

Britta Steffen · Andreas Hahn
Miriam Hilgner · Michael Behringer
Dieter Strass

Kraftvoll ins Wasser

Kraftraining
für mehr Erfolg
beim Schwimmen

A photograph of a female swimmer with blonde hair, wearing a black Adidas swimsuit, performing the butterfly stroke in a swimming pool. She is in the middle of the stroke, with her arms extended forward and mouth above water. Water splashes around her.

EBOOK INSIDE



Springer

Kraftvoll ins Wasser

Britta Steffen · Andreas Hahn

Miriam Hilgner

Michael Behringer · Dieter Strass

Kraftvoll ins Wasser

Krafttraining für mehr
Erfolg beim Schwimmen



Springer

Britta Steffen
Berlin, Deutschland

Andreas Hahn
Institut Sportwissenschaft
Universität Halle-Wittenberg
Halle, Deutschland

Miriam Hilgner
Institut für Sportwissenschaft
TU Darmstadt
Darmstadt, Deutschland

Michael Behringer
Institut für Sportwissenschaften
Goethe-Universität Frankfurt
Frankfurt, Deutschland

Dieter Strass
Institut für Sport und
Sportwissenschaft
Universität Freiburg
Freiburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-54899-8
DOI 10.1007/978-3-662-54900-1

ISBN 978-3-662-54900-1 (eBook)

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Marion Krämer
Einbandabbildung: Boris Streubel/Freier Fotograf/getty images

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Die Anforderungen des modernen Hochleistungstrainings im Schwimmsport machen eine ständige Weiterentwicklung und Optimierung der Trainingsmethoden notwendig. Weitere Leistungsverbesserungen dürften in erster Linie durch Anhebung der Trainingsqualität zu erreichen sein, wobei dem Krafttraining zunehmend besondere Bedeutung zukommt.

Gerade im Zusammenhang „Krafttraining und Schwimmen“ gibt es kein Patentrezept. Die folgenden Ausführungen sollen helfen, junge Leistungsschwimmerinnen und Leistungsschwimmer im Krafttraining optimal auf die Anforderungen des Hochleistungsbereichs vorzubereiten. Dieses soll einerseits die leistungsorientierte Entwicklung der Kraftfähigkeiten unterstützen und andererseits präventiv eine lang andauernde Belastbarkeit fördern sowie die Gesundheit der Athleten sichern.

Im vorliegenden Buch wird bewusst keine Übungssammlung angeboten. Diesbezüglich existiert ein umfangreiches Angebot an entsprechender Literatur. Es wird vielmehr eine Einführung in die Besonderheiten des Krafttrainings im Schwimmen vorgenommen, die helfen soll, geeignete Übungen und Methoden herauszufiltern und zeitlich optimal einzusetzen.

Inhaltsverzeichnis

1	Was müssen Trainer und Athlet wissen, um ein Krafttraining sinnvoll auszuführen?	1
	Andreas Hahn und Dieter Strass	
1.1	Zur Spezifik des Krafttrainings im Schwimmen	1
1.2	Arbeitsweisen der Muskulatur, Muskelfasertypen und Einteilung der Kraft	4
1.3	Allgemeines versus spezielles Krafttraining	16
1.4	Energiebereitstellung im Krafttraining	17
1.5	Übungen und Methoden	24
1.6	Deckeneffekte	28

VIII Inhaltsverzeichnis

1.7	Modelle der Periodisierung (oder Zyklisierung) des Krafttrainings	30
1.8	Stabilisations- versus Krafttraining	33
1.9	Abstimmung Wasser- und Landtraining, Dokumentation und Auswertung des Krafttrainings	34
	Literatur	35
2	Wie hat Britta Steffen das Krafttraining genutzt, um Olympiasiegerin zu werden?	41
	Britta Steffen und Andreas Hahn	
2.1	Erste Trainingsphase (6. bis 12. Lebensjahr)	44
2.2	Zweite Trainingsphase (13. bis 18. Lebensjahr)	45
2.3	Dritte Trainingsphase (18. bis 20. Lebensjahr)	49
2.4	Trainingspause (22. Lebensjahr)	51
2.5	Vierte Trainingsphase (22. bis 28. Lebensjahr)	53
2.6	Fünfte Trainingsphase (30. Lebensjahr)	55
2.7	Weitere Aktivitäten von Britta in ihrem Krafttraining	56
	Literatur	66
3	Welche biologischen Besonderheiten gilt es, beim Krafttraining für junge Schwimmer zu berücksichtigen?	67
	Michael Behringer	
3.1	Reifeentwicklung und die Response-Matrix	67
3.2	Physiologische Muskelkraftentwicklung	69

	Inhaltsverzeichnis	IX
3.3	Muskeldicken- und Längenwachstum	71
3.4	Massenunabhängige Veränderungen der Muskelkraft	73
3.5	Trainierbarkeit der Muskelkraft	75
3.6	Beanspruchung des Stütz- und Bewegungsapparats	78
3.7	Einfluss des Geschlechts auf das Muskelwachstum und die Kraftentwicklung	80
3.8	Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Trainierbarkeit der Muskelkraft	83
	Literatur	86
4	Wie wird das Krafttraining im Nachwuchstraining gestaltet?	93
	Miriam Hilgner	
4.1	Gestaltung von Krafttrainingseinheiten im Grundlagentraining	98
4.2	Gestaltung von Krafttrainingseinheiten im Aufbautraining	103
4.3	Gestaltung von Krafttrainingseinheiten im Anschlusstraining	109
	Literatur	121

Über die Autoren

Dr. med Dr. rer. nat. Michael Behringer arbeitet als Juniorprofessor am Institut für Sportwissenschaften der Goethe-Universität Frankfurt. Neben der Muskelphysiologie liegt ein Fokus seiner Forschungsarbeit im Bereich des Krafttrainings mit Kindern und Jugendlichen.

Dr. Andreas Hahn ist Sportwissenschaftler an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und lehrt u.a. im Bereich des Schwimmsports. Seine wissenschaftlichen Aktivitäten konzentrieren sich auf die Wechselbeziehungen vom Medium Wasser und menschlichen Organismus. Er ist Sprecher der Kommission Schwimmen der

Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Seit vielen Jahren ist er an der Fortbildung von Trainern, Übungsleitern und Physiotherapeuten beteiligt.

Dr. Miriam Hilgner geb. Recht, ist mit der Leitung für das Fach Schwimmen am Institut für Sportwissenschaft der Technischen Universität Darmstadt betraut und befasst sich unter anderem mit fachdidaktischen und trainingsmethodischen Fragen zum Inhaltsfeld „Bewegen im Wasser“. Seit über 15 Jahren unterstützt sie zudem Schwimmtrainerausbildungen und -fortbildungen als Referentin.

Britta Steffen ist eine der erfolgreichsten deutschen Schwimmerinnen. Sie ist Olympiasiegerin und gewann 23 Medaillen bei Olympischen Sommerspielen sowie Welt- und Europameisterschaften. Sie hat einen Bachelor of Engineering im Fach Wirtschaftsingenieur für Umwelt & Nachhaltigkeit und kürzlich den Master of Science im Fach Human Resources Management erfolgreich abgeschlossen. Sie hält Vorträge in verschiedenen Unternehmen und engagiert sich in vielen sozialen Projekten.

Dr. Dieter Strass war Dozent am Institut für Sport und Sportwissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und lehrte in der Bewegungs- und Trainingswissenschaft sowie im Bereich „Bewegen im Wasser“. Seine wissenschaftlichen Aktivitäten konzentrieren sich auf das neuromuskulär-funktionelle Training im höheren Lebensalter und auf die Wechselbeziehungen zwischen dem Wasser und dem menschlichen Organismus.

1

Was müssen Trainer und Athlet wissen, um ein Krafttraining sinnvoll auszuführen?

Andreas Hahn und Dieter Strass

1.1 Zur Spezifik des Krafttrainings im Schwimmen

Das Hauptziel des Krafttrainings muss darin liegen, entsprechend der Schwimmart und Streckenlänge die notwendigen physischen Voraussetzungen zu schaffen. Unterschiedliche Kraftfähigkeiten sind dabei auszuprägen und die Muskelmasse wird erhöht (Abb. 1.1).

Die Wettkampfdistanz und -dauer bestimmen die notwendigen Voraussetzungen für das Krafttraining:

- *50 m-Freistil*, die kürzeste olympische Wettkampfstrecke, werden von den weltbesten Athleten unter 21 s geschwommen. Diese Strecke bewältigt der Sprinter durchschnittlich mit 20 Armzyklen (je 20 Bewegungen



Abb. 1.1 Britta Steffen auf der 100-m-Freistil-Strecke. (© Camera 4/imago)

mit dem rechten und 20 mit dem linken Arm), wobei der jeweilige Krafteinsatz pro Armzyklus Bruchteile einer Sekunde beträgt. Der zu überwindende Widerstand während einer Armbewegung ist hierbei relativ hoch, womit ein *beträchtlicher Anteil der Maximalkraftentwicklung* gefordert wird.

- Die *200-m- und 400-m-Distanzen* besitzen wiederum eine spezielle Anforderung an die Kraftfähigkeit. Trotz der längeren Distanz müssen aber im Einzelzyklus sehr hohe Widerstände überwunden werden.
- Die schnellsten *1500-m-Kraulschwimmer* führen etwa 700 Bewegungen mit jedem Arm in einer Schwimmzeit unter 15 min aus, wobei der jeweils geforderte Krafteinsatz pro Armzyklus zeitlich deutlich länger und kraftausdauerorientiert ist. Auch für diese Athleten ist ein Training der Maximalkraft wesentlich.

Die grundlegende Funktion eines Krafttrainings besteht in der funktionellen Optimierung von muskulären Leistungen für eine zielorientierte Bewegung. Diese bezieht sich auf die Vergrößerung des Muskelquerschnitts, die Verbesserung der intra- und intermuskulären Koordination, die Anpassung der Energiebereitstellung und die Auslösung hormoneller Reaktionen.

Kritisch gesehen werden muss, dass Krafttraining primär mittels Widerstandsgrößen und Wiederholungszahlen gesteuert wird. Biomechanische und physiologische Aspekte sind ebenso zu berücksichtigen.

Folgende Aspekte von Schwimmbewegungen sind im Krafttraining wesentlich:

- Die Antriebsbewegungen der Arme und Beine während des Schwimmens sind im Gegensatz zu anderen Sportarten überwiegend konzentrisch.
- Die direkte Interaktion der Extremitäten des Schwimmers mit dem Wasser sowie die vielfältigen Bewegungsmöglichkeiten um alle Körperachsen begründen die Notwendigkeit der speziellen Ausrichtung des Krafttrainings für Schwimmer.
- Die horizontale Körperlage während des Schwimmens beansprucht die Muskulatur anders als gewöhnlich in der stehenden bzw. sitzenden und somit vertikalen Körperposition. Der dominante schwerkraftbezogene Muskeleinsatz bei nahezu allen menschlichen Bewegungen, der häufig auch reflektorisch erfolgt, ist im Wasser aufgehoben. Die Auftriebskraft und der Widerstand im Wasser bilden die Rahmenbedingungen für den muskulären Einsatz.

- Die physiologische Beanspruchung betrifft primär die FT-oxydativen Muskelfasern während der Schwimmbewegungen bis ca. 400 m (Abschn. 1.2).
- Die Beanspruchung der Muskulatur, insbesondere der unteren Extremitäten, in der Startphase, auf der Schwimmstrecke und bei den Wenden ist extrem unterschiedlich.
- Das Krafttraining, das überwiegend an Land ausgeübt wird, muss mit dem dominanten Training im Wasser inhaltlich sinnvoll angepasst werden.

Die Start- und Wendeleistung, aber auch die reine Schwimmleistung tragen unterschiedlich auf den verschiedenen Rennstrecken zum Wettkampfergebnis bei. Eine gute Start- und Wendeleistung sowie ein optimaler Vortrieb beim Schwimmen werden wiederum vom Ausprägungsgrad der Kraft bestimmt (z. B. steigt der prozentuale Anteil des Starts an der gesamten Wettkampfzeit von etwa 0,5 % beim 1500-m-Rennen auf 15 % beim 50-m-Sprint).

1.2 Arbeitsweisen der Muskulatur, Muskelfasertypen und Einteilung der Kraft

Arm- und Beinbewegungen sind beim Schwimmwettkampf (Start, Schwimmen, Wende) durch unterschiedliche Arbeitsweisen und damit Muskelaktionen

charakterisiert. Dabei kommen vereinfacht folgende Muskelaktionen vor (Gülich und Schmidbleicher 1999; Schmidbleicher 2003)

- *Statische Arbeitsweise:* Der Muskel kontrahiert *isometrisch* („isometrisch“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „gleiches Maß, gleiche Länge“). Die Länge des Muskels ist konstant, während sich der Muskeltonus ändert. Somit ändert sich die Entfernung zwischen Ansatz und Ursprung nicht. Dies bedeutet, dass sich während einer isometrischen Aktion (z. B. Ausgangsstellung vor dem Startsprung) die muskuläre Länge der Oberschenkelmuskulatur nicht verändert.
- *Dynamische Arbeitsweise:* Diese Aktionsform kann man in eine konzentrische und exzentrische Arbeitsweise unterteilen. Eine *konzentrische Aktion* liegt vor, wenn der Muskel einen Widerstand überwindet. Unter dieser Bedingung verkürzt sich der Muskel; Ansatz und Ursprung nähern sich (z. B. beim Startsprung). Eine *exzentrische Aktion* tritt auf, wenn der Muskel einem Widerstand kontrolliert nachgibt (z. B. während der Eintauchphase des Arms beim Kraulschwimmen). Unter dieser Bedingung wird der Muskel trotz seiner Aktivierung gedehnt. Die Antriebsbewegungen im Schwimmen aber sind primär konzentrisch.
- *Plyometrische Arbeitsweise* (Reaktivkraft, Dehnungs-Verkürzung-Zyklus, DVZ): Bei dieser Aktion folgt nach einer exzentrischen Beanspruchung des Muskels (nachgebende Dehnung des Muskels) unmittelbar eine sich anschließende konzentrische Kontraktion desselben

Muskels, wodurch eine höhere Kraft entwickelt werden kann (z. B. Beinabstoß während der Wende). Mithilfe des Dehnungsreflexes wird die Muskelkraft zusätzlich erhöht.

Kraftfähigkeit

Grosser et al. (2012, S. 40) definieren die physiologische Kraftfähigkeit folgendermaßen: „Kraft ist die Fähigkeit des Nerv-Muskel-Systems, durch Innervations- und Stoffwechselprozesse mit Muskelkontraktionen Widerstände zu überwinden (konzentrische Arbeit), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Arbeit) oder sie zu halten (isometrische Arbeit)“.

Im sportwissenschaftlichen Sinn spricht man von „Kraftvermögen“ nur dann, wenn Krafteinsätze, die höher als 40 % der individuellen Maximalkraft sind, realisiert werden. Leistungsphysiologisch betrachtet, ist dies eine *kraftbezogene Abgrenzung zur Ausdauer*. Damit wird deutlich, dass neben metabolischen bzw. biochemischen Prozessen die neuronalen Aktivierungsmechanismen für die Kraftausdauerleistung maßgeblich sein können.

Ein im Krafttraining des Schwimmers häufig eingesetztes Trainingsgerät ist die isokinetische Kraftmaschine. Unter *Isokinetik* (sinngemäß: „gleiche Bewegung“) versteht man eine gleichmäßig hohe Bewegungsgeschwindigkeit während der Ausführung einer dynamischen Bewegung (Stoboy 1987).

Der Begriff basiert zunächst auf einer Betrachtung des äußeren Bewegungsablaufs und der Bewegungsgeschwindigkeit für diesen Ablauf. Bei genauer Betrachtung erkennt man aber für jede dynamische Bewegung im Krafttraining eine Beschleunigungs- und eine

Abbremsphase. Bei sämtlichen Schwimmbewegungen finden wir keinesfalls die rein isokinetischen Muskelaktionen. Armbewegungen während des Schwimmens weisen u. a. unterschiedliche Winkelbeschleunigungen (z. B. im Ellbogengelenk) auf. Somit ist Isokinetik keine sportliche Bewegungsform, sondern eher ein theoretisches Konstrukt. Diese Bewegungsform kann auch kaum an eigens dafür geschaffenen Krafttrainingsmaschinen verwirklicht werden. Der Begriff „isokinetisch“ entspricht somit keiner muskulären Bewegung mit „gleicher Geschwindigkeit“.

Bausteine und Mechanismen der Kraftentfaltung, Bedingungsfaktoren der Muskelstruktur

Die *motorische Einheit* besteht aus einer Nervenzelle, die mit dem Gehirn in Verbindung steht, und den von ihr innervierten (erregten) Muskelfasern.

Das Nervensystem nutzt drei Mechanismen der Kraftentfaltung, um die für die aufgebrachte Muskelkraft zu variieren. Diese liegen

- in der *Rekrutierung* (Abstufung der Muskelkraft durch Einbeziehung und Ausschaltung aktiver motorischer Einheiten),
- in der *Frequentierung*, durch die die Entladungsfrequenzen der motorischen Einheiten verändert werden kann, und
- in der *Synchronisation*, die mehr oder weniger zeitgleiche Aktivierung motorischer Einheiten.

Bei Willkürkontraktionen wird die Reihenfolge der Rekrutierung durch das sogenannte Größenordnungsprinzip (**Rekrutierungsprinzip**) kontrolliert:

- Es werden immer die gleichen motorischen Einheiten bei relativ leichtem Krafteinsatz aktiviert. Es sind auch stets die gleichen Einheiten aktiv, wenn der Krafteinsatz erhöht wird, d. h., es werden Einheiten „hinzugezogen“ (rekrutiert). Es sind aber auch ständig die gleichen motorischen Einheiten, die bei maximaler Kraftentfaltung zuletzt aktiviert werden.

Daraus folgt: Bei leichtem Training werden nur jene Muskelzellen beansprucht, die zu den zuerst aktivierten motorischen Einheiten gehören. Möchte man den gesamten Muskel trainieren, muss man ihn maximal belasten!

Bekanntlich wird beim Schwimmen nicht nur ein **einmaliger Krafteinsatz** während der Armbewegung gefordert. Es sind im Wettkampf, besonders beim Sprint, mehrere Armbewegungen notwendig. Dementsprechend werden **mehrere Krafteinsätze** „geleistet“. Physiologisch betrachtet sind die zuvor beschriebenen Mechanismen grundlegend. Aber diese müssen durch neuromuskuläre Prozesse erweitert werden, die im engen Zusammenhang mit der Ermüdungsproblematik stehen.

Wie die dazu entsprechenden Studien (Strass 1994) zur Ermüdung belegen, verändern sich bei **wiederholten und anhaltend statischen Maximalkontraktionen** sowohl das Kraft- als auch das Innervationsvermögen (Rekrutierung, Entladungsfrequenz):

- Die Maximalkraft kann nur zwei bis drei Mal nacheinander oder für wenige Sekunden reproduziert werden. Danach geht sie mit zunehmender Wiederholungszahl oder Zeitdauer deutlich zurück.
- Die Entladungsfrequenzen der motorischen Einheiten nehmen rasch ab, motorische Einheiten können sogar später ausfallen (Dekrutierung). Diese Prozesse laufen bei phasischen schneller ab als bei tonischen Einheiten.

Diese **Ermüdungsmechanismen** müssen aus trainingswissenschaftlicher Sicht im Zusammenhang insbesondere mit der **Kraftausdauer** gesehen werden.

Die **Kraftausdauer** steht von allen Krafteigenschaften der „schwimmerischen“ Anwendung am nächsten (siehe auch Abschnitt Erscheinungsformen der Kraft). Sie lässt sich abhängig von der Belastungsdauer und -intensität der Wettkampfdistanz in mehrere Erscheinungsweisen differenzieren.

Die Kraftausdauerleistung (z. B. bei der Armbewegung im Schwimmen) setzt sich aus mehreren Bedingungsfaktoren zusammen:

- Höhe der Krafteinsätze pro Aktion
- Dauer der Krafteinsätze pro Aktion
- Anzahl der Aktionen

Erreichen der maximalen Muskelkraft

Es ist festzuhalten, dass die maximale Muskelkraft erreicht wird, wenn

- eine maximale Anzahl an sowohl langsam als auch schnell motorischen Einheiten rekrutiert wird,

- optimale kontinuierenden Entladungsfrequenzen in jeder motorischen Faser summarisch einen fusionierten Tetanus erzeugen und
- die motorischen Einheiten während des kurzen Zeitab- schnitts der maximalen Kraftentfaltung synchron arbei- ten (de Marées 2003).

Die Skelettmuskulatur setzt sich im Wesentlichen aus drei Muskelfasertypen zusammen (Schmidbleicher 2003):

1. Rote (oxidative) Fasern (ST-Fasern, *slow twitch fibres* = langsame zuckende Fasern), auch *Typ-I-Fasern* genannt, werden langsam innerviert und ermüden relativ spät. Sie arbeiten glykolytisch (oxidativer Stoffwechsel) bzw. nutzen bei länger andauernder Beanspruchung auch Fettsäuren. Diese Muskeln sind enorm kapillariert, myoglobin- und mitochondrienreich, wodurch das „rote Aussehen“ entsteht. Die roten Fasern sind vermehrt in den Muskeln des Ausdauersportlers zu finden (Hollmann und Strüder 2009).
2. Weiße Fasern (FT-Fasern, *fast twitch fibres* = schnell zuckende Fasern) lassen sich nochmals in 2 Typen unterteilen und werden auch als *Typ-II-Faser* bezeichnet. Sie reagieren schnell und ermöglichen hohe Krafteinsätze. Den einen Typ der FT Fasern nennt man Fast-Twitch-Glycolytic-Fasern, sog. FTG- oder FT IIb- bzw. auch IIx Fasern. Diese Fasern können sehr schnell und kraftvoll kontrahieren. Die Energiebereitstellung erfolgt primär über Adenosintriphosphat (ATP), d. h. durch die anaerobe laktazide Glykolyse. Diese Fasern können nur ca. 1 min aktiv sein.

Tab. 1.1 Ausgewählte morphologische, physiologische und biochemische Merkmale der beiden Hauptmuskelfasertypen Typ I („rot“, ST-Fasern) und Typ II („weiß“, FT-Fasern). (Grosser et al. 1987)

Merkmal	FT-Fasern, Typ II	ST-Fasern, Typ I
Kontraktionsgeschwindigkeit	Hoch	Niedrig
Faserdurchmesser	Relativ dick	Relativ dünn
Maximale Spannungsentwicklung	Hoch	Niedrig
ATPase-Tätigkeit	Hoch	Niedrig
Ermüdbarkeit	Groß	Gering

Der andere Typ der FT Fasern ist ein sogenannter Intermediärtyp und wird als Fast Twitch-Oxidativ-Fasern (FTO-Faser oder FT IIa Faser) bezeichnet. Diese können zwar schneller als die ST-Fasern kontrahieren, besitzen aber trotzdem noch gute Voraussetzungen für die aerobe Energiebereitstellung. Es ist äußerst wichtig, dass man diese Zusammenhänge kennt, um eine bessere Schwimmleistung zu erzielen. Man muss sich jedoch darüber im Klaren sein, dass die Bezeichnung „langsam“ nicht bedeutet, dass die Muskelzellen sich so langsam zusammenziehen, dass sie in sportlicher Hinsicht nicht zur Bewegung beitragen (Tab. 1.1).

Muskelfaserzusammensetzung der Leistungsschwimmer

Es ist seit mehreren Jahren bekannt, dass Spitzensportler aus sportlichen Disziplinen, in denen möglichst hohe Geschwindigkeiten in relativ kurzer Zeit oder eine sehr gute

Tab. 1.2 Muskelfaserverteilung in Muskeln von Wettkampf schwimmern. (Nach Troup et al. 1994)

Muskel	Typ I (%)	Typ II (%)	Autor
M. deltoideus (Schultermuskel)	75	25	Gollnick (1972)
	68	32	Costill et al. (1985)
	40	60	Nygaard und Niel- sen (1978)
	38	72	Troup et al. (1994)
M. triceps brachii (Armstreckmuskel)	50	50	Lavoie et al. (1981)
M. latissimus dorsi (Rückenmuskel)	64	36	Nygaard und Niel- sen (1978)
M. vastus lateralis (Oberschenkelmus- kel)	58	42	Gollnick (1972)
	40	60	Prins (1981)
• Langstrecken- schwimmer	>50	–	Gerard et al. (1986)
• Mittelstrecken- schwimmer	>50	–	
• Sprintschwimmer	–	>50	

Ausdauerfähigkeit die Leistung bestimmen, entsprechend einseitige Muskelfaserverteilungen aufweisen (Tab. 1.2).

Die große Variation der Muskelfasertypen zwischen erfolgreichen Wettkampfschwimmern verdeutlicht, dass der Muskelfasertyp für sich genommen keine präzise Vorhersage der Schwimmleistung erlaubt.

Erscheinungsformen der Kraft

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand wird eine Einteilung der Kraft in sogenannte komplexe Fähigkeiten wie Maximalkraft, Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer

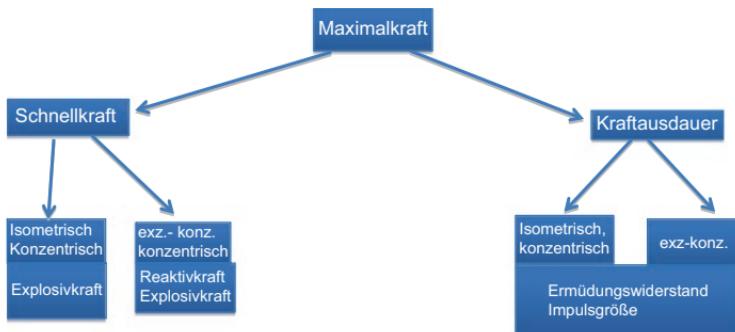


Abb. 1.2 Übersicht zur motorischen Eigenschaft Kraft. (Modifiziert mit freundlicher Genehmigung der DZSM nach Göllich und Schmidbleicher 1999, S. 22. Homepage: www.zeitschrift-sport-medizin.de)

vorgeschlagen (Schmidbleicher 1987). Diese Erscheinungsformen stehen nicht gleichrangig nebeneinander, sondern sowohl die Schnell- und die Reaktivkraft als auch die Kraftausdauer hängen in hohem Maße vom willkürlich aktivierbaren Kraftpotenzial, d. h. grundsätzlich von der Maximalkraft ab. „Die Maximalkraft bildet die Basisfähigkeit für Schnellkraft und Kraftausdauer“ (Göllich und Schmidbleicher 1999, S. 224). In Abb. 1.2 wird die Explosivkraft der Schnellkraft zugeordnet. Diese bezieht sich im Besonderen auf die Fähigkeit einer schnellen Kraftentwicklung (Schmidbleicher 1984).

Erscheinungsformen der Kraft

Unter *Maximalkraft* eines Muskels oder einer Muskel-schlinge bezeichnet man das Vermögen, unter größtem Willenseinsatz einen möglichst hohen Kraftwert durch das neuromuskuläre System willkürlich zu realisieren (Göllich und Schmidbleicher 1999).

Maximalkraft wird unter isometrischen, konzentrischen und exzentrischen Arbeitsbedingungen der Muskulatur entwickelt. Die messmethodische Abschätzung erfolgt durch den isometrischen Maximalkraftwert oder durch das Einer-Wiederholungs-Maximum (One Repetition Maximum, 1RM). Die Maximalkraft ist die Basisgröße und dominiert alle anderen Kraftformen. Es existiert aber alternativ die Variante der Berechnung der Maximalkraft über die maximal möglichen Wiederholungen einer Übung (Güllich und Schmidtbleicher 1999). Dadurch kann unter bestimmten Umständen (junger Athlet, Verletzungen) das „One Repetition Maximum“ ausgelassen werden.

Die *Schnellkraft* ist in ihrer Struktur komplexer und wird daher in der Literatur uneinheitlich definiert. Konsens besteht darüber, dass unter Schnellkraft die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, möglichst viel Kraft in kurzen Zeitabschnitten erzeugen zu können (Wirth und Schmidtbleicher 2007), verstanden wird.

Unter *Reaktivkraftfähigkeit* eines Muskels oder einer Muskelschlinge versteht man, innerhalb eines Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) einen möglichst großen Impuls verwirklichen zu können (siehe auch Abschn. 1.2). Die Reaktivkraft wird durch die folgenden Faktoren bestimmt: Maximalkraft (Muskelmasse, -faserverteilung und -dichte, willkürliche Aktivierung), schnelle Kontraktionsfähigkeit (möglichst frühzeitige Rekrutierung der schnellen Muskelfasern) und reaktive Spannungsfähigkeit (Dehnungsreflex, Muskelsteifheit) (Schmidtbleicher 2003).

Als *Kraftausdauer* eines Muskels oder einer Muskelschlinge bezeichnet man die Fähigkeit, einen Bewegungswiderstand andauernd oder wiederholt bewältigen zu können. Sie ist charakterisiert durch das Vermögen, unter ermüdenen Bedingungen für eine vorgegebene Zeit eine möglichst große Impulssumme zu erzeugen oder für eine vorgegebene Last und variable Zeit die Verringerung der Impulshöhen möglichst gering zu halten (Schmidtbleicher 2003).

Im sportwissenschaftlichen Sinn spricht man von *Kraftvermögen* nur dann, wenn Krafteinsätze, die höher als 40 % der individuellen Maximalkraft sind, realisiert werden. Leistungsphysiologisch betrachtet, ist dies eine kraftbezogene Abgrenzung zur Ausdauer. Damit wird deutlich, dass neben metabolischen bzw. biochemischen Prozessen die neuronalen Aktivierungsmechanismen für die Kraftausdauerleistung maßgeblich sein können.

Platzer et al. beschrieben bereits 2009 in ihrer Studie mit hoch qualifizierten Nachwuchsschwimmern den hohen Zusammenhang zwischen der Maximalkraft bei verschiedenen Tests an Land (Bankziehen, -drücken, Schwimmzugbank, Rumpfkraft) und den Leistungen über 50-m-, 100-m- und 400-m-Strecken im Kraulschwimmen beider Geschlechter.

Praxistipp

Vermeintliche Kraftübungen, die u. a. das Schwimmen imitieren (Zugbank), oder das Schwimmen mit erhöhtem Widerstand (Handpaddles) beinhalten kein Krafttraining, sondern ein Ausdauertraining, wenn auch mit erhöhten Widerstand! Dies liegt daran, dass der Widerstand nicht mindestens 40 % der Maximalkraft beträgt und die Übung mehr als 20-mal durchgeführt werden kann.

1.3 Allgemeines versus spezielles Krafttraining

Beim Krafttraining unterscheidet man zwischen einem allgemeinen und einem speziellen Training:

- *Allgemeines Krafttraining:* Bei diesem Training werden Einzelmuskeln oder Muskelgruppen sportartunspezifisch trainiert. Dabei geht es um die optimale Ausprägung aller Muskeln und Muskelgruppen, z. B. Balance der Muskulatur der oberen und unteren Extremitäten, Balance der Agonisten und Antagonisten (Muskeln, die für gegenläufige Bewegungen in einem Gelenk, z. B. Beugung und Streckung verantwortlich sind) sowie Balance von Rücken und Bauchmuskulatur. Das allgemeine Krafttraining dient der Entwicklung der grundlegenden Kraftfähigkeiten des Stütz- und Bewegungsapparats, der Vorbereitung des spezifischen Krafttrainings und der Vorbeugung von Verletzungen.
- *Spezielles Krafttraining:* Dieses Training zielt auf die Optimierung der Muskelkraft beim Start, bei der Wende und beim Schwimmen. Ausschlaggebend sind die *zentralen Faktoren* bei der Entwicklung der Muskelkraft im Bewegungsablauf durch die willkürliche Aktivierung von Seiten des zentralen Nervensystems (ZNS) sowie die *peripheren Faktoren* (Muskelstruktur, Energiebereitstellung).

Die strikte inhaltliche Trennung ist nicht immer sinnvoll, weil sich letztendlich jede Kraftübung im weiteren Sinne positiv auf die Schwimmleistung auswirkt.

Aufgrund der hohen zeitlichen Trainingsbelastung im Schwimmen ist ein effizientes Krafttraining notwendig, d. h., in möglichst kurzer Zeit sollten viele Effekte erzielt werden. Hier bieten sich die komplexen Übungen an, weil sie intermuskulär koordinativ ausgerichtet sind, grundsätzlich stabilisieren und spezielle Fähigkeiten (z. B. Schnellkraft) ausprägen können.

1.4 Energiebereitstellung im Krafttraining

Menschliche Bewegungen, insbesondere im Sport, benötigen Energie, die vom Körper auf verschiedenen Wegen erbracht wird (Boeckh-Behrens und Buskies 2014). Prinzipiell kann man drei qualitativ voneinander verschiedene Stoffwechselssysteme zur Energiebereitstellung bei allen Muskelkontraktionen beim Schwimmen unterscheiden:

1. *Anaerob-alaktazide Energiebereitstellung* durch Spaltung der energiereichen Phosphate Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (KP)
2. *Anaerob-laktazide Energiebereitstellung* durch Spaltung von Glykogen zu Milchsäure (Glykolyse)
3. *Aerobe Energiebereitstellung* durch den Abbau von Kohlenhydraten und Fetten mithilfe von Sauerstoff (Oxidation) über Zitronensäurezyklus und Atmungskette

Speziell beim Krafttraining werden die erste und zweite Ebene der Energiebereitstellung genutzt:

- ATP und KP bis ca. 10–12 s Muskeltätigkeit (anaerob, alaktazid). Dies bedeutet im Training eine hohe Intensität bei geringer Wiederholungszahl. Diese Form ist nicht unproblematisch, weil das Herz-Kreislauf-System (Gefahr der Pressatmung) sowie der Stütz-und Bewegungsapparat stark beansprucht werden.
- Bei einer weiteren Belastung wird auf die anaerob-laktazide Energiebereitstellung erweitert (ohne Sauerstoff, aber mit Laktatbildung; für den Muskelaufbau, mittlere Intensität, geringe Wiederholungszahl).

Energiebereitstellungsprozesse auf den verschiedenen Schwimmdistanzen im Wettkampfsport

Die zuvor beschriebenen allgemeinen Mechanismen der Energiebereitstellung lassen sich mit den Belastungen auf den verschiedenen Schwimmdistanzen beziehen Tab. 1.3.

Zu Beginn *jeder Schwimmdistanz* liefert das erste System der anaerob-alaktaziden Energiebereitstellung die benötigte Energie.

Die hoch intensive Belastung mit maximalen Muskelkontraktionen der antreibenden Arm-Schulter- und Beinmuskulatur im *50-m-Sprintschwimmen* über einen Zeitraum von 22–30 s erfordert kurzfristig eine große Energiemenge. Diese wird zunächst durch den Zerfall von ATP bereitgestellt. Es liegt nahe, dass das Kreatinphosphat

Tab. 1.3 Relativer Anteil an der anaeroben und aeroben Energiebereitstellung bei verschiedenen Wettkampfstrecken im internationalen Schwimmsport. (Modifiziert nach Gullstrand 1993; Maglischo 1993)

Schwimm-distanzen	Ungefährre Zeit (min:s)	Anaerober Stoffwechsel		Aerober Stoffwech-sel
		ATP + KP alaktazid (%)	Glykolyse laktazid (%)	Glykolyse/ Lipolyse (%)
50 m	00:23–00:30	78	20	2
100 m	00:48–01:00	25	65	10
200 m	01:50–02:10	10	60	30
400 m	03:50–06:00	5	40	55
800 m	07:50–12:00	5	30	65
1500 m	14:30–22:00	5	25	70
25 km	Ca. 5 h	5	15	80

innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde deshalb aktivierbar ist, weil direkt auf die Energie dieser Phosphatverbindungen zugegriffen werden kann. Der Vorrat an ATP und KP in der Muskulatur reicht bei der schnellstmöglichen Form der Energiebereitstellung aber nur für etwa 15–20 s während einer hoch intensiven Belastung aus. Daher muss neben der ATP-KP-Reaktion auch die anaerobe Glykolyse innerhalb weniger Sekunden – bei aufgewärmerter Muskulatur – aktiviert werden. Dem steht aber der Nachteil gegenüber, dass sich hierbei Laktat bildet.

Auch für den *100-m-Schwimmsprint* in 48–60 s benötigt die Hauptantriebsmuskulatur des Schwimmers kurzzeitig eine große Energiemenge aus dem Phosphatstoffwechsel (ATP-KP-Reaktion). Zudem wird jetzt

die anaerobe Glykolyse zunehmend mehr in Anspruch genommen. Sie greift lückenlos in die ersten Systeme ein. Allerdings kommt es hierbei zu einer sehr hohen Laktatkonzentration im Blut. Das bedeutet, dass nun die anaerobe Glykolyse zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Der Wettkampf über die *200-m-Distanz* (ca. 1:45–2:00 min) wird vom Athleten neben der ATP-KP-Reaktion besonders mithilfe der anaeroben Glykolyse bestritten. Aufgrund ihrer hochgradigen Aktivierung steigen die Laktatwerte im Blut beträchtlich an. Der Säure-Basen-Ausgleich des Blutes wird dadurch gestört, und der pH-Wert kann sehr stark sinken. Wenn in der Muskelzelle der pH-Wert auf ca. 6,5 abgefallen ist, erliegt die anaerobe Glykolyse aufgrund der weitgehend eingeschränkten Enzymaktivität vollständig. In der Folge fällt die anaerob-laktazide Energiebereitstellung aus. Die Schwimmleistung wird in diesem Fall durch die Übersäuerung des Muskels und nicht durch die Erschöpfung der Kohlenhydrate beschränkt.

Je länger die Schwimmbelastung andauert, desto stärker dominiert die aerobe Verwertung von Glykogen. So können im *400-m-Schwimmen* über einen Zeitraum von 3:50–4:30 min die ersten beiden Systeme nicht allein die erforderliche Energie liefern. Da das dritte System jedoch nur langsam in Gang kommt, muss während der ersten 60 s der fehlende Energiebetrag vom ersten und zweiten System mit übernommen werden. Dieser Energiebeitrag wird als *Energiedefizit* bezeichnet. Es erfolgt die Glykolyse, was sich auch in der Menge des angehäuften Laktats nach der Belastung zeigt.

Beim *800-m-, 1500-m- oder 25-km-Schwimmen* wählt man die Schwimmgeschwindigkeit so maßvoll, dass nicht

schon zu Belastungsbeginn Laktat gebildet wird. Dennoch benötigt der Schwimmer für einen ersten Teil der Energiebereitstellung die anaerobe Glykolyse, zumindest bis alle Systeme der Atmung (Oxidation) völlig aktiv werden. Die Fette stellen einen nahezu unbegrenzten Energievorrat des Körpers für die aerobe Energiebereitstellung dar. Deshalb können Belastungen von geringerer Intensität lange durchgehalten werden.

Die maximale aerobe Leistung, die die Muskulatur erbringen kann, hängt u. a. von der Menge der Mitochondrien in diesen Muskeln ab. Aerobe Leistungen hoher Intensität vermindern daher notgedrungen die gespeicherte Glukose und freien Fettsäuren. Sind die Substratspeicher entleert, laufen die Prozesse des aeroben Stoffwechsels nur mit verminderter Geschwindigkeit ab. In der Folge begrenzt bei hohen Belastungen von kürzerer Dauer (30–60 min) die oxidative Kapazität in den Mitochondrien die Leistung, während der Umfang der Substratspeicher bestimmt, über welchen Zeitraum eine aerobe Leistung bei niedriger Intensität aufrechterhalten werden kann (Strass und Wilke 2006).

Tab. 1.3 listet zusammenfassend auf, welchen Anteil der anaerobe und/oder aerobe Energiestoffwechsel in den verschiedenen Wettkampfdistanzen einnimmt. Es wird deutlich, dass die Energie für die Mehrzahl aller Schwimmdistanzen auf anaerobem Wege produziert wird und weniger über den aeroben Stoffwechsel.

Boeckh-Behrens und Buskies (2014) weisen darauf hin, dass die Art der Energiebereitstellung von der Belastungsdauer, Belastungsintensität und Größe der eingesetzten



Abb. 1.3 Energiebereitstellung im Krafttraining. IK-Training = intramuskuläres Koordinationstraining. (Nach Boeckh-Behrens 2014, S. 88. © Rowohlt Verlag GmbH 2017), siehe Abschn. 4.3

Muskelmasse abhängt (Abb. 1.3). Im Schwimmen wird primär mit Ausnahme der Kurzstrecken anaerob-laktazid Energie bereitgestellt. Dies erfolgt im Krafttraining vergleichsweise im *Hypertrophietraining* (submaximale Krafteinsätze bis zur Ermüdung) und im *Kraftausdauertraining* (mittlere Krafteinsätze mit hohen Wiederholungszahlen mit über 10 mmol/l Laktatbildung). Bei einem Belastungsabbruch deutlich vor der letzten Wiederholung bleiben die Laktatwerte bei 4–8 mmol/l (Boeckh-Behrens und Buskies 2014). In bestimmten Phasen des Trainings sollte eine hohe Laktatkonzentration vermieden werden, da sich negative Auswirkungen auf den Organismus und die Ausdauerfähigkeit einstellen können. Anaerob-alaktazide Energiebereitstellung findet im Training mit hoher Intensität bei geringer Wiederholungszahl statt (Boeckh-Behrens und Buskies 2014).

Mechanische und metabole Trainingsebene

Für das Krafttraining ist die Unterscheidung in die mechanische und die metabole Trainingsebene relevant (Strass 1986):

- Die *metabole Ebene* basiert auf Sauerstoffschuld und hypoxischen Nebenprodukten (Laktat). Dadurch werden primär die aerobe und die anaerobe Leistungsfähigkeit der Muskulatur entwickelt.
- Die *mechanische Ebene* zielt auf Mikrotraumata, wodurch eine Hypertrophie u. a. durch eine Proteineinlagerung entsteht.

Im Gegensatz zur mechanischen Ebene, die nicht im Wasser trainiert werden kann und deshalb das Krafttraining an Land als „Voraussetzungstraining“ erfordert, kann die metabole Ebene spezifisch im Wasser trainiert und muss nicht mit allen Nachteilen der Semispezifik an Land absolviert werden.

Es ergibt sich die Frage, ob ein Leistungsschwimmer separat Kraftausdauer trainieren muss oder ob die allgemeinen Schwimmprogramme genügen, um die metabole Ebene zu entwickeln. Aktuell geht man davon aus, dass die Trainingsprogramme an Land ausschließlich maximalkraftorientiert auszurichten sind.

Es ist nachvollziehbar, dass im Nachwuchsbereich primär das Hypertrophietraining als Form des Maximalkrafttrainings infrage kommt, da beim IK-Training sehr hohe Widerstände eingesetzt werden (Vgl. Ehlenz et al. 2003).

Zu berücksichtigen ist, dass ein dominantes Hypertrophietraining die Explosivität negativ beeinflussen kann. Deshalb ist diese Trainingsform nicht unmittelbar in Wettkampfnähe zu absolvieren (Schlumberger 2000).

1.5 Übungen und Methoden

Die verschiedenen Trainingsmethoden werden im Allgemeinen durch die Art der Übung, die Übungsausführung, die Belastungsmerkmale, insbesondere die Belastungsintensität, die intra- und interserielle Pausengestaltung, die Anzahl an Serien und die Bewegungsgeschwindigkeit beschrieben. Diese verfügen über eine vielfältige Variationsbreite und Komplexität (Fröhlich et al. 2008).

Die Trainingssteuerung erfolgt traditionell über die Bestimmung der Maximalkraft. Dabei gibt es aber folgendes Problem. Ein im Maximalkrafttest festgestellter Wert muss nicht wirklich der Maximalkraftwert sein, da z. B. motivationale oder koordinative Aspekte zum Nichterreichen des Maximums führen können. Im Nachwuchstraining sind Maximalkrafttests ohnehin nur bedingt möglich. Die alternative Form zur Bestimmung der Maximalkraft wird mittels der maximalen Wiederholungszahl, konkret als Prozentwert der maximalen Kraft, ermittelt. Auch hier zeigen die Untersuchungen von Boeckh-Behrens und Buskies (2014), dass z. B. bei gleicher Maximalkraft während einer bestimmten Übung die untersuchten Personen bei identischem Prozentsatz der maximalen Kraft erhebliche Unterschiede bezüglich der maximalen Wiederholungszahlen festgestellt wurden. Obwohl beide Methoden in der Praxis gängig sind, sollte man sich nach diesen kritischen Einschätzungen an Boeckh-Behrens und Buskies (2014, S. 70) orientieren. Sie empfehlen z. B., durch Ausprobieren 15–20 Wiederholungen für das Hypertrophietraining zu veranschlagen.

Folgende allgemeine Rahmenbedingungen gelten im Krafttraining (Pauls 2011):

- Komplexe Übungen vor isolierten Übungen
- Schnelligkeitstraining vor Krafttraining
- „Krafttraining vor Ausdauertraining“
- Gleiche Muskelgruppen werden hintereinander trainiert (6–10 Übungen, 15 bis max. 30 Übungen.)

Zusätzlich hält Pauls (2011) ein 2- bis 3-mal wöchentliches Krafttraining für einen Zuwachs der Kraftfähigkeit optimal.

Das Mehrsatztraining mit drei Serien empfiehlt er für ein zur Sportart ergänzendes Krafttraining. Die Ausnahme für das Einsatztraining stellt die Anwendung des HIT (hoch intensive Training) dar, um das Krafttraining abwechslungsreich und trotzdem effektiv zu gestalten.

Nach Kraft- und Schnelligkeitstraining ist ein Beweglichkeitstraining wenig effektiv. Eine Durchführung in diesem Fall dient mehr für Kompensation.

Organisationsformen

Die beiden klassischen Methoden sind das *Stationstraining* und das *Kreis- oder Zirkeltraining*. Nach Pauls (2011, S. 73) ist das Stationstraining die „Methode der Wahl“: „Für jede spezifische Übungsausrichtung, z. B. das konditionelle Ausschöpfen des Muskels für die Zielstellung Maximal- oder Ausdauerkraft, ist das Stationstraining gegenüber dem Zirkeltraining effektiver“ (Einige Autoren

differenzieren Kraft zusätzlich in die Ausdauerkraft. Dabei wird zwar noch auf aerob-anaerobem Weg Energie bereitgestellt, aber tendenziell in Richtung Ausdauertraining unterhalb der anaeroben Schwelle (Grosser et al. 2012).

Im Stationstraining wird eine Übung in mehreren Serien trainiert. Dies kann in einem oder mehreren Durchgängen erfolgen. Im Zirkeltraining dagegen wird nach jeder Übung gewechselt und der Kreis mehrfach durchlaufen. Sinnvoll sind 6–12 Stationen mit einer Belastungszeit zwischen 15 und 40 s (Pauls 2011).

Trainingsdidaktik nach Gottlob (2013)

- Der Trainer sollte durchaus eigene Erfahrungen im Krafttraining besitzen, damit er selbst u. a. die Körperwahrnehmung vermitteln und Übungen demonstrieren kann.
- Wesentliche Eckpunkte der Kraftübung sollte der Trainer verbalisieren.
- Der Trainer stabilisiert und korrigiert während der Einführung der Übung bei Bedarf auch mit den eigenen Händen.
- Die biomechanisch korrekte Ausführung der Übung mit einem geringen Widerstand steht am Anfang.
- Die richtige Atemtechnik sollte geschult werden, um u. a. eine Pressatmung zu vermeiden
- Während der Übungsausführung muss eine permanente Kontrolle der Übungsausführung erfolgen. Die Symmetrie der Körperachsen sollte stets erhalten bleiben und unphysiologische Ausgleichsbewegungen vermieden werden. Der korrekte Geschwindigkeitsverlauf während der Übungsausführung muss beachtet werden.
- Die Athleten sollten über die Wirkung und Bedienung von Trainingsmaschinen aufgeklärt werden
- Der Trainer begleitet ständig das Krafttraining und erteilt gegebenenfalls Korrekturen.

Die übergeordneten Ziele des Krafttrainings bestehen in der Erweiterung des Energiepotenzials der Muskulatur durch Dickenwachstum (Hypertrophie) der Muskelfasern als Basis für die Steigerung des Muskelkraftniveaus und in der Verbesserung des Innervationsvermögens der Muskulatur zur schnelleren Kraftentfaltung. Um diese Ziele zu ständig zu gewährleisten, ist die jeweils optimale Organisationsform auszuwählen, da diese u. a. die notwendigen Erholungspausen sichert.

Die Querschnittsvergrößerung eines Muskels kann grundsätzlich mit zwei Theorien erklärt werden (*Hypertrophie* bezeichnet das Dickenwachstum der einzelnen Muskelfasern). *Energiemangeltheorie*: Durch erschöpfende Muskelbelastung kommt es zu einem Energiemangel in der Muskelzelle, der nach der Belastung eine gesteigerte Proteinresynthese und damit einen Mehraufbau an kontraktilem Material auslöst.

- *Theorie des Proteinkatabolismus (Abbau von Muskelproteinen)*: Infolge intensiver Kraftbelastungen kommt es zu Mikrotraumen in den Myofibrillen. Dies löst erhöhte Reparaturmechanismen aus, welche die Synthese kontraktiler Proteine während der Wiederherstellungsphasen stimuliert (de Marées 2003).

Die funktionelle Grundlage für alle Erscheinungsformen der Kraft ist das Maximalkraftniveau. Das Maximalkrafttraining zielt auf die Verdickung der Muskelfasern, was zur Vergrößerung des Muskelquerschnitts bzw. zur Zunahme des Muskelumfangs führt.

Es ist in einer Reihe von Studien nachgewiesen worden, dass ein Krafttraining über zwölf Wochen (3-mal pro Woche) zu einer beträchtlichen Steigerung im Maximalkraftniveau führt, was auch mit der Zunahme im Muskelquerschnitt einhergeht.

Praxistipp

Im Nachwuchstraining kann mit dem Hypertrophietraining zur Entwicklung der Maximalkraft begonnen werden. Das intramuskuläre Koordinationstraining (IK) kann hier wegen der hohen Widerstände noch keine Rolle spielen (Abschn. 4.3).

Parallel können aber Übungen für das spätere IK-Training mit geringen Widerständen („Besenstiel“) im Sinne einer korrekten Technik eingeübt werden.

Die Entwicklung der *Reaktivkraft* verfolgt zwei Ziele und ist insbesondere für den Start und die Wende wichtig:

- Verkürzung des schnellen Wechsels zwischen einer exzentrischen und konzentrischen Muskelaktion (DVZ)
- Verbesserung der Fähigkeit, die exzentrische Muskelaktion zur Verstärkung der konzentrischen Aktion zu nutzen

1.6 Deckeneffekte

Deckeneffekte bezeichnen die zeitlich begrenzte Anpassungsfähigkeit der Muskulatur auf Trainingsreize. Im Training muss berücksichtigt werden, dass die Anwendung einer Methode nur über einen bestimmten Zeitraum zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit führt. Wird diese „unendlich“ ohne Wechsel der Methoden weitergeführt, stellt sich eine Stagnation der Leistung oder sogar eine rückläufige Entwicklung ein.

Fröhlich und Schmidbleicher (2008) weisen in ihrer Studie auf verschiedene Aspekte hin:

- 12–48 h zur Resynthese der Glykogenreserven in Muskulatur und Leber
- 12–72 h für die Synthese von Fermenten und strukturellen Eiweißen
- Neurophysiologische Auslenkungen, kardiovaskulare Reaktionen sowie metabolische Prozesse haben sich nach wenigen Stunden regeneriert

Konsens herrscht aber darüber, dass sich nach einem anspruchsvollen Krafttraining die neurophysiologischen und metabolischen Verhältnisse nach 48 h wieder stabilisiert haben (Fröhlich und Schmidbleicher 2008).

Rahmenbedingungen zur Vermeidung von Deckeneffekten (Grosser et al. 2012)

- *Hypertrophiestraining*: 15–18 Trainingseinheiten, Anpassung nach ca. 4–5 Wochen; nach 12 Wochen (ca. 44 Trainingseinheiten) besteht die Gefahr des Deckeneffekts.
- *IK-Training*: 9–12 Trainingseinheiten, Anpassung nach ca. 3–4 Wochen; Deckeneffekt nach ca. 8 Wochen (ca. 30 Trainingseinheiten).
- *Schnellkrafttraining* erfolgt immer nach den Maximalkrafttraining (Hypertrophie + IK), wobei nach 4 Wochen (ca. 8 Trainingseinheiten) die Gefahr des Deckeneffekts besteht.
- Die *Maximalkraft* stellt die Grundlage für alle anderen Kraftleistungen dar.
- Die *Kraftausdauer* kann ebenso entweder über die Maximalkraft, zunächst Muskelaufbau, dann intramuskuläre Koordination (IK) oder über die verstärkte lokale Muskelausdauer im Bereich der anaeroben Energiebereitstellung entwickelt werden.

1.7 Modelle der Periodisierung (oder Zyklisierung) des Krafttrainings

„Zur langfristigen Initierung möglichst optimaler Adaptationen ist die richtige Dosierung von Belastungs- und Erholungsphasen essenziell. Durch die systematische Methodenvariation, sprich Periodisierung, soll einerseits eine optimale Erholung zwischen den einzelnen Belastungsreizen erzielt, Leistungsstagnationen in Form von Anpassungsplateaus vermieden und andererseits langfristig größere Kraftzuwächse generiert werden“ (Fröhlich et al. 2009, S. 307). Übertrainingszustände sollen vermieden werden. Deshalb wird das Krafttraining periodisiert bzw. zyklisiert, um insbesondere die Deckeneffekte zu verhindern und die Entwicklung der Kraftfähigkeiten zu optimieren.

Die Überlegenheit des periodisierten Krafttrainings gegenüber dem Krafttraining ohne Periodisierung und dies speziell bei Fortgeschrittenen wird von Fröhlich et al. (2009, S. 10) durch viele Studien belegt: „Die Effektstärken bei Primärstudien mit Periodisierung steigen über die Trainingseinheiten an, während sie bei Krafttrainingsinterventionen ohne Periodisierung von zwei über vier Trainingseinheiten kontinuierlich abnehmen.“

Man ist sich grundlegend darüber einig, dass eine Periodisierung im leistungsorientierten Sport innerhalb der zweiten Phase des Aufbautrainings unablässig ist. Dies ist notwendig, um das Training zu optimieren, eine Leistungsstagnation zu vermeiden und zum Wettkampfhöhepunkt

die beste Leistung erbringen zu können. Wagner et al. (2010, S. 80) präzisieren: „Aus biologischen Gründen ist daher ein Wechsel von belastungssteigernden, belastungserhaltenden und belastungsreduzierenden Phasen notwendig.“ Insbesondere will man durch die Periodisierung sogenannte Gewöhnungseffekte vermeiden, die durch längeres Training entstehen können, weil der Organismus auf diese Trainingsreize kaum noch mit Anpassung reagiert. Periodisierung sichert eine ständige Entwicklung der Leistung. Dementsprechend wird ein Trainingsjahr in verschiedene teilweise wiederkehrende Perioden, Zyklen oder Phasen gegliedert. Typisch sind die Einfach-, Zweifach- und Dreifachperiodisierung. Das klassische Trainingsjahr erstreckt sich vom September bis August (Wettkampfhighpunkt WM oder Olympische Spiele). Typische Einteilungsphasen sind die Vorbereitungs-, Wettkampf- und Übergangsperiode, die selbsterklärend sind.

Es existieren das lineare oder Block-Periodisierungsmodell bzw. das nichtlineare oder Wellen-Periodisierungsmodell, die sich durch die Ausdehnung der Zyklen unterscheiden (Fröhlich et al. 2009):

- Im *linearen Periodisierungsmodell* als dem bewährten Modell des Krafttrainings wird ein Trainingskonzept vor allem durch das Ziel und die Methode bestimmt, welche über einen längeren Zeitraum (ca. 6 Wochen) durchgeführt wird. Es beinhaltet einen systematischen und nachhaltigen Aufbau.
Die konkrete zeitliche Einteilung im Schwimmsport ist eine zwei- oder dreifach Periodisierung. Das

Tab. 1.4 Beispiel der linearen Periodisierung im Krafttraining**Makrozyklus zur Steigerung der Maximalkraft über 12 Wochen**

Eingewöhnung, Stabilisieren der Techniken der Kraftübungen 2 Wochen	Hypertrophietrai- ning (Muskelau- bau) 6 Wochen	Intramuskuläres Koordinationstrai- ning (IK) 4 Wochen
---	--	--

Trainingsjahr wird in zwei (Sommer-, Wintersaison) oder drei Makrozyklen unterteilt (Rudolph 2015, Tab. 1.4). Das Krafttraining für Schwimmer könnte man aber auch parallel als Einfach-Periodisierung strukturieren.

Entscheidend für die konkrete Periodisierung im Schwimmsport sind die Wechselwirkungen zum Wassertraining, die Regenerationszeiten und die Wirkungen des Krafttrainings im zeitlichen Kontext (s. Deckeneffekte).

- Innerhalb der *nichtlinearen Periodisierung* wird in sehr kurzen Abständen, durchaus auch täglich, das Training bezüglich der Übungen, der Intensität, des Volumens und des jeweiligen Trainingsziels variiert.

Die wellenförmige Periodisierung bezieht sich auf die Annahme, dass Trainingsprogramme bereits nach sehr kurzer Zeit ihre Effektivität verlieren, und geht von einer zügigen Anpassung des Körpers an die Belastungen aus. Dieses Modell macht vor allem bei bereits über viele Jahre Trainierende Sinn.

1.8 Stabilisations- versus Krafttraining

Natürlich ist die strikte Trennung in Stabilisations- und Krafttraining primär ein theoretisches Konstrukt. Auch beim Bankdrücken ist die Rumpfmuskulatur aktiv!

Während des Schwimmens agieren sehr viele Muskeln simultan und sukzessiv, aber letztendlich immer komplex. Man spricht von einer *kinematischen Kette* oder Muskel-schlinge

Eine Stabilisation des Rumpfes ist beim Schwimmen permanent notwendig. Deshalb ist das Stabilisationstraining nicht nur zur Prophylaxe von Fehlbelastungen und der biomechanisch optimalen Übertragung von Kräften auf die Extremitäten relevant.

Einige Muskeln sind ausschließlich für Stabilisation, andere sowohl für Bewegung und Stabilisation verantwortlich.

Insofern ist durchaus das sogenannte *Funktionelle Training* für Schwimmathleten sinnvoll, welches primär die Stabilisation ansteuert. Der Begriff ist relativ unscharf, betrifft aber die ursprünglich funktionelle, komplexe Motorik eines Menschen, welche durch die bewegungsarme sitzende Lebensform häufig verloren geht. Funktionelles Training bezieht mehrere Gelenke und Muskeln ein und lehnt sich an Alltagsbewegungen oder sportartspezifische Techniken an. Im Stabilisationstraining werden u. a. labile Unterstützungsflächen genutzt. Es werden insbesondere die Muskelgruppen mit gelenknahem Ansatz koordinativ beansprucht. Stabilisationstraining steuert schwerpunktmäßig

die Rumpfmuskulatur an, die für die Ausführung der Schwimmtechniken relevant ist. Es sollte aber nicht ausgetrennt werden, dass auch dynamische Übungen, wie die Kniebeuge, erheblich die Rumpfmuskulatur einbeziehen.

1.9 Abstimmung Wasser- und Landtraining, Dokumentation und Auswertung des Krafttrainings

Die Abstimmung des Land und Wassertrainings ist ein wesentlicher Teil eines erfolgreichen Trainings. Mit zunehmender Trainingshäufigkeit im langfristigen Leistungsaufbau wird diese Abstimmung komplizierter. In Tab. 1.5 ist

Tab. 1.5 Relation von Wassertraining zu Land/Wassertraining.
(Warnatzsch 2014, S. 196)

Wassertraining	Land- und Wassertraining
Grundlagenausdauer (GA) I + II	Stabilisationstraining GA I und GA II
Schnelligkeit (S) + Kompensation (KO)	Stabilisationstraining mit S/SA
Schnelligkeitsausdauer (SA) + Kompensation (KO)	Stabilisationstraining mit WA
Wettkampfspezifische Ausdauer (WA) + Kompensation (KO)	Krafttraining (Maximalkraft (MK), Kraftausdauer (KA), Sprungkraft) + Koordination (Ko) Krafttraining (MK, KA, Sprungkraft) + S Ausdauer an Land + GA I/GA II Ausdauer Land + Koordination (Ko)

Tab. 1.6 Relation von Wasser- und Landtraining. (Wilke und Madsen 2015, S. 227)

Wassertraining	Landtraining
Schwimmtechnik, GA I	Maximalkraft, Hypertrophie- und IK-Training
GA II und GA II (auch Belastungszone (BZ) 1–5)	Schnellkraft und Kraftausdauer
Wettkampfspezifisches Training, Taper	Kraftausdauer, Stabilisations- und Präventionstraining

die von Warnatzsch (2014) und in Tab. 1.6 die von Wilke und Madsen (2015) empfohlene Zuordnung dargestellt von Land- und Wassertraining beschrieben.

Die detaillierte Zuordnung ergibt sich aus der Trainingsplanung. Es sind Ermüdungs-, Anpassungs- und Synergieeffekte des Land- und Wassertrainings zu berücksichtigen. Alle Trainingsmaßnahmen wirken kumulativ!

Die Dokumentation jeder Trainingseinheit an Land ist enorm wichtig. Hier sollten die Übungen, die Höhe des Widerstands, die Anzahl der Wiederholungen und die Pausen durch den Trainer genau protokolliert werden. Im weiteren Verlauf sollte der Athlet sein Krafttraining zunehmend selbst protokollieren, um sich selbst in diesen wichtigen Trainingsbereich zu integrieren. Durch moderne Medien lassen dafür auch bestimmte Apps einsetzen.

Literatur

Boeckh-Behrens, W.-U., & Buskies, W. (2014). *Fitness-Krafttraining: Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit* (16. Aufl.). Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch.

- Costill, D. L., Fink, W. J., Hargreaves, M., King, D. S., Thomas, R., & Fielding, R. (1985). Metabolic changes of skeletal muscle during detraining from competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 339–343.
- Costill, D. L., Maglischo, E. W., & Richardson, A. B. (1992). *Swimming*. Oxford: Blackwell.
- Ehlenz, H., Grosser, M., & Zimmermann, E. (2003). *Kraftraining: Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme* (7. Aufl.). München: BLV.
- Fröhlich, M., & Schmidtbbleicher, D. (2008). Trainingshäufigkeit im Krafttraining – Ein metaanalytischer Zugang. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58, 4–10.
- Fröhlich, M., Müller, T., Schmidtbbleicher, D., & Emrich, E. (2009). Outcome-Effekte verschiedener Periodisierungsmodelle im Krafttraining. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 60, 307–314.
- Gerard, E., Caiozzo, V. J., Rubin, B. D., Prietto, C. A., & Davidson, D. M. (1986). Skeletal muscle profiles among elite long, middle, and short distance swimmers. *American Journal of Sports Medicine*, 14, 77–82.
- Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Sawbert, C. W., Piehl, K., & Saltin, B. (1972). Enzyme activity and fibre composition in skeletal muscle of trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 3, 312–319.
- Gottlob, A. (2013). *Differenziertes Krafttraining* (4. Aufl.). München: Urban & Fischer.
- Grosser, M., Hermann, H., Tusker, F., & Zintl, F. (1987). *Die sportliche Bewegung. Anatomische und biomechanische Grundlagen*. München: BLV.
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (2012). *Das neue Konditionstraining: Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Übungen, Trainingsprogramme* (12. Aufl.). München: BLV.

- Gülich, A., & Schmidbleicher, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihre Trainingsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50, 223–234.
- Gullstrand, L. (1993). Schwimmen. In R. J. Shephard & P. O. Astrand (Hrsg.), *Ausdauer im Sport* (S. 513–522). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Hollmann, W., & Strüder, H. (2009). *Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin* (5. Aufl.). Stuttgart: Schattauer.
- Lavoi, J. M., Taylor, A. W., & Monpetit, D. R. (1993). Histochemical and biochemical profile of elite swimmers before and after six month training period. In E. W. Maglischo (Hrsg.), *Swimming even faster*. Palo Alto: Mayfield Publishing (Erstveröffentlichung 1981).
- Maglischo, E. W. (1993). *Swimming even faster*. Mountain View: Mayfield Publishing.
- Marées, H. de. (2003). *Sportphysiologie* (9. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Nygaard, E., & Nielsen, E. (1978). Skeletal muscle fibre capillarisation with extreme endurance training in man. In B. Eriksson & B. Furberg (Hrsg.), *Swimming medicine IV* (S. 282–293). Baltimore: University Park Press.
- Pauls, J. (2011). *Das große Buch vom Krafttraining* (1. Aufl.). München: Copress Sport.
- Platzer, H. P., Raschner, C., & Patterson, C. (2009). Beziehung zwischen sportmotorischen Parametern und der Leistung beim Freistilschwimmen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 60, 321–326.
- Prins, J. (1981). Muscles and their function. In E. R. Flavell (Hrsg.), *Biokinetics strength training* (S. 72–77). Albany: Iso-kinetics Inc.

- Rudolph, K. (2015). Individualisierung. In Ø. Madsen, K. Reischle, K. Rudolph, & K. Wilke (Hrsg.), *Wege zum Topschwimmer: Bd. 3. Hochleistungstraining*. Schorndorf: Hoffmann (Klaus Rudolph [Herausgeber], Kurt Wilke [Herausgeber], Werner Kandolf [Autor]). https://www.amazon.de/s/ref=dp_byline_sr_book_5?ie=UTF8&text=Werner+K+andolf&search-alias=books-de&field-author=Werner+Kandolf&sort=relevancerank
- Schlumberger, A. (2000). *Optimierung von Trainingsstrategien im Schnellkrafttraining*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Schmidbleicher, D. (1984). Strukturanalyse der motorischen Eigenschaft Kraft. *Lehre der Leichtathletik*, 35, 1785–1792.
- Schmidbleicher, D. (1987). Motorische Beanspruchungsform Kraft. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, (1987), 365–377.
- Schmidbleicher, D. (2003). Motorische Eigenschaft Kraft: Struktur, Komponenten, Anpassungerscheinungen, Trainingsmethoden und Periodisierung. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S. 15–40). Gießen: Sport Media.
- Strass, D. (1986). Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, & R. Reischle (Hrsg.), *International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming (5th: 1986: Bielefeld, Germany) Swimming Science V, International Series of Sport Sciences*. (Bd. 18, S. 149–156). Champaign: Human Kinetics.
- Strass, D. (1994). *Untersuchung zur Ermüdung bei kurzdauender Maximalkontraktion*. Köln: Deutsche Sporthochschule.
- Strass, D., & Wilke, K. (2006). *Masterschwimmen für Wettkampf, Fitness & Gesundheit*. Aachen: Meyer & Meyer.

- Stoboy, H. (1987). Das Krafttraining und seine Bedeutung für den atrophierten und normalen Muskel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 38, 377–386.
- Troup, J. P., Strass, D., & Trappe, T. A. (1994). Physiology and nutrition for competitive swimming. In D. R. Lamb, H.-G. Knuttgen, & R. Murray (Hrsg.), *Physiology and nutrition for competitive sport (perspectives in exercise science and sports medicine)* (Bd. 7, S. 99–124). Carmel: Cooper Publishing Group.
- Wagner, A., Mühlenhoff, S., & Sandig, D. (2010). *Krafttraining im Radsport: Methoden und Übungen zur Leistungssteigerung und Prävention*. München: Urban & Fischer bei Elsevier.
- Warnatzsch, N. (2014). Zum Training von 100- /200-m-Schwimmerinnen im Hochleistungsbereich. In K. Rudolph et al. (Hrsg.), *Wege zum Topschwimmer: Bd. 3. Hochleistungstraining*. Schorndorf: Hofmann.
- Wilke, K., & Madsen, Ø. (2015). Aufbau- und Anschlusstraining. In Ø. Madsen, K. Reischle, K. Rudolph, & K. Wilke (Hrsg.), *Wege zum Topschwimmer: Bd. 2*. Schorndorf: Hofmann.
- Wirth, K., & Schmidtbbleicher, D. (2007). Periodisierung im Schnellkrafttraining. Teil: Physiologische Grundlagen des Schnellkrafttrainings. *Leistungssport*, 2, 35–40.

2

Wie hat Britta Steffen das Krafttraining genutzt, um Olympiasiegerin zu werden?

Britta Steffen und Andreas Hahn

Britta realisierte die klassischen Phasen des langfristigen Leistungsaufbaus in ihrer über 20 Jahre andauernden Laufbahn und konnte einen hohen athletischen Status ausprägen.

Mit sechs Jahren begann sie innerhalb des üblichen Anfängerschwimmens mit dem Schwimmtraining. Nach dem 6. Schuljahr (12 Jahre) wurde sie in die Sportschule Potsdam aufgenommen. Ab 2002 trainierte sie zehn Jahre in Berlin bei Norbert Warnatzsch. Dies war ihr erfolgreichster Abschnitt ihrer Karriere.

Im Jahr 2013 trainierte sie noch eine Saison in Halle an der Saale.

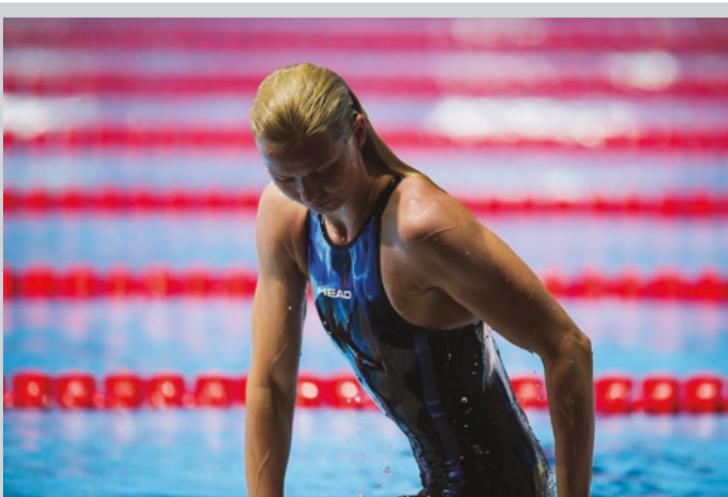
Selbstverständlich kann es nicht darum gehen, die Trainingsinhalte von Britta Steffen zu kopieren. Letztendlich

ist Hochleistungstraining individuell ausgerichtet. Aber im Nachwuchsbereich wird beim Aufbau der Grundlagen relativ einheitlich vorgegangen. Trotz der Empfehlungen, Trainingsinhalte entsprechend dem kalendarischen Alter auszurichten, sollte immer individuell unter Berücksichtigung des biologischen Alters und der speziellen Ressourcen entschieden werden.

Außerdem liegt Brittas Nachwuchstraining einige Jahre zurück; seitdem gibt es eine Vielzahl von neuen Erkenntnissen. Aber unabhängig davon ist es lehrreich, hinter die Kulissen in das Training einer Ausnahmeschwimmerin zu schauen. Ausgangspunkt für diese Analyse sollte der Blick auf den langfristigen Leistungsaufbau sein.

Britta Steffen hat das Krafttraining bewusst in ihrem Training eingesetzt

Britta Steffen ist Doppelolympiasiegerin über 50 m und 100 m Freistil! Beim Rennen 2008 in Peking über 100 m Freistil setzte nach 50 m niemand mehr auf Britta. Sie lag zu diesem Zeitpunkt deutlich an letzter Stelle und konnte erst auf den letzten Metern das Rennen für sich entscheiden! Das bedeutet, dass sie über besondere Ressourcen verfügte, die u. a. auch im Landtraining erarbeitet wurden.



(© Insidefoto/imago)

Im Folgenden wird analysiert, welche Muskelgruppen, mit welchen Methoden und Geräten Britta stetig trainiert hat, um im Wasser so schnell zu sein.

Britta war ständig bereit, ihr Krafttraining zu optimieren, weshalb alle Phasen ihrer Trainingsjahre betrachtet werden müssen. Dass Sie z. B. in der letzten Phase ihrer Karriere überwiegend ohne Geräte an Land erfolgreich trainiert hat, funktionierte nur, weil sie in jeder Trainingsphase die wesentlichen Grundlagen auch durch den Einsatz von Geräten ausgeprägt hat.

2.1 Erste Trainingsphase (6. bis 12. Lebensjahr)

In dieser Trainingsphase (in Schwedt) wurden innerhalb der Grundausbildung und des Grundlagentrainings die traditionellen Trainingsinhalte umgesetzt: Schwimmtraining, 2-mal wöchentlich Sportunterricht in der Schule mit Lauftraining, Turnen und Spiele.

Zusätzlich wurde 1-mal wöchentlich das Landtraining durchgeführt: Training der Rücken- und Bauchmuskulatur, allgemeine Grundübungen, Sprungseilübungen, Spiele und Lauftraining.

Folgerungen aus der ersten Trainingsphase

Um im Grundschulalter erfolgreich zu schwimmen, müssen konditionelle Mindestanforderungen entwickelt werden. Neben der Ausdauer ist die Schulung verschiedener Kraftfähigkeiten von unersetzbarer Bedeutung:

- Training der Muskeln im Rumpf- und Rückenbereich
- Allgemeine Übungen mit dem eigenen Körpergewicht (z. B. Liegestütze in Variationen, Klimmzüge)
- Dehnübungen im allgemeinen Landtraining
- Spiele (Fußball, Feuer-Wasser-Sturm etc.)

2.2 Zweite Trainingsphase (13. bis 18. Lebensjahr)

In dieser Trainingsphase (in Potsdam) besuchte Britta die Sportschule (10-mal pro Woche Wassertraining und 5- bis 6-mal pro Woche Landtraining). Das dortige Training umfasste „Zugtraining“, Krafttraining (Kraftkreis – Herkules) und Lauf über 7 km zu Beginn der Saison. Weiterhin wurden Spiele (auch Fußball), Training der Rücken- und Bauchmuskulatur bzw. der allgemeinen Kraft, einschließlich Lockerung und Dehnung, Winterlager, Abdruckübungen im Kanal sowie Übungen mit dem Sprungseil angewandt.

Mit 13/14 Jahren wurden die Schwerpunkte im Kraft- bzw. Landtraining gesetzt, insbesondere das Training am „Blauen Herkules“, zu diesem Zeitpunkt ein typisches Trainingsgerät in den Sporthallen, an denen mehrere Kraftübungen durchgeführt werden konnten.

Am Herkules wurde das Kreistraining angewandt: 30 s Belastung oder 20 Wiederholungen, 30 s Pause (10 Stationen, 3 Runden), zusätzlich ein wöchentliches Lauftraining über 60 min, Fußball 1-mal wöchentlich, Lockerung/Dehnung: 2- bis 3-mal pro Woche.

Dazu kam der obligatorische Schulsport, bei dem vor allem diverse Spielsportarten angeboten wurden.

Das Training der Rücken- und Bauchmuskulatur (allgemeine Kraft) wurde kontinuierlich fortgesetzt. In Brittas Trainingsgruppe hieß es Kiphuth-Koshkin-Training. Kiphuth ist ein amerikanischer Schwimmtrainer, der Mitte des vergangenen Jahrhunderts die Notwendigkeit erkannte, dass Schwimmathleten auch an Land trainieren müssen,

und diesbezüglich die ersten Übungen entwickelte. Koshkin war ein erfolgreicher russischer Trainer in den 1980er Jahren. Diese Namen waren eine Metapher zur Erhöhung der Motivation für das Landprogramm.

Nur wer stark genug ist, hält durch. Alle anderen steigen aus.

Häufig wurden Übungen innerhalb der Trainingsgruppe im Wettbewerb ausgeführt („Wer kann die Übung am längsten halten oder wiederholen?“).

Britta hatte in dieser Altersphase Reserven im Kraftbereich. Sie war retardiert und relativ schmächtig. Ihre Beweglichkeit war „entwicklungsbedürftig“. Insbesondere die aktive Beweglichkeit und die Beweglichkeit im Hüftgelenk galt es zu verbessern. Folgende Inhalte dominierten das Landtraining:

- Übungen zur Steigerung der allgemeinen Kondition
- Übungen zur Entwicklung der allgemeinen Fitness
- Körperübungen ohne Zusatzgewichte
- Biobank (elektronisch gesteuerte Beanspruchung, damit weniger belastend für das Schultergelenk)
- Zugbanktraining (mechanischer Widerstand durch Gewichte oder Gummiband)
- Hanteltraining
- Schnelligkeitstraining
- Seilspringen: 30 s Springen und 30 s Pause innerhalb des Kreistrainings

- Vielseitige Ausbildung: Spiel und Lauftraining
- Sportunterricht (Vielseitigkeit)

Folgende Schwerpunkte wurden im Landtraining gesetzt:

- Training der Rücken- und Bauchmuskulatur zur Optimierung der Wasserlage
- Abdruckübung im Kanal (Kraft und Technik)
- Lockerung/Dehnung zur Verbesserung der Beweglichkeit
- Krafttraining am Herkules
- Liegestütze, Klimmzüge, Beugestütze
- Partnerübung (z. B. Schubkarre)
- 1–2 × wöchentlich Spiele (z. B. Koordination, Sprint, Sprung, Team Building)
- 10–14 Tage Skilager (2 Tage Langlauf – 1 Tag Alpin)

Mit *15/16 Jahren* war Brittas Maximalkraft gering. Allerdings waren die motorischen Grundeigenschaften wie Schnellkraft und Kraftausdauer bereits gut ausgeprägt. Folgende allgemeine Schwerpunkte wurden gesetzt:

- Arbeit an Grundschnelligkeit und Ausdauer
- Techniktraining
- Stabilisierung der Technik aller vier Schwimmarten (Reserven: der zweite Beinschlag beim Delfinschwimmen; der Brustarmzug und die Technik im Rückenschwimmen waren relativ schwach ausgeprägt, die Kraultechnik war bereits gut ausgebildet)
- Start- und Wendentraining

Besonderheiten ihrer körperlichen Entwicklung zu diesem Zeitpunkt:

- Noch keine Adoleszenz
- Absolute Spätentwicklerin
- Sehr guter Broca-Index (früheres Maß zur Berechnung des Normalgewichts), d. h. relativ geringes Körpergewicht in Bezug zur Körpergröße
- Beweglichkeit im Schulterbereich war sehr gut entwickelt

Folgerungen aus der zweiten Trainingsphase

Beginn mit dem Krafttraining an Geräten. Der „Blaue Herkules“ stand im Mittelpunkt des Krafttrainings:

- Beinbeuger und -strekker
- Aufrichtung aus der Rückenlage
- Bankdrücken
- Trizepsdrücken
- Beugestütze
- Latzug
- Seilsprung
- Sprünge auf und über Hocker
- Klimmzüge
- Liegestütze
- Werfen des Medizinballs gegen die Wand
- Butterfly

Folgende Inhalte sollten wesentliche Bestandteile des Trainings sein:

- Zehn Stationen über drei Runden: 30 s oder 20 Wiederholungen (Belastung) – 30 s Pause (Erholung)
- 5- bis 6-mal pro Woche Kraftschulung
- Lauftraining



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Die Tab. 2.1 spiegelt eine aussagefähige Dokumentation des Trainings von Britta Steffen über sechs Jahre wider.

2.3 Dritte Trainingsphase (18. bis 20. Lebensjahr)

In dieser Phase (in Berlin) wurde vor allem ein kraftausdauerorientiertes Kreistraining, primär für die Rücken- und Bauchmuskulatur ausgeführt. Zudem wurden die unteren Extremitäten trainiert.

Tab. 2.1 Trainingsdaten von Britta (11.–16. Lebensjahr)

Alter (Jahre)	Trainings- stunden H_2O (h)	Trainings- stunden „an Land“ (h)	Trainings- stunden gesamt (h)	Geschwom- mene Stre- cke (km)	Train- nings- wochen
11	293	75	368	752	40
12	346	108	454	1125	44
13	507,5	172,5	680	1216,2	45
14	601,5	285,5	887	1548,7	53
15	650	273	923	1700	47
16	950	330	1280	2500	56

Die Übertragung ins Wasser erfolgte durch Übungen mit dem Schleppring (hält Beine beim Ar�mtraining zusammen und saugt sich voll Wasser als Widerstand) und mit Paddles.

Mit 21 Jahren wurde über sechs Monate hinweg das Landtraining in der Höhenkammer eingeführt. Darüber hinaus standen wöchentlich 1,5–3 h Laufen oder Radfahren auf den jeweiligen Ergometern auf dem Programm.

Folgerungen aus der dritten Trainingsphase

- Weitere Entwicklung der verschiedenen Kraftfähigkeiten (2- bis 3-mal pro Woche)
- Kraftkreise eher ausdauerorientiert (100 Wiederholungen pro Gerät bzw. Übungen)
- Spezielles Beinkrafttraining zur Verbesserung von Start und Wende; Ausdauertraining (Beinbeuger und Beinstrecker); 1-mal pro Woche über 1 h
- Lauf- bzw. Radtraining auf den jeweiligen Ergometern
- Radtraining

2.4 Trainingspause (22. Lebensjahr)

Nach einer Trainingspause von drei Monaten Anfang ihres 22. Lebensjahres hat Britta gedanklich ihr Training kritisch hinterfragt und mit ihrem Trainer eine Standortbestimmung durchgeführt, um sich in der Weltspitze etablieren zu können. Bereits als junges Mädchen führte sie häufig und gern Kraft-Übungen durch. Seit der ersten Klasse hat sie jeden Abend vor dem Fernseher mit ihrem Bruder die Füße an die Anbauwand gestellt und 100 Liegestütze absolviert und zusätzlich ihr Klimmzugtraining ausgebaut. Es gab keine Schwimmerin, welche in dieser Anzahl korrekte Klimmzüge ausführen konnte. Ihr Ziel war, zehn Klimmzüge zu schaffen. So führte sie teilweise 1 h lang mit Pausen Klimmziehen durch. Schließlich waren ihre Bestwerte 175 Klimmziehen in 1 h mit verschiedenen Griffhaltungen bzw. 450 Liegestützen mit verschiedenen Haltungen!

Das gab ihr „mentale Energie“. Wenn sie auf den Startblock gestiegen ist, hat sie sich gesagt: „Keine von euch kann das, was ich kann.“ Das war eine mentale Quelle. Sie führte Klimmzüge teilweise mit einer Zusatzlast von 10 kg aus.

Britta hat das Krafttraining mit 27 Jahren weiter ausgebaut. Sie spricht von sich: „Ich war damals wirklich ein kleiner Bodybuilder, hatte überragende Kraftwerte, die so hoch waren wie noch nie. Aber im Wettkampf habe ich nur noch bis 75 m überzeugt. Für den Rest war ich absolut muskulär blockiert.“ Offensichtlich setzte hier die zeitweilige „Blutsperre“ durch den Muskelinnendruck

aufgrund des bisherigen relativ hohen Energieflusses pro Zeiteinheit ein (Grosser et al. 2012).

Folgerungen der vierten Trainingsphase

Nach ihrer „Auszeit“ begann Britta, sich überwiegend dem Krafttraining mit dem eigenen Körpergewicht zu widmen; dies realisierte sie acht Jahre.



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Jeweils am Montag und Freitag führte sie ein klassisches Krafttraining an Geräten durch, am Dienstag und Donnerstag dagegen ein spezielles Training der Rücken- und Bauchmuskulatur sowie ein Stabilisationstraining.

Sporadisch trainierte sie an einem Schwimmwiderstandsgerät im Wasser (der Schwimmer ist mit Gürtel und Leine an einem an Land stehenden Gerät verbunden, an dem mithilfe von Gewichten der Widerstand erhöht wird).

2.5 Vierte Trainingsphase (22. bis 28. Lebensjahr)

In dieser Phase (in Berlin) wurde zunehmend ein *exzessives Körperkrafttraining* durchgeführt: Klimmzüge, Liegestütze, Beugestütze und zusätzlich 1-mal wöchentlich die Muskulatur der unteren Extremitäten beansprucht. 2-mal wöchentlich trainierte Britta ca. 2 h auf dem Fahrradergometer und Laufband. Weiterhin wurde 2-mal pro Woche das HIT-Training aufgenommen, 1-mal pro Woche ca. 45 min Sprungkrafttraining vollzogen und 2-mal pro Woche mit dem Schlingentrainer geübt.

Nach Deutung der Wiederholungszahlen in der Tab. 2.2 wurde hier primär im Hypertrophietraining agiert. Bemerkenswert ist die Anlehnung an Schwimmprogramme mittels „Abgangszeit“ alle 3 min. Gefordert waren acht Wiederholungen. Nach jeder Übung wurden eine Puls- und Laktatmessung (Ausgangswert des Laktats in diesem Beispiel lag bei 0.9 mmol/l) vorgenommen. Die Gesamtdauer betrug 69 min. Dieses Beispiel war auch Bestandteil des Höhentrainings in Spanien, Sierra Nevada.

Tab. 2.2 Beispiel Krafttraining von Britta mit 27 Jahren, konziert von ihrem Trainer Norbert Warnatzsch

Nr.	Übung	Wiederholungen	Gewicht (kg)	Puls (min ⁻¹)	Laktat (mmol/l)
1	Klimmzug Ristgriff	2 × 4	Körpergewicht	154/165	3,4
2	Klimmzug Kammgriff	4/3	Körpergewicht	163/160	3,9
3	Incline (Schrägbankdrücken am Gerät)	8	65	130	4,1
4	Anreißen-Kurzhantel	8	12,5	137	4,2
5	Anreißen-Langhantel	8	60	122	4,3
6	Bankdrücken Langhantel	6 mit Hilfe	50	119	5,0
7	Anreißen am Gerät	8	130	147	5,6
8	Wadenheben im Stand mit Langhantel	16	60	109	5,3
9	Beinpresse	8	210	140	5,2
10	Leg curl	7	110	133	5,9
11	Beinstrecker	8	150	144	6,5
12	Hüftaddukto-ren	8	110	120	–
13	Hüftabduktoren	8	90	113	6,4
14	Curls Kurzhantel rechts	8	12,5	117	–
15	Curls Kurzhantel links	8	12,5	117	5,9

(Fortsetzung)

Tab. 2.2 (Fortsetzung)

Nr.	Übung	Wiederholungen	Gewicht (kg)	Puls (min ⁻¹)	Laktat (mmol/l)
16	Rumpfdrehen rechts	8	50	130	–
17	Rumpfdrehen links	8	50	140	4,7
18	Butterfly rückwärts	8	6	108	5,0
19	Butterfly vorwärts	8	6	135	5,2
20	Latissimuszug	8	14	128	5,7
21	Beinrotatoren rechts	8	100	139	–
22	Beinrotatoren links	8	100	139	4,6
23	Telemark	8	40	135	5,1

2.6 Fünfte Trainingsphase (30. Lebensjahr)

Mit dem Wechsel nach Halle an der Saale in ihrem 30. Lebensjahr hat Britta wieder das allgemeine Gerätetraining genutzt, ohne jedoch Kraftübungen mit dem eigenen Körper zu vernachlässigen, es jedoch zu diesem Zeitpunkt zu ergänzen.

Folgerungen der fünften Trainingsphase

Diese Trainingsphase war sehr kurz, da Britta ihre leistungssportliche Karriere im gleichen Jahr beendete.



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

2.7 Weitere Aktivitäten von Britta in ihrem Krafttraining

Entwicklung der Rumpfmuskulatur

Die Rumpfmuskulatur ist für das Leistungsschwimmen enorm relevant. Daher trainiert Britta sehr häufig und regelmäßig die Rücken- und Bauchmuskulatur sowie die allgemeine Körperkraft (Klimmzüge, Liegestütze, Beugestütze).

Sprungkrafttraining und Seilspringen hatten einen positiven Einfluss auf die Entwicklung ihrer Rumpfmuskulatur. Des Weiteren bewährten sich Abdruckübungen im Kanal (fixiert in einen Gurt). Dadurch konnte Britta ihre Technik optimieren und simultan ihren Rumpf aktivieren. Dieses Kanalprogramm betrieb Britta in ihrer frühen Trainingsphase in Potsdam. In Berlin arbeitete Britta im Wasser häufig mit einem Schleppring. An Land wurde 1× pro Woche ein spezielles Beinkraftraining absolviert. In den letzten Trainingsjahren in Berlin wurde zunehmend ein Schlingentrainer eingesetzt.



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Entwicklung der Muskulatur der unteren Extremitäten (Sprungkrafttraining)

Das Sprungkrafttraining war in Potsdam Bestandteil des Sportunterrichts (Weit- und Hochsprung) und in das Krafttraining (z. B. Banksprünge) integriert. In Berlin wurde während des Sprungkrafttrainings zusätzlich ein Beinkrafttraining durchgeführt. Mit 27 Jahren arbeitete Britta ca. zwei Jahre 2-mal wöchentlich mit einem Spezialisten für die Entwicklung der Sprungkraft zusammen. Es wurden ca. 30 min diverse Sprungprogramme (z. B. Hürdensprünge) trainiert.



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Sensomotorisches Training

Erst mit dem Training in Berlin wurden Schwingstäbe, Sling Trainer, Therabänder und Pezzibälle eingesetzt. In Abhängigkeit vom Trainingsabschnitt trainierte Britta mit diesen Geräten 2- bis 3-mal pro Woche über 20 min, eingebunden ins tägliche Landtraining.

In Potsdam und Berlin wurden nach jedem Einschwimmen sensomotorische Übungen trainiert.



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Training mithilfe der Zugbank

Bei diesem Training wurde permanent eine Qualitätskontrolle der Technik (z. B. Ellbogenvorhalte) vorgenommen. Die Technik stand vor der Wiederholungsanzahl!

Typische Programme waren in Potsdam zum Beispiel:

- 10×30 s, Abgangszeit 1 min
- 8×2 min, Abgangszeit 4 min
- 6×4 min, Abgangszeit 6 min
- 10×10 Züge (jeweils im Wechsel auf einen hohen Kraftwert bzw. auf Schnellkraft ausgerichtet).

In Berlin hat Britta noch zwei Jahre mit der Zugbank gearbeitet, dann allerdings aufgrund von Schulterproblemen mit Therabändern geübt und nicht mehr an der Zugbank. Ursprünglich wurde dieser Bereich „semispezifisches Training“ genannt, welcher gegenwärtig umstritten ist (dsv 2017).



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Langhanteltraining

Die Langhantel hat Britta sehr spät eingesetzt. Erst mit 25 Jahren hat sie 2-mal pro Woche mit einem Trainer aus dem Gewichtheben sechs Wochen gearbeitet (Kniebeuge, Kreuzheben und Anreißen). Sie hat sehr schnell an Oberschenkelmasse gewonnen, die aber beim 100 m Freistil im Wettkampf nach 75 m so fest wurde, dass dieses Training nicht fortgeführt wurde. Stattdessen wurde wieder das Krafttraining mit dem eigenen Körper favorisiert, zumal Brittas Stärke im Oberkörper lag und schmalere Beine besser zu ihrem Schwimmstil passten.

Aus dieser Sicht ist das modere Langhanteltraining für Transferprozesse zum Schwimmen zu optimieren. Uneingeschränkt positiv ist dieses Training für Start und Wende; insofern sollte es Bestandteil des allgemeinen Krafttrainings sein.

Die Bewegung mit der Langhantel ist eine den Körper öffnende Aktion, d. h., die Arme entfernen sich vom Körperzentrum. Beim Schwimmen hingegen dominiert ein zum Körperzentrum verlaufender Krafteinsatz der Arme. Die Beinbewegung von Brustschwimmern profitiert vom Langhanteltraining, die Kraul- und Delfinbeinbewegung nur partiell für die Hüftstreckung.

Aus diesem Grund sind z. B. folgende Anforderungen aus einem Krafttraining für Schwimmer nicht auszuschließen:

- Netz- und Stangenklettern
- Seilklettern
- Klettern, Bouldern

- Schwingen von Ring zu Ring
- Überkopfzug mit verschiedenen Geräten
- Kabelziehen in Rückenlage
- Latziehen
- Ellbogenstreckbewegungen
- Rückenstreckübungen

Interessant ist, dass James Counsilman bereits in den 1970er Jahren in seiner „Bibel des Schwimmsports“ (Counsilman 1968) fünf grundlegende Langhantelübungen für Schwimmer vorgestellt hat, wovon aber vier auf die schwimmspezifische Armbewegung ausgelegt waren!



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Prophylaktisches Training

Britta führte neben dem Training der Rücken- und Bauchmuskulatur ausgiebig Lockerungs- und Dehnungsprogramme durch. Diese waren für sie begleitende Leistungsvoraussetzungen. Massagen nutzte Britta ca. ab dem 16. Lebensjahr in Potsdam und bei Maßnahmen des Deutschen Schwimm-Verbandes. Ab dem 18. Lebensjahr ging Britta regelmäßig 1-mal pro Woche zur Massage. In der Herbst- und Wintersaison besuchte sie 1-mal wöchentlich die Sauna.



(Quelle: Dr. Günther Bernstein)

Transfer der erworbenen Fähigkeiten an Land auf das Schwimmen

Das spezifische Krafttraining im Wasser umfasste das Training mit dem Schleppring. 1- bis 2-mal pro Woche wurden im Strömungskanal Abdruckübungen absolviert.



(© Camera 4/imago)

Andere Sportarten, die das Schwimmtraining positiv ergänzten

Die jährlichen Skilager (Langlauf, Abfahrt) entwickelten Brittas allgemeine Kondition und werden von ihr sehr empfohlen. Auch das Training mit dem Kanu-, Ruder- und Radergometer sowie auf dem Laufband wurden

alternativ ergänzend genutzt, um die *allgemeine Ausdauer* zu entwickeln. Kletterwände (Bouldern) wären auch aus ihrer Sicht zu empfehlen. Dies hätte Britta sehr gern einmal pro Woche eingebaut, wenn es möglich gewesen wäre.

Fazit

Brittas Analyse des Krafttrainings zeigt, dass sie das Krafttraining sehr akribisch und bewusst eingesetzt hat. Sie hat verschiedene Reize im Krafttraining gesetzt, aber über längere Zeiträume immer eine gewisse Trainingslogik beibehalten und war immer offen für „Neues“.

Das Krafttraining hat sich innerhalb ihrer Karriere *inhaltlich* und *strukturell* verändert. Jede einzelne der fünf Phasen ihres Krafttrainings besaß einen eigenen Schwerpunkt. Vermutlich ist es ihr dadurch gelungen, ständig neue Reize für eine weitere Entwicklung zu setzen. Einzelne inhaltliche Phasen bedingen sich einander.

Ihr Krafttraining an Land orientierte sich sowohl an neurologischen und mechanischen als auch an metabolischen-biochemischen Grundlagen.

Grundsätzlich ist sie nahezu in jeder Trainingseinheit an Land an ihre *individuellen Grenzen* gegangen.

„Du musst schauen, an welcher Stelle es kippt!“ „Du musst herausfinden, mit Wissenschaftlern, mit Physiologen, was für jeden Einzelnen das Beste ist!“ Deshalb ist das für viele Trainer ein so interessantes Feld: Wer reagiert auf was wie? In welche Richtung muss man gehen, um optimale Leistung zu bringen?

Letztendlich sollten Frauen keine Bedenken gegenüber dem Krafttraining wegen des vermeintlichen Muskelzuwachs haben. Bei Frauen hypertrophiert ohnehin die Muskulatur durch Krafttraining nur unwesentlich und nach der leistungssportlichen Karriere reduziert sich außerdem die die antrainierte Muskulatur zügig.

Literatur

- Counsilman, J. E. (1968). *The science of swimming*. Englewood Cliff: Prentice Hall. (Dt. Ausgabe: *Schwimmen. Technik, Trainingsmethoden, Trainingsorganisation*. Wiebelsheim: Limpert Verlag).
- dsv: Rahmentrainingsplan zum Krafttraining im Beckenschwimmen (2017). http://www.dsv.de/fileadmin/dsv/documents/schwimmen/170425_DSV_Rahmentrainingsplan_Kraft_2.pdf. Zugriffen: 26. Apr. 2017.
- Grosser, M., Starischka, S., & Zimmermann, E. (2012). Das neue Konditionstraining: Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Übungen, Trainingsprogramme (12. Aufl.). München: BLV.

3

Welche biologischen Besonderheiten gilt es, beim Krafttraining für junge Schwimmer zu berücksichtigen?

Michael Behringer

3.1 Reifeentwicklung und die Response-Matrix

Schwimmen gehört zu den Sportarten, in denen sehr früh mit dem leistungsorientierten Training begonnen wird. Da sich insbesondere der kindliche und jugendliche Organismus in einem rasanten, entwicklungsbedingten Wandel befindet, treffen die applizierten Trainingsreize auf ganz unterschiedliche Voraussetzungen. Diese individuellen Voraussetzungen werden nach dem Modell von Toigo und Boutillier (2006) als Response Matrix bezeichnet und umfassen neben den entwicklungsbedingten Eigenschaften auch solche wie das Geschlecht und den Ernährungsstatus. Zu den reifeabhängigen Eigenschaften gehören unter anderem die muskuläre Architektur, der Hormonstatus

und die Ansteuerung der Muskulatur über das Nervensystem. Da die trainingsbedingten Anpassungserscheinungen direkt von diesen Voraussetzungen abhängen, kommt der genauen Beschreibung der Response Matrix eine zentrale Rolle zu. Erst die Kombination aus einer präzisen Definition des Trainingsreizes auf der einen Seite und der Eigenschaften der trainierenden Person auf der anderen Seite, ermöglicht eine Interpretation der zu beobachteten Anpassungserscheinungen. So wird ein und derselbe Trainingsreiz bei unterschiedlichen Voraussetzungen ganz unterschiedliche Anpassungen hervorrufen. Zentrales Ziel dieses Kapitels ist es daher, die biologischen Besonderheiten der einzelnen Entwicklungsabschnitte des Reifeprozesses darzustellen und sie in den Bezug zum Krafttraining zu setzen.

In der Praxis werden die Sporttreibenden gerne nach ihrem chronologischen Alter in verschiedene Gruppen eingeteilt. Diese Methode ist zwar einfach in der Durchführung, berücksichtigt aber nicht die oben dargestellten biologischen Reifeprozesse. So können sich gleichaltrige Athleten deutlich in ihren biologischen Voraussetzungen unterscheiden. Daher ist eine Einteilung nach dem biologischen Alter in den meisten Fällen vorzuziehen. Zu den Methoden, die das biologische Alter berücksichtigen, gehören die Einteilungen nach Skelettreife, Menstruationsanamnese, Hormonspiegel und äußeren Geschlechtsmerkmalen. Während die regelmäßige Bestimmung der Skelettreife oder des Hormonspiegels in den meisten Fällen einen unverhältnismäßigen Aufwand bedeuten würde, bietet gerade die Einteilung nach äußeren Geschlechtsmerkmalen eine praktikable und kostengünstige Alternative.

Da gezeigt werden konnte, dass auch eine Selbsteinstufung der Kinder und Jugendlichen anhand von entsprechendem Bildmaterial zu brauchbaren Ergebnissen führt (Chan et al. 2008), ist diese Methode gut geeignet, um selbst größere Athletengruppen in die entsprechenden Entwicklungsstufen einzuteilen.

Zusammenfassung

Trainingsinduzierte Effekte sind nicht nur von dem Trainingsreiz, sondern maßgeblich auch von den individuellen Voraussetzungen abhängig, auf die der Reiz trifft. Daher ist es wichtig, die biologischen Besonderheiten der einzelnen Entwicklungsabschnitte des Reifeprozesses zu kennen und Kinder und Jugendliche nach ihrem biologischen statt ihrem chronologischen Alter einzuteilen.

3.2 Physiologische Muskelkraftentwicklung

Eng mit der Reifeentwicklung verbunden ist die Entwicklung der Muskelkraft. Während bei beiden Geschlechtern vor der Pubertät ein nahezu identischer Kraftzuwachs zu beobachten ist, kommt es mit Beginn der Pubertät zu deutlichen, geschlechtsspezifischen Unterschieden. So setzt sich der lineare Kraftzuwachs bei den Mädchen bis in die Pubertät fort, wohingegen die Jungen einen nahezu exponentiellen Anstieg erfahren (Parker et al. 1990). Letzterer wird meist auf das anabole männliche Sexualhormon Testosteron zurückgeführt, das bei Jungen während der Pubertät stark erhöht ist (Round et al. 1999).

Da sich parallel zu den genannten Kraftzuwächsen auch eine wachstumsbedingte Zunahme der Muskelmasse einstellt, könnte man vermuten, dass die reifebedingten Kraftzuwächse ausschließlich eine Funktion dieser Massenveränderungen sind. Um eine massenunabhängige Kraftangabe zu generieren, wird die Kraft häufig einfach durch die Körpermasse geteilt (N/kg KG). Dieses Vorgehen ist interessant für Sportarten, bei denen die Kombination aus viel Kraft bei wenig Körpergewicht optimale Voraussetzungen schafft, wie zum Beispiel beim Turnen oder Schwimmen. Für andere Sportarten, wie beispielsweise dem American Football, bei dem auch eine hohe Körperfleischmasse von Vorteil sein kann, wäre eine solche Normierung hingegen nicht immer hilfreich. Insbesondere ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Muskalkraft nicht linear mit der Muskelmasse verändert und die genannte Methode daher ungeeignet ist, um tatsächlich den Einfluss der Masse auf die Kraft zu eliminieren (Rowland 2005). Individuen mit einer größeren Masse würden relativ gesehen schwächer sein als solche mit einer niedrigen Masse. Um die Kraft von zwei unterschiedlich schweren Athleten miteinander vergleichen zu können, sollte die Kraft daher durch das Körpergewicht hoch 2/3 geteilt werden (N/M^{2/3}) (Jaric et al. 2002).

Zusammenfassung

Die maximale Körperkraft steht in einem engen Zusammenhang mit dem Körpergewicht. Da dieser Zusammenhang jedoch nicht linear ist, eignet sich die einfache Division der Kraft durch das Körpergewicht nicht, um eine massenunabhängige Kraftangabe zu erhalten. Besser geeignet ist hier die Division durch die Körpermasse hoch 2/3 (N/M^{2/3}).

3.3 Muskeldicken- und Längenwachstum

Es wird davon ausgegangen, dass die wachstumsabhängige Zunahme der Muskelquerschnittsfläche primär auf ein Dickenwachstum (Hypertrophie) und weniger auf eine Vermehrung (Hyperplasie) der Muskelfasern zurückzuführen ist (Rowland 2005). Weisen die Fasern bei Geburt noch einen Durchmesser von gerade einmal 20 µm auf, so lassen sich in der Pubertät 20fach höhere Werte messen (MacIntosh et al. 2006). Betrachtet man den Gesamtquerschnitt der Muskulatur, so zeigen sich beispielsweise für die Ellbogenbeuger und -strekker bereits vor der Pubertät größere Muskelquerschnitte bei den Jungen, die sich während und nach der Pubertät noch weiter verstärken (Deighan et al. 2006). Wie bereits angedeutet, steht die Muskelmasse in einem engen Zusammenhang mit der maximalen Muskelkraft. Abgesehen von der Muskelmasse beeinflussen jedoch auch qualitative Eigenschaften die Muskelkraft. Dies wird deutlich, wenn man sich anschaut, wie viel Kraft pro Muskelquerschnittsfläche generiert werden kann. So konnten Castro et al. (1995) zeigen, dass die Kraft von untrainierten männlichen Personen deutlich niedriger lag ($2,1 \pm 0,5 \text{ N/cm}^2$) als bei trainierten Personen ($2,8 \pm 0,4 \text{ N/cm}^2$). Die Veränderung der Muskelkraft ohne Veränderung der Muskelmasse soll im nächsten Abschnitt näher betrachtet werden.

Neben einer Veränderung der Muskeldicke stellt sich im Zuge des Körperwachstums naturgemäß auch eine Zunahme der Muskellänge ein. Dabei kommt es sowohl

zu einer Anlagerung neuer Funktionseinheiten (sog. Sarkomeren) an den jeweiligen Enden der Fasern sowie zu einer Längenzunahme der einzelnen Funktionseinheiten selbst (Malina et al. 2004; Williams und Goldspink 1971). Der entscheidende Wachstumsreiz entsteht dabei durch die knochenwachstumsbedingte Entfernung von Ursprung und Ansatz der Muskeln, was letztlich zu einem Dehnungsreiz führt (Parker et al. 1990). Da die maximale Kontraktionsgeschwindigkeit direkt von der Faserlänge abhängig ist (Edman et al. 1985), ist auch dieses Wachstum für das Verständnis der Muskelkraftentwicklung von Kindern und Jugendlichen von Bedeutung. O'Brien et al. (2010) konnten in diesem Zusammenhang zeigen, dass die Länge der Muskelfaserbündel bei Erwachsenen größer ist als bei Kindern. Das konstant bleibende Verhältnis zwischen Muskelfaserbündel- und der Muskel-/Sehnenlänge, so die Arbeitsgruppe, führt jedoch zu einer vergleichbaren Verkürzungsgeschwindigkeit zwischen Kindern und Erwachsenen.

Insgesamt resultiert aus der Muskeldicken- und Längenzunahme eine Vergrößerung der Gesamtmuskelmasse. Diese Vergrößerung verläuft jedoch nicht proportional zum sonstigen Körperwachstum. Macht die Muskelmasse bei Geburt nur etwa 25 % des gesamten Körbergewichts aus, sind es bei Erwachsenen etwa 40 % (Malina et al. 2004). Hinzu kommt eine leichte Umverteilung der Muskulatur von den Extremitäten zum Rumpf. Ergebnisse einer groß angelegten MRT-Studie weisen darauf hin, dass bei Erwachsenen 53 % der Muskulatur im Bereich der Extremitäten liegen, während dieser Bereich bei prä- und intarapubertären Kindern 56 % ausmacht (Kim et al. 2006).

Verglichen mit den Mädchen, zeigen Jungen mit Beginn der Pubertät darüber hinaus ein besonderes Wachstum der Oberkörpermuskulatur, was als Folge einer besonderen Testostersensitivität dieser Muskeln interpretiert wird (Jones und Round 2008).

Zusammenfassung

Die wachstumsbedingte Zunahme der Muskelmasse beruht primär auf einer Zunahme der Muskelfaserdicke (Hypertrophie) und weniger auf einer Zunahme der Muskelfaseranzahl (Hyperplasie). Hinzu kommt ein Längenwachstum der Muskelfasern durch Anlagerungen neuer Sarkomere und einer Längenzunahme der einzelnen Sarkomere.

3.4 Massenunabhängige Veränderungen der Muskelkraft

Die Gründe dafür, dass Kinder pro Muskelquerschnittsfläche weniger Kraft produzieren können als Erwachsene, sind Unterschiede in der Ansteuerung durch das Nervensystem sowie qualitative Veränderungen der Muskulatur. Zu den qualitativen Veränderungen gehören verbesserte Hebelarmverhältnisse (Sehneninsertion in größerem Abstand zum Gelenk) (O'Brien et al. 2009), eine veränderte Faserzusammensetzung (Anstieg des Typ-II-Faseranteils) (Lexell et al. 1992) und größere Fiederungswinkel im Erwachsenenalter (Kurihara et al. 2007). Insgesamt ist die Datenlage zu diesen Veränderungen aber bislang nicht ausreichend, um eine abschließende Bewertung der Faktoren vorzunehmen.

Neurologisch scheinen mehrere Aspekte das verminderte Kraftpotenzial pro Muskelquerschnittsfläche zu beeinflussen. So ist bekannt, dass Kinder willentlich nicht ihr komplettes Kraftpotenzial ausschöpfen können (Falk et al. 2009). Dies wird sichtbar, wenn während einer maximalen isometrischen Kontraktion ein zusätzlicher elektrischer Stimulus auf die Muskulatur appliziert wird. In einer Untersuchung von Grosset et al. (2008) wurde festgestellt, dass so die Kraft von siebenjährigen Kindern um etwa 13 % gesteigert werden konnte, wohingegen bei Erwachsenen nur noch eine zweiprozentige Kraftsteigerung zu erreichen war. Zudem scheint es bei jüngeren Kindern zu einer stärkeren Anspannung der muskulären Gegenspieler zu kommen, wodurch die generierte Kraft vermindert ist (Grosset et al. 2008). Auch diese neurologische Besonderheit scheint mit dem Alter abzunehmen. Letztlich sind Unterschiede im Rekrutierungsmuster als potentielle Ursache für massenunabhängige Kraftunterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen anzuführen. So ist denkbar, dass Kinder selbst bei einer maximalen willkürlichen Kontraktion weniger Typ-II-Fasern rekrutieren als Erwachsene (Falk et al. 2009). Unterstützt wird diese Vermutung durch die Beobachtung, dass die erzeugte Kraft von Erwachsenen zwar höher ausfällt, dafür aber die muskuläre Ermüdung deutlich schneller eintritt als bei Kindern (Halin et al. 2003).

Letztlich wird vermutet, dass die Reifung der Nervenbahnen einen entscheidenden Einfluss auf die Muskelkraft hat. Eine noch unvollständige Ummantelung der Nervenbahnen macht die Generierung hoher Kontraktionskräfte

unmöglich (Faigenbaum 2008). Es ist bislang jedoch unklar, wie lange der Prozess dieser Nervenreifung andauert. Während einige Autoren bereits nach den ersten drei bis sechs Lebensjahren keine Veränderung der Nervenleitgeschwindigkeit mehr feststellen konnten (Moglia et al. 1989), berichten andere von einer kontinuierlichen Zunahme der Leitgeschwindigkeit in den ersten beiden Lebensdekaden (Malmstrom und Lindstrom 1997). Hinzu kommt, dass sich auch die Geschwindigkeit der Erregungsausbreitung entlang der Muskelfasern im Rahmen der Reifeentwicklung verbessert (Cruz Martinez und Lopez Terradas 1990).

Zusammenfassung

Die Tatsache, dass Kinder pro Muskelquerschnittsfläche weniger Kraft generieren können als Erwachsene, weist darauf hin, dass massenunabhängige Faktoren hierbei eine Rolle spielen müssen. Zu diesen Faktoren könnten unterschiedliche Hebelverhältnisse, Faserzusammensetzungen, Fiederungswinkel sowie Unterschiede in der neuronalen Ansteuerung gehören.

3.5 Trainierbarkeit der Muskelkraft

Es ist wichtig, die physiologische Entwicklung der Muskelkraft von ihrer Trainierbarkeit abzugrenzen. Lange Zeit ging man davon aus, dass ein Krafttraining im Kindesalter weitgehend uneffektiv ist, da die Serumkonzentrationen anaboler Hormone weit unter denen von postpubertären

Jugendlichen und Erwachsenen liegen (Katch 1983). Insgesamt finden sich jedoch nur wenige Studien, welche die These der verminderten Trainierbarkeit tatsächlich untermauern. Vielmehr haben mittlerweile mehrere Metaanalysen gezeigt, dass unterschiedlichste Trainingsprogramme in der Lage waren, die Kraft von Kindern und Jugendlichen signifikant zu verbessern (Behringer et al. 2011; Falk und Tenenbaum 1996). Dabei sind die erzielten Kraftgewinne sogar vergleichbar mit denen aus dem Erwachsenenalter und liegen, über alle Studien hinweg, bei etwa 14–30 % (Falk und Tenenbaum 1996). Das bedeutet, dass in Phasen hoher Konzentrationen anaboler Hormone nicht von einer besonderen Trainierbarkeit ausgegangen werden kann. Dies wird unterstützt durch eine Metaanalyse zu diesem Thema, die einen linearen Zusammenhang zwischen Krafttrainierbarkeit und dem chronologischen Alter hat finden können und dies ohne besonderen Anstieg der Trainierbarkeit in den Altersstufen der Pubertät (Behringer et al. 2011). Diese Ergebnisse stehen im deutlichen Gegensatz zu früheren Vorstellungen zur Krafttrainierbarkeit. So dokumentierte Hettinger (1958) bei zehnjährigen Jungen eine um ca. 40 % reduzierte Krafttrainierbarkeit im Vergleich zu 25-jährigen Männern.

Darüber hinaus bleibt zu klären, welche Anpassungsprozesse den trainingsinduzierten Kraftverbesserungen zugrunde liegen und ob sich diese zwischen Kindern und Jugendlichen auf der einen und Erwachsenen auf der anderen Seite unterscheiden. In diesem Zusammenhang sind insbesondere Unterschiede in der

trainingsinduzierten strukturellen Muskelanpassung anzu führen. So wird davon ausgegangen, dass aufgrund der geringen Konzentrationen anaboler Hormone im präpubertären Alter Kraftzuwächse primär aufgrund einer verbesserten Ansteuerung durch das Nervensystem entstehen, während strukturelle Anpassungen im Sinne eines Muskelwachstums in diesem Reifestadium kaum zu erzielen sind (Hebestreit et al. 2002).

Da sich im Erwachsenenalter trainingsbedingt sowohl strukturelle (Hypertrophie) als auch funktionelle (nervale Ansteuerung) Verbesserungen einstellen, müssen die neurologischen Anpassungen bei Kindern stärker ausfallen, um die oben beschriebenen, vergleichbaren Kraftzuwächse zu erzielen. Alternativ sind jedoch auch Unterschiede in der Anpassung qualitativer Muskelmerkmale denkbar. Zu diesen könnten beispielsweise Veränderungen der Muskelfasertypen gehören. Da sich Biopsien der Muskulatur von Kindern jedoch aus ethischen Gesichtspunkten in der Regel verbieten, sind derartige Veränderungen bislang unerforscht. Aber auch die neurologischen Veränderungen, die man in der Regel für die massenunabhängigen Kraftzuwächse nach einem Krafttraining verantwortlich macht, sind alles andere als gut belegt (Behringer et al. 2010). Viele der durchgeführten Studien zu neurologischen Krafttrainingsanpassungen weisen eine sehr geringe Probandenanzahl auf, und nur wenige konnten eine signifikante Verbesserung in den erhobenen Parametern finden (Komi et al. 1978; Ozmun et al. 1994).

Zusammenfassung

Die reifeabhängige Muskelkraftentwicklung darf nicht mit der Trainierbarkeit der Muskelkraft verwechselt werden. Übersichtsarbeiten weisen sogar darauf hin, dass sich die trainingsinduzierten relativen Kraftgewinne kaum zwischen Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen unterscheiden. Auch scheinen die drastischen hormonellen Veränderungen in der Pubertät die Trainierbarkeit der Muskelkraft wenig zu beeinflussen.

3.6 Beanspruchung des Stütz- und Bewegungsapparats

Lange Zeit ging man davon aus, dass von einem Krafttraining eine besondere Gefährdung für den unausgereiften Bewegungsapparat ausgeht. Insbesondere die Wachstumsfugen sah man in der Gefahr, durch hohe Zusatzlasten geschädigt zu werden. Daraus resultierten Empfehlungen, die von einem Hanteltraining in der Pubertät abrieten (Hebestreit et al. 2002). Betrachtet man aber die internationale Datenlage, so zeigt sich, dass die Mehrheit der Quellen das Risiko einer Wachstumsfugenschädigung durch ein Krafttraining als gering einschätzt (American Academy of Pediatrics 2001). Behm et al. (2008) kommen zu dem Schluss, dass eine Schädigung der Epiphysenfugen zwar möglich, aber bislang von keiner einzigen prospektiven Krafttrainingsstudie mit adäquater Belastungsprogression und kompetenter Betreuung berichtet worden ist. Auch wird nicht davon ausgegangen, dass sich ein Krafttraining im Nachwuchsbereich anderweitig negativ auf

das Wachstum des unausgereiften Organismus auswirkt (Malina 2006). Nach einer aktuellen Übersichtsarbeit scheinen sich die Kraftbelastungen sogar positiv auf die Knochengesundheit auszuwirken (Behringer et al. 2014). Überraschenderweise wurde dabei gezeigt, dass diese positiven Effekte auf die Knochenmineralisation besonders vor der Pubertät zu beobachten sind.

Eine Auswertung des amerikanischen National Electronic Injury Surveillance System (NEISS) zu den Verletzungen im Krafttraining von Minderjährigen zeigt, dass das Risiko für den Stütz- und Bewegungsapparat eher in andere Bereiche fällt. So waren von den dort angegebenen Verletzungen besonders häufig der Kopf, die Finger, Zehen und Füße betroffen. Als Verletzungsmechanismen wurden zum Beispiel das Stoßen an Geräten oder das Fallenlassen von Hanteln genannt. Daraus lässt sich ableiten, dass insbesondere eine sichere Trainingsumgebung und eine adäquate Betreuung entscheidende Faktoren für die Prävention von Verletzungen darstellen.

Zusammenfassung

Das mit einem Krafttraining bei Kindern und Jugendlichen assoziierte Risiko einer Schädigung des Stütz- und Bewegungsapparats ist weniger auf Überlastungen, sondern eher auf Unfälle im Trainingsraum zurückzuführen. Vor diesem Hintergrund sind eine professionelle Trainingsbetreuung durch geschulte Trainer und ein kindgerechter Trainingsraum besonders wichtig.

3.7 Einfluss des Geschlechts auf das Muskelwachstum und die Kraftentwicklung

Betrachtet man die reifeabhängige Kraftentwicklung im Kindes- und Jugendalter, so zeigt sich eine nahezu lineare Kraftzunahme im vorpubertären Alter, die bei beiden Geschlechtern ähnlich verläuft. Mit Eintritt in die Pubertät kommt es jedoch zu einer rasanten Kraftzunahme bei den Jungen, wohingegen sich der lineare Kraftzuwachs bei den Mädchen bis in die Pubertät fortsetzt (Abschn. 3.1). Als Grund für diese geschlechtsspezifischen Unterschiede wird in der Regel die mit der Pubertät einsetzende Veränderung des Hormonspiegels genannt. Insbesondere das männliche Sexualhormon Testosteron steigt in dieser Phase deutlich an und wird für die zu beobachtenden Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen verantwortlich gemacht (Round et al. 1999). Während sich bei Mädchen die Testosteronkonzentration bis zum 17. Lebensjahr verdoppelt, kommt es bei den Jungen im selben Zeitraum zu einem 20fachen Anstieg der Konzentration (Elmlinger et al. 2005). Außerdem steigt der Anteil der freien und somit biologisch aktiven Form des Testosterons bei Jungen stärker an als bei Mädchen (Elmlinger et al. 2005).

Insgesamt gilt Testosteron als wichtigster reifeabhängiger Einflussfaktor für das Wachstum der Muskulatur und dem damit einhergehenden Anstieg der Muskelkraft (Vingren et al. 2010). Wenngleich die Effekte physiologischer Testosteronkonzentrationen bislang wenig untersucht wurden, werden dem Hormon verschiedene Prozesse

zugeordnet, die für das Wachstum der Muskulatur eine zentrale Bedeutung haben. Liegt Testosteron im Laufe der Entwicklung nicht in ausreichenden Konzentrationen vor, so kommt es zu einer reduzierten Ausbildung der Muskulatur, wie es beim Krankheitsbild des Klinefelter-Syndroms zu beobachten ist (Bhasin et al. 1997).

Round et al. (1999) untersuchten den Einfluss von Testosteron auf die Kraftdifferenz zwischen Mädchen und Jungen, die sich, wie bereits erwähnt, im Zuge der Pubertät besonders stark ausbildet. Die Arbeitsgruppe konnte am Beispiel der Ellenbogenbeuger zeigen, dass die Kraftdifferenz zwischen Mädchen und Jungen zeitlich sehr eng mit dem Anstieg der Testosteronkonzentration verknüpft ist. Dieses Ergebnis unterstreicht damit die zentrale Bedeutung von Testosteron für die bekannten geschlechtsabhängigen Kraftunterschiede zwischen Mädchen und Jungen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass dem Organismus mit dem humanen Wachstumshormon (h-GH) oder dem insulinähnlichen Wachstumsfaktor 1 (IGF-1) neben Testosteron weitere anabole Hormone zur Verfügung stehen, die bereits vor der Pubertät in biologisch relevanten Konzentrationen vorhanden sind (Rowland 2005). Für eine tiefergehende Beschreibung dieser Hormone wird der interessierte Leser auf weiterführende Literatur verwiesen (vgl. Rowland 2005).

Die Bedeutung von Östrogenen auf die Entwicklung der Muskelkraft und -masse ist bislang unklar. Da Östrogene die Sekretion von h-GH stimulieren, das in der Leber die Freisetzung des stark anabolen IGF-1 bewirkt (Christoforidis et al. 2005), könnte man vermuten, dass auch das weibliche Sexualhormon einen positiven Effekt

auf das Muskelwachstum ausübt. Einzelne Tierversuche weisen jedoch eher auf eine hemmende Wirkung auf das Muskelwachstum hin. So wurde berichtet, dass sich durch die operative Entfernung der Eierstöcke und der damit einhergehenden Minderung der Östrogenkonzentration ein verstärktes Wachstum der fettfreien Körpermasse einstellt (Toth et al. 2001). Wurden den Tieren nach der Operation hingegen Östrogene verabreicht, kam es zu einem vermindernden Muskelzuwachs. Demgegenüber stehen die Ergebnisse einer Studie von Mauras (1995) welche die Effekte einer Estradiolgabe auf die Muskulatur präpubertärer Mädchen untersuchte. Eine Beeinträchtigung des Proteinstoffwechsels konnte bei diesen Kindern nicht festgestellt werden. Da gleichzeitig ein Anstieg von IGF-1 zu verzeichnen war, ist denkbar, dass die hemmenden Effekte von Östrogen auf die Muskulatur zum Teil durch die Wirkung von IGF-1 aufgehoben werden. Insgesamt scheinen die weiblichen Sexualhormone jedoch eine untergeordnete Rolle bei dem physiologischen Muskelwachstum einzunehmen.

Zusammenfassung

Vor der Pubertät zeigen Mädchen und Jungen eine vergleichbare Kraftentwicklung. Mit Eintreten in die Pubertät erfährt die Muskelkraft der Jungen jedoch einen deutlichen Schub. Dieser wird üblicherweise durch den drastischen Anstieg des männlichen Sexualhormons Testosteron erklärt. Die Bedeutung des weiblichen Sexualhormons für das physiologische Muskelwachstum ist vermutlich eher gering.

3.8 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Trainierbarkeit der Muskelkraft

Basierend auf den hormonellen Unterschieden zwischen Jungen und Mädchen wäre es naheliegend, von einer verminderten Trainierbarkeit der Muskelkraft der Mädchen auszugehen. Diese Hypothese lässt sich mit den bisher verfügbaren Daten jedoch nicht untermauern. Vielmehr scheint es so zu sein, dass Mädchen durch ein Training vergleichbare Kraftzuwächse erzielen können (Letzelter und Diekmann 1984). Einzelne Studien berichteten in diesem Zusammenhang sogar deutlich größere Effekte bei den untersuchten weiblichen im Vergleich zu den männlichen Probanden. So fand Noack (1956) nach einem 17-wöchigen Krafttraining bei den von ihm untersuchten weiblichen Probanden im Alter von etwa 13 Jahren eine Verbesserung der isometrischen Handgreifkraft von 60 %, wohingegen die gleichaltrigen Jungen nur eine Steigerung von 38 % verzeichnen konnten (Abb. 3.1).

Auch Funato et al. (1987) konnten nach einem zwölfwöchigen isometrischen Krafttraining nur bei sechsjährigen Mädchen einen signifikanten Kraftzuwachs feststellen, wohingegen die gleichaltrigen Jungen sich nicht verbessern konnten. Gleiches galt für die in der Studie untersuchten Probandengruppen der neun- und elfjährigen Mädchen und Jungen, deren Kraft sich nicht signifikant verbesserte. Keine geschlechtsspezifischen Unterschiede konnten hingegen in einer groß angelegten Studie von Kirsten (1963) gefunden werden. Nach einem zwölfwöchigen



Abb. 3.1 Britta Steffen bereitet sich auf das Finale vor. (© Insidefoto/imago)

isometrischen Krafttraining kam es bei den untersuchten Jungen wie bei den Mädchen zu einer Verbesserung der isometrischen Zugkraft von etwa 30 %. Letzelter und Diekmann (1984) berichteten, dass sich die Trainierbarkeit der Arm- und Beinstreckermuskulatur von Mädchen und Jungen im Grundschulalter nicht unterschieden, und auch Hassan (1991) konnte keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Trainierbarkeit finden.

Zusammenfassend weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass die hormonellen Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen zwar wie oben dargestellt die physiologische Reifeentwicklung maßgeblich beeinträchtigen, für die Trainierbarkeit der Muskelkraft aber eher von untergeordneter Bedeutung sind. Diese Vermutung wird unterstützt

durch die Ergebnisse einer aktuelleren Metaanalyse (Behringer et al. 2011), welche die bis August 2009 veröffentlichten deutsch- und englischsprachigen Studien zum Krafttraining im Kindes- und Jugendalter zusammenfasste. Die dort durchgeführte Metaregression zeigte einen linearen Anstieg der Effektivität von Krafttrainingsinterventionen mit zunehmendem Lebensalter. Die Linearität sowie die geringe Steigung der Regressionsgeraden machen deutlich, dass die enormen hormonellen Veränderungen während der Pubertät keinen entscheidenden Einfluss auf die Trainierbarkeit der Muskulatur ausüben. Auch im Erwachsenenalter scheinen die Männer gegenüber den Frauen in Bezug auf die Trainierbarkeit der Maximalkraft nicht im Vorteil zu sein. So fanden Fröhlich und Schmidbleicher (Fröhlich und Schmidbleicher 2008) in einer Metaanalyse zum Einfluss der Trainingshäufigkeit im Krafttraining, dass Frauen sogar etwas stärker von Krafttrainingseinheiten profitierten. Die Effektstärken für zwei, drei und vier Trainingseinheiten pro Woche lagen deutlich über denen der Männer ($p < 0,05$).

Bezogen auf die vorhandene Datenlage zur Trainierbarkeit der Muskelkraft in Abhängigkeit vom Geschlecht im Kindes- und Jugendalter ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich bislang sehr wenige Studien diesem Thema gewidmet haben. Die große Mehrheit der Studien hat entweder ausschließlich männliche Probanden untersucht oder gibt die Ergebnisse nur für die gesamte Gruppe aus männlichen und weiblichen Probanden an. Hinzu kommt, dass es sich bei den verfügbaren Daten meist um sehr alte Studien aus den 1960er und 1970er Jahren handelt, die isometrische Krafttests zur Beurteilung der

Trainierbarkeit herangezogen haben. Vor diesem Hintergrund ist die Bewertung des Geschlechtseinflusses auf die Trainierbarkeit nur eingeschränkt möglich (Behringer et al. 2010).

Zusammenfassung

Entgegen der guten Datenlage zu den geschlechtsspezifischen Unterschieden der reifeabhängigen Muskelkraftentwicklung ist noch unklar, welchen Einfluss das Geschlecht auf die Trainierbarkeit der Kraft hat. Dies gilt es, in zukünftigen Studien zu klären.

Literatur

- American Academy of Pediatrics. (2001). Strength training by children and adolescents. *Pediatrics*, 107(6), 1470–1472.
- Behm, D. G., Faigenbaum, A. D., Falk, B., & Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 33, 547–561.
- Behringer, M., Vom Heede, A., & Mester, J. (2010). *Krafttraining im Nachwuchsleistungssport unter besonderer Berücksichtigung von Diagnostik, Trainierbarkeit und Trainingsmethodik – Wissenschaftliche Expertise des BISp*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Behringer, M., Vom Heede, A., Matthews, M., & Mester, J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 23(2), 186–206. pm://21633132.
- Behringer, M., Gruetzner, S., McCourt, M., & Mester, J. (2014). Effects of weight-bearing activities on bone mineral content and density in children and adolescents: A meta-analysis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(2), 467–478. doi: [10.1002/jbm.2036](https://doi.org/10.1002/jbm.2036).

- Bhasin, S., Storer, T. W., Berman, N., Yarasheski, K. E., Cleverger, B., Phillips, J., Lee, W. P., Bunnell, T. J., & Casaburi, R. (1997). Testosterone replacement increases fat-free mass and muscle size in hypogonadal men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 82(2), 407–413. pm://9024227.
- Castro, M. J., McCann, D. J., Shaffrath, J. D., & Adams, W. C. (1995). Peak torque per unit cross-sectional area differs between strength-trained and untrained young adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(3), 397–403. pm://7752867.
- Chan, N. P. T., Sung, R. Y. T., Kong, A. P. S., Goggins, W. B., So, H. K., & Nelson, E. A. S. (2008). Reliability of pubertal self-assessment in Hong Kong Chinese children. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 44(6), 353–358. isi://000255716000009.
- Christoforidis, A., Maniadaki, I., & Stanhope, R. (2005). Growth hormone/insulin-like growth factor-1 axis during puberty. *Pediatric Endocrinology Reviews*, 3(1), 5–10. pm://16369208.
- Deighan, M., Ste Croix, M., Grant, C., & Armstrong, N. (2006). Measurement of maximal muscle cross-sectional area of the elbow extensors and flexors in children, teenagers and adults. *Journal of Sports Sciences*, 24(5), 543–546. isi://000236649700011.
- Edman, K. A., Reggiani, C., & Te, K. G. (1985). Differences in maximum velocity of shortening along single muscle fibres of the frog. *The Journal of Physiology*, 365, 147–163. (0022-3751 (Linking)). pm://3875712.
- Elmlinger, M. W., Kuhnel, W., Wormstall, H., & Doller, P. C. (2005). Reference intervals for testosterone, androstenedione and SHBG levels in healthy females and males from birth until old age. *Clinical laboratory*, 51(11–12), 625–632.

- Faigenbaum, A. (2008). Age- and sex-related differences and their implications for resistance exercise. In T. Baechle & R. Earle (Hrsg.), *Essentials of strength training and conditioning* (Bd. 3, S. 142–158). Champaign: Human Kinetics.
- Falk, B., & Tenenbaum, G. (1996). The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports Medicine*, 22(3), 176–186. pm://8883214.
- Falk, B., Usselman, C., Dotan, R., Brunton, L., Klentrou, P., Shaw, J., & Gabriel, D. (2009). Child–adult differences in muscle strength and activation pattern during isometric elbow flexion and extension. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(4), 609–615. pm://19767795.
- Fröhlich, M., & Schmidbleicher, D. (2008). Trainingshäufigkeit im Kraftraining – Ein metaanalytischer Zugang. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59, 34–42.
- Funato, K., Fukunaga, T., Asami, T., & Ikeda, S. (Hrsg.). (1987). Strength training for prepubescent boys and girls. In Proceedings of the Department of Sports Sciences University Tokyo, Bd. 21. Tokyo: University of Tokyo.
- Grosset, J. F., Mora, I., Lambertz, D., & Perot, C. (2008). Voluntary activation of the triceps surae in prepubertal children. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(3), 455–465. doi:[10.0001/17196828](https://doi.org/10.10001/17196828).
- Halin, R., Germain, P., Bercier, S., Kapitaniak, B., & Buttelli, O. (2003). Neuromuscular response of young boys versus men during sustained maximal contraction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1042–1048. pm://12783054.
- Hassan, S. E. A. (1991). Die Traininierbarkeit der Maximalkraft bei 7–13jährigen Kindern (The trainability of muscle strength in 7–13 year old children). *Leistungssport*, 5, 17–24.

- Hebestreit, H., Ferrari, R., Meyer-Holz, J., Lawrenz, W., & Jüngst, B.-K. (2002). *Kinder- und Jugendsportmedizin*. Stuttgart: Thieme.
- Hettinger, T. (1958). Die Trainierbarkeit menschlicher Muskeln in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht. *Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie Einschließlich Arbeitsphysiologie*, 17, 371–377.
- Jaric, S., Ugarkovic, D., & Kukolj, M. (2002). Evaluation of methods for normalizing muscle strength in elite and young athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(2), 141–151. [isi://000176950800003](https://doi.org/10.1007/BF02476003).
- Jones, D. A., & Round, J. M. (2008). Muscle development during childhood and adolescence. In H. Hebestreit & O. Bar-Or (Hrsg.), *The Young Athlete (The Encyclopedia of Sports Medicine)* (S. 18–26). Malden: Blackwell.
- Katch, V. L. (1983). Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health*, 4(3), 241–246. [isi://A1983QE26900004](https://doi.org/10.1016/0198-8626(83)90004-A).
- Kim, J., Shen, W., Gallagher, D., Jones, A., Wang, Z., Wang, J., Heshka, S. & Heymsfield, S. B. (2006). Total-body skeletal muscle mass: Estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adolescents. *American journal of clinical nutrition*, 84(5), 1014–1020. [pm://17093152](https://doi.org/10.1093/ajcn/ncl012).
- Kirsten, G. (1963). Der Einfluss isometrischen Muskeltrainings auf die Entwicklung der Muskelkraft Jugendlicher. *Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie Einschließlich Arbeitsphysiologie*, 19, 387–402.
- Komi, P. V., 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(1), 45–55. isi://A1978GC06000006.
- Kurihara, T., Kanehisa, H., Abe, T., Tsunoda, N., Fukunaga, T., & Kawakami, Y. (2007). Gastrocnemius muscle architecture and external tendon length in young boys. *Journal of Biomechanics*, 40, 690.
- Letzelter, M., & Diekmann, W. (1984). Zur Trainierbarkeit der Maximalkraft im Grundschulalter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 2, 62–69.
- Lexell, J., Sjostrom, M., & Nordlund, A.-S. (1992). Growth and development of human muscle: A quantitative morphological study of whole vastus lateralis from childhood to adult age. *Muscle & Nerve*, 15, 404–409.
- MacIntosh, B., Gardiner, P. F., & McComas, A. J. (2006). *Skeletal muscle form and function* (Bd. 2). Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R. M. (2006). Weight training in youth-growth, maturation, and safety: An evidence-based review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(6), 478–487. pm://17119361.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (Bd. 2). Champaign: Human Kinetics.
- Malmstrom, J. E., & Lindstrom, L. (1997). Propagation velocity of muscle action potentials in the growing normal child. *Muscle & Nerve*, 20(4), 403–410. pm://9121496.
- Martinez, A. C., & Terradas, J. M. L. (1990). Conduction velocity along muscle fibers in situ in healthy infants. *Eletromyography and Clinical Neurophysiology*, 30(7), 443–448. pm://2261890.
- Mauras, N. (1995). Estrogens do not affect whole-body protein metabolism in the prepubertal female. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 80(10), 2842–2845. pm://7559861.

- Moglia, A., Zandrini, C., Rascaroli, M., Ciano, C., Bergonzoli, S., & Arrigo, A. (1989). Peripheral nerve conduction velocity in normal infants and children. *The Italian Journal of Neurological Sciences*, 10(3), 311–314. pm://2767939.
- Noack, H. (1956). Zur Frage der Schwankung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Frau im Menstruationszyklus und der unterschiedlichen sportlichen Begabung. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 5, 885–894.
- O'Brien, T. D., Reeves, N. D., Baltzopoulos, V., Jones, D. A., & Maganaris, C. N. (2009). Moment arms of the knee extensor mechanism in children and adults. *Journal of Anatomy*, 215(2), 198–205. pm://19493189.
- O'Brien, T. D., Reeves, N. D., Baltzopoulos, V., Jones, D. A., & Maganaris, C. N. (2010). Muscle-tendon structure and dimensions in adults and children. *Journal of Anatomy*, 216(5), 631–642. isi://000276697700010.
- Ozmun, J. C., Mikesky, A. E., & Surburg, P. R. (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(4), 510–514. isi://A1994NE74000017.
- Parker, D. F., Round, J. M., Sacco, P., & Jones, D. A. (1990). A cross-sectional survey of upper and lower limb strength in boys and girls during childhood and adolescence. *Annals of Human Biology*, 17(3), 199–211. pm://2337325.
- Round, J. M., Jones, D. A., Honour, J. W., & Nevill, A. M. (1999). Hormonal factors in the development of differences in strength between boys and girls during adolescence: A longitudinal study. *Annals of Human Biology*, 26(1), 49–62. isi://000078157300004.
- Rowland, T. W. (2005). *Children's exercise physiology*. Champaign: Human Kinetics.
- Toigo, M., & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle

- adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 97(6), 643–663. isi://000240308200001.
- Toth, M. J., Poehlman, E. T., Matthews, D. E., Tchernof, A., & MacCoss, M. J. (2001). Effects of estradiol and progesterone on body composition, protein synthesis, and lipoprotein lipase in rats. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 280(3), 496–501. pm://11171605.
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements. *Sports Medicine*, 40(12), 1037–1053. pm://21058750.
- Williams, P. E., & Goldspink, G. (1971). Longitudinal growth of striated muscle fibres. *Journal of Cell Science*, 9(3), 751–767. pm://5148015.

4

Wie wird das Krafttraining im Nachwuchstraining gestaltet?

Miriam Hilgner

Die Gestaltung des Krafttrainings im Nachwuchsschwimmen sollte vor dem Hintergrund entwicklungsbedingter Besonderheiten im Bereich der Trainierbarkeit und Belastbarkeit (Abschn. 2.5) sowie unter Berücksichtigung motorischer Entwicklungsvorgänge (vgl. auch Zawieja und Oltmanns 2011) und psychosozialer Aspekte (vgl. auch Prohl und Elflein 1996; Richartz und Brettschneider 1996) langfristig geplant und sorgfältig ausgewählt werden.

Die Entwicklung der Maximalkraft hat als Basisgröße für Schnellkraft- und Kraftausdauerparameter sowie in präventiver Hinsicht eine hohe Relevanz im Schwimmsport. Daraus folgt jedoch nicht, dass bereits in den unteren Ausbildungsetappen ein Maximalkrafttraining an Geräten oder im Freihantelbereich erfolgen muss, sondern dass im Grundlagen- und Aufbautraining das zukünftige



Abb. 4.1 Britta Steffen nach ihrem Olympiasieg. (© Laci Perenyi/imago)

Maximalkrafttraining perspektivisch und kindgemäß vorzubereiten ist.

Bis zum Erreichen des Höchstleistungsalters (Abb. 4.1) im Bereich des Krafttrainings erstreckt sich der langfristige Leistungsaufbau in der Regel über acht bis zwölf Jahre systematischen Trainings (Zawieja und Oltmanns 2011, S. 26).

Da Anpassungen am passiven Bewegungsapparat Jahre benötigen, um einen Ausprägungsgrad zu erreichen, der Belastungen mit höchster Intensität dauerhaft ermöglicht, ist ein kontinuierlicher und mehrjähriger Krafttrainingsaufbau unumgänglich. Vor der gezielten Entwicklung von Maximal- und Schnellkraftfähigkeiten sollten etwa drei Trainingsjahre für ein vorbereitendes Krafttraining

zur Techniks Schulung und Entwicklung physiologischer Grundlagen eingeplant werden (Wirth et al. 2012, S. 44 f.). Im Nachwuchsschwimmen ist das vorbereitende Krafttraining in das regelmäßige *Landtraining* (Abb. 4.2.) zu integrieren, das ungefähr *ein Drittel des Gesamttrainingsumfangs* ausmacht (vgl. Rudolph 2015, S. 13 f.).

Im Kinder- und Jugendbereich sollte sowohl das vorbereitende als auch das sich anschließende *leistungssteigernde und präventive Krafttraining* kontinuierlich von qualifizierten und krafttrainingserfahrenen Personen begleitet und überwacht werden. Diese sollten in der Lage sein, korrekte Bewegungsausführungen zu vermitteln und ein dem Leistungs- und Entwicklungsstand der Trainierenden angemessenes Krafttraining anzubieten, um Verletzungs- und Über- bzw. Fehlbeanspruchungsrisiken zu vermeiden (Wirth et al. 2012, S. 40 f.). Für die *Technikausbildung der Kraftübungen* ist eine kleine Gruppengröße zu bevorzugen, um eine optimale Betreuungsintensität zu gewährleisten. Zawieja und Oltmanns (2011, S. 170) empfehlen eine Gruppengröße von maximal 15 Lernenden pro betreuender Person und eine optimale Gruppengröße von sechs bis zehn Lernenden. Für die Förderung gruppendifferenzialer Prozesse ist es jedoch sinnvoller, ein gemeinsames Landtraining in der Trainingsgruppe anzubieten, sodass ggf. für das Lerntraining von Krafttrainingsübungen eine weitere Betreuungsperson hinzugezogen werden sollte.

Bei der Wahl der Krafttrainingsübungen und -mittel ist zu berücksichtigen, dass einige Übungen mit dem eigenen Körpergewicht (z. B. Klimmzüge, Liegestütze) eine zu hohe Last darstellen können und alternative Übungen an Geräten oder mit Hanteln eine Anpassung der Last an die

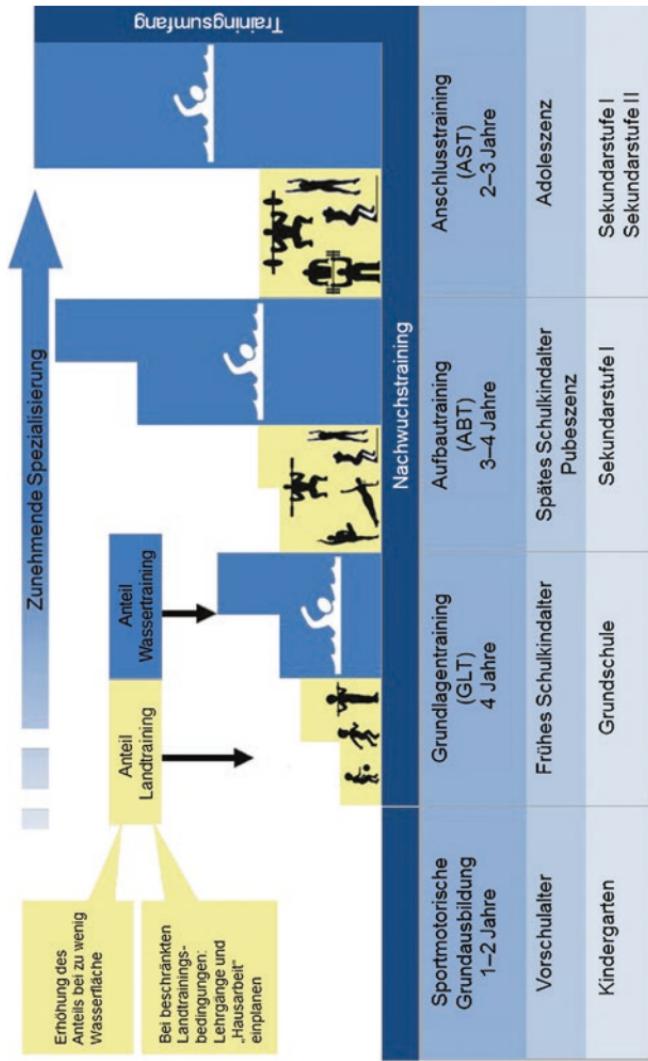


Abb. 4.2 Landtraining im langfristigen Leistungsaufbau in Anlehnung an die *Nachwuchskonzeption Schwimmen 2020* (Rudolph 2015, S. 8, 13 f., 23 f.). Die Einteilung nach Bildungsphase soll als Anhaltspunkt dienen; empfehlenswert ist die Gruppeneinteilung nach dem biologischen Alter (Kap. 3)

Leistungsvermögen der Kinder und Jugendliche ermöglichen (Rudolph 2015, S. 38; Wirth et al. 2012, S. 43 f.). Auch ist die entwicklungspsychologisch sinnvolle und motivational relevante Forderung nach einem spielerischen Krafttraining nicht durchgängig umsetzbar (Wirth et al. 2012, S. 44). Bei der Gestaltung von Krafttrainingseinheiten zur *Schulung von orthopädisch unbedenklichen Bewegungsausführungen* sind beispielsweise der Öffnung von Vermittlungsmethoden Grenzen gesetzt.

Zur *Entwicklung einer positiven Einstellung zu einem langfristigen leistungssportlichen Krafttraining* können folgende generelle Aspekte beachtet werden:

- Gestaltung freudbetonter und vielseitiger Trainingseinheiten
- Verstärkung von Könnens- und Erfolgserlebnissen
- Förderung sozialer Interaktionen durch kooperative Lernformen
- Anbieten von Selbst- und Mitbestimmungsmöglichkeiten
- Einsatz von Musik und Ermöglichen individueller Genussmomente

In den folgenden Abschnitten werden Gestaltungsbeispiele für das Krafttraining in den unterschiedlichen Ausbildungsetappen in Anlehnung an gängige Krafttrainingskonzepte im Leistungssport bzw. Nachwuchsleistungssport (z. B. Horn et al. 2012; Wirth et al. 2012;

Zawieja und Oltmanns 2011) und Überlegungen zum Krafttraining im Schwimmsport (Hilgner-Recht und Wirth 2010, 2011; Rudolph 2015) dargestellt. Diese haben Vorschlagscharakter und sind auf personale Voraussetzungen, räumliche und materielle Rahmenbedingungen sowie organisatorische Gegebenheiten anzupassen.

4.1 Gestaltung von Krafttrainingseinheiten im Grundlagentraining

Krafttraining ist im Schwimmen „als Grundbedingung unverzichtbar, um die muskulären Voraussetzungen für eine altersgerechte und leistungssportlich hochwertige Technikausführung herzustellen und dauerhaft zu sichern („Eintrittskartenfunktion“)“ (Horn et. al. 2012, S. 4 f.; Abb. 4.2).

Für das Krafttraining im Grundlagentraining (GLT), das laut *Nachwuchskonzeption 2020* des Deutschen Schwimm-Verbandes (DSV) bereits im Grundschulalter anzusiedeln ist (Rudolph 2015, S. 13, 17), können folgende Zielsetzungen genannt werden (vgl. z. B. Carl und Horn 2008, S. 19; Rudolph 2015, S. 23–25; Wirth et. al. 2012, S. 42 f.; Zawieja und Oltmanns 2011, S. 28):

- Entwicklung von Voraussetzungen für ein späteres Maximalkrafttraining (Schulung orthopädisch unbekanntlicher Bewegungstechniken in den anvisierten Krafttrainingsübungen, Wahrnehmungsschulung)

- *Verletzungsprophylaxe und Belastbarkeitssicherung* durch Kräftigung des Stütz- und Halteapparats inklusive der rumpf- und gelenkstabilisierenden Muskulatur sowie Erhöhung der Knochenmineralisation¹
- *Herausbilden eines speziellen Kraftniveaus als Voraussetzung zum Erlernen schwimmsportlicher Bewegungstechniken* vor dem Hintergrund der Zielsetzung (vgl. Rudolph 2015, S. 19 f.), die vier Schwimmarten, Starts, Wenden und Übergangsbewegungen (insbesondere Delfinbewegungen) zum Ende des GLT bis zur Feinkordination zu entwickeln
- *Schaffung einer überdauernden Motivation für ein leistungssportliches Krafttraining* durch Förderung gruppendifferenzierter Prozesse und Kennenlernen bewegungsvielfältiger Spiel- und Übungsformen aus dem Bereich der Kleinen Spiele, Akrobatik, Gymnastik sowie Lauf- und Sprung-Schule

In Tab. 4.1. findet sich ein Vorschlag zur Gestaltung von Krafttrainingseinheiten im GLT mit entsprechenden Übungsbeispielen. Die Beispiele sind als Möglichkeiten zu verstehen, die in die ganzjährige Trainingsplanung einfließen können. Auf eine detaillierte Darstellung von Grundregeln, Bewegungsbeschreibungen und Ausführungshinweisen zu den vorgeschlagenen Inhalten und Übungen wird verzichtet und diesbezüglich auf gängige

¹In diesem Zusammenhang ist auf den positiven Einfluss von Krafttraining auf die Knochendichte (z. B. Granhed et al. 1987), insbesondere in der prepuberalen Phase (z. B. Chilibeck et al. 1995; Vicente-Rodriguez 2006), hinzuweisen.

Tab. 4.1 Vorschlag zur Gestaltung einer vielseitigen und vorbereitenden Landtrainingseinheit im Grundlagentraining

Phase	Dauer (min)	Inhalt	Übungsbeispiele
Allgemeines Aufwärmen	10	Variationsreiche Spielformen und Übungen mit Gleichgewichts- und Wahrnehmungsaufgaben	Kleine Aufwärmspiele, Spiel- und Übungsformen mit Gymnastikball, umgedrehter Langbank, Rollbrettern usw.
Hauptteil I: Lerntraining Krafttrainings- übungen	15	Schulung von Bewegungstechniken (Krafttrainingsübungen inkl. Rumpfstabilisierung)	Komplexe Übungen zur Vorbereitung des Freihanteltrainings (Tab. 4.2), Crunches, Rumpfextension, Dips, Unterarm-, Seitstütz- und Liegestützvarianten
Hauptteil II: Allgemeine athletische Ausbildung	20	Kräftigung des Stütz- und Halteapparats, Lauf- und Sprungschule	Kleine Spiele zum Ringen und Raufen, Schiebe- und Ziehwettkämpfe, Laufschule, Sprungvariationen, Fangspiele, Staffeln
Ausklang	10	Spiel- und Übungsformen zur Förderung gruppendifferenzialer Prozesse	Akrobatik, Kooperationsspiele, Kommunikationsspiele
Cool-down	5	Wahrnehmungsschulung mit zusätzlicher koordinativer Anforderung im Bereich der Stabilisierungs- oder Gleichgewichtsfähigkeit	Atemübungen auf dem Wackelbrett, Gymnastikübungen auf Pilatesrolle, Gymnastikball oder Balancekissen

Literatur zum Krafttraining mit Beispielen (z. B. Wirth et al. 2012, S. 47–120; Zawieja und Oltmanns 2011) und Standardwerke aus dem Bereich der Kleinen Spiele sowie verschiedener funktionsgymnastischer Konzepte verwiesen. Zudem wird empfohlen, bei Unsicherheiten eine Kooperation mit krafttrainingserfahrenen Personen anzustreben.

Bei der Planung und Durchführung des *Krafttrainings mit Freihanteln (Hauptteil I)* haben sich im GLT folgende Praxisempfehlungen (Horn et al. 2012, S. 5 f.; Wirth et al. 2012, S. 42 f.; Zawieja und Oltmanns 2011, S. 41–43, 54, 170 f.) bewährt (Tab. 4.2):

- Krafttraining als Lerntraining gestalten mit koordinativ anspruchsvollen und mehrgelenkigen Kraftübungen, die vom Lernenden selbst gesteuert werden (keine geführten Bewegungen an Kraftgeräten)
- Ganzjährig 1–3 kurze Trainingseinheiten pro Woche (Lerntraining zu Kraftübungen maximal 15 min, gesamte Trainingseinheit max. 60 min)
- Pro zu erlernende Kraftübung 2–3 Serien mit 6–12 Wiederholungen mit hoher Bewegungsqualität aller Wiederholungen und entsprechend niedrigen Belastungsintensitäten
- Abbruch der Krafttrainingsserie bei nachlassender Bewegungsqualität, unabhängig davon, ob die gewünschte Wiederholungszahl erreicht wurde oder nicht
- Abbruch des Trainings einer Muskelgruppe, ggf. Beendigung des Trainingsabschnitts, wenn die Verschlechterung einer Übungsausführung nicht durch Korrekturhinweise, eine interserielle Pause und/oder eine Reduktion der Last korrigiert werden kann

Tab. 4.2 Methodische Hinweise zur Vorbereitung des Freihanteltrainings im Grundlagentraining. (Modifiziert nach Freiwald 2008, S. 96–99; Horn et al. 2012, S. 5 f.; Wirth et al. 2012, S. 42 f.; Zawieja und Oltmanns 2011, S. 41–43, 54, 86 f.)

Belastungsnormative, Trainingsmittel und -übungen	Empfehlungen für das Lerntraining von Krafttrainingsübungen
Belastungsintensität	Niedrig
Wiederholungen pro Serie	6–12
Serien pro Übung	2–3
Serienpause	1–2 min (bei einfachen Übungen) 2–3 min (bei komplexen Übungen)
Anzahl der Krafttrainingsübungen pro Trainingseinheit	Max. 6
Dauer einer Trainingseinheit	15 min
Einheiten pro Woche	1–3
Trainingsmittel	Holz- oder Plastikstab (z. B. Besenstiel), Langhantel (nur Stange), leichte Aerobic- bzw. Kurzhanteln
Trainingsübungen	Alle im Aufbau-, Anschluss- und Hochleistungstraining anvisierten Krafttrainingsübungen (z. B. Kniebeuge, Beinbeuger, Bankdrücken, Klimmzug, Kreuzheben, Rudern sitzend, Rudern vorgebeugt, Überzüge, Reißen, Umsetzen ^{a)})

^{a)}Die genannten Krafttrainingsübungen entsprechen den Grundübungen aus dem *Kraftkonzept 2016* des DSV (Lambertz et al. 2016).

Literaturtipp

Zur Beschäftigung mit Lernschritten zur Entwicklung von Basistechniken im Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen sowie mit Hinweisen zur Ausführung von Krafttrainingsübungen incl. Abbildungen, Bewegungsbeschreibungen, geeigneter Instruktionen und Beobachtungsschwerpunkte empfehlen sich die Werke *Kinder lernen Krafttraining* von Zawieja und Oltmanns (2011) und *Krafttraining im Leistungssport. Theoretische und praktische Grundlagen für Trainer und Athleten* von Wirth et al. (2012).

4.2 Gestaltung von Krafttrainungseinheiten im Aufbautraining

Im Aufbautraining (ABT) wird laut Nachwuchskonzeption des DSV beginnend mit dem Wechsel in die weiterführende Schule (Rudolph 2015, S. 8) ein hoher Anteil allgemeinen Trainings im Sinne vielseitiger Bewegungserfahrungen und 4–6 h Landtraining pro Woche gefordert (Rudolph 2015, S. 13 f.). Bei Überlegungen zu den *Zielsetzungen des Krafttrainings im ABT* (vgl. z. B. Horn et al. 2012, S. 5; Rudolph 2015, S. 27 f., 36–38; Wirth et al. 2012, S. 46) erscheinen die Berücksichtigung entwicklungsbedingter Besonderheiten der Pubeszenz und der Einbezug psychosozialer Aspekte von besonderer Bedeutung:

- Entgegenwirken von Instabilitäten des Stütz- und Bewegungssystems (z. B. im Lendenwirbelsäulen-, Rumpf- und Hüft-Becken-Bereich) und von mit zunehmendem spezifischem Training auftretenden muskulären Dysbalancen (z. B. im Brustwirbelsäulen- und Beckenbereich)
- Entwicklung einer hohen Bewegungsqualität in den im GLT erlernten Bewegungstechniken des Kraftrainings unter Berücksichtigung der durch Wachstumsschwankungen möglichen Veränderungen der koordinativen Leistungsfähigkeit
- Heranführen an die gezielte Entwicklung leistungsrelevanter Kraftfähigkeiten und Beginn eines zielgerichteten Sprungkrafttrainings bei Berücksichtigung der verminderten Belastbarkeit in Phasen des maximalen Wachstumsschubes (Verminderung von Belastungintensitäten)
- Berücksichtigung der hohen Gesamtbelastung durch Schule und Training durch Sicherung ausreichender Regenerationszeiten
- Beachtung der zunehmenden Fähigkeit zur Selbst- und Mitbestimmung (z. B. durch Anleitung zum selbstständigen² Ausführen von Übungen aus dem Bereich der Gymnastik und der Kleinen Spiele, Berücksichtigung von Musikwünschen usw.)

²Erfahrungsgemäß zeigt sich in dieser Phase, insbesondere in Phasen des Wachstumsschubes, eine Abnahme der koordinativen Leistungsfähigkeit, sodass trotz selbst- und mitbestimmter Übungssequenzen eine ständige Kontrolle der Bewegungsausführung und Körperhaltung von besonderer Bedeutung ist (Horn et al. 2012, S. 5).

Darüber hinaus entsprechen die Zielsetzungen und Gestaltungshinweise zum Krafttraining im ABT weitestgehend den Hinweisen zum Krafttraining im GLT. Der Umfang im Hanteltraining kann von 15 min bis zu 20–30 min angehoben, und die Belastungsintensitäten können leicht gesteigert werden (z. B. Hantelstange ohne Gewichte anstelle eines Holzstabes). Es gilt aber dieselbe Regel wie im GLT, dass bei nachlassender Bewegungsqualität der Umfang bzw. die Intensitäten reduziert werden müssen.

Praxistipp

Die Entwicklung einer hohen Bewegungsqualität in den Trainingsübungen ist vor der Steigerung von Belastungsintensitäten zu gewährleisten!

Auf das Krafttraining im GLT aufgebaute Vorschläge zur Gestaltung von Krafttrainingseinheiten finden sich in Tab. 4.3 und zu Belastungskonfigurationen im Freihantel- und Sprungkrafttraining im ABT in Tab. 4.4 und Tab. 4.5.

Bei der Schulung von Bewegungsausführungen im *Sprungkrafttraining* ist darauf zu achten, dass zur Verbesserung der Startabsprung- und Wendeabstoßleistung einmalige azyklische Krafteinsätze optimiert werden. Entsprechend sind Belastungskonfigurationen zu wählen, die Sprünge mit maximaler Intensität, d. h. Sprunghöhe, zulassen und deren Aktivierungsmuster den Start- und Wendeabstößen ähneln. Bei der Planung und methodischen Gestaltung des start- und wendenorientierten Krafttrainings ist wie bei allen neuronal orientierten

Tab. 4.3 Vorschlag zur Gestaltung einer Krafttrainingseinheit im Aufbautraining

Phase	Dauer (min)	Inhalt	Übungsbeispiele
Allgemeines Aufwärmten	10	Selbst-/mitbestimmte und kooperative Spiel- und Übungsformen zur Förderung sozialer Interaktion	Kleine Aufwärmspiele, Kooperationsspiele, Kommunikationsspiele, Spiel- und Übungsformen mit Musik Alle Krafttrainingsübungen, die im Hauptteil I geschult werden
Spezifisches Aufwärmten	5	Je 1–2 Aufwärmssätze pro Krafttrainingsübung (vor jeder Trainingsübung)	Schulung von Be wegungstechniken im Freihantel- und Sprungkrafttraining
Hauptteil I: Lerntraining Krafttrainings- übungen	20–30	Variationsreiche Übungsformen zur Kräftigung des Stütz- und Halteapparats	Komplexe Übungen zur Vorbereitung des Freihanteltrainings (Tab. 4.2) und des Sprungtrainings (Tab. 4.5) Variationsreiches Angebot unterschiedlicher Trainingskonzepte, -übungen und -mittel
Hauptteil II: Kräftigung des Stütz- und Halteapparats	10–20	Wahrnehmungsschulung mit zusätzlicher koordinativer Anforderung im Bereich der Stabilisierungs- oder Gleichgewichtsfähigkeit	Atemübungen auf dem Wackelbrett, Gymnastikübungen auf Pilatesrolle, Gymnastikball oder Balancekissen
Cool-down	5		

Tab. 4.4 Methodische Hinweise zum Freihanteltraining im Aufbautraining. (Modifiziert nach Freiwald 2008, S. 96–99; Horn et al. 2012, S. 5 f.; Wirth et. al 2012, S. 42 f.; Zawieja und Oltmanns 2011, S. 41–43, 54, 86 f.)

Belastungsnormative, Trainingsmittel und -übungen	Empfehlungen für das Lerntraining von Krafttrainingsübungen
Belastungsintensität	Niedrig bis mittel
Wiederholungen pro Serie	6–12
Serien pro Übung	2–3
Serienpause	1–2 min (bei einfachen Übungen) 2–3 min (bei komplexen Übungen)
Anzahl der Krafttrainingsübungen pro Trainingseinheit	Max. 6–8
Dauer einer Trainingseinheit	20–30 min
Einheiten pro Woche	1–3
Trainingsmittel	Langhantel (nur Stange), leichte Aerobic- bzw. Kurzhanteln
Trainingsübungen	Alle im Aufbau-, Anschluss- und Hochleistungstraining anvisierten Krafttrainingsübungen (z. B. Kniebeuge, Beinbeuger, Bankdrücken, Klimmzug, Kreuzheben, Rudern sitzend, Rudern vorgebeugt, Überzüge, Reißen, Umsetzen)

Krafttrainingsmethoden darauf zu achten, dass optimale Anpassungen nur im ausgeruhten Zustand möglich sind (vgl. Schmidbleicher 1999, S. 196; Tab. 4.5). Durch den im Leistungsschwimmsport üblichen hohen wöchentlichen Gesamttrainingsumfang sind Ermüdungserscheinungen zu

Tab. 4.5 Methodische Hinweise zum Sprungkrafttraining. (Modifiziert nach Schmidbleicher 1999, S. 198; Schmidbleicher 2003, S. 32 f.)

Belastungsnormative und Trainingsübungen	Empfehlungen für das Sprungtraining
Belastungsintensität	100 % der maximalen Sprungleistung
Wiederholungen pro Serie	6–8
Pause zwischen den Wiederholungen	≥8 s
Serien pro Trainingseinheit	3–5
Serienpause	≥5 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	Explosiv
Einheiten pro Woche	2
Trainingsübungen	Squat Jumps, Counter Movement Jumps, Standweitsprünge, Strecksprünge aus Startausgangsstellung mit flugphasen- bzw. eintauchspezifischer Armhaltung (keine Tiefsprünge)

erwarten, welche die Durchführungsqualität des Sprungkrafttrainings einschränken könnten (vgl. z. B. Bubeck et al. 2003). Deshalb ist eine Kontrolle der Sprünge in Bezug auf die maximale Ausführungsintensität (maximale Sprunghöhe und minimale Kontaktzeit bzw. Dauer der Umkehrbewegung) z. B. mittels Messplatztraining empfehlenswert.

Praxistipp

Das Sprungtraining ist durch ein regelmäßiges Start- und Wendetechniktraining zu begleiten, um den Transfer des neuen Kraftniveaus auf die sportartspezifische Bewegung zu unterstützen.

Als zentrales Problem des sportartspezifischen Schnellkrafttrainings wird diskutiert, dass „ein Schnellkraftniveau, das durch sportartunspezifische Trainingsübungen erworben wird, nicht automatisch in der Wettkampfübung umgesetzt werden kann“ (Carl und Horn 2008, S. 13), weshalb die stetige Verknüpfung von Sprungkraftraining mit dem Techniktraining unter Wettkampfbedingungen angeregt wird.

4.3 Gestaltung von Krafttrainungseinheiten im Anschlusstraining

Das Anschlusstraining (AST) beginnt in der Nachwuchskonzeption des DSV mit Abschluss der Pubertät und geht je nach Entwicklungs- und Leistungsstand nach etwa zwei bis drei Jahren in das Hochleistungstraining (HLT) über (Rudolph 2015, S. 41). Die im Folgenden vorgeschlagenen Trainingsziele und Gestaltungshinweise im AST setzen einen frühzeitigen und kontinuierlichen Krafttrainingsaufbau im Grundlagen- und Aufbautraining voraus, der unter Beachtung entwicklungsbedingter Besonderheiten eine korrekte und kontrollierte Ausführung der in Adoleszenz und Erwachsenenalter angestrebten Übungen gewährleistet und sicherstellt, dass der Bewegungsapparat auf die notwendigen Lasten vorbereitet ist. Trotz der Möglichkeit, ab der Adoleszenz Kraftzuwächse zu erreichen, die denen im Erwachsenenalter ähnlich sind, ist für die Praxis zu berücksichtigen, dass

gemäß dem Prinzip der ansteigenden und allmählichen Belastungssteigerung Krafttrainingsmethoden mit hohen Lasten erst nach mehrjähriger Krafttrainingserfahrung mit submaximalen Lasten einzusetzen sind.

Praxistipp

In der Phase der Adoleszenz kann ein gezieltes Heranführen an das Krafttraining von Erwachsenen nur dann erfolgen, wenn eine mehrjährige Vorbereitung im Grundlagen- und Aufbautraining erfolgt ist.

Zielsetzungen des Krafttrainings im AST sind:

- Stabilisierung der hohen Bewegungsqualität in den Trainingsübungen
- Leistungssteigerndes Krafttraining zur Verbesserung verschiedener Einflussgrößen der Wettkampfleistung (Start-, Wenden- und Schwimmleistung) durch Entwicklung der Maximalkraft als Basisfähigkeit für Schnellkraft und Kraftausdauer
- Präventives Krafttraining zur Vermeidung degenerativer Sportschäden wie z. B. Schwimmerschulter, Brustschwimmerknie und Rückenbeschwerden

Im *präventiven Krafttraining* im AST sollte an die in den früheren Ausbildungsetappen vorbereiteten Trainingsübungen zur Kräftigung des Stütz- und Halteapparats angeknüpft und für den Erhalt der Motivation weiterhin auf ein variationsreiches Angebot zurückgegriffen werden. Im *Rumpftraining* ist es empfehlenswert, sowohl die

Verbesserung der Haltungskontrolle unter spezifischen Umgebungsbedingungen mittels Koordinationsübungen im Wassertraining anzustreben als auch die allgemeine Kraftfähigkeit der Rumpfmuskulatur durch Trainingsübungen mit Zusatzgewichten an Land zu trainieren (vgl. z. B. Wirth et al. 2016, S. 11). Das *Rumpfkrafttraining an Land* sollte am Ende einer Krafttrainingseinheit angeboten werden (Tab. 4.6). Vor dem Hintergrund der Annahme, dass das Ausführen von Grundübungen im Langhanteltraining (z. B. Umsetzen, Reißen und Kniebeuge) mit angemessenen Gewichten einen ausreichenden Trainingsreiz für die rumpfstabilisierende Muskulatur darstellt, kann das isolierte Rumpfkrafttraining an Land im HLT entfallen (Wirth et al. 2016, S. 11). Je nach individueller Belastbarkeit bzw. bei bereits bestehender

Tab. 4.6 Methodische Hinweise für das Rumpfkrafttraining. (In Anlehnung an Lambertz et al. 2016; Wirth et al. 2012, S. 94–120)

Belastungsnormative und Trainingsübungen	Empfehlungen für das Training der Kraft- bzw. Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Rumpfmuskulatur
Wiederholungen pro Serie	20
Serien pro Übung	3–6
Serienpause	2–3 min
Bewegungsgeschwindigkeit	Langsam-kontrolliert
Trainingsübungen	Rumpfübungen, bei denen die Verwendung von Zusatzgewichten möglich ist (z. B. Rumpfextension, -rotation und Crunches mit Hantelscheibe, Pullover-Crunch, Good Mornings)

Überbelastungsproblematik (z. B. Rücken-, Schulter- oder Kniebeschwerden) kann darüber hinaus ein individuiertes und sportmedizinisch bzw. physiotherapeutisch begleitetes Krafttraining von Bedeutung sein.

Bei der Übungsauswahl zur *Steigerung von Kraftfähigkeiten der Antriebsmuskulatur* sollte auf mehrgelenkige Übungen zurückgegriffen werden, da diese als die effektivsten anzusehen sind und zudem den Vorteil haben, dass mit relativ wenigen Übungen die Skelettmuskulatur umfassend gekräftigt werden kann. Für die untere Extremität drängt sich hierbei ein Trainingsprogramm auf (vgl. Hilgner-Recht und Wirth 2011, S. 24; Lambertz et al. 2016), das sich aus den hoch dynamischen Übungen Umsetzen und Reißen, einer Grundübung für die Bein-streckerkette wie der Kniebeuge und einer Übung für die Beuger im Kniegelenk (Beinbeuger) zusammensetzt. Empfehlenswerte Trainingsübungen für die oberen Extremität sind Klimmzüge (ggf. Latzug), Bankdrücken, Überzüge und vorgebeugtes oder sitzendes Rudern oder Kreuzheben (vgl. Hilgner-Recht und Wirth 2011, S. 24; Lambertz et al. 2016). Diese Übungsauswahl sichert nicht nur die Ausbildung der vortriebswirksamen Muskelgruppen, sondern wird auch präventiv wirksam, indem sie muskulären Dysbalancen (z. B. in der das Schultergelenk umgebenden Rotatorenmanschette als Ursache für Schulterbeschwerden) oder Kraftdefiziten (z. B. der Beinbeuger als Ursache für Kniebeschwerden) entgegenwirkt.

Zur *Steigerung der Maximalkraft* bieten sich neben einem Hypertrophietraining nach der Methode der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung (Schmidbleicher 2003, S. 28) Trainingsmethoden zur Entwicklung der willkürlichen

neuromuskulären Aktivierungsfähigkeit nach der Methode der maximalen, explosiven Muskelaktion (Schmidbleicher 2003, S. 29) an. Letztere dient vorrangig dazu, die intramuskuläre Koordination (IK) der aktiven Muskeln zu verbessern und wird deshalb auch *IK-Training* genannt. Da beim submaximalen Krafttraining bis zur Erschöpfung trainiert werden soll und beim maximalen Krafttraining hohe Lasten zu bewältigen sind, ist es ratsam, einen Trainingspartner zur Hilfestellung und Korrektur der orthopädisch günstigen Körperhaltung und Bewegungsausführung heranzuziehen. Aus der Forderung orthopädisch günstiger Körperhaltungen und -übungen bei Bewegungen gegen submaximale und maximale Lasten folgt, dass ein solches Kraftvoraussetzungstraining nicht mit schwimmsspezifischen bzw. semispezifischen Bewegungen durchgeführt werden kann.

Das *Hypertrophietraining* (Tab. 4.7) zeichnet sich durch Trainingsreize aus, die große muskuläre Spannungen, hohe Laktatbildungen und eine möglichst weitgehende Ausschöpfung energiereicher Phosphate in der Muskelzelle verbinden. Die Trainingsmethode verursacht zumeist eine starke metabolische Ermüdung, sodass zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf ein darauffolgendes Schwimmtraining neben einer adäquaten Pausengestaltung die inhaltliche Abstimmung des Wassertrainings zu beachten ist. Es wird empfohlen (Lambertz et al. 2016), das Hypertrophietraining hauptsächlich in der Vorbereitungsperiode in Kombination mit Schnelligkeits- und extensivem Grundlagenausdauertraining und mit großem Abstand zu wichtigen Trainingseinheiten im Wassertraining anzubieten.

Tab. 4.7 Methodische Hinweise zum Hypertrophietraining im Anschlusstraining. (Modifiziert nach Hilgner-Recht und Wirth 2011; Lambertz et al. 2016; Wirth et al. 2012, S. 24)

Belastungsnormative	Empfehlungen für das Volumentraining (Methode der submaximalen Kontraktionen)
Belastungsintensität (Last in Prozent des 1RM* Maximums)	70–90 %
Wiederholungen pro Serie	10 (Anfänger) 8–12 (Krafttrainingerfahrene)
Serien pro Übung (nur Arbeits-, keine Aufwärmserien)	1–3 (Anfänger) 3–4 (Krafttrainingerfahrene)
Serienpause	Mind. 3 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	Langsam bis zügig
Einheiten pro Woche	2–4 (abhängig von Wettkampfstrecke, Zielsetzung und Trainingsperiode)

*Einer-Wiederholungs-Maximum

Zur Steigerung der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit (IK-Training; Tab. 4.8) sind Krafteinsätze von über 90 % der Maximallast mit möglichst explosiven Wiederholungen erforderlich. Da hierbei das Nervensystem maximal aktiviert werden soll, sind ein ausgeruhter Zustand, ein geringes Belastungsvolumen, lange interserielle Pausen (ohne Störungen durch andere Übungen), eine hohe Bewegungsqualität sowie ein hoher Grad an Konzentration und Motivation erforderlich (Wirth et al. 2012, S. 25 f.). Bei Anzeichen einer ermüdungsbedingten Leistungsreduktion sollte das Training abgebrochen werden.

Praxistipp

Das IK-Training ist langjährig Krafttrainingerfahrenen vorbehalten und bedarf einer optimalen Vorbereitung und Begleitung!

Tab. 4.8 Methodische Hinweise zum IK-Training im letzten Trainingsjahr des Anschlusstrainings bzw. im Hochleistungstraining. (Modifiziert nach Hilgner-Recht und Wirth 2011; Wirth et al. 2012, S. 24)

Belastungsnormative	Empfehlungen für das IK-Training (Methode der maximalen Kontraktionen)
Belastungsintensität (Last in Prozent des 1RM* Maximums)	$\geq 90\%$
Wiederholungen pro Serie	2–6 (abhängig von Saisonzeitpunkt und Komplexität der Trainingsübung)
Serien pro Übung (nur Arbeits-, keine Aufwärmserien)	2–6 (abhängig von Wettkampfstrecke, Zielsetzung und Trainingsperiode)
Serienpause	Mind. 5 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	Explosiv
Einheiten pro Woche (pro Muskelgruppe)	1–4 (abhängig von Trainingsalter, Zielsetzung, Wettkampfstrecke)

*Einer-Wiederholungs-Maximum

Aufgrund der hohen Lasten sowie den daraus resultierenden Anforderungen an Rumpfmuskulatur und Bewegungstechnik sollte ein IK-Training erst nach mehrjähriger spezieller Krafttrainingerfahrung (d. h. Hypertrophietraining mit den entsprechenden Übungen) aufgenommen werden. Das bedeutet für das Leistungsschwimmen, dass ein IK-Training *frühestens* im letzten Trainingsjahr des AST oder im HLT erfolgen sollte. Optimale Anpassungen an diese Methode sind nur im ausgeruhten Zustand möglich, sodass überlagernde Effekte durch ein umfangorientiertes Schwimmtraining zu erwarten sind (vgl. z. B. Kraemer et al. 1995; Recht 2004). Entsprechend ist der Einsatz des IK-Trainings in Trainingsphasen mit

geringeren Trainingsumfängen im aeroben Ausdauertraining empfehlenswert. Da die metabolische Ermüdung geringer ist als nach einem Hypertrophietraining, kann das IK-Training in der Wettkampfperiode angeboten werden.

Das Schnellkrafttraining zur Verbesserung der Start- und Wendenzeiten ist im AST kontinuierlich weiterzuführen. Dabei ist das oben beschriebene Maximalkrafttraining der Beinstrecker in Kombination mit einem Training bestehend aus unterschiedlichen Sprungformen angelehnt an die Hinweise zum Sprungkrafttraining im ABT (Tab. 4.5) Erfolg versprechend.

In Tab. 4.9 findet sich ein Vorschlag zur Gestaltung von Krafttrainungseinheiten im AST. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die vorgeschlagenen Hauptteile Ia, Ib und Ic auf mehrere Trainingseinheiten aufzuteilen sind, um den Gesamtumfang an einem Trainingstag zu reduzieren. Das Sprungkrafttraining sollte nicht gemeinsam mit dem Training der unteren Extremität erfolgen.

Krafttransfer im Wassertraining

Um den Transfer des höheren Kraftpotenzials und der gesteigerten Aktivierungsfähigkeit der vortriebsrelevanten Muskulatur auf die schwimmspezifischen Anforderungen zu ermöglichen, ist es unumgänglich, trainingsbegleitend ein *technikorientiertes Training der komplexen Ausdauer- und Schnelligkeitsfähigkeiten* durchzuführen. Die für diese Zielsetzungen geeigneten Trainingsmethoden sind vor dem Hintergrund der wettkampfspezifischen Beanspruchungsdauer zu differenzieren und werden *im*

Tab. 4.9 Vorschlag zur Gestaltung von Krafttrainingseinheiten im Anschlussstraining

Phase	Dauer (min)	Inhalt	Übungsempfehlungen
Allgemeines Aufwärmten	10	Selbst-/mitbestimmte allgemeine Aufwärmübungen oder -spiele	Nach Wunsch der Trainingsgruppe bei Beteiligung möglichst vieler/ großer Muskelgruppen
Spezifisches Aufwärmten	10	Je 1–2 Aufwärmssätze pro Krafttrainingsübung (vor jeder Trainingsübung)	Alle Krafttrainingsübungen, die im Hauptteil I absolviert werden
Hauptteil I: Sprungtraining, Maximal- krafttraining (4 Einheiten möglichst an 4 verschiedenen Trainingstagen anbieten)	30–50	<p>a) 2-mal pro Woche start- und wendenspezifisches Sprungtraining (Tab. 4.5)</p> <p>b) 1-mal pro Woche eine Trainingseinheit zur Steigerung der Maximalkraft (obere Extremität) (Tab. 4.2, 4.4)</p> <p>c) 1-mal pro Woche eine Trainingseinheit zur Steigerung der Maximalkraft (untere Extremität, Komplexübungen) (Tab. 4.2, 4.4)</p>	<p>Squat Jumps, Counter Movement Jumps, Standweitsprünge, Strecksprünge aus start- und wendenabstoßähnlichen Körnerhaltungen</p> <p>Bankdrücken, Klimmzüge oder Latziehen, Rudern vorgebeugt/sitzend oder Kreuzheben, Übersetzung</p> <p>Umsetzen, Reißen, Kniebeuge, Beinbeuger</p>

(Fortsetzung)

Tab. 4.9 (Fortsetzung)

Phase	Dauer (min)	Inhalt	Übungsempfehlungen
Hauptteil II: Kräftigung des Stütz- und Hal- teapparats	10–20	Übungen zur Steigerung der Rumpf- kraft, ggf. individualisierte präventive Übungen	Rumpfübungen mit Zusatzge- wichten (Tab. 4.6)
Cool-down	5–15	Entspannungsübungen	Atemübungen, progressive Mus- kelrelaxation, Übungen aus dem Bereich Pilates, Yoga usw

Wassertraining umgesetzt. Der Transfer in schwimm- und streckenspezifische Anforderungen und die Erhöhung der Ermüdungswiderstandsfähigkeit kann zudem durch ein *Training mit erhöhten Widerständen* im Wasser angestrebt werden. In der Praxis haben sich hierfür Methoden des wettkampfspezifischen Ausdauertrainings (Wettkampfdis-
tanz „gebrochen“ oder „voll“) unter Verwendung erhöhter Widerstände (Tab. 4.10) bewährt.

Praxistipp

Da strömungsmechanische Gegebenheiten (z. B. Wechselwirkung der Schwimmbewegungen mit dem Umgebungsmedium Wasser) sowie die spezifischen physiologischen Reaktionen (z. B. Auswirkungen des hydrostatischen Drucks und des Kältereizes des Wassers auf metabolische und kardiovaskuläre Parameter) an Land nicht abgebildet werden können, wird prinzipiell empfohlen, das Krafttransfertraining im Wasser durchzuführen.

Das *Ausmaß der Widerstandserhöhung* ist so zu wählen, dass keine von den angestrebten spezifischen Anpassungen abweichende physiologische Reaktion entsteht (Zintl und Eisenhut 2001, S. 133). Daneben sollten antriebsgerechte Parameter trotz des erhöhten Kraftaufwands beibehalten werden können (Daniel und Klauck 1997, S. 224). Die Widerstandsvergrößerung (z. B. die Flächenvergrößerung bei der Verwendung von Paddles oder der Dehnungswiderstand beim Aqua-Gym) sollte nur so weit erfolgen und die Strecke so kurz gehalten werden, dass wettkampfähnliche Zugzeiten und Frequenzen angestrebt werden können. Als Kontrollmöglichkeiten können Frequenzen und

Tab. 4.10 Methodische Hinweise für das Training mit erhöhten Widerständen im Wassertraining sowie zu empfehlende Trainingsmittel. (Modifiziert nach Hilgner-Recht und Wirth 2010, S. 25; Rudolph 2015, S. 88)

Belastungsnormative und Trainingsmittel	Empfehlungen für das Training mit erhöhten Widerständen
Belastungsintensität	Widerstandsvergrößerung nur in dem Ausmaß wählen, dass die Bewegungen über die Zeitdauer der Belastung in entsprechender Bewegungsgüte durchführbar sind
Belastungsdauer	Je nach Dauer der Wettkampfstrecke
Belastungsumfang: typische Trainingsserien des wettkampfspezifischen Ausdauertrainings (mod. nach Rudolph 2015, S. 88) in Abhängigkeit von der Wettkampfdistanz	50 m: 25 m + 25 m/50 m 100 m: 50 m + 50 m/75 m + 25 m/100 m 200 m: 4 × 50 m/100 m + 100 m/ 50 m + 50 m 400 m: 4 × 100 m/200 m + 200 m 800/1500 m: 8/15 × 100 m/4/7,5 × 200 m
Pause zwischen den Wiederholungen	10–20 s
Serienpause	10–20 min
Bewegungsgeschwindigkeit	Wettkampfspezifische Frequenzen
Einheiten pro Woche	2–3
Trainingsmittel	Hilfsmittel <ul style="list-style-type: none"> • zur Vergrößerung der Antriebsflächen beim freien Schwimmen (z. B. Paddles, Flossen) • zur Vergrößerung des bremsenden Widerstands beim freien Schwimmen (z. B. Widerstandshose, Bremsschirm) • für das halb angebundene und angebundene Schwimmen (z. B. Aqua-Gym, Power-Rack)

Streckenzeiten gestoppt werden, wobei letztere beispielsweise bei Verwendung von Paddles aufgrund der optimierten Abdruckflächen schneller ausfallen müssten als beim freien Schwimmen. Um spezifische Anpassungen zu erreichen, ist das Training mit erhöhten Widerständen zusammenfassend

- im Wasser,
- unter schwimm- und streckenspezifischen Bedingungen und
- im wettkampfspezifischen Bewegungsablauf (ganze Lage) durchzuführen.

Literatur

- Bubeck, D., Ionnis, S., & Gollhofer, A. (2003). Influence of different training amounts on the mechanical and neuromuscular parameters of the stretch shortening cycle. In E. Müller, H. Schwameder, G. Zallinger, & V. Fastenbauer (Hrsg.), *Proceedings of the 8th annual congress of the European college of sport science* (S. 392). Salzburg: University of Salzburg.
- Carl, K., & Horn, A. (2008). Einführung: Krafttraining – Stetiger Diskurs zwischen Wissenschaft und Praxis. In W. Hartmann & A. Horn (Hrsg.), *Krafttraining im Nachwuchssport: Workshop-Reihe "Theorie trifft Praxis" 2007* (S. 1–23). Leipzig: Leipziger Verlagsanstalt.
- Chilibeck, P. D., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1995). Exercise and bone mineral density. *Sports Medicine*, 19(2), 103–122.
- Daniel, K., & Klauck, J. (1997). Kinematische und dynamische Parameter beim Überlasttraining im Schwimmen. In: K. Daniel, U. Hoffmann, & J. Klauck (Hrsg.), *Kölner Schwimmsporttage 1996-Symposiumsbericht* (S. 224). Bockenem: Sport-Fahnemann-Verlag.

- Freiwald, J. (2008). Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen. In W. Hartmann & A. Horn (Hrsg.), *Krafttraining im Nachwuchsleistungssport: Workshop-Reihe "Theorie trifft Praxis" 2007* (S. 87–102). Leipzig: Leipziger Verlagsanstalt.
- Granhed, H., Jonson, R., & Hannsson, T. (1987). The loads on the lumbar spine during extreme weightlifting. *Spine, 12*, 146–149.
- 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. (2011). Krafttraining im Sportschwimmen. Teil 2: Planung des schwimmerischen Krafttrainings. *Leistungssport, 41*(1), 23–26.
- Horn, A., Behringer, M., Beneke, R., Förster, H., Gruber, W., Hartmann, U., Hebestreit, H., Hohmann, A., Jöllenbeck, T., Mester, J., Niessen, M., Platen, P. & Schmitt, H. (2012). Wissenschaftliche Standortbestimmung zum Krafttraining im Nachwuchsleistungssport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 63*(2), 1–6.
- 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 adaptions. *Journal of Applied Physiology, 78*, 976–989.
- Lambertz, H., Wirth, K., Fuhrmann, S., Jankowski, A. & Kunz, M. (2016). *Kraftkonzept 2016*. Unveröff. Konzeptpapier, Deutscher Schwimm-Verband.
- Prohl, R. & Elflein, P. (1996). ...und heute ist das nicht mehr so: Fallstudien zur Talentförderung am Sportgymnasium Erfurt. Köln: BiSp.
- Recht, M. (2004). *Analyse und Ansteuerung leistungsrelevanter Parameter der Kraulrollwende*. Köln: Sport und Buch Strauss.

- Richartz, A., & Brettschneider, W.-D. (1996). *Weltmeister werden und die Schule schaffen*. Schorndorf: Hofmann.
- Rudolph, K. (2015). Nachwuchskonzeption Schwimmen 2020. Vom Grundlagen- bis zum Anschlusstraining. Kassel: DSV. http://www.dsv.de/fileadmin/dsv/documents/schwimmen/Amtliches/150327_Nachwuchskonzeption_Schwimmen_2020.pdf. Zugriffen: 16. März 2016.
- Schmidbleicher, D. (1999). Stretch-shortening-cycle of neuromuscular system from research to the practice of training. In L. Yu (Hrsg.), *International Coaching Symposium* (S. 187–201). Taipei: Editor.
- Schmidbleicher, D. (2003). Motorische Eigenschaft Kraft: Struktur, Komponenten, Anpassungerscheinungen, Trainingsmethoden und Periodisierung. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S. 15–40). Gießen: Sport Media Verlag.
- Vicente-Rodriguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth? *Sports Medicine*, 36(7), 561–569.
- Wirth, K., Schlumberger, A., Zawieja, M., & Hartmann, H. (2012). *Krafttraining im Leistungssport. Theoretische und praktische Grundlagen für Trainer und Athleten*. Köln: Sportverlag Strauss.
- Wirth, K., Fuhrmann, S., Jankowski, A., Kunz, M. & Lambertz, H. (2016). DSV Kraftkonzept 2016. Key-Points des Konzeptes – Wissenschaftliche Begründungen für praktische Handlungsanweisungen. *swim&more*, 11, 10–11.
- Zawieja, M., & Oltmanns, K. (2011). *Kinder lernen Krafttraining*. Münster: Philippka-Sportverlag.
- Zintl, F., & Eisenhut, A. (2001). *Ausdauertraining*. München: BLV.

M. Toigo
MuskelRevolution
Konzepte und Rezepte zum Muskel- und
Krafaufbau
2015, XVI, 280 S. 39 Abb., 38 Abb. in Farbe.,
Softcover
*29,99 € (D) | 30,83 € (A) | CHF 37.50
ISBN 978-3-642-37640-5



Räumt auf mit falschen Annahmen und entlarvt überholte Thesen

- Anschauliche und gut verständliche Darstellung von wissenschaftlich fundiertem und gesundem Krafaufbau
- Schlägt die Brücke von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu konkreten Praxisempfehlungen
- Mit konkreten Beispielen zu effizienten Krafaufbau- und Muskeltrainingsprogrammen
- Verfasst von einem bekannten und anerkannten Experten

Denken Sie, dass Sie zum Muskaufbau schwere Gewichte stemmen müssen, um muskulös zu werden? Oder dass Ihre Muskelfasern schneller werden, wenn Sie schnell trainieren? Dass Sie im Training erfolgreich sein werden, wenn Sie Ihren Idolen nachefern oder den Empfehlungen von muskelbepackten Leuten oder prominenten „Fitness-Gurus“ folgen? Dass Sie mehr Muskeln bekommen, wenn Sie Ihre Proteinzu-fuhr steigern oder Proteinhakes konsumieren? Glauben Sie, dass zum Muskaufbau mehrere Sätze derselben Übung zwingend nötig sind und dass ein Training mit Hanteln bessere Resultate bringt als mit Maschinen? Dass es ab 25 Jahren mit Muskeln und Kraft „bergab“ geht? Dass Sie als Frau durch Krafttraining Ihren Körper straffen können, aber gleichzeitig Gefahr laufen, zu muskulös zu werden? Falls Sie eine Frage mit Ja beantwortet haben und wissen wollen, wie Sie effektiv Muskeln und Krafaufbau können, sollten Sie dieses Buch unbedingt lesen.

€ (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7 % MwSt. € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10 % MwSt. Die mit * gekennzeichneten Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

Jetzt bestellen: springer.com/shop

Preis für persönliches Abonnement: € 58,66*

Einzelheftpreis: € 23,00*

Abopreis für Studenten: € 35,20*

(*inkl. gültige MwSt., zzgl. Versandkosten)

**Sonderpreise für Mitglieder
von BISp, DOSB und dvs**



German Journal of Exercise and Sport Research

- wird herausgegeben vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp), vom Deutschen Olympischen Sportbund (DOSB) und der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (dvs)
- setzt Arbeit und Anspruch der in Deutschland traditionsreichen Zeitschrift Sportwissenschaft fort
- fördert die Darstellung eines breiten Spektrums sportwissenschaftlicher Arbeiten, publiziert geistes-, verhaltens- und naturwissenschaftliche Beiträge
- ist interdisziplinär und international anerkannt

Die Zeitschrift erscheint in 4 Ausgaben pro Jahr. Akzeptiert werden deutsch- und englischsprachige Beiträge.

This journal is the joint scientific publication of the Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft (German Association of Sports Science), Deutscher Olympischer Sportbund (German Olympic Sports Confederation) and Bundesinstitut für Sportwissenschaft (German Federal Institute of Sports Science). It pursues the central aims and scope of the preceding journal Sportwissenschaft, published from 1971 to 2016. Both English and German articles are accepted.

springer.com/12662

Part of SPRINGER NATURE