (10), 2653-2660.
- Rønnestad, B. & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: a review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24 (4), 603-612.
- Rønnestad, B., Raastad, T. & Hansen, E. A. (2011). Strength training improves 5-min all out performances following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21 (2), 250-259.
- Rossi, F. & Dragoni, S. (2001). The prevalence of spondylolysis and spondylolisthesis in symptomatic elite athletes: radiographic findings. *Radiography*, 7 (1), 37-42.

- Rouard, A. H., Schleihauf, R. E. & Troup, J. P. (1996). Hand forces and phases in freestyle stroke. In J. P. Troup, A. P. Hollander, D. Strasse, S. W. Trappe, J. M. Cappaert, T. A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII* (pp. 34-44). London: E & FN Spon.
- Rowland, T. W. (2005). *Children's Exercise Physiology*. Champaign. Human Kinetics.
- Sato, T., Ito, T., Hirano, T., Morita, O., Kikuchi, R., Endo, N. & Tanabe, N. (2011). Low back pain in childhood and adolescence: assessment of sports activities. *European Spine Journal*, 20, 94-99.
- Schleihauf, R. E. (1983). Specificity of strength training in swimming: A biomechanical viewpoint. In Hollander, A.P., Huijing, P.A. & de Groot, G. (Eds.), . In A. P. Hollander, P. A. Huijing & G. de Groot (Ed.), *Bio-mechanics and Medicine in Swimming, International Series on Sport Science Volume 14* (pp. 184-191). Champaign: Human Kinetics.
- Schmidtbleicher, D. (1984). Strukturanalyse der motorischen Eigenschaft Kraft. *Lehre der Leichtathletik*, 30, 1785-1793.
- Schmidtbleicher, D. (2003). Motorische Eigenschaft Kraft, Struktur, Komponenten, Anpassungserscheinungen. Trainingsmethoden und Periodisierung. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S. 15-40). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (1994). *Trainingswissenschaft – Leistung, Training, Wettkampf*. Berlin: Sportverlag Berlin.
- Schumann, M. (2016, Oktober). *Paralleles Training von Kraft und Ausdauer in Abhängigkeit des Leistungsniveaus*. Vortrag auf dem 2. Kraftsymposium: Wissenschaft trifft Praxis, Kraft trifft Ausdauer in Frankfurt.
- Schwarz, P., Eriksen, E. F. & Thorsen, K. (2003). Bone tissue – bone training. In M. Kjær, M. Krogsgaard, P. Magnusson, L. Engebretsen, H. Roos, T. Takala & S. L. Y. Woo (Eds.), *Textbook of Sports Medicine – Basic Science and Clinical Aspects of Sports Injury and Physical Activity* (pp. 173-186). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Sein, M. L., Walton, J., Linklater, J., Appleyard, R., Kirkbride, B., Kuah, D. & Murrell, A. C. (2010). Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*, 44 (2), 105-113.
- Sharp, R. L., Troup, J. P. & Costill D. L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14 (1), 53-56.
- Sidney, M., Paillette, S., Hespel, J.-M., Chollet, D. & Pelayo, P. (2004). Effect of swim paddles on the intra-cyclic velocity variations and on the arm coordination of front crawl stroke. In J. R. Blackwell & R. H. Sanders (Eds.), *19. International Symposium on Biomechanics in Sports, Band 2004* (pp. 39-42). San Francisco: ISBS - Conference Proceedings Archive.
- Sperandei, S., Barros, M. A. P., Silveira-Júnior, P. C. S. & Oliveira, C. G. (2009). Electromyographic analysis of three different types of lat pull-down. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (7), 2033-2038.
- Spriet, L. (2006). Anaerobic metabolism during exercise. In M. Hargreaves (Edt.), *Exercise Metabolism* (pp. 7-26). Champaign: Human Kinetics.

- Stamm, A. & Thiel, D. V. (2015). Investigating forward velocity and symmetry in freestyle swimming using inertial sensors. *Procedia Engineering*, 112, 522-527.
- Stichert, K. H. (1981). Methodics of specific strength training in swimming. In T. Absalyamov (Ed.), *Strength training for elite and junior swimmers* (pp. 3-9), Moscow: State Committee of the USSR for Physical Culture and Sports.
- Stokes, I. A. F., Gardner-Morse, M. G. & Henry, S. M. (2010). Intra-abdominal pressure and abdominal wall muscular function: Spinal unloading mechanism. *Clinical Biomechanics*, 25 (9), 859-866.
- Stone, M. H. (1990). Muscle conditioning and muscle injuries. *Medicine and Science in Sport Exercise* 22 (4), 457-462.
- Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M. & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sport Exercise*, 40 (6), 1087-1092.
- Strass, D. (1986). Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In B. E. Ungerechts, K. Wilke & R. Reischl (Eds.), *International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming (5th: 1986: Bielefeld, Germany) Swimming Science V, International Series of Sport Sciences Vol.18* (pp. 149-156). Champaign: Human Kinetics.
- Strzala, M. & Tyka, A. (2009). Physical endurance, somatic indices and swimming technique parameters as determinants of front crawl swimming speed at short crawl swimming speed at short distances in young swimmers. *Medicina Sportiva*, 13 (2), 99-107.
- Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (8), 2157-2165.
- Taaffe, D., Robinson, T., Snow, C. & Marcus, R. (1997). High-Impact Exercise Promotes Bone Gain in Well-Trained Female Athletes. *Journal of Bone Mineral Research*, 12 (2), 255-260.
- Tanaka, H. & Swensen, T. (1998). Impact of resistance training on endurance performance. *Sports Medicine*, 25 (3), 191-200.
- Tanner, D. A. (2001). Sprint performance times related to block time in Olympic swimmers. *Journal of Swimming Research*, 15, 12-19.
- Tate, A., Turner, G. N., Knab, S. E., Jorgensen, C., Strittmatter, A. & Michener, L. A. (2012). Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *Journal of Athletic Training*, 47 (2), 149-158.
- Thompson, K. G., Haljand, R. & MacLaren, D. P. (2000). An analysis of selected kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 18 (6), 421-431.
- Tolfrey, K. (2007). Responses to training. In N. Armstrong (Edt.), *Paediatric Exercise Physiology* (pp. 213-234). Churchill, Livingstone: Elsevier.
- Tsuzuku, S., Ikegami, Y. & Yabe, K. (1998). Effects of high-intensity resistance training on bone mineral density in young male powerlifters. *Calcified Tissue International*, 63 (4), 283-286.

- Uebel, R. (1987). Weight training for swimmers - a practical approach. *Strength and Conditioning Journal*, 9 (3), 38-41.
- Vantorre, J., Chollet, D. & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim-start: a review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13 (2), 223-231.
- Veiga, S., Cala, A., Frutos, P. G. & Navarro, E. (2013). Kinematical comparison of the 200m backstroke turns between national and regional level swimmers. *Journal of Sport Science and Medicine* 12 (4), 730-737.
- Veldhuis, J. D., Roemmich, J. N., Richmond, E. J., Rogol, A. D., Lovejoy, J. C., Sheffield-Moore, M., et al. (2005). Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and puberty. *Endocrine reviews*, 26 (1), 114-146.
- Veliz, R. et al. (2014). Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (4), 1007-1014.
- Virvidakis, K. Georgiou, E., Korkotsidis, A., Ntalles, K. & Proukakis, C. (1990). Bone mineral content of junior competitive weightlifters. *International Journal of Sports Medicine*, 11 (3), 244-246.
- Vicente-Rodriguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth? *Sports Medicine*, 36 (7), 561-569.
- Vicente-Rodríguez, G. (2007). Artistic versus rhythmic gymnastics: effects on bone and muscle mass in young girls. *International Journal of Sports Medicine*, 28 (5), 386-393.
- Vorontsov, A. (2011). Strength and power training in swimming. In L. Seifert, D. Chollett & I. Mujika (Eds.). *World book of swimming: From science to practice* (pp. 313-343). New York: Nova Science.
- Wackerhage, H. & Ratkevicius, A. (2008). Signal transduction pathways that regulate muscle growth. *Essays in Biochemistry*, 44, 99-108.
- Wagner, L. L., Evans, S. A., Weir, J. P., Housh, T. J. & Johnson, G. O. (1992). The effect of grip width on bench press performance. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8 (1), 1-10.
- Wakayoshi, K., Nomura, T., Takahashi, G., Mutoh, Y. & Miyashito, M. (1992). Analysis of swimming races in the 1989 pacific swimming championships and 1988 japanese olympic trials. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy (Eds.), *Science and Football, Proceedings of the first World Congress of Science and Football* (pp. 135-142). London: E. & F. N. SPON.
- Walker, H., Gabbe, B., Wajswelner, H., Blanch, P. & Bennell, K. (2012). Shoulder pain in swimmers: A 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors. *Physical Therapy in Sport*, 13 (4), 243-249.
- Weineck, J. (2000). *Optimales Training*. Erlangen: Perimed.
- Weineck, J. (2007). *Optimales Training – Leistungsphysiologische Trainings-lehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen: Spitta Verlag GmbH.

- Werchoshanskij, J. W. & Tatjan, W. W. (1975). Komponenten und funktionelle Struktur der Explosivkraft des Menschen. *Leistungssport*, 5, 25-31.
- West, D. J., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Cook, C. J. & Kilduff, L. P. (2011a). Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (4), 950-955.
- West, D. J., Owen, N. J., Jones, M. R., Bracken, R. M., Cook, C. J., Cunningham, D. J., Shearer, D. A., Finn, C. V., Newton, R. U., Crewther, B. T. & Kilduff, L.P. (2011b). Relationships between force-time characteristics of the isometric midhigh pull and dynamic performance in professional rugby league players. *Journal of Strength Conditioning Research*, 25 (11), 3070-3075.
- Whalen, R. & Carter, D. (1988). Influence of physical activity on the regulation of bone density. *Journal of Biomechanics*, 21 (10), 825-837.
- Whaley, O. & McClure, R. (1997). Another perspective on teaching the pulling movements. *Strength and Conditioning Research*, 19 (2), 58-61.
- Williams, B. K., Sinclair, P. & Galloway, M. (2004). The effects of resistance and assisted freestyle swimming on stroke mechanics. In J. R. Blackwell & R. H. Sanders (Eds.), *19. International Symposium on Biomechanics in Sports, Band 2004* (pp. 131-134). San Francisco: ISBS - Conference Proceedings Archive.
- Willoughby, D. S. (1992). A Comparison of three selected weight training programs on the upper and lower body strength of trained males. *The Applied Research in Coaching and Athletics Annual*, 3, 124-146.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L. & Kenney, W. L. (2008). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign: Human Kinetics.
- Wilson, G. J., Elliott, B. C. & Kerr, G. K. (1989). Bar path and force profile characteristics for maximal and submaximal loads in the bench press. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5 (4), 390-402.
- Wirth, K. (2007). *Trainingshäufigkeit beim Hypertrophietraining*. Bonn: Sportverlag Strauß.
- Wirth, K. (2010). *Exzentrisches Krafttraining - Auswirkungen auf unterschiedliche Maximal- und Schnellkraftparameter*. Frankfurt: Habilitationsschrift.
- Wirth, K., Fuhrmann, S., Jankowski, A., Kunz, M. & Lambertz, H. (2016a). Das DSV Kraftkonzept 2016. Key-Points des Konzeptes – wissenschaftliche Begründungen für praktische Handlungsanweisungen. *Swim & more*, 11, 10-11.
- Wirth, K., Hartmann, H., Keiner, M. & Nimmerichter, A. (2017). Krafttraining im Schwimmsport. *Bisher unveröffentlichtes Manuskript*.
- Wirth, K., Hartmann, H., Keiner, M. & Sander, A. (2012b). Training der speziellen Kraft, funktionelles und spezifisches Krafttraining – Eine kritische Betrachtung. In Dekan der

- Sportwissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig (Hrsg.), *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge* (S. 45-72). Berlin: Lehmanns Media.
- Wirth, K., Hartmann, H., Mickel, C., Szilvas, E., Keiner, M. & Sander, A. (2017). Core Stability in Athletes: A Critical Analysis of Current Guidelines. *Sports Medicine*, 47 (3), 401-414.
- Wirth, K., Schlumberger, A., Zawieja, M. & Hartmann, H. (2012a). *Krafttraining im Leistungssport – Theoretische und praktische Grundlagen für Trainer und Athleten* (Sonderpublikationen des BISp). Köln: Sportverlag Strauß.
- Wirth, K., Szilvas, E., Hartmann, H., Sander, A., Keiner, M. & Atzo, K., (2014). Der Zusammenhang von dynamischen und isometrischen Maximalkraftparametern und Muskelquerschnitt bzw. Muskelvolumen. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 62 (1), 32-38.
- Witt, M. (2014). Krafttraining des Schwimmers. In Ö. Madsen, K. Reischle, K. Rudolph & K. Wilke (Hrsg.), *Wege zum Topschwimmer: Band 3* (S. 165-173). Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Witzke, K. & Snow, C. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (6), 1051-1901.
- Wolf, B. R., Ebinger, A. E., Lawler, M. P. & Britton, C. L. (2009). Injury patterns in division I collegiate swimming. *The American Journal of Sports Medicine*, 37 (10), 2037-2042.
- Wong, T. S. & Booth, F. W. (1988). Skeletal muscle enlargement with weight-lifting exercise by rats. *Journal of Applied Physiology*, 65 (2), 950-954.
- Wretenberg, P., Feng, Y. & Arborelius, U. P. (1996). High- and low-bar squatting techniques during weight-training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (2), 218–224.
- Young, W. (1991). The planning of resistance training for power sports. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 13 (4), 26-29.
- Zaina, F., Donzelli, S., Luisini, M., Minnella, S. & Negrini, S. (2015). Swimming and spinal deformities: a cross-sectional study. *The Journal of Pediatrics*, 166 (1), 163-167.
- Zanchi, N. E. & Lancha, A. H. (2007). Mechanical stimuli of skeletal muscle: implications on mTOR / p70s6k and protein synthesis. *European Journal of Applied Physiology*, 102 (3), 253-263.
- Zaras, N. D., Stasinaki, A.-E., Kruse, A. A., Methenitis, S. K., Karampatsos, G. P., Georgiadis, G. V., Spengos, K. M. & Terzis, G. D. (2014). Effects of tapering with light vs. heavy loads on track and field throwing performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (12), 3484-3495.
- Zatsiorsky, V. M. (1972). *Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers*. Berlin: Artels & Wernitz.
- Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign: Human Kinetics.
- Zatsiorsky, V. M., Bulgakova, N. Z. & Chaplinsky, N. M. (1979). Biomechanical analysis of starting techniques in swimming. In J. Terauds & E. W. Bedingfield (Eds.), *Swimming III. Proceedings*

of the Third International Symposium of Biomechanics in Swimming (pp. 199-206) University of Alberta: University Park Press.

Zauner, C. W., Maksud, M. G. & Melichna, J. (1989). Physiological considerations in training young athletes. *Sports Medicine*, 8 (1), 15-31.

Zawieja, M. (2008). *Leistungsreserve Hanteltraining*. Münster: Philippka-Sportverlag.

Zemper, E. D. (1990). Four-year study of weight-room injuries in a national sample of college football teams. *National Strength and Conditioning Association*, 12 (3), 32-34.