



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

Krafttraining für Läuferinnen und Läufer

Effekte durch ein zusätzlich zum Laufen durchgeführtes Krafttraining,
auf verschiedene Einflussfaktoren der Laufleistung.

Verfasser

Ing. Christian Jaeger Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, im Juli 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer: Ass. Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit *selbstständig* verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht (z.B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z.B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.“

Ort, Datum

Unterschrift

Zusammenfassung

Hintergrund: Traditionell wurden Leistungsverbesserungen im Mittel- und Langstreckenlauf ausschließlich in der Anwendung unterschiedlicher Methoden des Ausdauertrainings gesehen. Der Nutzen von Krafttraining zur Verbesserung der Laufleistung wurde und wird auch weiterhin vielfach angezweifelt. Untersuchungen der letzten Jahre, weisen nun darauf hin, dass die Laufökonomie durch ein zielgerichtetes Krafttraining verbessert werden kann und diese Trainingsform darüber hinaus zur Belastungsverträglichkeit und Verletzungsprophylaxe von Läuferinnen und Läufern beitragen kann.

Ziel: Ziel dieser Magisterarbeit ist es, mittels einer umfassenden Literaturübersicht den derzeitigen Forschungsstand in diesem Bereich zu beleuchten und die Frage zu beantworten, ob Krafttraining tatsächlich zu Leistungsverbesserungen im leichtathletischen Mittel- und Langstreckenlauf beitragen kann, bzw. als Methode zur Verletzungsprophylaxe von Läuferinnen und Läufern eingesetzt werden sollte. Darüber hinaus sollen trainingspraktische Hinweise hinsichtlich der Periodisierung und Gestaltung eines Krafttrainings für Läuferinnen und Läufer gegeben werden.

Ergebnisse: Zahlreiche kontrollierte Studien deuten darauf hin, dass speziell plyometrisches Training zur Verbesserung der Laufökonomie führt und damit die Laufleistung verbessern kann. Darüber hinaus bietet die Literaturübersicht Hinweise darauf, dass ein ergänzendes Krafttraining auch Sportverletzungen und Sportschäden von Läuferinnen und Läufern verhindern kann.

Schlüsselwörter: Mittel- und Langstreckenlauf; Krafttraining; Laufleistung; Laufökonomie; Verletzungsprophylaxe

Abstract

Background: Traditionally it was believed, that an enhancement in distance running performance can only be achieved by executing various endurance training methods. The benefit of resistance exercise training for improvement of the running performance has been, and still is, mistrusted frequently. Recent studies however demonstrate that running economy can be improved using target-oriented forms of resistance exercise training, and moreover indicate, that strength training can enhance resilience and prevention against injuries.

Purpose: This study aims to highlight the up-to-date state of research in this area based on a comprehensive review of literature and to answer the question if resistance type of exercise can improve endurance running performance and/or can prevent injuries. In addition exercise training recommendations concerning periodization and prescription of a resistance exercise training for endurance runners should be provided.

Results: Numerous studies indicate that, “plyometric training” can improve running economy and thereby enhance running performance. This literature review also provides indication that complementary resistance exercise training can prevent sport injuries and damages in runners.

Keywords: endurance running; resistance exercise training; running performance; running economy; injury prevention

Vorwort

Ich möchte mich ganz herzlich bei meiner Familie und bei meiner Freundin bedanken, die mich beim Verfassen meiner Diplomarbeit immer unterstützt haben und nie mit aufmunternden Worten gespart haben.

Ganz besonders möchte ich mich auch bei meinem lieben Freund, Studienkollegen und Trainingspartner Martin Steinbauer bedanken, der mich immer wieder aufs Neue motiviert hat an meiner Diplomarbeit weiter zu arbeiten, auch wenn es mal in schwierigen Zeiten nicht so gut lief.

Ebenfalls ein großes Dankeschön gebührt meinen lieb gewonnenen USI-Kurs Teilnehmern Nici, Michi, Berni, Ulli und Odin die mich oft daran erinnern haben, wieder mal was für meine Diplomarbeit zu machen und mir auch wertvolle Tipps dazu gegeben haben.

Nicht zuletzt möchte ich mich auch bei meinem Betreuer Herrn Ass. Prof. Mag. Dr. Harald Tschan für seine große Geduld bedanken. Er hat sich immer Zeit für mich genommen, einmal sogar am Sportplatz während der Leichtathletik Staatsmeisterschaften in Innsbruck.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	9
2	KRAFT UND KRAFTTRAINING	13
2.1	Definitionen Kraft.....	13
2.2	Physiologische Grundlagen der Kraft.....	13
2.2.1	Intermuskuläre Koordination	13
2.2.2	Intramuskuläre Koordination	14
2.2.3	Motorische Einheit.....	15
2.3	Arbeitsweisen der Muskulatur	16
2.3.1	Konzentrische Arbeitsweise	17
2.3.2	Exzentrische Arbeitsweise	17
2.3.3	Isometrische Arbeitsweise	17
2.4	Kraftarten	18
2.4.1	Maximalkraft.....	19
2.4.2	Schnellkraft	21
2.4.3	Kraftausdauer.....	22
2.4.3.1	<i>Kurzzeitausdauer</i>	<i>23</i>
2.4.3.2	<i>Mittelzeitausdauer</i>	<i>23</i>
2.4.3.3	<i>Langzeitausdauer.....</i>	<i>23</i>
2.4.4	Reaktivkraft	23
2.4.4.1	<i>Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus.....</i>	<i>24</i>
2.4.4.2	<i>Vorinnervation</i>	<i>26</i>
2.4.4.3	<i>Steifigkeit des Muskel-Sehnen-Gewebes</i>	<i>26</i>
2.4.4.4	<i>Dehnungsreflex</i>	<i>27</i>
2.4.4.5	<i>Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus unter Ermüdung</i>	<i>29</i>
2.5	Interferenzen zwischen Ausdauer und Kraft	32
2.6	Transfereffekte von Krafttraining	32
3	KRAFTTRAINING ZUR VERBESSERUNG DER LAUFÖKONOMIE UND LAUFLEISTUNG.....	33
3.1	Definition Laufökonomie	33
3.2	Einflussfaktoren auf die Laufökonomie.....	34
3.2.1	Einfluss des Fußaufsatzes auf die Laufökonomie.....	35
3.3	Studienergebnisse zur Verbesserung der Laufökonomie und -leistung	36
3.3.1	Studie von Spurr et al. 2003.....	37
3.3.2	Studie von Turner et al. 2003.....	38

3.3.3	Studie von Berryman et al. 2010	40
3.3.4	Studie von Guglielmo et al. 2009	41
3.3.5	Studie von Saunders et al. 2006	43
3.3.6	Studie von Johnston et al. 1997	44
3.3.7	Zusammenfassung der Studien	45
4	KRAFTTRAINING ZUR VERBESSERUNG DER LAUFTECHNIK.....	47
4.1	Kraftvoraussetzungen für eine optimale Lauftechnik	48
4.2	Lauftechnik im Mittel- und Langstreckenlauf.....	48
4.2.1	Vordere Stützphase	48
4.2.2	Hintere Stützphase.....	48
4.2.3	Vordere Schwungphase.....	48
4.2.4	Hintere Schwungphase	49
4.2.5	Armarbeit, Oberkörper- und Kopfhaltung	49
4.3	Auswirkungen von Krafttraining auf die Schrittlänge	49
5	KRAFTTRAINING ZUR VERLETZUNGSPROPHYLAXE UND ERHÖHUNG DER BELASTUNGSVERTRÄGLICHKEIT	54
5.1	Laufbelastungen und deren Beanspruchungen	54
5.2	Häufige Störungen der Belastbarkeit.....	54
5.3	Typische Schwächen des Halte- und Bewegungsapparats.....	56
5.4	Maßnahmen zum Schutz vor Überlastungen	56
5.5	Allgemein athletische Ausbildung	58
5.5.1	Kräftigung der Rumpfmuskulatur	60
5.5.2	Kräftigung der globalen und lokalen Rumpfmuskulatur	63
5.5.2.1	<i>Globale Rumpfmuskulatur.....</i>	63
5.5.2.2	<i>Lokale Rumpfmuskulatur</i>	63
6	MUSKULÄRE ERMÜDUNG NACH LAUFBELASTUNGEN UND DIE AUSWIRKUNGEN AUF DIE KRAFT	65
7	PERIODISIERUNG DES TRAININGS	66
7.1	Traditionelles Periodisierungsmodell	68
7.1.1	Vorbereitungsperiode.....	68
7.1.2	Wettkampfperiode	69
7.1.3	Übergangsperiode.....	69
7.2	Block Periodisierungsmodell.....	70

7.2.1	Akkumulation.....	70
7.2.2	Transmutation	70
7.2.3	Realisierung	70
7.3	Periodisierung des Krafttrainings für Läuferinnen und Läufer	71
7.3.1	Allgemein vorbereitendes Krafttraining für Läuferinnen und Läufer	71
7.3.2	Speziell vorbereitendes Krafttraining für Läuferinnen und Läufer	72
7.3.3	Spezielles Krafttraining für Läuferinnen und Läufer	73
7.3.4	Zusammenfassung der Periodisierung des Krafttrainings	74
8	RESÜMEE.....	76
9	VERZEICHNISSE	80
9.1	Literaturverzeichnis	80
9.2	Abbildungsverzeichnis.....	85
9.3	Tabellenverzeichnis	86
10	ANHANG.....	87
10.1	Trainingsprogramme	87

1 Einleitung

Ziel der vorliegenden Magisterarbeit ist es zu untersuchen, ob ein ergänzend durchgeführtes Krafttraining positive Auswirkungen auf leichtathletische Laufdisziplinen hat. Mittlerweile wird von immer mehr Läuferinnen und Läufern ein zusätzliches Kraftprogramm absolviert und auch bei vielen Trainerinnen und Trainern hat das Krafttraining einen fixen Platz in deren Trainingskonzeption. Auch im Rahmentrainingsplan Lauf des deutschen Leichtathletikverbandes von Joch (1996, S. 37ff) wird explizit auf die Wichtigkeit des allgemeinen und spezifischen Krafttrainings für Läuferinnen und Läufer hingewiesen.

Im Zusammenhang mit dem Krafttraining spielt auch die Laufökonomie eine entscheidende Rolle. Die Laufökonomie wird definiert als der Energiebedarf, der bei einem vorgegebenen Lauftempo im submaximalen Intensitätsbereich benötigt wird (Saunders et al., 2004, S. 465). Nur jene Läuferinnen und Läufer, die einen ökonomischen Laufstil besitzen, sind auch in der Lage, energiesparend zu laufen (Saunders et al., 2006, S. 947). In mehreren unterschiedlichen Trainingsstudien wurden die Auswirkungen eines ergänzenden Krafttrainings auf die Laufökonomie untersucht und es gab durchwegs positive Resultate (Berryman et al., 2010, S. 1822f; Guglielmo et al., 2009, S. 30f; Johnston et al., 1997, S. 226f; Saunders et al., 2006, 949ff; Spurrs et al., 2003, S. 4f; Turner et al., 2003, 64f).

Zu den Faktoren, welche die Laufleistung beeinflussen, gehören natürlich auch biomechanische Faktoren wie die Schrittlänge und die Schrittfrequenz. Dazu haben Esteve-Lanao et al. (2008, S. 1176ff) interessante Ergebnisse in Bezug auf Krafttraining und Schrittlänge gefunden.

Außerdem hat das Krafttraining einen sehr hohen Stellenwert bei der Prävention von Verletzungen und zur Erhöhung der Belastungsverträglichkeit im Laufsport. Fröhner (2009, S. 38) erläutert, dass es aufgrund von monotonen und gleichförmigen Beanspruchungen durch ein umfangreiches Lauftraining zu Störungen des aktiven und passiven Bewegungsapparats kommen kann und dies in weiterer Folge auch zu Verletzungen führen kann. Mit einem allgemeinen Krafttraining kann man diesen einseitigen Belastungen entgegenwirken (Joch, 1996, S. 37).

Für die vorliegende Arbeit ergeben sich daraus folgende konkrete wissenschaftliche Fragestellungen:

- Ist es möglich durch gezielte Kräftigungsübungen die Belastungsverträglichkeit zu erhöhen, damit auch bei gesteigerten Laufumfängen der Bewegungsapparat vor Verletzungen und Überlastungsschäden verschont bleibt?
- Bei Kurz- und Langsprinterinnen und Sprintern, aber auch bei vielen 800m Läuferinnen und Läufern gehört Krafttraining zur Verbesserung der Sprint- bzw. Laufleistung zum festen Bestandteil des Trainings. Es stellt sich die Frage ob auch Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer mit einem zusätzlich zum Laufen durchgeführten Krafttraining ihre Leistungsfähigkeit erhöhen können?
- Dabei ist von Interesse, welche Auswirkungen ein ergänzend durchgeführtes Krafttraining auf die unterschiedlichen Einflussfaktoren der Laufleistung hat und wie diese Faktoren beeinflusst bzw. verändert werden können?
- Welche Krafttrainingsmethoden für den Mittel- und Langstreckenlauf sind den anderen Trainingsmethoden hinsichtlich ihrer Effektivität überlegen und sollten deshalb in der Praxis bevorzugt zum Einsatz kommen?
- Gibt es trainingsrelevante Aussagen hinsichtlich der Positionierung des Krafttrainings im Jahresverlauf?

Aus den genannten Fragestellungen wurde folgende Hypothese aufgestellt: „Durch ein zusätzlich zum Laufen durchgeführtes Krafttraining können Läuferinnen und Läufer ihre Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit signifikant verbessern. Dabei gibt es deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Trainingsmethoden.“

Anhand einer systematischen Literaturrecherche wurden die relevanten Fragestellungen kritisch untersucht, um einen möglichst repräsentativen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zu erhalten. Um die für das Thema maßgebliche Literatur zu finden, wurden hauptsächlich vordefinierte Ein- bzw. Ausschlusskriterien eingesetzt. Dabei wurden zuerst die für die Literaturrecherche maßgeblichen Suchbegriffe, aus den vorhandenen Fragestellungen festgelegt. Nachdem ausschließlich die englisch sprachige Literaturdatenbank PubMed – NCBI (National Center for Biotechnology Information) verwendet wurde, mussten vorher alle ausgewählten Schlagwörter ins Englische übersetzt werden. Bei der systematischen Literatursuche wurde meistens nach zwei bis drei Schlagwörtern gleichzeitig gesucht. Die standardisierten Schlagwörter konnten dabei geschickt über einen so genannten „Builder“ und einer „AND-Funktion“ verknüpft werden. Die in der Datenbank gefundenen Studien sollten auch möglichst aktuell sein, weshalb

sich der Suchzeitraum in der Regel von 2000 bis 2012 erstreckte. Nur in wenigen Ausnahmen wurden auch ältere Studien für diese Arbeit herangezogen. Insgesamt konnten mit Hilfe dieser Suchstrategie über 350 Suchergebnisse erzielt werden, die dann in weiterer Folge in mehrere verschiedene Themenbereiche wie z.B. Laufleistung, Laufökonomie, Lauftechnik, Verletzungsprophylaxe oder Periodisierung, immer im Kontext mit Krafttraining, selektiert wurden.

Die Auswahl begrenzte sich dabei ausschließlich auf Studien bei denen die Probandinnen und Probanden aus dem Mittel- und Langstreckenlauf kommen, wobei der größere Teil, Untersuchungen mit gut trainierten Läuferinnen und Läufern mit Wettkampfteilnahme sein sollten. Alle Studien mit Sportarten bei denen zwar viel gelaufen wird wie z.B. Fußball oder Handball, sowie auch andere Ausdauersportarten wie Langlaufen, Schwimmen oder Rad fahren, wurden bei der Recherche ausgeschlossen. Ein weiteres Kriterium für die Studiauswahl war, dass das Krafttraining immer ergänzend zum Lauftraining durchgeführt werden musste. Bei der Suche nach Artikel über Sportverletzungen und Überlastungen war ein Ausschluss Grund wenn es sich nicht speziell um Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer handelte.

Nach dem Durcharbeiten der Literatur wurden die Inhalte interpretiert, miteinander verglichen und analysiert.

Die nachfolgende Magisterarbeit gliedert sich in insgesamt 6 Teile:

Im zweiten Kapitel der Arbeit geht es primär um die theoretischen Grundlagen der Kraft, da dies für das bessere Verständnis der nachfolgenden Kapitel notwendig ist.

Das dritte Kapitel befasst sich mit der Verbesserung der Laufökonomie und der Laufleistung durch zusätzliches Krafttraining.

Das vierte Kapitel behandelt die Auswirkungen eines Krafttrainings auf die Lauftechnik bzw. auf die biomechanischen Einflussgrößen. Nach einer kurzen Beschreibung der optimalen Lauftechnik für Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer werden noch die positiven Aspekte eines Krafttrainings auf die Schrittlänge erläutert.

Anschließend wird im fünften Kapitel auf die Problematik von Verletzungen, hervorgerufen durch zu hohe Laufbelastungen, eingegangen. In diesem Abschnitt werden auch Maßnahmen zur Verletzungsprophylaxe und zur Erhöhung der Belastungsverträglichkeit näher beschrieben.

Kapitel sechs beschreibt die Auswirkungen von intensiven und erschöpfenden Laufbelastungen auf die Muskulatur.

Im letzten Abschnitt der Arbeit geht es um den periodisierten Einsatz der unterschiedlichen Krafttrainingsmethoden im Jahresverlauf.

2 Kraft und Krafttraining

Alle Menschen benötigen für bestimmte körperliche Bewegungen ein gewisses Ausmaß an Muskelkraft. Die Kraft gehört demzufolge auch zu den Basisfähigkeiten für fast alle sportlichen Bewegungshandlungen, zu denen natürlich auch das Laufen zählt (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 9; Steinhöfer, 2003, S. 64).

In der vorliegenden Magisterarbeit werden ausschließlich Laufbelastungen im Mittel- und Langstreckenlauf behandelt, welche ja hauptsächlich Ausdauerbelastungen darstellen und deshalb vorwiegend von Herzkreislauf- und Stoffwechselleistungen bestimmt werden. Trotzdem ist es für Läuferinnen und Läufer genauso wichtig ein entsprechend gutes Kraftniveau zu besitzen. Wenn parallel zum Lauftraining ein ergänzendes Krafttraining durchgeführt wird, können Verletzungen beziehungsweise Überlastungen vermieden und es kann sogar die Laufleistung gesteigert werden (Wessinghage, 1996, S. 86).

2.1 Definitionen Kraft

Zu Beginn der Arbeit soll zunächst der Begriff Kraft genauer definiert werden, da er für die weitere Arbeit von großer Bedeutung ist.

Grosser, Starischka und Zimmermann (2001, S. 40) definieren den Kraftbegriff folgendermaßen: „Kraft im Sport ist die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, durch Innervations- und Stoffwechselprozesse mit Muskelkontraktionen Widerstände zu überwinden (konzentrische Arbeit), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Arbeit) beziehungsweise sie zu halten (statische Arbeit).“

Eine weitere Definition der Kraft findet sich bei Boeckh-Behrens und Buskies (2003, S. 21) und lautet: „Kraft ist die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, Widerstände zu überwinden (dynamisch konzentrisch), ihnen entgegenzuwirken (dynamisch exzentrisch) oder sie zu halten (statisch bzw. isometrisch).“

2.2 Physiologische Grundlagen der Kraft

2.2.1 Intermuskuläre Koordination

Bei der intermuskulären Koordination kommt es durch ein entsprechendes Training zu einer verbesserten Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Muskeln bzw. Muskelgruppen. Dabei erfolgt die Innervation der betroffenen Muskeln gezielter, wodurch die Abstimmung zwischen Agonisten („Arbeiter“), Synergisten („Helfer“) und Antagonisten

(„Gegenspieler“) verbessert wird. Dadurch können alle überflüssigen Bewegungen reduziert werden (Hohmann et al., 2007, S. 73ff; Weineck, 2007, S. 166).

Auch die Laufökonomie ist, neben den neuro-muskulären Eigenschaften, von der intermuskulären Koordination abhängig. Gerade deshalb ist das Ziel von jedem Techniktraining für Läuferinnen und Läufer, die Koordination der Laufbewegungen zu verbessern (Geese & Popovic, 2009, S. 27).

2.2.2 Intramuskuläre Koordination

Wenn man von der intramuskulären Koordination spricht, ist die willkürlich neuro-muskuläre Aktivierungsfähigkeit gemeint, bei der ein möglichst großer Teil der Muskelfasern innerviert werden soll – also die optimale Koordination der motorischen Einheiten innerhalb eines Muskels (Cormie et al., 2011, S. 17ff). Die Erhöhung der Kraft erfolgt durch eine Verbesserung der drei unterschiedlichen neuro-muskulären Aktivierungs-Mechanismen, nämlich der Rekrutierung, der Synchronisation und der Frequenzierung. Durch spezielle Krafttrainingsmethoden ist es möglich jede dieser neuromuskulären Faktoren zu beeinflussen (Cormie, et al., 2011, S. 17ff).

Bei der *Rekrutierung* soll einerseits die Summe der aktivierten motorischen Einheiten möglichst hoch sein, andererseits sollen auch diejenigen motorischen Einheiten rekrutiert werden, die mehr Kraft entwickeln können (Cormie, et al., 2011, S. 17ff).

Wenn sehr viele motorische Einheiten gleichzeitig, also synchron, arbeiten, kann ebenfalls die Kraftentwicklung gesteigert werden. In diesem Fall spricht man von *Synchronisation*. Die motorischen Einheiten von trainierten Athletinnen und Athleten zeigen eine höhere Synchronisation als die von untrainierten. Durch ein entsprechendes Maximalkrafttraining kann die Synchronisation verbessert werden (Folland & Williams, 2007, S. 159f).

Den dritten Aktivierungs-Mechanismus nennt man *Frequenzierung*. Damit ist die Entladungsfrequenz, mit der eine motorische Einheit innerviert wird, gemeint. Bei einer einzelnen Entladung zuckt die betroffene Muskelfaser genau einmal, wiederholen sich die Entladungen kommt es aufgrund von Überlappungen zur Kontraktion des Muskels. Bei zunehmender Entladungsfrequenz, nimmt die Anzahl der Erregungen pro Zeit zu und dementsprechend steigt auch die Kraft an (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 36; Hohmann et al., 2003, S. 75; Kothe, 2003, S. 31; Olivier & Rockmann, 2003, S. 115; Weineck, 2007, S. 157; Cormie, et al., 2011, S. 17ff).

Jede Sportlerin und jeder Sportler hat die Möglichkeit durch entsprechendes Training ihre/seine intramuskuläre Koordination zu verbessern, um dadurch mehr Kraft entwickeln zu können (Weineck, 2007, S. 157).

Allerdings muss laut Young (2006, S. 78ff) beachtet werden, dass sich der Kraftzuwachs durch neuromuskuläre Adaptation nur auf einzelne Muskeln beschränkt und deshalb die Transferwirkung auf die sportliche Leistung limitiert sein kann. Es hat sich gezeigt, dass intermuskuläres Training, bei dem die Bewegungsmuster und Kontraktionsgeschwindigkeiten wesentlich spezifischer sind, einflussreicher ist (Young, 2006, S. 78ff).

2.2.3 Motorische Einheit

Alle quergestreiften Muskeln des Menschen werden von ganz speziellen Nervenzellen, den Motoneuronen und Nervenfasern, den Motoaxonen, versorgt. Bei einer motorischen Einheit, wie auch in Abbildung 1 ersichtlich, handelt es sich um genau ein Motoneuron mit seinen langen Nervenfasern und den dazu gehörigen Muskelfasern. Die von einem einzigen Motoneuron innervierten Muskelfasern werden immer gemeinsam aktiviert. Bei Bewegungen des Menschen arbeiten nie alle motorischen Einheiten eines Muskels gleichzeitig. Die Grob- und Feinabstufung wird über die Kontraktionskraft des Muskels gesteuert. Eine Grobkoordination der Bewegung erfolgt über die Rekrutierung von motorischen Einheiten, also wenn mehr oder weniger Motoneurone zugeschaltet werden. Die Feinkoordination wird dann über die Entladungsfrequenz bzw. Innervationsfrequenz des jeweiligen Motoneurons gesteuert. Mit zunehmender Entladungsfrequenz steigt die Kraftentwicklung im Muskel an (Marees, 2002, S. 50; Olivier & Rockmann, 2003, S. 114f; Weineck, 2007, S. 157).

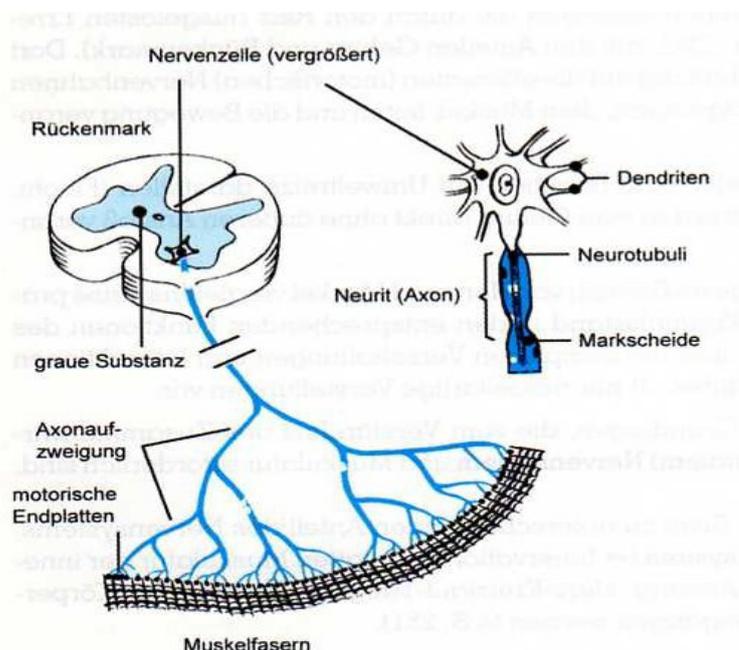


Abbildung 1: Aufbau einer motorischen Einheit (Marees, 2002, S. 50).

Ein sehr wichtiger Faktor ist laut Duchateau et al. (2006, S. 1766) auch die Größe der Motoneuronen. Es besteht hier ein starker Zusammenhang zwischen der Größe und der Reihenfolge in welcher die Motoneuronen aktiviert werden. Die kleineren Motoneuronen werden tendenziell vor den größeren aktiviert. Das bedeutet auch, dass zuerst die langsam kontrahierenden und Ermüdungsresistenten und erst danach die schnell kontrahierenden und schnell ermüdbaren Muskelfasern rekrutiert werden. Im Wesentlichen ist diese Rekrutierungsreihenfolge unabhängig von der Kontraktionsform. Sie gilt für isometrische, dynamische aber auch für Kontraktionen welche den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus beinhalten (Duchateau et al., 2006, S. 1766). Das Kraftmaximum eines Muskels ist abhängig von der Anzahl der rekrutierten Motoneuronen und von deren Entladungsfrequenz (Duchateau et al., 2006, S. 1767).

2.3 Arbeitsweisen der Muskulatur

Grundsätzlich kann man zwischen statischen und dynamischen Kontraktionsformen der Muskulatur unterscheiden, wobei die dynamischen noch weiter in konzentrische bzw. exzentrische Arbeitsweisen unterteilt werden (Roig et al., 2009, S. 556). Zum besseren Verständnis sind in Abbildung 2 die unterschiedlichen Kontraktionsformen der Kraft abgebildet:

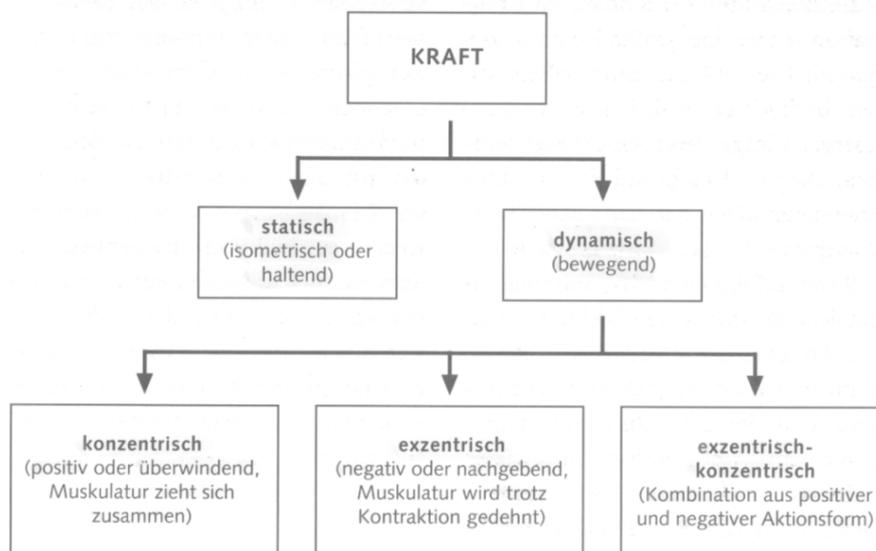


Abbildung 2: Strukturierung der Kraft nach den Kontraktionsformen (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 21).

2.3.1 Konzentrische Arbeitsweise

Von einer konzentrischen Muskelkontraktion spricht man dann, wenn die aufgebrachte Kraft des Muskels größer ist, als der zu überwindende Widerstand. Wenn man das Bild A in Abbildung 3 weiter unten betrachtet, dann kann man gut erkennen, dass die Muskelkraft ausreichend groß ist, um die Hantel anzuheben, das heißt der Muskel arbeitet hier überwindend. Wesentlich dabei ist, dass sich bei dieser Kontraktionsform der Muskel verkürzt, wenn, wie in dem Beispiel dargestellt, der Ellbogen gebeugt und die Hantel hochgehoben wird (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 21f; McArdle et al., 2007, S. 520; Roig et al., 2009, S. 556).

2.3.2 Exzentrische Arbeitsweise

Anders als bei der konzentrischen Arbeitsweise wird hier der Muskel trotz Kontraktion gedehnt, es kommt also zu einer Verlängerung der Muskulatur. Betrachtet man Bild B in Abbildung 3 sieht man eine solche exzentrische Kontraktionsform. Dabei wird die Kurzhantel wieder langsam in die Ausgangsposition zurück gebracht, die Muskulatur ist während dem Absenken der Kurzhantel angespannt bei gleichzeitiger Muskeldehnung bzw. Muskelverlängerung. Es kommt demzufolge zu einer aktiven Verlängerung der Muskelfasern (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 21f; McArdle et al., 2007, S. 520; Roig et al., 2009, S. 556).

Beim exzentrischen Teil einer Bewegung handelt es sich im Prinzip um eine abbremsende Phase, bei der die Muskulatur gedehnt wird (Geese & Popovic, 2009, S. 27).

2.3.3 Isometrische Arbeitsweise

Bei der isometrischen Kontraktionsform, welche auch häufig statisch oder haltend genannt wird, wird der Muskel kontrahiert, ohne dass er dabei seine Länge verändert. Das heißt der Muskel erzeugt Kraft und versucht sich zu verkürzen, kann jedoch den äußeren Widerstand nicht überwinden. Ein Beispiel für diese Kontraktionsform ist auf Bild C in Abbildung 3 zu sehen (McArdle et al., 2007, S. 520; Steinhöfer, 2003, S. 64; Roig et al., 2009, S. 556).

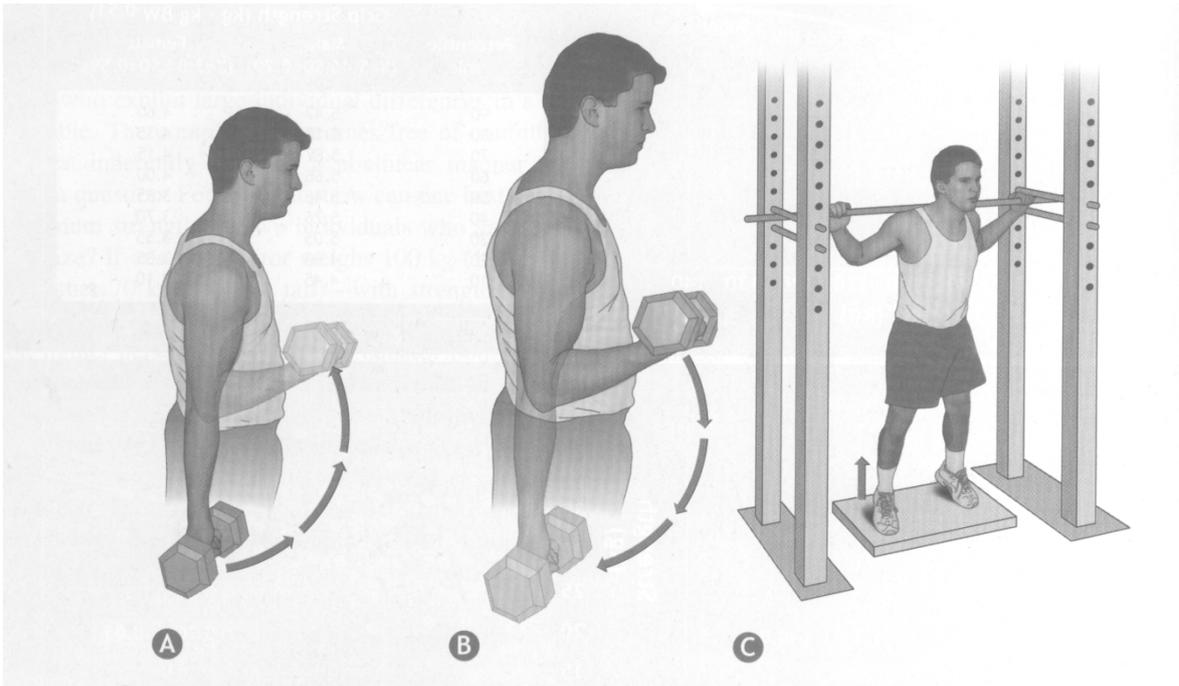


Abbildung 3: Konzentrische (A), Exzentrische (B) und Isometrische (C) Muskelaktion (McArdle et al., 2007, S. 520).

2.4 Kraftarten

Grundsätzlich kann man die Arten der Kraft in drei unterschiedliche Hauptbereiche unterteilen, nämlich die Maximalkraft, die Schnellkraft und die Kraftausdauer. In der aktuellen Literatur kommen zu diesen drei Bereichen noch die Reaktivkraft und die Explosivkraft dazu, welche sehr eng mit der Schnellkraft verbunden sind (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 34; Weineck, 2007, S. 371).

Grosser et al. (2001, S. 41) sowie Boeckh-Behrens und Buskies (2003, S. 34) schreiben, dass dabei die Maximalkraft die Basisfähigkeit bildet, von der wiederum die Schnellkraft und die Kraftausdauer abhängig sind. Wenn durch ein entsprechendes Krafttraining die Maximalkraft gesteigert wird, so verbessern sich gleichzeitig auch die Schnellkraft- und Kraftausdauerleistungen.

Laut Boeckh-Behrens und Buskies (2003, S. 34) gehören, wie in Abbildung 4 ersichtlich, die Reaktiv- und die Explosivkraft zum Bereich der Schnellkraft.

Im Gegensatz dazu muss jedoch erwähnt werden, dass die Reaktivkraft von Hohmann et al. (2007, S. 81) nicht als eine Unterkategorie der Schnellkraft gesehen wird, weil hier nicht nur eine schnelle konzentrische Kontraktion erfolgt, sondern vielmehr der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus eine ganz entscheidende Rolle spielt.

Für Hohmann et al. (2007, S. 81) sollte die Reaktivkraft deswegen als überwiegend unabhängig von der Schnellkraft angesehen werden (Hohmann et al., 2007, S. 81).

Die Reaktivkraft wird in diesem Kapitel zum besseren Verständnis noch genauer behandelt, weil mehrere Studienautoren davon ausgehen, dass die Laufökonomie und die Laufleistung durch ein entsprechendes Reaktivkrafttraining deutlich verbessert werden können.

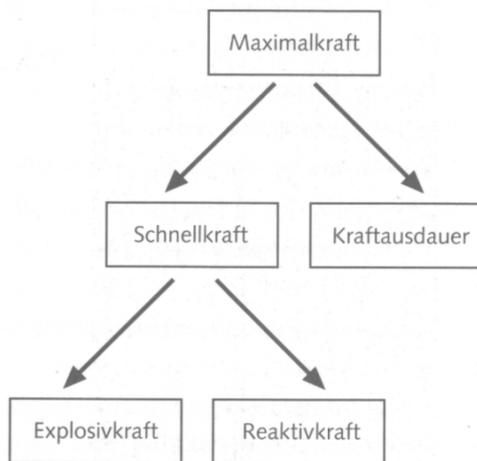


Abbildung 4: Beziehungsgefüge der Kraftfähigkeiten (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 34).

2.4.1 Maximalkraft

Die Maximalkraft kann laut Boeckh-Behrens und Buskies (2003, S. 34f) auf zwei unterschiedliche Arten entwickelt werden. Einerseits statisch, also isometrisch, gegen eine Last, die nicht zu überwinden ist, andererseits dynamisch konzentrisch gegen eine größtmögliche Last, die man nur einmal heben beziehungsweise überwinden kann. In diesem Fall sprechen Boeckh-Behrens und Buskies (2003, S. 35) vom Einer-Wiederholungsmaximum. Üblicherweise kommt in der Sportpraxis nur die dynamisch konzentrische Maximalkraft vor.

Eine andere Beschreibung der Maximalkraft kommt von Weineck (2007, S. 371ff). Er sagt, dass die Maximalkraft die größtmögliche Kraft ist, die ein Mensch bei maximaler willkürlicher Muskelkontraktion noch realisieren kann. Die Maximalkraft hängt ab vom Muskelquerschnitt, vom Zusammenspiel verschiedener an einer Bewegung beteiligten Muskeln (intermuskuläre Koordination) und von der Koordination im Muskel selbst (intramuskuläre Koordination).

Das heißt auch, dass die Maximalkraft mit unterschiedlichen Trainingsmethoden verbessert werden kann, abhängig von der Zielstellung und der Trainingsetappe der/des Athletin/Athleten (Weineck, 2007, S. 371 ff).

In einer Review-Studie von Simao et al. (2012, S. 251ff) hat sich gezeigt, dass die Reihenfolge der einzelnen Trainingsübungen ebenfalls Einfluss auf die Maximalkraft und Hypertrophie, also auf die chronischen Anpassungen der Muskulatur, hat. Bei der ersten Trainingsübung eines vorgegebenen Kraftprogramms fielen die Kraftzuwächse, allerdings bei untrainierten, am größten aus. Hingegen waren die Kraftzuwächse bei der letzten Übung vermindert. Ausgehend vom Trainingsziel, wird empfohlen die Übungen des Kraftprogramms dementsprechend zu reihen, ungeachtet dessen ob eine kleine oder große Muskelgruppe betroffen ist (Simao et al., 2012, S. 251ff).

Durch jede der drei vorhin aufgezählten Komponenten kann also die Maximalkraft gesteigert werden, wobei man zwischen neuronalen und Muskelquerschnitts-Methoden unterscheiden muss. Bei den neuronalen Methoden gibt es, wie schon erwähnt, einerseits das intermuskuläre Koordinationstraining, das heißt ein technikorientiertes Krafttraining. Hier gehören alle Übungen des Lauf-ABC wie z. B. der Kniehebelauf dazu. Andererseits gibt es das intramuskuläre Koordinationstraining, bei dem die Kraftbildungsgeschwindigkeit verbessert werden soll (Hohmann et al., 2007, S. 76; Joch, 1996, S. 42; Weineck, 2007, S. 371ff).

Das intramuskuläre Koordinationstraining verbessert ganz besonders das Nerv-Muskel-Zusammenspiel. Durch diese Trainingsmethode erreicht man eine verbesserte willkürliche Erregung der schon bestehenden Muskelmasse, ohne dabei zusätzlich Muskulatur aufzubauen. Natürlich kann eine Erhöhung der Maximalkraft auch durch eine Querschnittserhöhung der Muskelmasse erreicht werden (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 36).

Weyland et al. (2005, S. 2625ff) schreiben, dass beispielsweise Sprinterinnen und Sprinter ein höheres Körpergewicht und deutlich mehr Muskelmasse aufweisen als Langstreckenläuferinnen und -läufer. Laut Wessinghage (1996, S. 87) muss allerdings berücksichtigt werden, dass Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer ein viel geringeres Kraftniveau benötigen als zum Beispiel Sprinterinnen und Sprinter. Deshalb kann sich übertriebenes Hypertrophie-Training, welches mit einer Dickenzunahme der Muskulatur einhergeht, sogar negativ auf die Laufleistung auswirken, da es zu einer Gewichtszunahme kommt und die Muskeln schneller müde werden. Aus diesem Grund empfiehlt Wessinghage (1996, S. 87) neuronale Trainingsmethoden zur Verbesserung der intermuskulären und intramuskulären Koordination (Wessinghage, 1996, S. 87).

Auch Young (2006, S. 77) meint, dass ein Hypertrophie-Training nicht für alle Sportarten sinnvoll ist. So wird beispielsweise ein Kugelstoßer von einer erhöhten Muskelmasse durchaus profitieren können, für einen Hochspringer bedeutet dies jedoch eine Verschlechterung seines Kraft/Last Verhältnisses und in weiterer Folge kann dies auch zu einer verminderten Sprungleistung führen. Ein zusätzliches Krafttraining kann also, abhängig von der gewählten Trainingsmethode, positive oder eben auch negative Transferwirkungen auf die sportliche Leistungsfähigkeit haben (Young, 2006, S. 77).

Die Autoren Geese und Popovic (2009, S. 26) schreiben in ihrem Beitrag, dass es in Deutschland sehr viele Langstreckentrainerinnen und -trainer gibt die gegen Krafttraining sind. Sie befürchten, dass es durch Krafttraining zu einer Muskelmassen und Gewichtszunahme kommt und in Folge zu einer schlechteren Laufleistung. Viele Krafttrainingsübungen sind auch zu unspezifisch und führen nicht zu den gewünschten Anpassungen der Organe welche Ausdauerleistungen generieren (Geese & Popovic, 2009, S. 26). Die Auswirkungen eines ergänzenden Krafttrainings auf das Laufen müssen laut Geese und Popovic (2009, S. 26) allerdings differenzierter betrachtet werden. So hat es in den letzten Jahren doch einige wissenschaftliche Studien gegeben, die für ein spezifisches Krafttraining bei Läuferinnen und Läufern sprechen (Geese & Popovic, 2009, S. 26).

2.4.2 Schnellkraft

Bei der Schnellkraft geht es um das Realisieren von größtmöglichen Bewegungsgeschwindigkeiten, hervorgerufen durch Muskelkontraktionen. Dabei wird entweder der eigene Körper oder Teile des Körpers, zum Beispiel die Beine oder die Arme, oder auch Gegenstände, zum Beispiel Disken, Speere, Kugeln, Bälle, schnellstmöglich bewegt (Weineck, 2007, S. 374).

Die/der Athletin/Athlet muss also in der Lage sein, einen möglichst großen Impuls in kürzester Zeit zu erzeugen. Abhängig von der zu bewegenden Last ist dabei das Maximalkraftniveau mehr oder weniger wichtig. Bei allen Bewegungen mit sehr hohen Geschwindigkeiten und geringen Lasten ist die Startkraft entscheidend. So benötigt der Boxer, um seine Schläge blitzartig anzubringen eine exzellente Startkraft. Nimmt die zu überwindende Last und damit auch die Dauer einer Bewegung zu, kommt die Explosivkraft zum Tragen. Ein Beispiel dafür ist das Kugelstoßen, bei dem die relativ schwere Kugel explosionsartig beschleunigt werden muss. Die Explosivkraft ist deshalb stark vom Maximalkraftniveau der/des Athletin/Athleten abhängig (Hohmann et al., 2007, S. 78; Weineck, 2007, S. 374).

Die Komponenten der Schnellkraft werden, zur besseren Veranschaulichung, wie in Abbildung 5, meistens graphisch in einer sogenannten *Kraftzeitkurve* dargestellt. Der Kraftanstieg gleich am Anfang einer Bewegung, in den ersten 30ms, wird Startkraft genannt. Der steilste Anstieg der Kraftzeitkurve wird als Explosivkraft bezeichnet. Wenn der Anstieg der Kraftzeitkurve sein Maximum erreicht, spricht man von Schnellkraft (Weineck, 2007, S. 374).

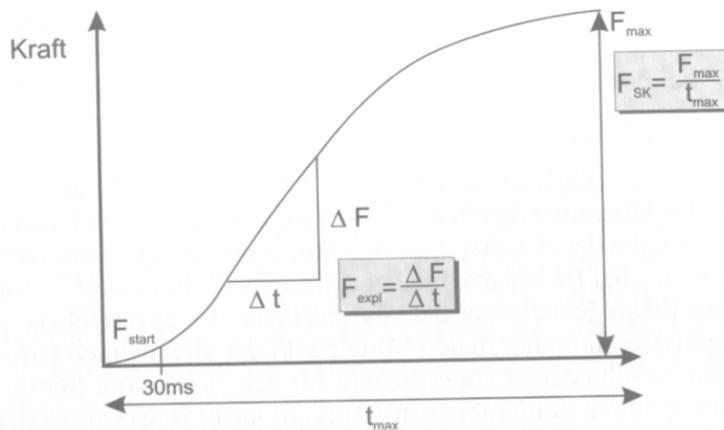


Abbildung 5: Kraftzeitkurve (Hohmann et al., 2007, S. 80).

2.4.3 Kraftausdauer

Um von Kraftausdauer sprechen zu können, muss der aufgewendete Kraftbedarf mindestens 30 Prozent des Kraftmaximums betragen. Wenn die Kraftwerte darunter liegen, handelt es sich eher um ein aerobes Ausdauertraining, als um ein Kraftausdauertraining (Grosser et al., 2001, S. 44; Hohmann et al., 2007, S. 83).

Man sollte dabei allerdings beachten, dass die Intensitätsangabe von 30 Prozent nur ein Richtwert ist und in der Trainingspraxis dieser Wert oft nicht genau bestimmt werden kann (Steinhöfer, 2003, S. 84).

Bevor mit einem geeigneten Kraftausdauertraining begonnen wird, muss die Sportart bzw. die Trainingsübung genau betrachtet und analysiert werden. Der Grund dafür ist recht einfach erklärt. Es gibt nämlich eine Vielzahl verschiedener Sportarten mit ganz unterschiedlichen Anforderungen (Hohmann et al., 2007, S. 84).

2.4.3.1 Kurzzeitausdauer

In den Kurzzeit-Ausdauersportarten, wie zum Beispiel Ringkampf, Judo oder Kanusprint, ist der Gesamtimpuls von entscheidender Bedeutung. Deshalb versucht man im Kraftausdauertraining entweder die Frequenz, also die Anzahl der Krafteinsätze pro Zeiteinheit, oder die Höhe der einzelnen Krafteinsätze zu steigern. Beim Boden-Gerätturnen sind immer wieder Elemente bei denen Haltearbeit verrichtet werden muss dabei, in diesen Fällen spricht man von statischer Kraftausdauer (Hohmann et al., 2007, S. 83).

2.4.3.2 Mittelzeitausdauer

Zu den Mittelzeit-Ausdauersportarten gehören zum Beispiel Rudern und Schwimmen. Bei diesen Sportarten will man durch ein geeignetes Kraftausdauertraining den Kraftabfall möglichst minimieren. Das heißt, dass die/der Sportlerin/Sportler durch die verbesserten Kraftausdauerfähigkeiten in der Lage ist, während der gesamten Wettkampfdauer, ohne großen Einbruch bzw. Ermüdung, immer dieselbe Kraft aufbringen zu können (Hohmann et al., 2007, S. 83).

2.4.3.3 Langzeitausdauer

In den Langzeit-Ausdauersportarten, wie zum Beispiel dem Skilanglauf, spielt die Ermüdungswiderstandsfähigkeit die entscheidende Rolle. Durch geeignetes Training sollen hier besonders die für den Vortrieb relevanten Muskeln trainiert werden, damit sie nicht so rasch ermüden (Hohmann et al., 2007, S. 84).

2.4.4 Reaktivkraft

Bei der Reaktivkraft wird zuerst durch eine exzentrische Kontraktion Muskelgewebe gedehnt, unmittelbar danach erfolgt die konzentrische Kontraktion desselben Muskels. Dieser Vorgang wird dann *Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus* genannt (Wilson et al., 2008, S. 1706). Grundsätzlich wird bei der Reaktivkraft die exzentrische Phase zur Verstärkung der konzentrischen Phase ausgenutzt. Die Reaktivkraft ist, neben der Schnellkraft und Maximalkraft, auch sehr stark von der Spannungsfähigkeit der Muskulatur abhängig. Dabei spielen muskuläre Eigenschaften wie die *Voraktivierung* bzw. *Vorinnervation*, die „*muscle stiffness*“ und der *Muskeldehnungsreflex* eine sehr wichtige Rolle (Hohmann et al., 2007, S. 81).

Ebenfalls ein Grund für die meist eigenständige Betrachtungsweise der Reaktivkraft sind sicherlich auch die eher speziellen Trainingsmethoden, mit denen diese Kraftart trainiert wird. Die Methoden des Reaktivkrafttrainings werden sehr häufig auch als plyometrische Methoden bezeichnet. Bei diesem Training werden typischerweise unterschiedliche

Sprünge durchgeführt, weil diese den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus besonders intensiv auslösen (Berryman et al., 2010, S. 1818).

In Tabelle 1 sind verschiedene Sprungformen angeführt, mit denen in der Trainingspraxis ein Reaktivkrafttraining durchgeführt werden kann. Wegen der doch ziemlich hohen Belastungen, die bei einem Sprungkrafttraining auf den passiven und aktiven Bewegungsapparat einwirken, muss dieses Training immer langsam und systematisch aufgebaut werden, damit es zu keinerlei Überlastungen kommt. In der folgenden Tabelle wird das Training in vier verschiedenen Belastungsstufen aufgebaut, die nacheinander durchlaufen werden sollen (Hohmann et al., 2007, S. 82).

Tabelle 1: Einteilung von Sprungformen nach Belastungsgrad (Hohmann et al., 2007, S. 82).

BELASTUNGS-STUFE	HORIZONTALSPRÜNGE		VERTIKALSPRÜNGE		
	Wechsel-sprünge	Hops	Aufsprünge	Übersprünge	Tiefsprünge
I	ohne Anlauf		beidbeinig einbeinig	beidbeinig mit Zwischenhupf	
II	mit Anlauf	ohne Anlauf		beidbeinig ohne Zwischenhupf; einbeinig mit Schwungbeinlandung	
III				einbeinig mit Sprungbeinlandung	beidbeinig
IV		mit Anlauf			einbeinig

2.4.4.1 Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus

In der Regel bestehen Bewegungen des Menschen nur sehr selten aus rein isometrischen, konzentrischen oder exzentrischen Kontraktionsformen der Muskulatur. In diesem Zusammenhang muss betont werden, dass der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, obwohl dieser eine exzentrische Komponente enthält, nicht dasselbe ist wie eine rein exzentrische Muskelkontraktion. Bei den meisten Bewegungen des Menschen, wie eben beim Gehen, Laufen und Hüpfen, ist hauptsächlich der so genannte Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus involviert (Nicol et al., 2006, S. 979).

Beim Springen und Hüpfen verhalten sich unsere Beine im Prinzip wie eine mechanische Feder. In der ersten Hälfte der Kontaktphase wird die „Beinfeder“ komprimiert und in der zweiten Hälfte wieder elastisch zurückgestellt (Hobara et al., 2008, S. 506).

Beim Aufprall beziehungsweise in der Kontaktphase wird die Muskulatur, trotz Anspannung, zuerst gedehnt, sie arbeitet also exzentrisch. Während der exzentrischen Phase, die kurz und schnell abläuft, wird aufgrund der Dehnung von Sehnen und Muskelfasern zuerst elastische Energie gespeichert und dann wieder abgegeben. Es ist demzufolge von Bedeutung, dass Muskeln und Sehnen die Eigenschaft besitzen, elastische Energie zu speichern und auch wieder rasch abgeben können. Diese Eigenschaft spielt bei allen menschlichen Bewegungen, welche den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus auslösen, eine sehr wichtige Rolle. Der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus ist demnach eine Kombination aus einer exzentrischen Muskelkontraktion mit einer sofort anschließenden konzentrischen Kontraktion. Durch die vorangegangene exzentrische Kontraktion ist die Muskulatur in der Lage mehr Kraft in der konzentrischen Aktion zu entwickeln, sie ist also deutlich leistungsfähiger im Vergleich zu einer rein konzentrischen Muskelaktion. Wesentlich in diesem Zusammenhang ist auch die Tatsache, dass beim Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus die Muskulatur ihre Spitzenwerte erreicht, bevor die exzentrische Phase endet (Komi, 2000, S. 1197ff; Turner et al., 2003, S. 60).

Grundlegende Bedingungen des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus sind (Komi, 2000, S. 1200):

- Die Muskulatur ist schon vor dem Bodenkontakt aktiviert.
- Die exzentrische Phase, in der es zu einer Muskeldehnung bzw. Muskelverlängerung kommt, ist kurz und schnell.
- Der Übergang zwischen exzentrischer und konzentrischer Phase erfolgt unmittelbar mit nur sehr kurzer Verzögerungszeit.

Durch die schnelle Dehnung in der exzentrischen Phase wird die elastische Energie in den Muskeln, Sehnen und Bändern zuerst gespeichert und dann in der sofort anschließenden Verkürzung in der konzentrischen Phase wieder abgegeben (Turner et al., 2003, S. 60).

Bei Bewegungen, welche reaktiv ausgeführt werden, kann man zwischen einem langen und einem kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus unterscheiden. Beim langen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus sind die Ausholbewegungen der Knie-, Hüft- und Sprunggelenke eher groß und die Bewegungszeiten mit mehr als 250ms eher lang. Beispiele von sportlichen Bewegungen mit langem Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus sind zum Beispiel beidbeinige Sprünge im Volleyball und Basketball. Im Gegensatz dazu fallen beim kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus die Gelenkwinkelbewegungen eher gering aus und die Bewegungs-

zeiten sind mit 100-250ms auch viel kürzer. Beispiele dafür findet man im leichtathletischen Sprint oder Weitsprung (Hohmann et al., 2007, S. 81f).

2.4.4.2 Vorinnervation

Bei der Vorinnervation beziehungsweise Voraktivierung handelt es sich um eine Anspannung der Muskulatur kurz vor ihrem eigentlichen Einsatz, in etwa 70-150ms davor (Grosser et al., 2001, S. 59).

Menschen besitzen die Fähigkeit, Belastungen, wie sie zum Beispiel beim Springen auftreten, zu antizipieren, wodurch sie unmittelbar vor dem Aufprall die betroffenen Muskeln aktivieren können. Durch diese Voraktivierung kommt es in der Muskulatur zu einer erhöhten Muskelspannung (Marees, 2002, S. 181).

Je nach Stärke und Intensität der Voraktivierung werden mehr oder weniger Querbrücken in der Muskulatur gebildet, was wiederum die Steifheit des Muskel-Sehnen-Gewebes, also die „muscle-stiffness“, beeinflusst (Hohmann et al., 2007, S. 81).

Durch die Voraktivierung ändern sich einerseits die elastischen Eigenschaften der Muskulatur und es kommt zu einer Spannungszunahme und in weiterer Folge zu einer erhöhten Steifigkeit des Muskel-Sehnen-Gewebes, andererseits werden die für den Dehnungsreflex verantwortlichen Muskelspindeln sensibler. Die voraktivierte Muskulatur beeinflusst so den anschließenden Dehnungsreflex positiv und es kann schneller mehr Kraft entstehen (Weineck, 2007, S. 444f).

2.4.4.3 Steifigkeit des Muskel-Sehnen-Gewebes

Dabei handelt es sich um die Eigenschaft des Muskel-Sehnen-Gewebes auftretenden Dehnungskräften entgegenzuwirken (Wilson et al., 2008, S. 1708). Ermittelt wird die so genannte „muscle stiffness“ durch den Quotienten aus Kraft- und Längenänderung der Muskulatur (Wilson et al., 2008, S. 1708). Die Steifigkeit der Muskulatur spielt eine entscheidende Rolle beim Speichern und Abgeben elastischer Energie, was bei allen reaktiven Trainingsübungen, wie dem Springen und Sprinten, der Fall ist (Grosser et al., 2001, S. 50; Marees, 2002, S. 73). Laut Hobara et al. (2008, S. 513) dürfte bei Sprinterinnen und Sprintern die Steifheit des Muskel-Sehnengewebes größer sein als vergleichsweise bei ausdauertrainierten Sportlerinnen und Sportlern.

Ist das Muskel-Sehnen-Gewebe sehr steif, so kann in der exzentrischen Phase mehr Energie gespeichert werden und in der anschließenden konzentrischen Phase wieder abgegeben werden (Weineck, 2007, S. 379).

2.4.4.4 Dehnungsreflex

Der Dehnungsreflex ist die motorische Antwort auf einen von außen einwirkenden Reiz. Jeder Reflex setzt sich aus insgesamt fünf verschiedenen Teilen zusammen, die gemeinsam einen Reflexbogen erzeugen. Zu den fünf Teilen des Reflexbogens gehören die Rezeptoren, die afferenten und efferenten Nervenfasern, das Reflexzentrum und die Muskulatur beziehungsweise die Effektoren (Olivier & Rockmann, 2003, S. 115).

Die für den Dehnungsreflex zuständigen Rezeptoren werden Muskelspindeln genannt und sind parallel zu den quergestreiften Muskelfasern angeordnet. Muskelspindeln sind in der Lage jede durch Dehnung oder Verkürzung hervorgerufene Längenänderung der Muskulatur wahrzunehmen und entsprechend rasch darauf zu reagieren. Die im Muskel vorhandenen Spindeln sind also Rezeptoren, welche die Länge der Muskelfasern messen. Wird ein Muskel jetzt sehr schnell gedehnt, lösen die Muskelspindeln den so genannten Dehnungsreflex aus und es kommt in weiterer Folge zu einer reflexartigen Kontraktion des Muskels (Grosser et al., 2001, S. 59 & S. 162; Marees, 2002, S. 69f).

Nachdem der Dehnungsreflex für seine vollständige Auslösung nur 25-40ms benötigt, gehört er zu den am schnellsten ablaufenden Reaktionen des Menschen. Er hat gerade deswegen eine wichtige Funktion bei der Optimierung von sehr schnellen Bewegungsabläufen, welche natürlich beim Sport häufig auftreten. Aufgrund seiner sehr kurzen Dauer kann die durch den Dehnungsreflex zusätzlich gewonnene Muskelspannung sehr schnelle Bewegungsaktionen, wie sie etwa beim Sprinten oder Springen vorkommen, unterstützen. Durch den Dehnungsreflex ist man in der Lage mehr elastische Energie im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus zu speichern (Grosser et al., 2001, S. 59; Hohmann et al., 2007, S. 99f).

Die Reizleitung des Dehnungsreflexes ist in Abbildung 6 dargestellt. Beim Dehnungsreflex erfolgt die Übertragung immer über die afferenten Nervenbahnen zu den für die Zielbewegung verantwortlichen Motoneuronen. Diese Motoneuronen werden dann im Rückenmark, dem Reflexzentrum, aktiviert beziehungsweise erregt und entsenden wiederum über die efferenten Nervenbahnen ein Signal retour an die Muskulatur. Die Muskeln, die zuvor gedehnt wurden, reagieren darauf mit einer blitzartig schnellen Kontraktion (Olivier & Rockmann, 2003, S. 116).

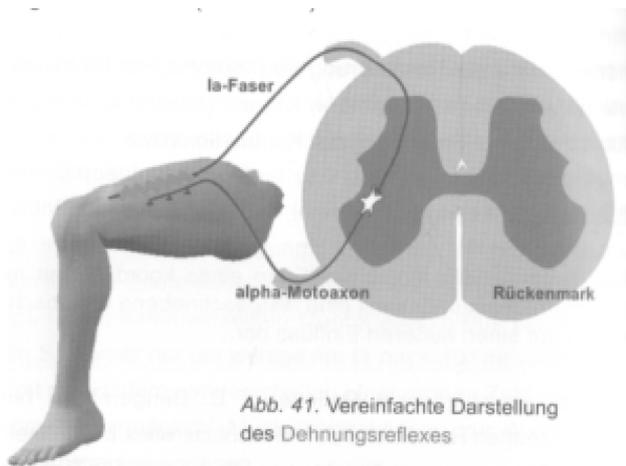


Abbildung 6: Vereinfachte Darstellung des Dehnungsreflexes (Olivier & Rockmann, 2003, S. 116).

Der Dehnungsreflex wird auch sehr häufig Eigenreflex genannt, weil der von außen kommende Reiz und die darauf folgende Reaktion denselben Muskel betreffen. Wie in der vereinfachten Abbildung 6 ersichtlich, besteht der Dehnungsreflex aus nur einer einzigen synaptischen Verbindung, deshalb zählt dieser Reflex zu den monosynaptischen Reflexen (Olivier & Rockmann, 2003, S. 116f).

Es stellt sich die Frage, ob der Dehnungsreflex dazu beitragen kann, die Kraft während des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus zu erhöhen. Der Dehnungsreflex hat grundsätzlich Einfluss auf die Regulation der Muskelspannung, die „*muscle stiffness*“ und damit beeinflusst er diese natürlich auch während der exzentrischen Phase des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Nachdem die Schleife, in der ein einfacher Dehnungsreflex abläuft in etwa 40ms dauert, ist es gut nachvollziehbar, dass die Zeitverzögerung zwischen der Initialen Muskeldehnung, beim ersten Bodenkontakt, und dem darauf folgenden Kraftzuwachs ungefähr 50-55ms beträgt (Komi, 2000, S. 1200).

Beim Marathonlauf dauert der Bodenkontakt normalerweise nahezu 250ms. Daraus kann man schließen, dass der durch den Dehnungsreflex verursachte Kraftgewinn schon während der exzentrischen Phase des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus von funktioneller Bedeutung ist (Komi, 2000, S. 1200f; Petersen et al., 2007, S. 385ff).

Nachdem sich ja bei höheren Laufgeschwindigkeiten die Dauer des Bodenkontaktes, vom ersten Kontakt bis zum Abdruck, verkürzt, verlagert sich der Dehnungsreflex bei schnellerem Lauftempo immer mehr zum Ende der exzentrischen Phase hin (Komi, 2000, S. 1201).

In diesem Zusammenhang sollte auch erwähnt werden, dass sich die Auswirkungen des Dehnungsreflexes beim maximalen Sprintlauf, wo die Kontaktzeiten nur 90-100ms betragen, teilweise bis in die Abdruckphasen rein verlängern (Komi, 2000, S. 1201).

All diese zeitlichen Berechnungen bekräftigen doch, dass die Zeit für den Dehnungsreflex genügend lang ist, um im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus die Kraft beziehungsweise die Leistung steigern zu können (Komi, 2000, S. 1201).

Insgesamt kann man behaupten, dass es ausreichend viele Hinweise gibt, dass der Dehnungsreflex eine wichtige Funktion im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus einnimmt und dort die Kraftentwicklung während des Bodenkontakts, bei Aktivitäten wie dem Laufen und Springen, verstärkt (Komi, 2000, S. 1202).

2.4.4.5 Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus unter Ermüdung

Die vorhin beschriebenen Mechanismen des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus sind nicht nur im ermüdungsfreien Zustand relevant, sondern auch unter Ermüdung. Es hat sich nachweislich gezeigt, dass sowohl kurz als auch lang andauernde ermüdende Trainingsübungen zu einem Rückgang der neuromuskulären Leistungsfähigkeit führen. Ein Beispiel für eine lang andauernde Belastung ist klarerweise der Marathonlauf, bei dem es unter Ermüdung zu einer verminderten Wirksamkeit des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus kommt (Petersen et al., 2007, S. 385ff).

Die Ergebnisse von Avela et al. (1999, S. 1292ff) zeigen bei lang andauernden Belastungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus einen deutlichen Rückgang der Muskelaktivität, begleitet von einer verminderten Reflex-Sensibilität. Aufgrund dessen kann sich der Dehnreflex nach der Belastung oder auch schon während dieser verschlechtern (Avela et al., 1999, S. 1292ff).

Die Muskelaktivität spielt bei Belastungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus demnach eine wichtige Rolle. So kommt es beispielsweise beim Laufen und Springen vor und während des Aufpralls bzw. Bodenkontakts zu einer erhöhten muskulären Aktivität. Damit wird die Steifigkeit der Beinmuskulatur optimal eingestellt um die hohen Aufprallkräfte zu absorbieren und elastische Energie im Muskel-Sehnen-Komplex zu speichern (Kuitunen et al., 2007, S. 67). Laut Kuitunen et al. (2007, S. 74) spielt in diesem Zusammenhang auch die Aktivität des M. Triceps surae eine entscheidende Rolle, weil dieser die Regulation der Muskelsteifigkeit unter Ermüdung beeinflusst (Kuitunen et al., 2007, S. 74).

So erwähnen Kuitunen et al. (2002, S. 107ff), dass es aufgrund von erschöpfenden Belastungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus zu einem deutlichen Rückgang der Knie- und Sprunggelenkssteifigkeit kommt. Die nachfolgende Wiederherstellung der Gelenksteifigkeit war langsam und in vereinzelt Fällen nach sieben Tagen immer noch unvollständig. Es wird vermutet, dass die unmittelbare Reduktion der Gelenksteifigkeit durch die Ermüdung von zentralen sowie peripheren Systemen verursacht wird. Die lang andauernden Beeinträchtigungen werden allerdings hauptsächlich den peripheren Muskelschädigungen zugeschrieben (Kuitunen et al., 2002, S. 107ff).

Wenn es nun aufgrund einer ermüdenden Trainingsbelastung zur Erschöpfung im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus kommt, dann ist es nicht ungewöhnlich, dass es auch zu Muskelschädigungen kommt, welche allerdings reversibel sind. Die Folgen sind jedoch durchaus beträchtlich. So wird die Muskelmechanik, der Dehnungsreflex sowie die Muskel- und Gelenkssteifigkeit negativ beeinflusst (Avela et al., 1999, 1292ff; Komi, 2000, S. 1202).

Unterschiedliche Studien haben eindeutig ergeben, dass die Muskeln im ermüdeten Zustand Dehnreize beziehungsweise Dehnbelastungen, wie sie im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus vorkommen, schlechter tolerieren als im ausgeruhten Zustand. Aufgrund der muskulären Ermüdung geht die Sensibilität des Dehnreflexes zurück, und damit ist auch die Fähigkeit zur Regulation der Muskel- und Gelenkssteifigkeit gestört beziehungsweise vermindert (Avela et al., 1999, S. 1292ff; Komi, 2000, S. 1202; Kuitunen et al., 2002, S. 107ff; Kuitunen et al., 2007, S. 67ff).

Dadurch funktioniert der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus nicht mehr so effizient. In diesem Zusammenhang muss allerdings auch erwähnt werden, dass die eben beschriebenen Mechanismen deutlicher in der hinteren Unterschenkelmuskulatur als in der vorderen Oberschenkelmuskulatur auftreten (Komi, 2000, S. 1202). Für lange Laufbelastungen bedeutet dies, dass sich die biomechanischen Merkmale des Bodenkontakts verändern. Die Dauer des Bodenkontakts verlängert sich, sowohl in der Phase des Bremsstoßes, also beim ersten Aufprall, als auch in der Abdruckphase (Komi, 2000, S. 1202). Noch bemerkenswerter ist jedoch eine Zunahme der Kraftspitzen beim Aufprall bei gleichzeitiger Abnahme der Kraftspitzen nach dem Aufprall (Komi, 2000, S. 1202).

Im ermüdeten Zustand wurde auch ein schnelleres und größeres Einbeugen der Gelenke beobachtet, was vermutlich auch ein Grund für den auftretenden Kraftrückgang ist (Komi, 2000, S. 1202).

Dieser Krafrückgang nach dem Aufprall ist der wahrscheinlich wichtigste Indikator für eine verschlechterte Verträglichkeit der Muskulatur auf wiederholte erschöpfende Dehnbelastungen. Natürlich hat dies auch Konsequenzen auf das Laufen. So muss ein Läufer bei konstantem Tempo mehr Arbeit in der Abdruckphase verrichten, um auf die gleiche Leistung des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus wie im ausgeruhten Zustand zu kommen (siehe dazu Abbildung 7). Das wiederum führt dazu, dass die Ermüdung noch schneller voranschreitet (Komi, 2000, S. 1202).

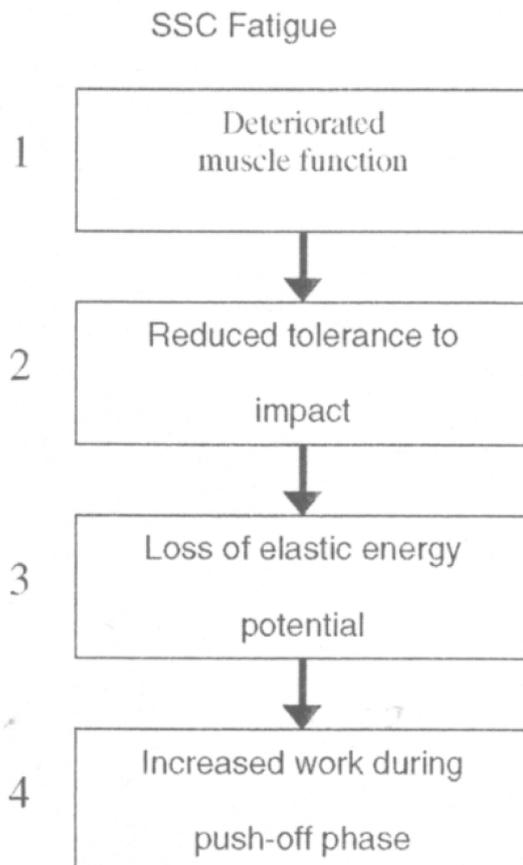


Abbildung 7: Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus unter Ermüdung (Komi, 2000, S. 1204).

Nach einer erschöpfenden Belastung im Dehnungs-Verkürzungs-Zustand benötigt die/der Läuferin/Läufer doch einen etwas längeren Zeitraum, zumindest mehrere Tage, bis sich die *stiffness* Regulation wieder vollständig normalisiert hat. Die Auswirkungen sind im Prinzip ähnlich denen von rein exzentrischen Trainingsübungen (Komi, 2000, S. 1203f).

2.5 Interferenzen zwischen Ausdauer und Kraft

Die Ergebnisse in einer Review-Studie von Wilson et al. (2011, S. 10) haben ergeben, dass ein kombiniertes Kraft- und Ausdauertraining, verglichen mit einem Ausdauertraining alleine zu keiner Verminderung der maximalen Sauerstoffaufnahme führt (Wilson et al., 2011, S. 10). Eine Kombination von Krafttraining mit Ausdauertraining in einer einzelnen Trainings-einheit wird als Concurrent Training bezeichnet (Wilson et al., 2011, S. 3). Die aerobe Kapazität kann mit einem Concurrent Training genauso entwickelt werden wie mit einem eigenständigen Ausdauertraining. Es wurden Hinweise gefunden, dass mit Krafttraining bei Elite-Ausdauersportlerinnen und -Sportlern sowohl die Langzeitausdauer (>30min) als auch die Kurzeitausdauer (<15min) verbessert werden konnte. Die Verbesserungen der Ausdauerleistungsfähigkeit durch Krafttraining werden einem erhöhten Anteil der Typ IIA Muskelfasern, einer gesteigerten Maximalkraft und verbesserten neuromuskulären Eigenschaften zugeschrieben (Wilson et al., 2011, S. 10).

2.6 Transfereffekte von Krafttraining

Im Artikel von Young (2006, S. 74) geht es um die Transfereffekte von Krafttraining auf die sportartspezifische Leistungsfähigkeit. Durch beidbeinige und vertikale Kraftübungen wie z.B. Kniebeugen und Strecksprünge konnten Sprinterinnen und Sprinter ihre Sprintleistung (2,3%) nur minimal verbessern, obwohl die Beinkraft (1er Wiederholungsmaximum Kniebeuge) und die Vertikalsprungleistung sich gleich um je 21% erhöhten (Young, 2006, S. 74f). Allerdings war es möglich mit einem Sprungtraining, welches einbeinige und horizontale Sprungformen beinhaltet, die Beschleunigungsleistung im Sprint deutlich zu erhöhen (Young, 2006, S. 76).

Dies unterstreicht ganz allgemein die große Bedeutung der Spezifität von Trainingsübungen bezüglich ihrer Bewegungsmuster und Kontraktions-Geschwindigkeiten. Es hat sich herausgestellt, dass alle Krafttrainingsübungen die auf eine Verbesserung der intermuskulären Koordination abzielen eine wichtige Rolle spielen, um einen möglichst großen Transfer zu erlangen. Es wird angenommen, dass die Faktoren der intramuskulären Koordination weniger einflussreich sind wie die der intermuskulären Koordination (Young, 2006, S. 79). Von Young (2006, S. 75) wird noch angemerkt, dass bei Anfängern ein allgemeines Krafttraining ausreicht um gute Transferwirkungen zu erzielen, hingegen benötigen fortgeschrittene Athletinnen und Athleten spezifischere Trainingsformen (Young, 2006, S. 75).

3 Krafttraining zur Verbesserung der Laufökonomie und Laufleistung

3.1 Definition Laufökonomie

Die Leistungsfähigkeit von Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -Läufern steht in enger Beziehung zu einer guten Laufökonomie. In der Sportwissenschaft wird die Laufökonomie definiert als der Sauerstoffverbrauch bei vorgegebenen Laufgeschwindigkeiten, die noch alle im submaximalen Intensitätsbereich liegen (Nummela et al., 2007, S. 655).

Es handelt sich also um die Sauerstoffaufnahme beziehungsweise den Energiebedarf über eine bestimmte Strecke bei standardisierten submaximalen Laufgeschwindigkeiten. Der Parameter Laufökonomie wird häufig auch dazu verwendet, um Laufleistungen von Läuferinnen und Läufern mit annähernd gleicher maximaler Sauerstoffaufnahme, der so genannten VO_2max , vorherzusagen (Berryman, Maurel & Bosquet, 2010, S. 1818; Saunders et al., 2006, S. 947).

Die beiden Autoren Geese und Popovic (2009, S. 27) beschreiben einen ökonomischen Laufstil mit dem Verhältnis von der erzielten Laufleistung zum dafür benötigten Sauerstoffverbrauch. Umso niedriger der Sauerstoffbedarf für die erzielte Laufleistung, oder anders gesagt das Lauftempo, ist, umso ökonomischer ist auch der Laufstil. In Abbildung 8 wird dies auch sehr gut veranschaulicht.

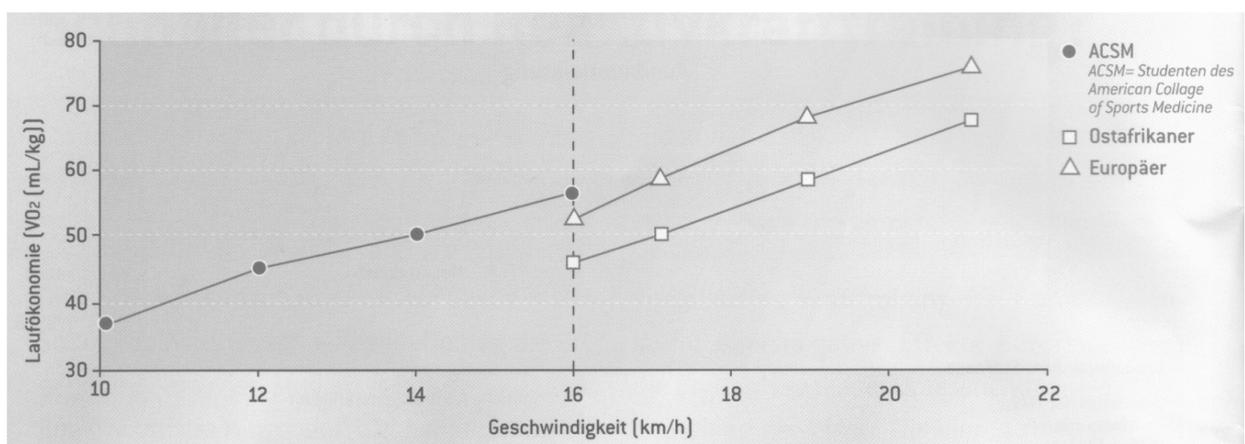


Abbildung 8: Unterschiede der Laufökonomie zwischen Europäern und Ostafrikanern (Geese & Popovic, 2009, S. 28).

La Torre, Impellizzeri, Dotti & Arcelli (2006, S. 4) beschreiben den Begriff Laufökonomie als die Fähigkeit von Athletinnen und Athleten bei einer vorgegebenen Laufgeschwindigkeit möglichst energiesparend zu laufen. Daraus folgt, dass eine/ein Läuferin/Läufer mit sehr guter Laufökonomie länger ihr/sein Tempo konstant halten kann, als vergleichsweise Läuferinnen/Läufer mit schlechterer Laufökonomie. Das heißt aber auch, dass bei gleichem Energieaufwand ökonomische Läuferinnen und Läufer ein höheres Tempo laufen können (La Torre et al., 2006, S. 4).

Sehr ökonomische Läuferinnen und Läufer verbrauchen weniger Energie bei submaximalem Tempo. Sie tendieren dazu eine vorgegebene Strecke schneller oder, bei konstantem Tempo, länger zu laufen (Guglielmo, Greco & Denadai, 2009, S. 27).

Auch Saunders et al. (2006, S. 947) weisen darauf hin, dass Athletinnen und Athleten mit sehr guter Laufökonomie, bei einem gleichmäßigen Dauerlauf, weniger Sauerstoff verbrauchen als Athletinnen und Athleten mit schlechter Laufökonomie. Deshalb ist es sehr wahrscheinlich, dass sich durch eine verbesserte Laufökonomie auch die Laufleistung verbessern lässt (Saunders et al., 2006, S. 947).

La Torre et al. (2006, S. 8) schreiben, dass bei Afrikanern gegenüber „Weißen“ die Laufökonomie, bei einer Laufgeschwindigkeit von 16,1km/h, um 5-Prozent besser ist. Allerdings gibt es bei sehr geringen Laufgeschwindigkeiten (10,0km/h) keine merkbaren Unterschiede hinsichtlich der Laufökonomie zwischen Afrikanern und „Weißen“.

Laut Berryman et al. (2010, S. 1818) wird die Dominanz der ostafrikanischen Läuferinnen und Läufer im Mittel- und Langstreckenlauf zum Teil auf ihren sehr ökonomischen Laufstil zurückgeführt.

3.2 Einflussfaktoren auf die Laufökonomie

Die Laufökonomie wird von mehreren verschiedenen Faktoren beeinflusst. Für Geese und Popovic (2009, S. 27) sind die Lauftechnik und damit auch die intermuskuläre Koordination sowie die Muskel-Sehnen-Stiffness der Beinmuskulatur die entscheidenden Größen hinsichtlich der Laufökonomie.

Berryman et al. (2010, S. 1818) zählen folgende Einflussfaktoren auf:

- Trainingsumfang der/des Läuferin/Läufers
- Umfeld der/des Läuferin/Läufers
- Physiologische Parameter
- Biomechanische Parameter

- Lauftechnik
- Anthropometrie der/des Läuferin/Läufers

3.2.1 Einfluss des Fußaufsatzes auf die Laufökonomie

Storen, Helgerud und Hoff (2011, S. 121) untersuchten den Zusammenhang zwischen den horizontalen und vertikalen Kräften beim Laufen und der Laufökonomie. In der Studie wurden ausschließlich männliche Elitesportler für die Untersuchungen herangezogen. Die Ergebnisse zeigten einen negativ signifikanten Zusammenhang zwischen der Summe aller horizontalen sowie vertikalen Kräften und der Laufökonomie. Wenn man hingegen jede Messung einzeln für sich betrachtet, so ergibt sich keine Korrelation mit der Laufökonomie. Erst die Summe aller Kräfte ergibt hier ein signifikantes Resultat.

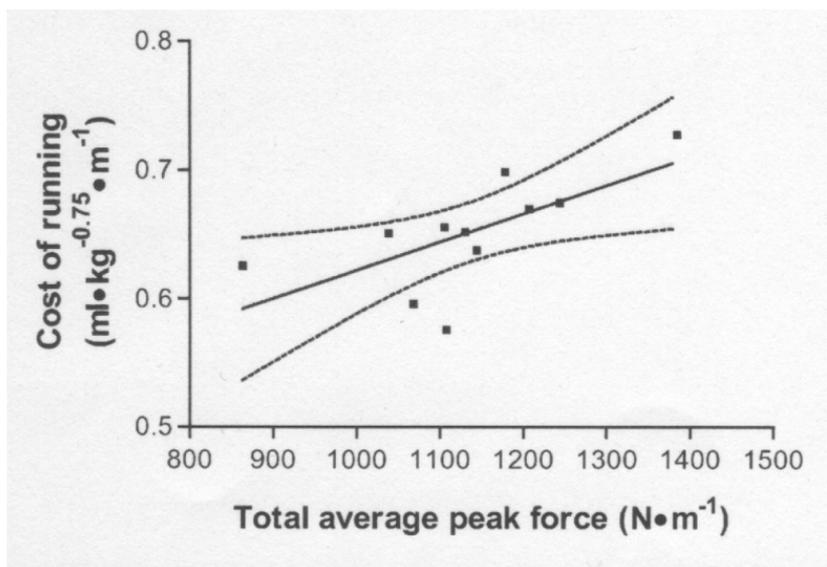


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen der Summe aller Kräfte und der Laufökonomie (Storen et al., 2011, S. 121).

Ein negativ signifikanter Zusammenhang wurde auch zwischen der Summe aller horizontalen und vertikalen Kräften und der 3000m Laufleistung gefunden (Storen et al., 2011, S.121).

Wie schon Berryman et al. (2010, S. 1818) weisen auch Storen et al. (2011, S. 121) auf die große Bedeutung der Laufökonomie bei Läuferinnen und Läufern mit annähernd gleicher maximaler Sauerstoffaufnahme hin. Die Laufökonomie ist dann ein entscheidender Faktor in Hinblick auf die Wettkampfleistung.

Aufgrund der Studienergebnisse sollten Läuferinnen und Läufer darauf achten, die vertikalen und horizontalen Kräfte zu minimieren, um ihre Laufökonomie zu verbessern. Das Vermindern von vertikalen Bewegungen beim Laufen kann die Schrittlänge und die Schrittfrequenz beeinflussen. Ein weiterer entscheidender Faktor für die Verbesserung der Laufökonomie ist das Vermeiden von allzu großen horizontalen Bremsstößen (Storen et al., 2011, S. 122).

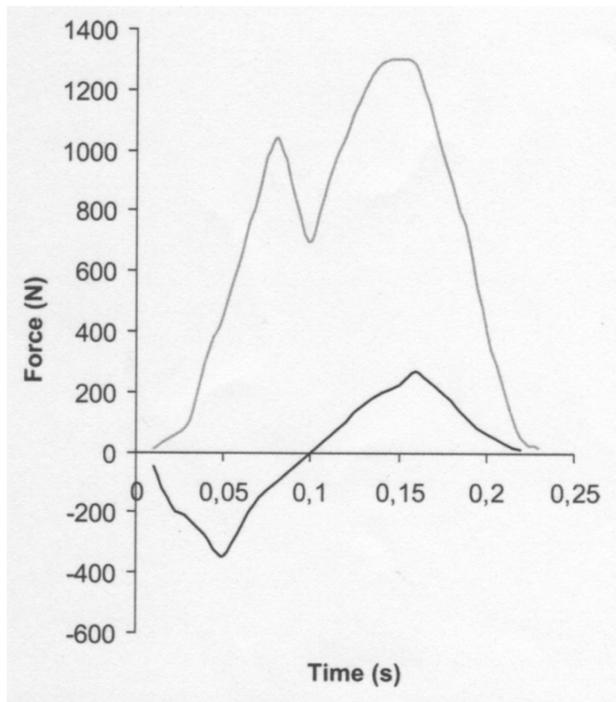


Abbildung 10: Kraft-Charakteristik eines einzelnen Schritts, obere Kurve = vertikal Kraft, untere Kurve = horizontal Kraft (Storen et al., 2011, S. 120).

3.3 Studienergebnisse zur Verbesserung der Laufökonomie und –leistung

Laut Saunders et al. (2006, S. 947) sind alle Trainingsmaßnahmen, welche die Laufökonomie verbessern, von großem Nutzen. Das Einbauen von ergänzenden Kraftübungen ins Training, zusätzlich zum Lauftraining, wäre eine gute Möglichkeit die Laufökonomie zu verbessern. Es hat sich gezeigt, dass diese Trainingsinterventionen zu einer Verbesserung der Laufökonomie geführt haben (Saunders et al., 2006, S. 947).

Auch Berryman et al. (2010, S. 1818) schreiben, dass ein zum Lauftraining zusätzlich durchgeführtes Krafttraining einen positiven Einfluss auf die Laufökonomie hat (Berryman et al., 2010, S. 1818).

Saunders et al. (2006, S. 948) geben an dieser Stelle allerdings zu bedenken, dass sich die Laufökonomie bei nur durchschnittlich trainierten Läuferinnen und Läufern viel leichter verbessern lässt, als bei hochtrainierten Athletinnen und Athleten, bei denen sich die Laufökonomie und die Laufleistung schon auf einem sehr hohem Niveau befinden.

3.3.1 Studie von Spurrs et al. 2003

Spurrs et al. (2003, S. 1f) untersuchten, ob die Laufleistung durch ein, zum Lauftraining ergänzendes, plyometrisches Krafttraining verbessert werden kann. Die Testgruppe absolvierte neben dem normalen Lauftraining zusätzlich ein 6-wöchiges Sprungkrafttraining, wobei in den ersten 3 Wochen jeweils 2-mal und in den zweiten 3 Wochen jeweils 3-mal pro Woche ein plyometrisches Training durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten eindeutige Verbesserungen der Sprungleistungen, was für die sehr hohe Wirksamkeit des plyometrischen Trainings an sich spricht. Die Athleten, welche zusätzlich ein Sprungkrafttraining absolvierten, konnten sich im 5er-Sprunglauf um 7,8% und im Counter Movement Jump gleich um 13,2% steigern. Bei der Kontrollgruppe ohne Sprungkrafttraining, gab es keine signifikanten Änderungen (Spurrs et al., 2003, S. 4f).

Nach dem 6-wöchigen Trainingsprogramm mit den Sprüngen konnte die Testgruppe ihre Laufzeit signifikant verbessern. Die Probanden absolvierten im Nachtest den 3000m-Lauf um 2,7% schneller, was einer durchschnittlichen Verbesserung von 16,6sec entsprach. Interessant dabei ist, dass die verbesserte Laufleistung ohne Veränderung der maximalen Sauerstoffaufnahme und der Stoffwechselsituation hervorgerufen wurde (Spurrs et al., 2003, S. 4ff).

Deutliche Änderungen wurden auch hinsichtlich der Laufökonomie erzielt. Die Sauerstoffaufnahme konnte, wie in Abbildung 11 zu sehen, bei 3 verschiedenen Laufgeschwindigkeiten im submaximalen Intensitätsbereich, nämlich bei 12, 14 und 16km/h, signifikant reduziert werden (Spurrs et al., 2003, S. 4f).

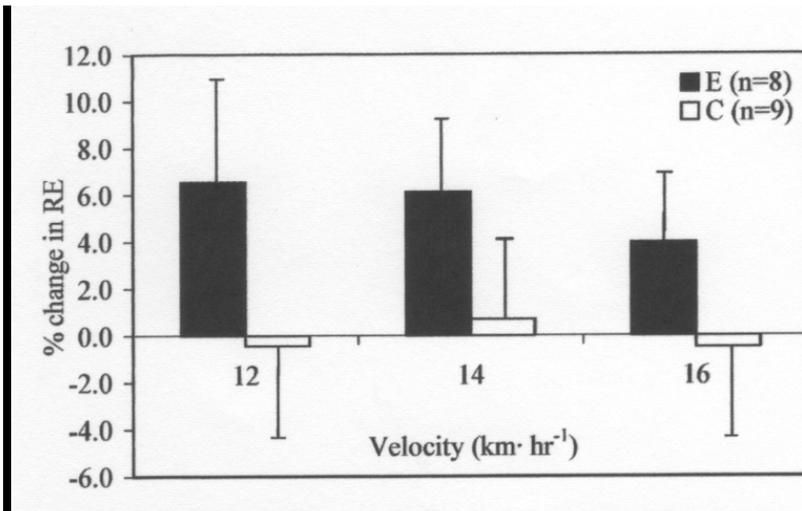


Abbildung 11: Veränderungen der Laufökonomie nach 6-Wochen Training, E = Experimentalgruppe, C = Kontrollgruppe (Spurrs et al., 2003, S. 5).

Es wird angenommen, dass durch plyometrisches Training die Steifigkeit des Muskel-Sehnen-Gewebes in der unteren Extremität verbessert wird und damit auch die Reaktivkraft ansteigt. Dadurch wird die Laufökonomie positiv beeinflusst und in weiterer Folge auch die Laufleistung gesteigert (Spurrs et al., 2003, S. 7).

Laut Spurrs et al. (2003, S. 7) ist es durchaus denkbar, dass solche Anpassungen auch Auswirkungen auf die Schrittlänge und Schrittfrequenz haben könnten. Die Athletinnen und Athleten sind dann in der Lage, mit jedem Fußaufsatz mehr Vortrieb zu entwickeln und das bei einem verminderten Energiebedarf. Die gefundenen signifikanten Zusammenhänge zwischen gesteigerter Sprungleistung im 5er-Sprunglauf und verbesserter Laufökonomie unterstützen diese Annahmen.

3.3.2 Studie von Turner et al. 2003

Auch Turner et al. (2003, S. 61ff) haben untersucht, ob mittels Sprungkrafttraining die Laufökonomie verbessert werden kann. Die Trainingsintervention dauerte hier ebenfalls 6 Wochen, wobei die Testgruppe 3-mal pro Woche ein Sprungkraftprogramm absolvierte.

Das Lauftraining wurde von der Testgruppe sowie von der Kontrollgruppe wie gewohnt fortgesetzt. In jeder Sprungtrainingseinheit wurden 6 Sprungübungen mit jeweils 10-25 Wiederholungen absolviert. Dabei kamen Sprünge wie zum Beispiel beidbeinige Strecksprünge, einbeinige Vertikalsprünge, Aufsprünge oder auch Schrittwechselsprünge zum Einsatz (Turner et al., 2003, S. 61ff).

Die Laufökonomie wurde bei drei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten gemessen, für Frauen bei 8.0, 9.6, 11.3km/h und für Männer bei 9.6, 11.3, 12.9km/h. Anhand der Laufgeschwindigkeiten kann man sehr deutlich erkennen, dass es sich bei den Probandinnen und Probanden um keine Eliteläufer, sondern um Freizeitläufer handelt. So entsprechen 11.3km/h einer Zeit von 5min19sec am Kilometer und 9,6km/h gar nur 6min13sec pro Kilometer (Turner et al., 2003, S. 62).

Nach dem 6-wöchigen Sprungkrafttraining konnte im Mittel, bei allen 3 Geschwindigkeiten, eine signifikante Verbesserung der Laufökonomie festgestellt werden (Turner et al., 2003, S. 64).

Turner et al. (2003, S. 64) haben noch zusätzlich diejenigen Geschwindigkeiten analysiert, die bei beiden Geschlechtern vorkamen, nämlich 9.6 und 11.3km/h. Auch die gesonderten Ergebnisse für 11.3km/h zeigten eine signifikant verbesserte Laufökonomie. Lediglich bei 9.6km/h gab es zwar eine Steigerung der Laufökonomie, diese fiel allerdings nicht signifikant aus (Turner et al., 2003, 64).

Nichts desto trotz konnte durch ein zum Lauftraining zusätzlich durchgeführtes 6-wöchiges Sprungkrafttraining die Laufökonomie verbessert werden (Turner et al., 2003, S. 61ff).

Wie bei Spurrs et al. gab es auch bei dieser Studie von Turner et al. keine Veränderungen der maximalen Sauerstoffaufnahme (Turner et al., 2003, S. 65).

Wie schon Spurrs et al. (2003, S. 4ff) vermuten auch Turner et al. (2003, S. 64ff) einen Zusammenhang zwischen der Fähigkeit der Muskulatur Energie zu speichern und wieder abzugeben und einer verbesserten Laufökonomie.

Diese Fähigkeit der Streckmuskeln von Knie, Hüfte und Füßen wurde in der Untersuchung von Turner et al. (2003, S. 62ff) indirekt gemessen. Dabei wurden die Unterschiede anhand von verschiedenen Parametern, wie zum Beispiel maximale Sprunghöhe, Verhältnis bzw. Differenz zwischen einem „Counter-Movement-Jump“ und einem „Static Jump“, gemessen.

Im Vergleich zu der Studie von Spurrs et al. (2003) zeigten die Sprungtests aber keine signifikanten Ergebnisse. Es kann hier also keine deutliche Verbesserung des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus beziehungsweise der muskulären Eigenschaften durch plyometrisches Training festgestellt werden (Spurrs et al., 2003, S.1ff; Turner et al., 2003, S. 60ff).

In der Studie von Turner et al. (2003, S. 66) kommt also nicht eindeutig heraus, wodurch die verbesserte Laufökonomie zustande gekommen ist. Für die Autoren ist es durchaus denkbar, dass die Laufökonomie durch Mechanismen verbessert wurde, welche nicht den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus beeinflussen. Allerdings ist es trotzdem möglich, dass ein verbesserter Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus die Laufökonomie doch positiv beeinflusst, dies jedoch durch die indirekte Messmethode, nämlich durch einen Sprungtest, nicht festgestellt werden konnte.

Turner et al. (2003, S. 65) schreiben, dass die Kernaussage dieser Studie eine verbesserte Laufökonomie ist. Erreicht wurde diese Verbesserung durch ein 6-wöchiges Sprungkrafttraining, welches 3-mal pro Woche durchgeführt wurde. Jedoch vermuten sie, dass bei mäßig trainierten Läufern die Steigerungen leichter zu erzielen sind als bei hochtrainierten Läufern, da diese ohnehin meistens schon sehr ökonomisch laufen. Auch fielen die Verbesserungen mit 2-3% relativ gering aus. Allerdings meinen die Autoren, dass auch kleine Steigerungen gerade bei Läuferinnen und Läufern, die an Meisterschaften teilnehmen, sehr wichtig sind.

3.3.3 Studie von Berryman et al. 2010

Die Autoren Berryman et al. (2010, S. 1818) wollten mit ihrer Untersuchung herausfinden, welche Krafttrainingsmethode, zusätzlich zum Lauftraining durchgeführt, einen größeren Effekt auf die Laufökonomie hat. Dabei kamen zwei verschiedene Trainingsmethoden zum Einsatz. Eine Gruppe absolvierte ein Krafttraining mit Gewichten und Maschinen, und die andere Gruppe musste ein plyometrisches Sprungkrafttraining durchführen. Die Autoren vermuteten, dass ein plyometrisches Krafttraining die Laufökonomie eher verbessert und damit effektiver ist, als ein herkömmliches Krafttraining mit Gewichten und Maschinen (Berryman et al., 2010, S. 1818ff).

Bei den Probanden handelte es sich um mäßig bis gut trainierte Läufer mit keinerlei Krafttrainingserfahrung. Die Trainingsintervention dauerte insgesamt 8 Wochen und bestand für beide Trainingsgruppen aus nur einer Krafttrainingseinheit pro Woche. Während dieser 8 Wochen absolvierten alle Athleten exakt dasselbe Lauftrainingsprogramm, bestehend aus 2 intensiven Intervalltrainings und einem kontinuierlichen Dauerlauf. In den Kräfteinheiten wurden sowohl bei der Gruppe Gewichtstraining, wie auch bei der Gruppe Sprungtraining, immer dieselben Übungen durchgeführt. So absolvierte die Gewichtstraininggruppe Halbkniebeugen mit einer geführten Stange, in der so genannten Multipress. Die Sprungkraftgruppe machte Drop Jumps von einer Erhöhung, die 20, 40, oder 60cm betrug, wobei die Höhe, je nach Leistungsniveau individuell festgelegt wurde (Berryman et al., 2010, S. 1819ff).

Gruppe A: Krafftraining mit Gewichten

Gruppe B: Sprungkrafttraining

Gruppe C: Kontrollgruppe ohne Krafftraining

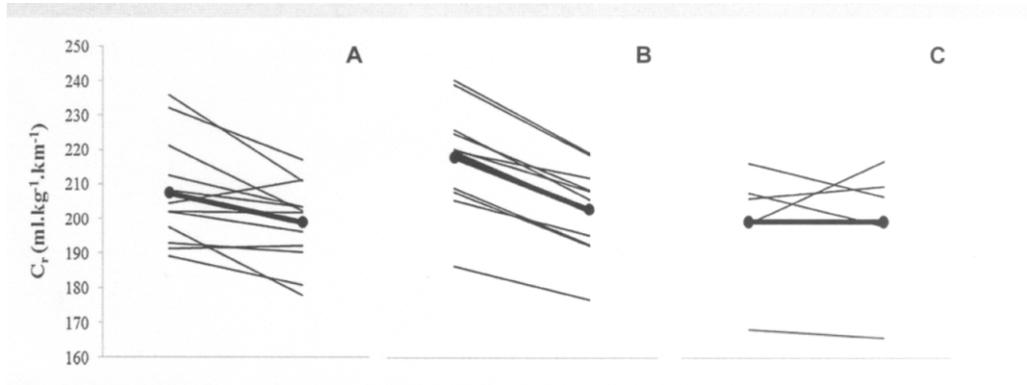


Abbildung 12: Veränderungen des Energiebedarfs (C_r) vor und nach dem 8-wöchigen Training, dicke Linie = Gruppen-Mittelwert (Berryman et al., 2010, S. 1822).

Die Vermutungen von Berryman et al. wurden zum Teil bestätigt. Die Trainingsgruppe, die das plyometrische Krafttraining durchführte, konnte ihre Laufökonomie deutlicher verbessern, als die Trainingsgruppe, welche ein herkömmliches Gewichtstraining absolvierte (siehe dazu Abbildung 12). Die Sprunggruppe verbesserte sich hinsichtlich der Laufökonomie um 7% und die Gruppe Gewichtstraining konnte sich um 4% verbessern. Zu erwähnen ist noch, dass die verbesserte Laufökonomie ohne Veränderungen der maximalen Sauerstoffaufnahme, des Body-Mass-Index, des Körpergewichts oder des Körperfetts stattfand (Berryman et al., 2010, S. 1822ff).

3.3.4 Studie von Guglielmo et al. 2009

In der Studie von Guglielmo et al. (2009, S. 28) wurden ebenfalls die Auswirkungen von zwei unterschiedlichen Krafttrainingsprogrammen auf die Laufökonomie von gut trainierten Läufern untersucht. Während die Gruppe „Heavy weight training“ ein traditionelles Krafttraining mit eher schweren Lasten absolvierte, führte die zweite Gruppe ein Explosivkrafttraining „Explosive strength training“ durch.

Das Trainingsprogramm erstreckte sich über einen Zeitraum von insgesamt 4 Wochen, wobei beide Gruppen pro Woche 2-mal ein Krafttraining mit 3-4 Serien und dazu 4-mal ein submaximales Lauftraining durchführten. Dabei kamen sowohl in der Heavy-weight-Trainingsgruppe, mit traditionellem Krafttraining, als auch in der Explosive-strength-Trainingsgruppe genau dieselben Übungen zum Einsatz. Diese Übungen waren: Beinpresse schräg 45°, Kniebeugen, Beinstreckergerät, Beinbeugergerät und zwei Übungen für die Wadenmuskulatur (Guglielmo et al., 2009, S. 28f).

Die Trainingsübungen waren also hauptsächlich für die Muskeln der unteren Gliedmaßen bestimmt, mit dem Fokus auf die Vorder- und Rückseite der Oberschenkel sowie die Wadenmuskulatur (Guglielmo et al., 2009, S. 28f).

Der Unterschied zwischen den beiden Kraftprogrammen lag lediglich in der Anzahl der Wiederholungen pro Serie. Die Explosivkraftgruppe absolvierte jeweils 12 Wiederholungen bis zur Erschöpfung und die Maximalkraftgruppe ein traditionelles Krafttraining mit jeweils 6 Wiederholungen ebenfalls bis zur Erschöpfung. Beide Trainingsgruppen sollten in der konzentrischen Phase so schnell wie möglich arbeiten (Guglielmo et al., 2009, S. 28f).

Nach dem 4-wöchigen Krafttraining konnten nur die Läufer der Maximalkraftgruppe ihre Laufökonomie signifikant, nämlich genauer gesagt um 6,2%, verbessern. Die Verbesserungen in der Explosivkraftgruppe fielen mit nur 1,9% nicht signifikant aus. Nachdem ja beide Krafttrainingsgruppen dieselben Trainingsübungen parallel zum Lauftraining durchführten, kann man durchaus behaupten, dass das Maximalkrafttraining hier effizienter war, als das Explosivkrafttraining (Guglielmo et al., 2009, S. 29f).

In der Studie von Guglielmo et al. (2009, S. 30ff) kommt man zu dem Ergebnis, dass es durchaus möglich ist mit einem traditionellem Krafttraining, auch bei einem eher kurzen Trainingszeitraum, die Laufökonomie bei gut trainierten Läuferinnen und Läufern zu verbessern (Guglielmo et al., 2009, S. 30ff).

Wenn man zusätzliche Parameter, wie die Sprungleistung im Counter-Movement-Jump und das Ein-Wiederholungsmaximum betrachtet, so konnten sich beide Trainingsgruppen auch hier verbessern, obwohl parallel dazu ein doch recht umfangreiches Ausdauertraining absolviert wurde. Die Maximalkraft-Trainingsgruppe steigerte sich beim Ein-Wiederholungsmaximum um 38% und die Explosivkraft-Trainingsgruppe sogar um 51%. Zu diesen deutlichen Ergebnissen hat wahrscheinlich der Umstand beigetragen, dass die Studienteilnehmer in der Vergangenheit auf ein ergänzendes Krafttraining zur Gänze verzichteten und somit auch keinerlei Vorerfahrung vorhanden war (Guglielmo et al., 2009, S. 30ff).

Die Sprungleistung konnte in der Explosivkraftgruppe allerdings deutlicher gesteigert werden, was wahrscheinlich damit zusammenhing, dass diese Gruppe im Krafttraining niedrigere Lasten zu bewältigen hatte und deshalb alle Übungen, speziell in der konzentrischen Phase, schneller ausführen konnte (Guglielmo et al., 2009, S. 30ff).

3.3.5 Studie von Saunders et al. 2006

Mit dieser Untersuchung wollten die Autoren Saunders et al. feststellen, ob ein plyometrisches Training die Laufökonomie von männlichen hochtrainierten Läufern verbessern kann. Die Läufer mussten 9 Wochen lang, zusätzlich zum normalen Lauftraining, ein Sprungtraining, mit 3-Einheiten pro Woche, absolvieren. Die Laufökonomie wurde bei drei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten, nämlich bei 14, 16 und 18km/h, gemessen (Saunders et al., 2006, S. 948).

Es hat sich gezeigt, dass nach der 9-wöchigen Trainingsintervention die Laufökonomie sowohl bei 14km/h als auch bei 16km/h nicht signifikant verbessert werden konnte. Lediglich bei 18km/h wurde, wie in Abbildung 14 ersichtlich, eine signifikante Veränderung festgestellt (Saunders et al., 2006, S. 949).

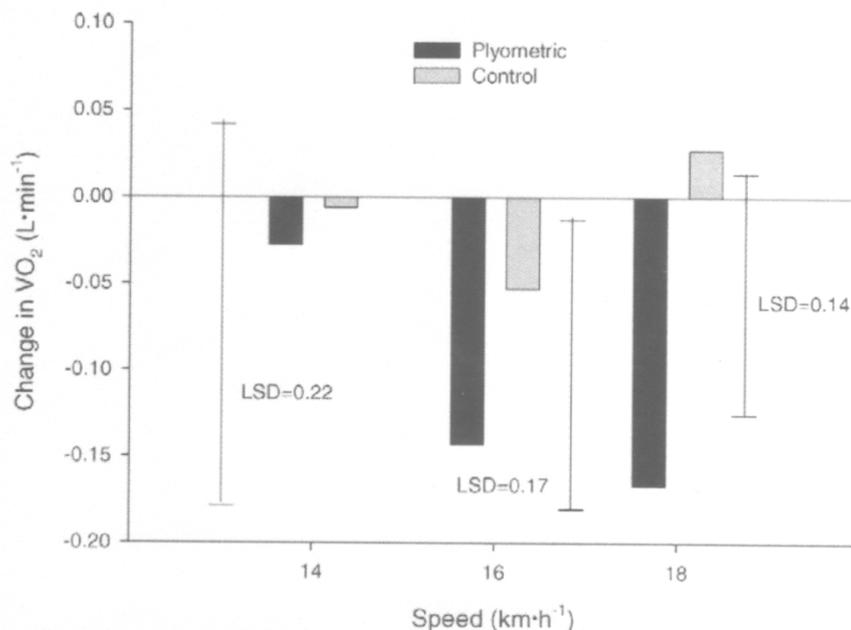


Abbildung 13: Absolut Veränderungen des O₂-Verbrauchs nach einem 9-Wöchigen plyometrischen Trainings (Saunders et al., 2006, S. 949).

Die maximale Sauerstoffaufnahme und die Laktat-Schwellen waren bei der Kontroll- sowie der Testgruppe ähnlich und veränderten sich nach den 9 Wochen auch nicht signifikant (Saunders et al., 2006, S. 950).

Die Kernaussage dieser Studie ist, dass ein ergänzendes plyometrisches Training die Laufökonomie bei 18km/h um 4,1% verbessert, verglichen mit der Kontrollgruppe ohne plyometrisches Training. Bei niedrigeren Laufgeschwindigkeiten gab es jedoch keine Anzeichen einer verbesserten Laufökonomie (Saunders et al., 2006, S. 950).

Die verbesserte Laufökonomie kam ohne jede Veränderung des kardiopulmonalen Systems zustande und ging mit einer gesteigerten Leistung im 5er-Sprung-Test einher (Saunders et al., 2006, S. 950).

Bei höheren Laufgeschwindigkeiten dürften bei der Kontraktion die elastischen Mechanismen in der Muskulatur überwiegen und somit auch einen höheren Anteil an der Gesamtleistung haben. Diese Erklärung ist übereinstimmend mit den Studienergebnissen, wo sich ja die Laufökonomie beim höherem Tempo von 18km/h und nicht beim niedrigerem Tempo von 14km/h verbessert hat (Saunders et al., 2006, S. 952).

3.3.6 Studie von Johnston et al. 1997

In der Studie von Johnston et al. (1997, S. 225) wurden ausschließlich weibliche Läuferinnen getestet. Auch hier wollten die Autoren feststellen, ob sich mit einem, zusätzlich zum Lauftraining, durchgeführten Krafttraining die Laufökonomie entscheidend verbessern lässt. Die Läuferinnen mussten 3-mal pro Woche ein Kraftprogramm mit Gewichten und an Maschinen absolvieren und das über einen Zeitraum von 10 Wochen (Johnston et al., 1997, S. 225).

Nach den 10 Wochen konnte die Trainingsgruppe die Fähigkeit ökonomisch zu laufen, im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Krafttraining, um 4% steigern. Die Verbesserungen fielen also durchaus deutlich aus. Das Krafttraining hatte dabei keinen nennenswerten Einfluss auf die maximale Sauerstoffaufnahme (Johnston et al., 1997, S. 226f).

Die Läuferinnen konnten nicht nur ihre Laufökonomie verbessern, sondern auch ihre Kraftwerte deutlich steigern. Die Werte beim Krafttraining wurden im Bereich der Beine um 33,8% und für den Oberkörper um 24,4% verbessert. Dabei wurde der erzielte Kraftgewinn ohne jegliche Körperumfangs- oder Körpermassenzunahme erreicht. Das heißt sowohl das Körpergewicht und der Körperfettanteil als auch die fettfreie-Masse blieben gleich. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass die Kraftgewinne ausschließlich auf neuronale Faktoren, wie die inter- und die intramuskuläre Koordination, zurückzuführen sind (Johnston et al., 1997, S. 227).

3.3.7 Zusammenfassung der Studien

Alle ausgewählten Studien untersuchten die Effekte von Krafttraining auf die Laufökonomie bzw. Laufleistung und konnten somit sehr gut miteinander verglichen werden. Nachdem das Krafttraining immer ergänzend zum Ausdauertraining durchgeführt wurde sind die Ergebnisse für das Training von Läuferinnen und Läufern durchaus von Interesse.

Mehrere Studien weisen auf einen Zusammenhang zwischen den neuromuskulären Eigenschaften und einem ökonomischen Laufstil hin (Guglielmo et al., 2009, S. 27).

Die besten Ergebnisse scheint dabei das so genannte plyometrische Training, also ein Reaktivkraft-Training, zu liefern. Bei dieser Trainingsmethode kommt es zu neuromuskulären Anpassungen, welche wiederum die Laufökonomie positiv beeinflussen. Verantwortlich für diese Verbesserungen sind eine erhöhte Aktivierung von motorischen Einheiten und ein verbesserter Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Durch diese neuromuskulären Adaptionen ist die Muskulatur in der Lage mehr Kraft zu entwickeln, ohne dass dabei der metabolische Energiebedarf ansteigt (Saunders et al., 2006, S. 947).

Laut Joch (1996, S. 41) zählt das plyometrische Training, oder anders ausgedrückt das Sprungkrafttraining, zum speziell vorbereitenden Krafttraining für Läuferinnen und Läufer.

Das Training der Sprungkraft zählt in der Leichtathletik zu den grundlegenden Trainingsinhalten und ist deshalb von großer Bedeutung für alle Disziplinen. Sowohl Läuferinnen und Läufer, als auch Sprinterinnen und Sprinter profitieren von den verbesserten Sprungkraftfähigkeiten (Killing, 2006, S. 7).

In der Trainingspraxis umfasst das Reaktivkrafttraining alle Aktivitäten des Springens und Hüpfens. Bei diesen Trainingsübungen wird in der Muskulatur verstärkt der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus ausgelöst, wodurch mehr Kraft entwickelt werden kann. Es wird angenommen, dass ein plyometrisches Training die neuromuskulären Eigenschaften der Muskulatur verbessert. So wird durch diese Trainingsmethode die Steifigkeit des Muskel-Sehnen-Systems erhöht und damit die Fähigkeit der Muskulatur verbessert, mehr elastische Energie zu speichern und wieder zurückzugeben (Saunders et al., 2006, S. 947; Turner et al., 2003, S. 60).

Ein besonders wichtiger Aspekt für Läuferinnen und Läufer ist auch, dass ein plyometrisches Training eine erhöhte Aktivierung von motorischen Einheiten bewirkt, bei gleichzeitig sehr geringen Auswirkungen auf die Muskelhypertrophie. Damit kann eine unerwünschte Muskelmassenzunahme vermieden werden (Saunders et al., 2006, S. 947).

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind noch einmal alle Studienergebnisse übersichtlich angeführt:

Tabelle 2: Studienergebnisse

	Anzahl	Gesch.	Niveau	Dauer	TE	VO ₂ max	Laktat	RE	Leist.
Berryman 2010	28	m	trainiert	8-Wo.	1x	nicht sig.	/	7,0%PT 4,0%DWT	/
Guglielmo 2009	16	m	trainiert	4-Wo.	2x	nicht sig.	/	6,2%	/
Johnston 1997	12	w	trainiert	10-Wo.	3x	nicht sig.	/	4,0%	/
Saunders 2006	15	m	hoch trainiert	9-Wo.	3x	nicht sig.	nicht sig.	4,1%	/
Spurrs 2003	17	m	trainiert	6-Wo.	2-3x	nicht sig.	nicht sig.	4,1 - 6,7%	2,7%
Turner 2003	18	m + w	Freizeit	6-Wo.	3x	nicht sig.	/	2,0 - 3,0%	/

4 Krafttraining zur Verbesserung der Lauftechnik

Neben den konditionellen Faktoren, zu denen im weiteren Sinn die Höhe der Umfänge, das heißt wie viele Kilometer pro Woche gelaufen werden, und die Intensität des Lauftrainings gehören, spielt natürlich auch die Lauftechnik bei Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufern eine nicht zu unterschätzende Rolle. Gute Wettkampfleistungen im Laufsport verlangen eben auch eine entsprechende Entwicklung technischer Fertigkeiten von den Läuferinnen und Läufern (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 35).

Die Autoren Güllich, Heß, Jakobs, Lehmann, Mäde, Müller, Oltmanns und Schön (2004, S. 87) betonen, dass erst eine gute Lauftechnik ein effizientes und energiesparendes Laufen ermöglicht. In Abhängigkeit von der Beinlänge und von den vorhandenen Kraftvoraussetzungen sollte jede/jeder Läuferin/Läufer für sich ihre/seine optimale Schrittlänge und Schrittfrequenz herausfinden.

Gohlitz und Ernst (2006, S. 38) meinen dazu:

„Im Geschwindigkeitsbereich der Dauerläufe (GA 1-/GA 2-Dauerlauf) ist vor allem auf ein optimales Verhältnis von Schrittlänge und Schrittfrequenz zu achten. Eine große Vortriebsleistung über die Schrittlänge ist nur dann zu akzeptieren, wenn dabei ein Fußaufsatz dicht am Körper und eine Landung auf dem Mittelfuß erfolgt“.

Eine mangelhafte Lauftechnik sollte auf jeden Fall möglichst frühzeitig korrigiert werden. Wichtig dabei ist, dass die genauen Gründe für die Fehler erkannt werden, damit auch die richtigen Maßnahmen getroffen werden können. So kann zum Beispiel der Rumpf zu schwach oder die Beweglichkeit eingeschränkt sein, aber manchmal ist auch die Vorstellung vom richtigen Bewegungsablauf einfach falsch. Nachdem ja beim Laufen die Anzahl der Schritte in jeder Trainingseinheit enorm hoch ist, kann eine schlechte Lauftechnik negative Auswirkungen nach sich ziehen. Dies betrifft sowohl die Leistungsfähigkeit, als auch eine erhöhtes Risiko von Überlastungen und Verletzungen (Güllich et al., 2004, S. 89).

Güllich et al. (2004, S. 89) schlagen zur Korrektur von Technikfehlern beim Laufen zwei unterschiedliche Möglichkeiten vor. Einerseits kann bei leichten Dauerläufen mit geringem Tempo die Korrektur, beziehungsweise das Feedback, ganz einfach direkt, während dem Laufen, erfolgen und die/der Läuferin/Läufer kann versuchen die Anweisungen sofort umzusetzen. Andererseits kann die/der Trainerin/Trainer, zum Beispiel bei Intervalltrainings auf der Laufbahn, ganz bestimmte Knotenpunkte der Lauftechnik beobachten und seinem Schützling in der Pause die entsprechende Rückmeldung geben.

4.1 Kraftvoraussetzungen für eine optimale Lauftechnik

Gohlitz und Ernst (2006, S. 38) schreiben, dass für eine optimale Lauftechnik auch die dafür notwendigen Kraftvoraussetzungen entwickelt werden müssen. Das allgemeine und spezielle Krafttraining für Läufer soll deshalb auf die Entwicklung größerer Vortriebswege und Beschleunigungen ausgelegt sein. Nachdem für den Abdruck in der hinteren Stützphase die Hüftstreckung sehr wichtig ist, muss natürlich auch die Oberschenkelrückseite entsprechend gekräftigt werden. Ein einseitiges Training der Fuß- und Kniestrecke soll dabei unbedingt vermieden werden. Ein hohes Niveau der speziellen Kraft ist auch notwendig um die Schrittlänge, bei wettkampfspezifischen Laufgeschwindigkeiten, unter voran schreitender Ermüdung, konstant halten zu können (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 38).

4.2 Lauftechnik im Mittel- und Langstreckenlauf

4.2.1 Vordere Stützphase

In dieser Phase muss die/der Läuferin/Läufer die Landung abfangen und den Bremsstoß möglichst gering halten. Realisiert wird diese Forderung durch einen Fußaufsatz möglichst nah am Körper. Damit die relativ großen vertikalen Impactkräfte möglichst klein gehalten werden, sollte der Fußaufsatz eher auf dem Mittelfuß und keinesfalls nur auf der Ferse erfolgen. Das Knie wird dabei leicht eingebeugt und gibt in weiterer Folge noch geringfügig nach, um den Kraftstoß abzufangen (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 35).

4.2.2 Hintere Stützphase

Merkmale der hinteren Stützphase sind eine ausgeprägte Hüft-, Knie- und Fußgelenksstreckung kurz bevor sich der Fuß vom Boden löst. Die horizontale Geschwindigkeit wird jedoch nicht durch die Kniestreckung, sondern vielmehr von der Zugbewegung des Beines, bei gleichzeitiger Hüftstreckung, erzeugt. Dabei ist vor allem die Muskulatur der Oberschenkelrückseite maßgeblich beteiligt (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 35f).

4.2.3 Vordere Schwungphase

Auch die vordere Schwungphase hat nicht zu unterschätzende Auswirkungen auf den Vortrieb der/des Läuferin/Läufers. Das nach vorne bringen des Schwungbeins führt zu einer Reduzierung der Bremskräfte im Vorderstütz. In der hinteren Stützphase kommt es dann durch das Abstoppen des Schwungbeins zu einem stärkeren Abdruck vom Boden. Prinzipiell ist der Kniehub bei Langstreckenläuferinnen und -läufern nicht so stark

ausgeprägt, wie es zum Beispiel bei Sprinterinnen und Sprintern der Fall ist. Dieses Merkmal gehört zu den Kennzeichen einer ökonomischen Lauftechnik im Mittel- und Langstreckenlauf (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 36).

4.2.4 Hintere Schwungphase

In der hinteren Schwungphase kommt es, nach dem Lösen des Fußes vom Boden, zuerst zu einem Auspendeln. In dieser Phase sollten die Hüftmuskulatur, die Oberschenkelmuskulatur und die Fußmuskulatur weitgehend entspannt sein. Danach nähern sich Unter- und Oberschenkel an, wodurch es zu einem kurzen Pendel kommt, was in weiterer Folge den schnellen Vorschwung erleichtert (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 37f).

4.2.5 Armarbeit, Oberkörper- und Kopfhaltung

Beim Laufen bewegen sich die Arme ganz natürlich, leicht wechselseitig vor und zurück, wobei der Bewegungsursprung aus dem Schultergürtel erfolgt. Dabei soll die Armarbeit das Laufen lediglich unterstützen. Im Ellbogengelenk sollten die Arme in etwa 90 Grad gebeugt sein, die Hände sind dabei leicht zur Faust geballt. Während des Laufens sollte die Schulterachse möglichst ruhig bleiben und die Muskulatur des Schultergürtels soll dabei locker und entspannt sein. Der Oberkörper ist fast ganz aufrecht und hat nur eine minimale Vorlage, der Blick ist nach vorne gerichtet (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 38; Güllich et al., 2004, S. 88).

4.3 Auswirkungen von Krafttraining auf die Schrittlänge

Ein laufspezifisches Krafttraining hilft die Schrittlänge, während intensiver Belastungen, konstant zu halten. Die Autoren Esteve-Lanao et al. (2008, S. 1176f) haben untersucht, ob es möglich ist, mit Hilfe eines ergänzenden Kraftprogramms, die Schrittlänge im Wettkampf konstant zu halten. Das heißt es soll mit einem in mehrere Trainingsetappen systematisch aufgebauten Krafttraining, also einer Periodisierung des Krafttrainings, die im Wettkampf unter Ermüdung auftretende Verkürzung der Schrittlänge verhindert beziehungsweise möglichst minimiert werden. Auch Gohlitz und Ernst (2006, S. 34) haben schon darauf hingewiesen, dass dafür bestimmte Kraftvoraussetzungen benötigt werden, welche mit einem speziellen Krafttraining geschaffen werden können. Des Weiteren erwähnen sie, dass die Stabilität und Konstanz der Schrittlänge, bei voran schreitender Ermüdung, ein sehr wichtiges Bewegungsmerkmal für eine effektive Mittel- und Langstreckenlauftechnik ist (Gohlitz & Ernst, 2006, S. 34).

In der Studie von Esteve-Lanao et al. (2008, S. 1177f) wurden 18 sehr gut trainierte Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer mit Wettkampfteilnahmen im 1500m- und im 5000m-Lauf untersucht. Die Bestzeiten der Läuferinnen und Läufer lagen im 1500m-Lauf zwischen 3:41 und 4:15 und im 5000m-Lauf zwischen 14:30 und 16:00. Die Untersuchung dauerte insgesamt 16 Wochen und wurde, wie auch in Abb. 14 ersichtlich, in folgende Trainingsetappen unterteilt:

- Allgemeine Vorbereitungsperiode (4 Wochen)
- Spezielle Vorbereitungsperiode (8 Wochen)
- Wettkampfperiode (4 Wochen)

Die an der Untersuchung teilnehmenden Läuferinnen und Läufer wurden in drei Gruppen, mit verschiedenen Aufgabenstellungen, aufgeteilt, wobei sich das Training von den drei Gruppen nur in der 8-wöchigen speziellen Vorbereitungsperiode unterschieden hat. In der 4-wöchigen allgemeinen Vorbereitungsperiode absolvierten die Läuferinnen und Läufer aus allen drei Gruppen das gleiche Basiskraftprogramm. Während der Wettkampfperiode wurde dann überhaupt kein ergänzendes Krafttraining durchgeführt (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1178ff).

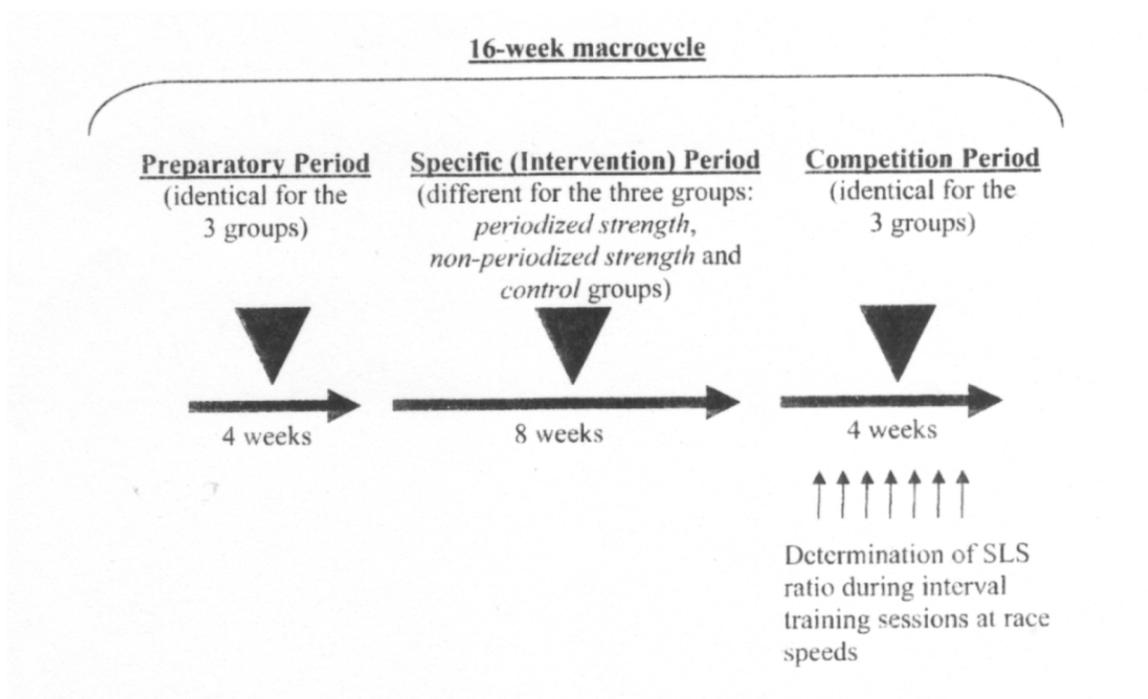


Abbildung 14: Studiendesign, SLS = Schrittlänge / Geschwindigkeit (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1177).

In der speziellen Vorbereitungsperiode absolvierte eine Trainingsgruppe ein periodisiertes Krafttraining, bei welchem sich jeweils nach 2-3 Wochen die Trainingsinhalte systematisch und nacheinander aufbauend veränderten. Parallel dazu nahmen auch die Intensitäten und die Spezifität der Trainingsübungen deutlich zu. So wurde in den ersten beiden Wochen ein Kraftausdauertraining an Maschinen (20-30WH), mit freien Gewichten (15-20WH) sowie ein Zirkeltraining (40sek. Belastung / 20sek. Pause) absolviert. Zum Vergleich dazu kamen am Ende dieser 8-wöchigen Trainingsperiode intensive Tempoläufe mit 2-3kg schweren Gewichtsgürtel zum Einsatz. Wie in Tabelle 3 ersichtlich war die Anzahl der Kraftereinheiten pro Woche unterschiedlich und variierte zwischen einer und vier Trainingseinheiten (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1178ff).

Das genaue Trainings-programm kann aus dem Anhang dieser Arbeit entnommen werden.

Eine zweite Trainingsgruppe absolvierte in dieser Trainingsperiode ein nicht-periodisiertes Krafttraining, bei dem zwar über die gesamten 8-Wochen ein Kraftprogramm mit denselben Übungen absolviert wurde, aber eben ohne jede Veränderung, Das heißt es wurden zu jedem Zeitpunkt der Untersuchung immer die gleichen Übungen durchgeführt. Die dritte Trainingsgruppe absolvierte nur ihr gewohntes Lauftraining und führte kein ergänzendes Krafttraining durch (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1178ff).

Bei jener Gruppe welche ein periodisiertes Krafttraining absolvierte wurden in der speziellen Vorbereitungsperiode insgesamt 20 Krafttrainingseinheiten absolviert, das heißt es wurde meistens 2 bis 3-mal pro Woche Kraft trainiert (vgl. Tab. 3). (Esteve-Lanao, 2008, S. 1177ff).

Das Krafttraining wurde dabei folgendermaßen gestaltet:

- 2 Wochen Zirkel- und Gewichtstraining
- 3 Wochen intensives Zirkeltraining, Sprungkrafttraining und Hügeläufe
- 3 Wochen Intervallläufe mit Gewichtsgurt (3-5% vom Körpergewicht)

Tabelle 3: Gruppe periodisiertes Krafttraining (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).

	Mesocycle							
	II		III			IV		
Week	1	2	3	4	5	6	7	8
Weight training	XX	X						
Circuit training	X	XX						
Oregon circuit			XX	X				
Intermittent circuit				X	X			
Plyometrics				X	X			
Hills				X	X			
Weighted belts						X	XX	XX

Each X represents a session in which the corresponding training mean was used. Total number of strength training sessions was 20.

Auch in der Gruppe mit dem nicht-periodisierten Krafttraining wurden insgesamt 20 Krafttrainingseinheiten mit 2-3 Einheiten pro Woche durchgeführt. Insgesamt wurde das Krafttraining also über 8 Wochen mit jeweils 2-3 Trainingseinheiten pro Woche absolviert. Die Trainingsinhalte waren die gleichen, wie bei der Gruppe mit dem periodisiertem Krafttraining (siehe Tab. 4), jedoch wurden hier alle Inhalte parallel und nicht nacheinander aufbauend trainiert (Esteve-Lanao, 2008, S. 1177ff).

Tabelle 4: Gruppe nicht-periodisiertes Krafttraining (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).

	Mesocycle							
	II		III			IV		
Week	1	2	3	4	5	6	7	8
Weight training	X	X		X	X		X	X
Circuit training	X		X		X		X	
Oregon circuit								
Intermittent circuit								
plyometrics		X		X		X		
Hills	X		X		X		X	
Weighted belts		X		X		X		

Each X represents a session in which the corresponding training mean was used. Total number of strength training sessions was 20.

Alle Läuferinnen und Läufern wurden bei den Intervalltrainingseinheiten, wie zum Beispiel 10x400m oder 5x800m, mit Hilfe einer Highspeed-Kamera gefilmt und so die Schrittlänge ermittelt. Die Intensitäten, beziehungsweise die Laufgeschwindigkeiten, der Athletinnen und Athleten lagen dabei immer im Bereich des individuellen Wettkampftempos. Die dabei

erhobenen Ergebnisse waren signifikant und zeigten, dass nur jene Trainingsgruppe, welche ein periodisiertes Krafttraining absolvierte, die Schrittlänge unter einsetzender Ermüdung konstant halten konnte (siehe dazu Abb. 15). Bei den Läuferinnen und Läufern dieser Gruppe gab es keine signifikanten Veränderungen hinsichtlich der Schrittlänge. Bei den beiden anderen Trainingsgruppen wurde der Schritt unter Ermüdung kürzer, die Läuferinnen und Läufer waren also nicht in der Lage, ihr Intervalllauftraining mit konstanter Schrittlänge zu absolvieren. Allerdings fiel der Rückgang der Schrittlänge bei den Läuferinnen und Läufern mit dem nicht-periodisiertem Krafttraining viel geringer aus als bei der Gruppe ohne Krafttraining in der speziellen Vorbereitungsperiode (Esteve-Lanao et al., 2008, 1181f).

Die Studie von Esteve-Lanao et al. (2008, S. 1181ff) zeigt sehr schön, dass ein ergänzendes Krafttraining für Läuferinnen und Läufer durchaus sinnvoll ist. Es verbessert die Lauftechnik und hilft den Laufschrift im Wettkampf oder bei intensiven Trainingseinheiten konstant zu halten und das auch bei voran schreitender Ermüdung. Dabei ist ein systematisch aufgebautes periodisiertes Krafttraining effektiver als ein nicht-periodisiertes Krafttraining und ein nicht-periodisiertes Krafttraining besser als gar kein ergänzendes Krafttraining.

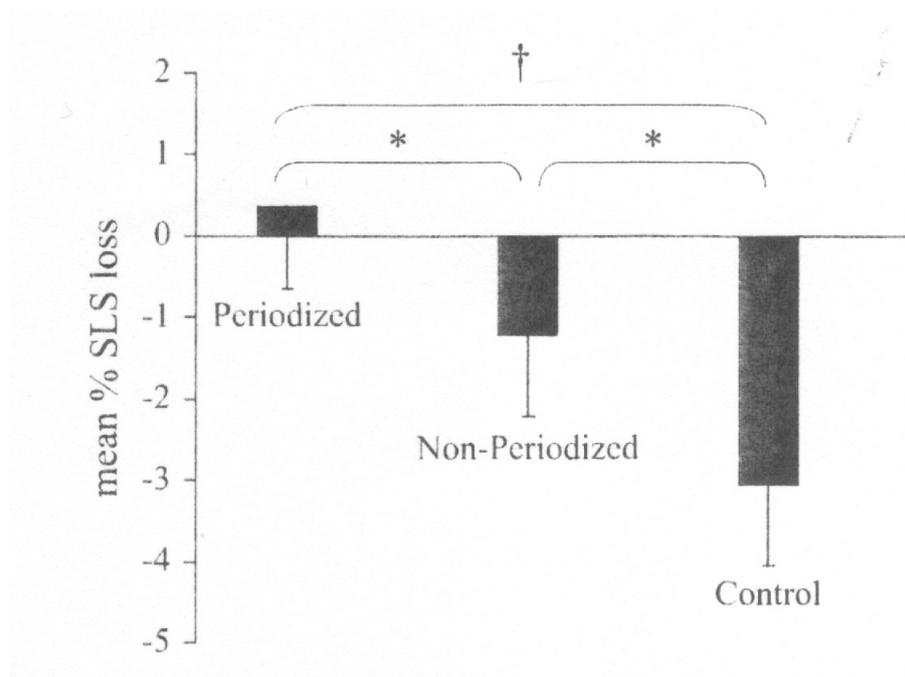


Abbildung 15: Vergleich der durchschnittlichen SLS-Verluste (Schrittlänge/Geschwindigkeit) zwischen den 3-Gruppen (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1181).

5 Krafttraining zur Verletzungsprophylaxe und Erhöhung der Belastungsverträglichkeit

5.1 Laufbelastungen und deren Beanspruchungen

Aufgrund der gleichförmigen und immer wiederkehrenden Beanspruchung kann es beim Laufen zu erheblichen Störungen des Bewegungsapparats und der Belastbarkeit kommen. Grund dafür ist die große Summe an Belastungsspitzen, die beim Laufen auf den Stütz- und Bewegungsapparat einwirken (Fröhner, 2009, S. 38).

Durch das umfassende Ausdauertraining kommt es bei Läuferinnen und Läufern insbesondere zu Beanspruchungen des Herzkreislauf-, des Atmungs- und des Stoffwechselsystems. Bevor der Organismus wieder beansprucht wird, sollte man unbedingt auf eine ausreichende Regeneration bzw. die Wiederherstellung des Organismus achten, um positive Anpassungen zu ermöglichen. Bei der Wiederherstellung spielt natürlich auch die sportartgerechte Ernährung eine sehr wichtige Rolle. So wird zum Beispiel der Aufbaustoffwechsel durch eine mangelhafte Ernährung negativ beeinflusst (Fröhner, 2009, S. 39). Beim Laufen entstehen nicht zu unterschätzende mechanische Belastungen, welche den aktiven und passiven Bewegungsapparat stark beanspruchen. Davon besonders betroffen sind die untere Extremität, die Becken-Lenden-Verbindung und die Lendenwirbelsäule selbst. Die obere Wirbelsäulenregion sowie der Schultergürtel können ebenso betroffen sein (Fröhner, 2009, S. 39).

5.2 Häufige Störungen der Belastbarkeit

Gerade bei jungen Nachwuchsläuferinnen und -läufern kann es immer wieder zu Problemen mit der Belastbarkeit und in Folge auch zu Verletzungen kommen (Tenforde et al., 2011, S. 125ff). Ausgelöst werden diese Störungen der Belastbarkeit in der Regel durch zu hohe Laufbelastungen, welche von den Athletinnen und Athleten noch nicht toleriert werden. Eine weitere Gefahr resultiert aus viel zu schnellen Erhöhungen der Trainingsumfänge. Sehr häufig sind auch körperliche Normabweichungen die Ursache für Belastbarkeitsstörungen des Bewegungsapparats von Läuferinnen und Läufern (Fröhner, 2009, S. 39). Zu diesen Abweichungen zählen ein ausgeprägter Beckenschiefstand, Fußschwächen beziehungsweise Fußfehler, schwache Seitenbänder des oberen Sprunggelenks, muskuläre Dysbalancen, heranreifende Knochen im Wachstum und ganz allgemein ein weiches Bindegewebe (Fröhner, 2009, S. 39).

Den Grund für die Überlastungsverletzungen bei Läuferinnen und Läufern sehen Sato und Mokha (2009, S. 133) auch in abnormalen vertikalen und horizontalen Bodenkontaktkräften beim Laufen. Als Ursache für höhere vertikale Aufprallkräfte nennen sie fortgeschrittenes Alter, mangelhafte Gelenkstabilität, Muskelschwäche, harter Untergrund beim Laufen und bergab Laufen. Durch erschöpfende Belastungen, welche den Körper energetisch sehr stark beanspruchen, kann es bei mangelhafter Wiederherstellung ebenfalls zu gesundheitlichen Störungen kommen. Die Folge sind dann Übertrainingszustände und eine erhöhte Infekt-Anfälligkeit (Fröhner, 2009, S. 39).

Laut Fröhner (2009, S. 39) ergaben Untersuchungen an 64 jungen Läuferinnen und 65 jungen Läufern folgende Ergebnisse hinsichtlich der am meisten beeinträchtigten Regionen des Bewegungsapparats: Bei den Mädchen war mit 36% das Kniegelenk am häufigsten betroffen, gefolgt vom Sprunggelenk mit 19% und dem Rücken mit 17%. Bei den männlichen Jugendlichen war das Kniegelenk mit 43% sogar noch öfters betroffen. Probleme mit dem Rücken hatten 23% der Jungen, gefolgt von Sprunggelenksproblemen mit 8%.

Wie schon Fröhner haben auch Tenforde et al. (2011, S. 125ff) in ihrer Studie untersucht, welche Verletzungen bei jugendlichen Langstreckenläuferinnen und -läufern (13-18 Jahre) am häufigsten vorkommen. Insgesamt nahmen 442 weibliche und 306 männliche Athletinnen und Athleten an dieser Online-Befragung teil. Dabei haben doch immerhin 68% der Läuferinnen und 59% der Läufer angegeben, dass sie in der Vergangenheit schon einmal verletzt waren. Die Anzahl der Trainingsjahre, bezogen nur auf das Lauftraining, war bei beiden Geschlechtern in etwa gleich lang und lag zwischen zwei und drei Jahren. Besonders bei den männlichen Läufern konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen hohen wöchentlichen Laufumfängen und den bisherigen Verletzungen festgestellt werden (Tenforde et al., 2011, S. 125ff). Diese Ergebnisse, bezüglich eines zu hohen Trainingsumfangs, deckten sich mit denen von Fröhner (2009, S. 39).

Die nachfolgenden Verletzungen waren bei den Läuferinnen und Läufern am Weitesten verbreitet (Tenforde et al., 2011, S. 125ff):

- Ermüdungsfraktur der Tibia (Mädchen, 41%; Buben, 34%)
- Sprunggelenks-Verletzungen (Mädchen, 32%; Buben, 28%)
- Femoropatellare Schmerzen (Mädchen, 21%; Buben, 16%)
- Achillessehnen-Entzündung (Mädchen, 9%; Buben, 6%)
- Ilio-Tibial-Band-Syndrom (Mädchen, 7%; Buben, 5%)
- Plantarfasziitis (Mädchen, 5%; Buben, 3%)

Aufgrund dieser Umfrage kann man davon ausgehen, dass viele Athletinnen und Athleten in der Vergangenheit schon mal an den Folgen einer Überlastungs-Verletzung laboriert haben, wobei Mädchen etwas häufiger betroffen sind als Buben. Die Autoren nehmen an, dass mit einer geringfügigen Reduktion der gelaufenen Trainingskilometer das Risiko von Überlastungs-Verletzungen gesenkt werden kann. Auch sollte im Hinblick auf die Verletzungsprophylaxe und die Leistungsoptimierung ein ergänzendes und umfassendes Krafttrainingsprogramm durchgeführt werden, um gerade dieser Altersgruppe eine langfristige Entwicklung zu ermöglichen. (Tenforde et al., 2011, S. 125ff).

5.3 Typische Schwächen des Halte- und Bewegungsapparats

Von den insgesamt 95 untersuchten Nachwuchs Läuferinnen und Läufern hatten gleich mehr als 75 Prozent abgeschwächte Gesäßmuskeln, schwache obere Rückenmuskeln und schwache obere und untere Bauchmuskeln. Mehr als die Hälfte der jungen Sportlerinnen und Sportler hatte verkürzte Wadenmuskeln und eine verkürzte vordere und hintere Oberschenkelmuskulatur (Fröhner, 2009, S.39). Fröhner (2009, S. 39) meint, dass diese doch sehr deutlichen Untersuchungsergebnisse, die erhöhte Verletzungsanfälligkeit des Stütz- und Bewegungsapparates erklären. Wahrscheinlich ist damit auch eine schlechtere Leistungsfähigkeit gegeben.

5.4 Maßnahmen zum Schutz vor Überlastungen

Besonders bei Kindern und Jugendlichen sollte das Training möglichst vielseitig und abwechslungsreich gestaltet werden. Gerade auch bei Läuferinnen und Läufern kann das Ausdauertraining durchaus unspezifisch erfolgen, damit eine umfassendere Belastung des passiven und aktiven Bewegungsapparates sichergestellt werden kann (Fröhner, 2009, S. 39). Joch (1996, S. 55) schlägt dabei den Einsatz folgender Trainingsinhalte vor:

- Schwimmen
- Skilanglauf
- Skiroller
- Eislauf
- Radfahren
- Spiele
- Allgemeines Kraftausdauertraining in Form des Kreistrainings

Die Kräftigung der Fußmuskulatur, der Beinmuskulatur, der oberen Rückenmuskulatur und der Bauchmuskulatur ist, wie schon die vorhin angeführten Untersuchungsergebnisse vermuten lassen, für die Prävention von sehr großer Bedeutung (Fröhner, 2009, S. 39). So erwähnen Meyer et al. (2001, S. 1255), dass der Hauptgrund von Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule schwache Rumpfmuskeln oder muskuläre Dysbalancen sind. Dadurch können die beim Laufen auftretenden Aufprallkräfte nicht mehr entsprechend kompensiert werden. Zur besseren Stabilisation sollte deshalb ein funktionelles Krafttraining für die Rücken- und Hüftmuskeln durchgeführt werden (Meyer et al., 2001, S. 1255).

Zur Prävention von typischen Überlastungsverletzungen sollten Läuferinnen und Läufer auch ein propriozeptives Training speziell für die Becken-, Bein- und Fußregion regelmäßig absolvieren. Dieses Training kann beispielsweise auf einem Therapiekreisel, Kippbrett oder Minitrampolin durchgeführt werden und unterstützt die Präventionsmaßnahmen gegen femoropatellare Schmerzen, Ilio-Tibial-Band-Syndrome, Patella-spitzensyndrome, Plantarfasziitis, Tibiakantensyndrome (Shin Splints), und Achillessehnenbeschwerden (Mayer et al., 2001, S. 1258; Fröhner, 2009, S. 39).

Wenn von den Athletinnen und Athleten intensive beziehungsweise schnelle Tempoläufe durchgeführt werden, muss unbedingt ausführlich, der Belastung entsprechend, aufgewärmt werden. Danach sollte, zur rascheren Regeneration, ein lockeres Auslaufen stattfinden. Bei Kindern und Jugendlichen ist es günstig nicht ständig auf hartem Untergrund zu trainieren, die Laufbelastungen auf harten Böden sollten deshalb gut geplant und wohl dosiert werden (Fröhner, 2009, S. 40). Allerdings geben Mayer et al. (2001, S. 1254) zu bedenken, dass vermehrtes Laufen auf sehr weichen Untergründen Achillessehnenprobleme auslösen kann. Verantwortlich dafür könnten stark gedämpfte Laufschuhe, bei denen der Abstand zwischen Ferse und Untergrund relativ groß ist, und unebenes Laufgelände sein (Mayer et al., 2001, S. 1254).

Natürlich spielt auch die Lauftechnik bei der Vermeidung von zu großen Belastungsspitzen beim Laufen eine wichtige Rolle. Die/der Trainerin/Trainer sollte auf die Lauftechnik seiner Athletinnen und Athleten achten und bei Bedarf Korrekturen vornehmen. Die Sportschuhe müssen auch den Anforderungen genügen und falls notwendig, ist es durchaus sinnvoll Einlagen zu benutzen (Fröhner, 2009, S. 40). So können beispielsweise beim Ilio-Tibial-Band-Syndrom sehr gute Ergebnisse durch individuell angepasste Laufschuhe- mit entsprechenden Einlagen erzielt werden (Meyer et al., 2001, S. 1256).

Bei fortgeschrittener Reife der jungen Läuferinnen und Läufer muss die Muskulatur, insbesondere der unteren Extremität, entsprechend vor- aber natürlich auch nachbereitet werden. Gerade nach einer intensiven Laufeinheit sollte auf eine angemessene Entspannung der Muskulatur geachtet werden (Fröhner, 2009, S. 40).

Im Zusammenhang mit der Prävention muss klarerweise auch die Ernährung adäquat sein. Flüssigkeitsdefizite müssen ausgeglichen werden. Um die Wiederherstellung zu verbessern, benötigt der Organismus nach dem Training oder nach dem Wettkampf eine entsprechende Ernährung. Neben den Grundnährstoffen (Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette) müssen Sportlerinnen und Sportler auch Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine mit der Nahrung aufnehmen um die Regeneration zu optimieren (Konopka, 1994, S. 25f; Fröhner, 2009, S. 40).

5.5 Allgemein athletische Ausbildung

Mit einer allgemeinen athletischen Ausbildung soll die extrem einseitige Beanspruchung des passiven und aktiven Bewegungsapparates, hervorgerufen durch umfangreiches Lauftraining, ausgeglichen werden. Sie ist deshalb für die Erhaltung der Gesundheit und für die Entwicklung einer hohen Belastungsverträglichkeit von herausragender Bedeutung. Dabei sollen die Kraftfähigkeiten von allen Muskelgruppen und ganz besonders von den Muskeln mit Halteaufgaben, wie den Bauch-, Rücken- und Gesäßmuskeln, verbessert werden. Es sollte auch auf ein muskuläres Gleichgewicht zwischen den Beinbeugern und den Beinstreckern geachtet werden (Joch, 1996, S. 37).

Der Autor weist darauf hin, dass alle Trainingsinhalte zur Entwicklung der allgemeinen Athletik ganzjährig durchgeführt werden sollen. Dies gilt ganz besonders für alle Übungen, welche speziell den Bewegungsapparat vor Überlastung schützen (Joch, 1996, S. 38).

Auch Johnston et al. (2003, S. 1106) schreiben, dass verbesserte Kraftfähigkeiten besonders der unteren Extremität das Verletzungsrisiko von Läuferinnen und Läufern senken kann. Speziell verkürzte und abgeschwächte quadriceps, gastrocnemius und soleus Muskeln werden mit Überlastungsverletzungen in Zusammenhang gebracht (Johnston et al., 2003, S. 1106).

An dieser Stelle muss allerdings angemerkt werden, dass in einer Review-Studie von Yeung und Yeung (2011, S. 507ff) kein eindeutiger Nachweis gefunden werden konnte, dass ein Konditions- bzw. Athletiktraining zur Verbesserung der Kraft, Beweglichkeit und Koordination hilft das Risiko von Laufverletzungen der unteren Extremität zu minimieren.

Es haben insgesamt 1020 Probandinnen und Probanden an dieser Untersuchung teilgenommen (Yeung & Yeung, 2011, S. 501ff).

In einer etwas älteren Review-Studie ebenfalls von Yeung und Yeung (2001, S. 386) wurden 5 Studien mit 1944 Teilnehmerinnen und Teilnehmern bezüglich Stretching und Verletzungsprophylaxe analysiert. Auch hier konnte keine signifikante Wirksamkeit von Dehnungsübungen zur Prävention von Weichteilgewebeerkrankungen der unteren Extremität nachgewiesen werden (Yeung & Yeung, 2001, S. 386).

Es konnte jedoch festgestellt werden, dass sehr hohe Trainingsbelastungen das Verletzungsrisiko erhöhen. Folglich konnte man mit veränderten Trainingsprogrammen die Häufigkeit von Verletzungen deutlich reduzieren. Ab einem wöchentlichem Laufumfang von 32km steigt das Risiko einer Überlastungsverletzung (Yeung & Yeung, 2001, S. 386f).

Geeignete Trainingsmethoden für die allgemeine athletische Ausbildung sind das Zirkeltraining, allgemeine Kraftübungen und alle Übungen, welche die Kraftausdauer entwickeln (Joch, 1996, S. 38).

Auch Papen (2008, S. 44) betont in seinem Beitrag die Wichtigkeit der allgemeinen athletischen Ausbildung für Läufer. Wie schon von Joch erwähnt, sollen Läufer das allgemein athletische Training unbedingt ganzjährig durchführen. Wenn dieser Trainingsinhalt vernachlässigt oder überhaupt ganz weggelassen wird, steigt das Risiko einer Verletzung, vor allem bei zunehmenden Laufbelastungen, deutlich an. Die individuelle Belastungsgrenze der/des Athletin/Athleten wird bei ungenügender Athletik auch herabgesetzt, was wiederum zu Überlastungen und im schlimmsten Fall zu Verletzungen führen kann. Laut Papen (2008, S. 45) hat die allgemeine athletische Ausbildung positive Auswirkungen auf die folgenden Bereiche:

- Die harmonische muskuläre Entwicklung
- Das Kraftpotenzial
- Die Schnelligkeitsfähigkeiten
- Das Durchsetzungsvermögen in taktischen Rennen, besonders im Endspurt
- Die Schrittstruktur und die Schrittlänge
- Die intermuskuläre Koordination
- Die Belastungsverträglichkeit
- Die Verletzungsanfälligkeit
- Die Regenerationsfähigkeit

Der DLV-Bundestrainer für den Hindernislauf, Eckhardt Sperlich (2008, S. 58), hebt den hohen Stellenwert der allgemeinen athletischen Ausbildung für Läufer ebenfalls hervor. Aus seiner Sicht dient das allgemein athletische Training vor allem der Ganzkörperstabilisierung, beziehungsweise der Stabilisierung einzelner Gelenke. Er ist auch der Meinung, dass sich durch die athletische Ausbildung auch die allgemeinen Kraftausdauerfähigkeiten verbessern können. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass das allgemeine Athletiktraining hilft, die Lauftechnik zu verbessern. Nach Meinung des DLV-Bundestrainers zählt, neben falschen Bewegungsvorstellungen, auch eine unzureichende athletische Ausbildung zu den Ursachen für eine mangelhafte Lauftechnik (Sperlich, 2008, S. 58).

Zu den Merkmalen einer mangelhaften Technik gehören z. B. (Sperlich, 2008, S. 58):

- Eine unvollständige Hüft- und Beinstreckung
- Eine ungenügende Körperstreckung im Abdruck
- Ein Ausweichen des Oberkörpers
- Eine nicht parallel zur Laufrichtung geführte Armarbeit

Der ehemalige Bundestrainer des Deutschen Leichtathletikverbandes (DLV), Jürgen Mallow, (2005, S. 7) betont, wie wichtig die allgemeine athletische Ausbildung für die Gesunderhaltung und für die langfristige Leistungsentwicklung ist:

„Ich wünsche mir, dass diejenigen, die bisher allgemeines, athletisches Training vernachlässigt haben, in Zukunft stärker daran arbeiten. Zudem erhoffe ich mir, dass dieser Bereich generell auch ernsthafter betrachtet wird. Während der Gymnastik darf nicht gleichzeitig eine Gruppendiskussion unter den Athleten stattfinden. Und es kann nicht sein, dass der Athlet da und dort mal ein bisschen an sich „herumzerrt“, und dann im Glauben ist, er hätte sich gedehnt. Es geht mir vor allem darum, dass Trainer und Athleten die athletische Ausbildung genauso zielgerichtet verfolgen, wie andere Trainingsinhalte auch.“

5.5.1 Kräftigung der Rumpfmuskulatur

Wie schon erwähnt, können übermäßige vertikale und horizontale Kräfte beim Laufen zu Überlastungsverletzungen führen. Sato und Mokha (2009, S. 133) untersuchten deshalb, ob starke Rumpfmuskeln einen positiven Einfluss auf die Biomechanik beim Laufen haben und somit helfen können die Verletzungsanfälligkeit zu minimieren. Die Autoren nehmen an, dass ein ergänzendes Rumpfkrafttraining hilft, die dynamische Stabilität der unteren Extremität zu verbessern und dadurch die vertikalen beziehungsweise horizontalen Kräfte optimiert werden. Es wurde auch untersucht, ob sich die 5000m Laufleistung mit diesem, zusätzlich zum Lauftraining, durchgeführten Rumpfkrafttraining, verbessert (Sato & Mokha, 2009, S. 133).

Im Detail haben die Autoren Sato und Mokha (2009, S. 134) angenommen, dass ein Rumpfkrafttraining Auswirkungen auf folgende Bereiche hat:

- Rückgang der vertikalen Kraftspitze beim Aufprall (erster Fersenkontakt)
- Erhöhung der vertikalen Kraft beim Abdruck
- Verkürzte Dauer des horizontalen Bremsstoßes
- Erhöhte Dauer der vorwärts gerichteten Horizontalkraft
- Mehr Punkte beim Star Excursion Balance Test
- Verbesserung der 5000m Laufzeit

Das Trainingsprogramm der Untersuchungsgruppe beinhaltete insgesamt fünf verschiedene Kräftigungsübungen für den Rumpf, welche von den Probandinnen und Probanden 4-mal pro Woche absolviert wurden. Das ergänzende Krafttraining erstreckte sich insgesamt über einen Zeitraum von sechs Wochen. Die Trainingsumfänge pro Einheit sind in Tabelle 5 ersichtlich (Sato & Mokah, 2009, S. 137).

Tabelle 5: Trainingsumfänge: 6 Wochen (Sato & Mokah, 2009, S. 137).

	Sets	Repetitions
First 2 weeks	2	10
Second 2 weeks	2	15
Third 2 weeks	3	12

Die fünf nachfolgenden Rumpfübungen wurden in den Trainingseinheiten durchgeführt (Sato & Mokah, 2009, S. 136):

1. Gerade Bauchmuskeln mit Physioball
2. Rückenstrecker mit Physioball
3. In Bauchlage gegengleich Arme und Beine heben
4. Beckenlift mit Physioball
5. Schräge Bauchmuskeln mit Physioball

Entgegen der Annahmen der Autoren konnten keine signifikanten Verbesserungen hinsichtlich der biomechanischen Eigenschaften und der Stabilität der unteren Extremität erzielt werden. Einzig die 5000m Laufleistung brachte ein signifikantes Ergebnis. Die Autoren glauben, dass unterschiedliche Laufgeschwindigkeiten der Probanden zwischen dem Vor- und Nachtest die Bodenkontaktkräfte beeinflusst haben könnten. Bei höherem Lauftempo steigen nämlich, aufgrund des härteren ersten Aufpralls, auch die Kräfte an. Die Probandinnen und Probanden wurden zwar instruiert, immer mit demselben Tempo

über die Kraftmessplatte zu laufen, doch besonders in der Rumpfkraftgruppe war dies nicht immer der Fall. Hier sehen die Autoren sicherlich einen limitierenden Faktor der Untersuchung (Sato & Mokha, 2009, S. 137f).

Auch der Star Excursion Balance Test (siehe Abb. 16) war bei der Trainingsgruppe Rumpfkraft und der Kontrollgruppe nicht signifikant verbessert. Allerdings konnten sich hier beide Gruppen leicht tendenziell verbessern, was wahrscheinlich auf Vorbeziehungsweise Nachtest- Effekte zurückzuführen ist. Zu erwähnen ist, dass die Gruppe Rumpfkraft mehr Punkte beim Star Excursion Balance Test erreicht hat, als die Gruppe ohne Krafttraining (Sato & Mokha, 2009, S. 138).

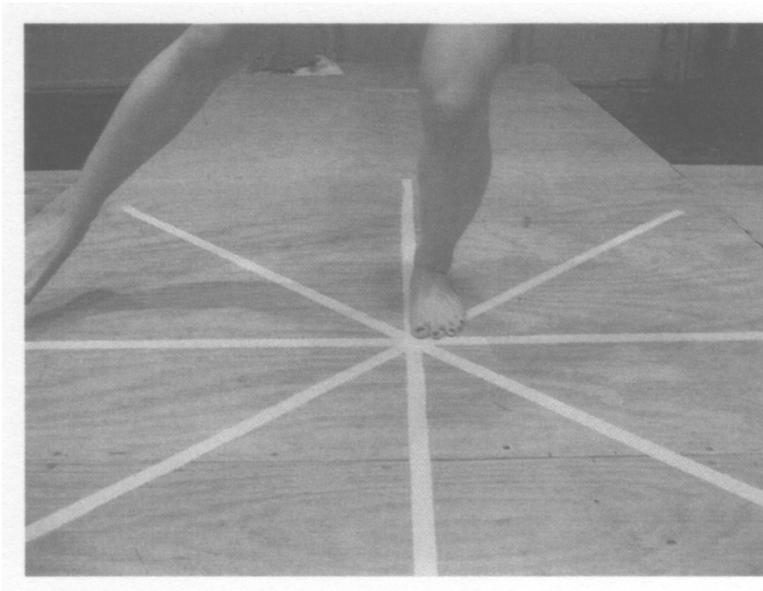


Abbildung 16: Star Excursion Balance Test (Sato & Mokha, 2009, S. 136).

Sato und Mokah (2009, S.138f) erklären die besseren 5000m-Zeiten im Nachtest damit, dass im Vergleich zu anderen Studien der Trainingsumfang mit vier Rumpfkrafteinheiten pro Woche relativ hoch war und es deshalb zu positiven Effekten gekommen ist. Die Läuferinnen und Läufer gaben durchwegs ein positives Feedback und meinten, dass sie mit Unterstützung der Rumpfmuskeln in der Lage waren, ihre Laufhaltung besser zu stabilisieren.

5.5.2 Kräftigung der globalen und lokalen Rumpfmuskulatur

Laut Kurschilgen (2004, S. 18) kann durch ein regelmäßiges Rumpfkraft-Training und einer dadurch gut ausgebildeten Rumpfmuskulatur die Verletzungsanfälligkeit bei hohen Belastungen, wie zum Beispiel dem Sprungkraft- und Krafttraining, verringert werden. Bei der Rumpfmuskulatur unterscheidet man zwischen der globalen und der lokalen Muskulatur. Es sind nicht nur die großen, globalen Muskeln, sondern vielmehr die tieferliegenden lokalen Muskeln, die dem Rumpf Stabilität verleihen (Kurschilgen, 2004, S. 18).

5.5.2.1 Globale Rumpfmuskulatur

Durch die globale Muskulatur ist es möglich den Rumpf nach vorne und hinten zu beugen, zu drehen und zur Seite zu neigen. Die Ansteuerung dieser Muskeln erfolgt bewusst, ihre Aktivierung ist somit willkürlich. Außerdem ziehen diese Muskeln in der Regel über ein oder mehrere Gelenke und ermöglichen dadurch große Bewegungsumfänge. Bei Bewegungen, welche beschleunigt werden, spielen die globalen Muskeln ebenfalls eine entscheidende Rolle (Kurschilgen, 2004, S. 18).

Globale Bauchmuskeln (Kurschilgen, 2004, S. 18):

- M. obliquus externus abdominis und M. obliquus internus abdominis
- M. rectus abdominis

Globale Rückenmuskeln (Kurschilgen, 2004, S. 18):

- M. longissimus
- M. iliocostalis
- M. quadratus lumborum (lateralen Fasern)

5.5.2.2 Lokale Rumpfmuskulatur

Im Unterschied zur globalen Rumpfmuskulatur werden die lokalen Rumpfmuskeln unwillkürlich aktiviert (Kurschilgen, 2004, S. 18). Sie sind hauptverantwortlich für die Rumpfstabilität. Nachdem die lokalen Muskeln mit ihren kurzen Fasern sehr gelenknah liegen, haben sie kaum Einfluss auf die Bewegungen des Rumpfes (Kurschilgen, 2004, S. 19).

Lokale Bauchmuskeln (Kurschilgen, 2004, S. 19):

- M. transversus abdominis
- M. obliquus internus abdominis
- M. psoas

Lokale Rückenmuskeln (Kurschilgen, 2004, S. 19):

- Mm. Intertransversarii
- Mm. Interspinales
- M. multifidus
- M. longissimus lumborum
- M. iliocostalis lumborum
- M. quadratus lumborum (mediale Fasern)

Die lokalen Rumpfmuskeln werden am besten durch ein so genanntes sensomotorisches Training gekräftigt. Beim sensomotorischen Training wird die Bewegungskoordination auf reflektorischem Weg verbessert, wobei die Bewegungen bei dieser Trainingsmethode unbewusst gesteuert werden. Aufgrund vieler kleiner und überraschender Bewegungsauslenkungen werden speziell die lokalen, tiefer liegenden Muskeln trainiert (Kurschilgen, 2004, S. 18f; Oltmanns, 2007, S. 6).

6 Muskuläre Ermüdung nach Laufbelastungen und die Auswirkungen auf die Kraft

In der Studie von Gomez et al. (2002, S. 184ff) wurde untersucht, welche Auswirkungen ein 10.000m-Lauf, annähernd im Wettkampftempo gelaufen, auf die Kraft- und Leistungsfähigkeit der Muskulatur der unteren Extremität hat. Die Probandinnen und Probanden mussten vorher, direkt danach und 48 Stunden nach dem 10km-Lauf verschiedene Krafttests absolvieren.

Die Kraftausdauerleistung der vorderen und hinteren Oberschenkelmuskulatur wurde mit einem isokinetischen Dynamometer ermittelt, wobei hier 50 Wiederholungen absolviert werden mussten. Die Ergebnisse zeigten dabei einen deutlichen Rückgang der Leistungsfähigkeit unmittelbar nach dem 10.000m Testlauf. Hingegen konnte man 48 Stunden nach dem Rennen keine Änderungen im Vergleich zu den Ausgangswerten feststellen (Gomez et al., 2002, S. 184ff).

Die Autoren Gomez et al. (2002, S. 184ff) erklären die verminderte Kraftausdauerleistung der Oberschenkelmuskulatur mit der Ermüdung der langsam zuckenden Muskelfasern, die während eines 10.000m Rennens hauptsächlich rekrutiert werden.

Die Auswirkungen einer 10km-Laufbelastung auf die Sprungleistung wurde mit einem Counter-Movement-Jump überprüft. Auch hier wurden die Läufer vorher, unmittelbar nach dem Lauf und 48 Stunden später getestet. Die Auswirkungen auf die Sprungleistung waren zu jedem der drei Zeitpunkte nicht signifikant. Es wird vermutet, dass die für hohe Kraftintensitäten benötigten motorischen Einheiten durch eine 10.000m Laufbelastung nicht betroffen sind. Aufgrund dieser Resultate weisen die Autoren nochmals auf die Wichtigkeit einer gängigen Regel hin, nämlich das 48 Stunden vor einem wichtigen Laufwettkampf pausiert werden sollte beziehungsweise das Training nur noch regenerativen oder kompensatorischen Charakter aufweisen sollte (Gomez et al., 2002, S. 184ff).

7 Periodisierung des Trainings

Mehrere Studienergebnisse bestätigen den Nutzen eines ergänzenden Krafttrainings für Läuferinnen und Läufer (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1181ff; Saunders et al., 2006, S. 950; Turner et al., 2003, S. 65). Je nach Art der Trainingsmethode leistet Krafttraining einen wichtigen Beitrag zur Verletzungsprophylaxe (Fröhner, 2009, S. 39f; Mayer et al., 2001, S. 1254ff), zur Verbesserung der Laufökonomie (Berryman et al., 2010, S. 1822ff) oder zur Steigerung der persönlichen Laufleistung (Spurrs et al., 2003, S. 7). Es stellt sich nun die berechtigte Frage, in welcher Trainingsetappe, welches Krafttraining zum Einsatz kommen sollte. Die nachfolgenden Erläuterungen sind für Läuferinnen und Läufer mit leistungssportlichen Zielen und Teilnahme an Wettkämpfen gedacht. Eine gut strukturierte und aufbauende Periodisierung des Trainings ist dabei unbedingt notwendig, um die gewünschte sportliche Form auch zum tatsächlichen Saisonhöhepunkt abrufen zu können.

Weniger geeignet ist das folgende Periodisierungsmodell für Freizeit- bzw. Hobbyläuferinnen und -läufer sowie für Kinder und Schülerinnen und Schüler. Allerdings sollten laut Fröhner (2009, S. 39) auch diese Sportler regelmäßig ein präventives Krafttraining, zusätzlich zum Laufen, in ihr Training einbauen, nachdem beim Laufen der Bewegungsapparat doch erheblichen mechanischen Belastungen ausgesetzt wird (Fröhner, 2009, S. 39). Neben dem Aspekt der Verletzungsprophylaxe kann, mit Hilfe einer guten Athletik, auch die Lauftechnik und damit die Laufökonomie verbessert werden (Sperlich, 2008, S. 58).

Laut Zintl und Eisenhut (2001, S. 196f) gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten eine Saison bzw. ein Trainingsjahr zu unterteilen. Je nach Zielstellung kann man entweder eine Einfachperiodisierung mit nur einer Wettkampfperiode oder eine Doppelperiodisierung mit zwei Wettkampfperioden planen. Eine Dreifachperiodisierung ist eher unüblich und kommt, wenn überhaupt, nur im Spitzensport, meistens bedingt durch einen sehr dichten Wettkampkalender, vor. Athletinnen und Athleten mit einer Einfachperiodisierung legen ihren Schwerpunkt auf eine Wettkampfserie im Sommer, hingegen bestreiten Athletinnen und Athleten mit einer Doppelperiodisierung zusätzlich in den Wintermonaten Hallenwettkämpfe und/oder nehmen an Crosslauf-Wettkämpfen teil (Zintl & Eisenhut, 2001, S. 196ff).

Eine vollständige Periode bzw. ein vollständiger Makrozyklus wird in drei verschiedene Abschnitte unterteilt. Im ersten Abschnitt stehen allgemeine und vorbereitende Trainingsinhalte im Vordergrund, deshalb wird dieser Trainingsabschnitt auch als Vorbereitungsperiode bezeichnet. In der nachfolgenden Wettkampfperiode werden vermehrt disziplinspezifische Inhalte trainiert, sowie Wettkämpfe bestritten. Der dritte Abschnitt ist der kürzeste und wird Übergangsperiode genannt. Diese Trainingsetappe dient der aktiven Regeneration und Wiederherstellung (Issurin, 2010, S. 193). Für gewöhnlich wird die Vorbereitungsperiode noch in einen allgemeinen und einen speziellen Trainingsabschnitt aufgeteilt. Jede dieser unterschiedlichen Etappen bzw. Perioden geht über mehrere Wochen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Mesozyklen. Eine einzelne Trainingswoche wird in der Regel Mikrozyklus genannt (Zintl & Eisenhut, 2001, S. 196ff).

An dieser Stelle muss laut Issurin (2010, S. 193f) allerdings erwähnt werden, dass es neben dem traditionellen Periodisierungsmodell auch noch andere Modelle gibt. Obwohl das traditionelle Modell eine Abfolge von unterschiedlichen Trainingsinhalten, nämlich von allgemeinen zu speziellen und von extensiven zu intensiven, vorschlägt, will man häufig zu viele verschiedene Trainingsziele gleichzeitig entwickeln. In der Vorbereitungsperiode versuchen Elite-Ausdauersportlerinnen und –Sportler oftmals die aerobe Ausdauer, Kraft und Kraftausdauer, die allgemeine Koordination, die Explosivkraft- und Schnelligkeitsfähigkeiten, usw., gleichzeitig zu entwickeln. Nachdem diese Trainingsinhalte aber auch ganz unterschiedliche physiologische und morphologische Anpassungen auslösen sind diese Trainingsreize nicht oder nur sehr schlecht miteinander kompatibel (Issurin, 2010, 193f).

Diese Einschränkungen des traditionellen Periodisierungsmodells können bei Elitesportlerinnen und –Sportlern den kontinuierlichen Leistungsfortschritt hemmen. Auch können die sehr hohen Trainingsumfänge in der Vorbereitungsperiode aufgrund der vielen gemischten Trainingsinhalte häufig nur schwer realisiert werden. Ein weiterer Nachteil des traditionellen Systems liegt darin, dass es nicht möglich ist eine große Anzahl an Wettkämpfen erfolgreich zu bestreiten, auch nicht mit einer Dreifachperiodisierung (Issurin, 2010, S. 194).

Aus diesen Gründen wurde alternativ zum traditionellen Periodisierungsmodell ein so genanntes Block-Trainingsmodell entwickelt (Issurin, 2010, S. 198).

7.1 Traditionelles Periodisierungsmodell

Ein Trainingsjahr wird in der Regel in eine Vorbereitungsperiode, eine Wettkampfperiode und eine Übergangsperiode unterteilt (Zintl & Eisenhut, 2001, S. 196).

7.1.1 Vorbereitungsperiode

In der Vorbereitungsperiode sollte eine möglichst solide Basis für die nachfolgenden Trainingsetappen geschaffen werden. Im Training liegt der Schwerpunkt deshalb auf einem hohen Belastungsumfang bei gleichzeitig niedriger Trainingsintensität. Die Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche ist darum auch wesentlich höher als vergleichsweise in einer Wettkampf- oder Übergangsperiode (Frey & Hildenbrandt, 2002, S. 164f).

Wenn man die Tabelle 6 von Joch (1996, S. 30) betrachtet, so kann man sehen, dass zuerst immer ein allgemein grundlegendes und später ein disziplinspezifisch grundlegendes, beziehungsweise in diesem Fall laufspezifisches, Training erfolgt. Die ersten beiden Mesozyklen bestehen aus 9 Trainingswochen und gehören zur allgemeinen Vorbereitungsperiode. Im darauf folgenden Mesozyklus, der speziellen Vorbereitungsperiode, die 5 Wochen dauert, werden Schritt für Schritt aufbauend auch schon spezielle Trainingsmethoden eingesetzt (Joch, 1996, S. 30).

Tabelle 6: Jahresplanung, Grundstruktur einer Doppelperiodisierung (Joch, 1996, S. 30).

V P 1 :	1. M E Z	4 Wochen	Allgemeiner grundlegender Trainingsaufbau (blockspezifisch)
	2. M E Z	5 Wochen	Disziplinspezifischer grundlegender Trainingsaufbau
	3. M E Z	5 Wochen	Disziplinspezifischer spezieller Trainingsaufbau
	4. M E Z	5 Wochen	Hallen-Wettkampfserie (Einordnung in die Gesamtjahresbelastung)
V P 2 :	5. M E Z	8 Wochen	Allgemeiner disziplinspezifischer grundlegender Trainingsaufbau (auf höherem Niveau im Vergleich zur VP 1!)
	6. M E Z	8 Wochen	Disziplinspezifischer spezieller Trainingsaufbau (ebenfalls auf höherem Niveau im Vergleich zur VP 1!)
	7. M E Z	6 – 8 Wochen	Wettkampfperiode (Formausprägung)

7.1.2 Wettkampfperiode

In der Wettkampfperiode sollen, in Abhängigkeit von der Sportart beziehungsweise der Disziplin, die für den Wettkampf notwendigen speziellen Konditionsvoraussetzungen entwickelt werden. Die Basis dafür sind immer die in der allgemeinen und speziellen Vorbereitungsperiode geschaffenen Voraussetzungen (Frey & Hildenbrandt, 2002, S. 166). Laut Joch (1996, S. 30ff) sollte in der Wettkampfperiode die sportliche Form entwickelt und in Wettkämpfen dargestellt werden. Der Zeitraum dieser Etappe liegt meistens zwischen 5 und 8 Wochen. Die trainingsmethodischen Unterschiede bzw. Veränderungen zwischen der Vorbereitungs- und der Wettkampfperiode sind in Abbildung 17 (Frey & Hildenbrandt, 2002, S. 166) sehr gut beschrieben und treffen im Prinzip auch auf das Training von Läuferinnen und Läufern zu.

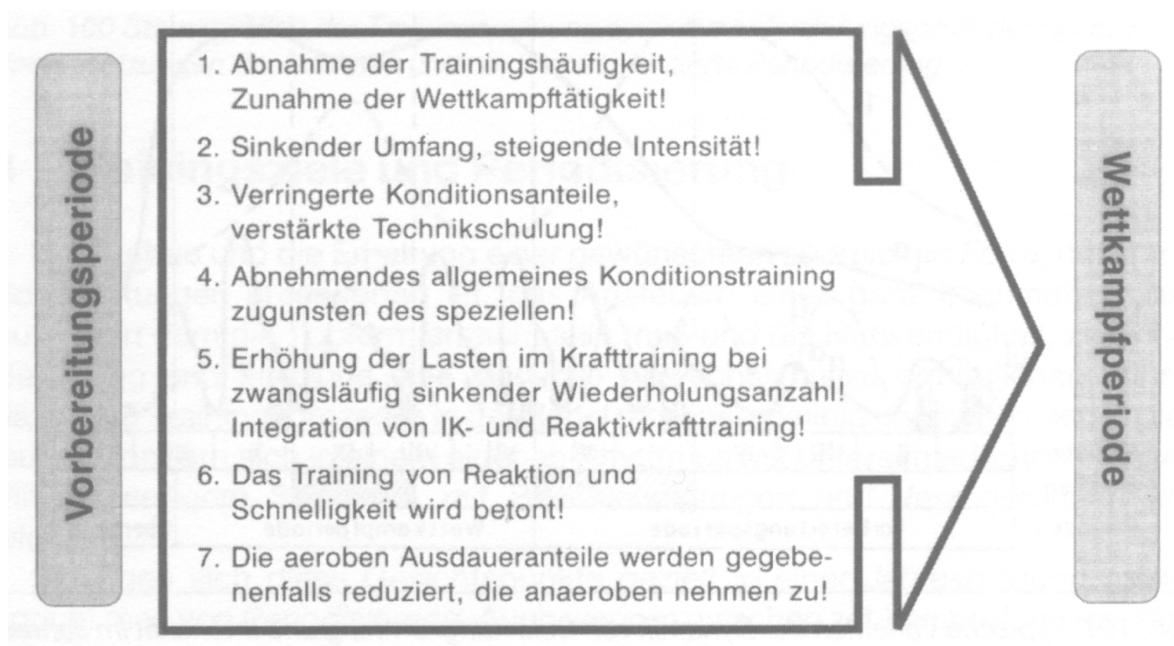


Abbildung 17: Änderungen des Trainings zwischen der Vorbereitungs- und Wettkampfperiode (Frey & Hildenbrandt, 2002, S. 166).

7.1.3 Übergangsperiode

In der Übergangsperiode wird ein lockeres Training durchgeführt, das nur der Erhaltung dient. Üblicherweise werden in diese Trainingsetappe der Umfang und auch die Intensität reduziert. Frey und Hildenbrandt (2002, S. 170) führen dazu aus: „Nach einer harten Wettkampfperiode verlangt der Organismus mindestens einen Monat eine deutliche Entlastung. Auch der Begriff „ganzjähriges Training“ bedeutet keinen Verzicht auf Regeneration.“

7.2 Block Periodisierungsmodell

Bei diesem Modell konzentriert man sich innerhalb eines Blocks auf die Entwicklung von nur wenigen ausgewählten Trainingszielen bzw. Trainingsinhalten, welche dann allerdings sehr umfangreich trainiert werden. Es erfolgt somit eine klare Reduzierung der Trainingsziele in einem einzelnen Block, im Gegensatz zu einem komplexen Training in dem viele Inhalte gleichzeitig trainiert werden. Deshalb ist die aufeinander folgende Entwicklung von unterschiedlichen Fähigkeiten die einzig mögliche Vorgehensweise bei einem Block Periodisierungsmodell. Am häufigsten wird dieses Trainingssystem mittels Wochenblöcken, also so genannten Mesozyklen, umgesetzt (Issurin, 2010, S. 201).

7.2.1 Akkumulation

Im ersten Block sollen vorwiegend die Grundlagenausdauer, die allgemeinen Kraftfähigkeiten und die allgemein koordinativen Fähigkeiten entwickelt werden. Dieser Mesozyklus ist durch relativ hohe Trainingsumfänge und niedrige Trainingsintensitäten gekennzeichnet. Die Dauer des ersten Blocks variiert zwischen 2 und 6 Wochen (Issurin, 2010, S. 201).

7.2.2 Transmutation

Der Schwerpunkt liegt hier in der Entwicklung von sportart-spezifischen Fähigkeiten wie z.B. die aerob-anaerobe Ausdauer und Kraftausdauerfähigkeiten. Der zweite Block beinhaltet das anstrengendste Training und dauert in der Regel 2 bis 4 Wochen (Issurin, 2010, S. 201f).

7.2.3 Realisierung

Der dritte Block ist zur Regeneration und Wiederherstellung vorgesehen und soll die Athletinnen und Athleten auf die bevorstehenden Wettkämpfe vorbereiten. Er enthält wettkampfnaher Trainingseinheiten und spezielle Trainingsprogramme zur schnellen und aktiven Regeneration. Der Zeitraum des dritten Mesozyklus beträgt 8 bis 15 Tage (Issurin, 2010, S. 202).

Diese drei Blöcke (Mesozyklen) ergeben gemeinsam eine einzelne Trainingsetappe und werden mit einem Wettkampf beendet. Die Anzahl der Trainingsetappen hängt von den Besonderheiten der Sportart vom Wettkampfkalender usw. ab und variiert üblicherweise zwischen 4 und 7 Etappen (Issurin, 2010, S. 202).

7.3 Periodisierung des Krafttrainings für Läuferinnen und Läufer

Wie im vorigen Kapitel schon erläutert wurde, unterteilt man das Trainingsjahr in verschiedene Perioden, damit sich der Athlet zum Zeitpunkt seiner Hauptwettkämpfe auch wirklich in Topform befindet. Ein zusätzlich zum Lauftraining durchgeführtes Krafttraining kann durchaus dazu beitragen, die Ökonomie und Leistung von Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufern zu erhöhen. Dies konnte auch in mehreren Trainingsstudien festgestellt werden (Berryman, 2010, S. 1822ff; Guglielmo, 2009, S. 30f; Spurrs, 2003, S. 7; Turner, 2003, S. 65). Die Schwierigkeit liegt jetzt darin die Ergebnisse und Erfahrungen dieser Untersuchungen in einen Jahresplan mit unterschiedlichen Etappen und Trainingsschwerpunkten zu integrieren.

Ein sehr gutes Modell, wie Krafttraining in einen Jahresplan für Läufer eingefügt werden kann, kommt von Joch (1996, S. 23ff). Der Autor beschreibt in seinem Rahmentrainingsplan, welche Krafftfähigkeiten in welcher Trainingsetappe den Schwerpunkt bilden sollten.

Das Periodisierungsmodell aus dem Rahmenplan von Joch (1996, S. 23ff) ist hervorragend dazu geeignet, um die verschiedenen Krafttrainingsmethoden zum richtigen Zeitpunkt einzusetzen. Die unterschiedlichen Krafttrainingsprogramme aus den aktuellen Studien können je nach Zielstellung, also zum Beispiel Verletzungsprophylaxe, Verbesserung der Laufökonomie oder der Laufleistung, mit etwas Geschick und Erfahrung in einen Jahresplan für Läufer implementiert werden.

7.3.1 Allgemein vorbereitendes Krafttraining für Läuferinnen und Läufer

Das allgemeine Krafttraining kann man im Prinzip mit einer *Ganzkörper-Ausbildung* gleichsetzen. Dabei sollen die Arm- und Beinmuskeln, sowie die Rumpfmuskeln möglichst vielseitig gekräftigt werden. Durch die verbesserten Krafftfähigkeiten erhöht sich die Belastungsverträglichkeit. Aber auch das Herzkreislaufsystem kann gestärkt werden, wenn für die allgemeine Kräftigung zum Beispiel ein Zirkel-Training eingesetzt wird (Joch, 1996, S. 39). Besonders ein kombiniertes Zirkel-Training zeigt hier laut Monteiro et al. (2008, S. 439ff) gute Resultate um auch das Herzkreislaufsystem zu stärken. Bei dieser Trainingsform kommt nach jeder Kräftigungsübung (30 Sek.) sofort eine Herzkreislaufübung (30 Sek.), welche die maximale Sauerstoffaufnahme erhöht zum Einsatz. Grundsätzlich ist der Energieverbrauch bei einem kombinierten Zirkeltraining höher als bei einem Zirkeltraining nur mit Kräftigungsübungen. (Monteiro et al., 2008, S. 439ff).

Oft wird das allgemein vorbereitende Krafttraining auch als allgemeines Konditionstraining bezeichnet (Joch, 1996, S. 33).

Wenn man in Abbildung 18 (Joch, 1996, S. 33) den Bereich allgemeine Kondition betrachtet, dann kann man sehr gut erkennen, dass dieser Trainingsinhalt ganzjährig durchgeführt wird. Der Schwerpunkt dieses Inhaltes liegt allerdings im 1. Mesozyklus der allgemeinen Vorbereitungsperiode.

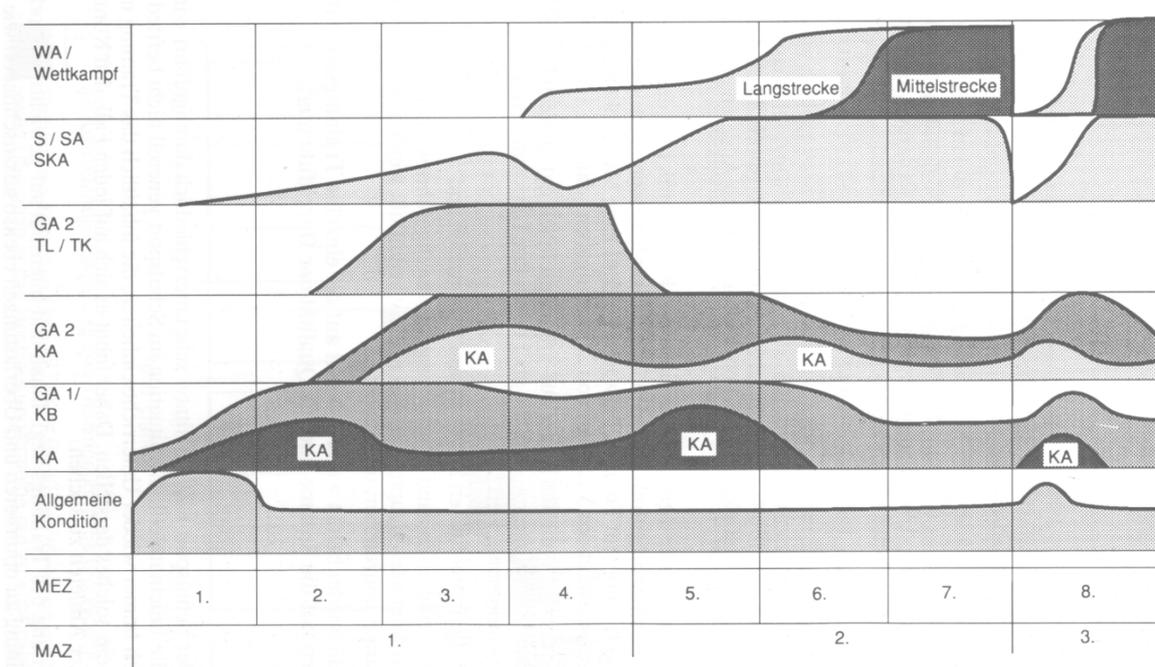


Abbildung 18: Jahresplanung, Trainingsaufbau Doppelperiodisierung (Joch, 1996, S. 33).

Dies deckt sich mit den Aussagen von Papen (2008, S. 44), wonach Läufer das allgemeine Krafttraining ganzjährig durchführen sollten.

7.3.2 Speziell vorbereitendes Krafttraining für Läuferinnen und Läufer

Das speziell vorbereitende Krafttraining ist die Basis für alle nachfolgenden speziellen Krafttrainingsübungen. Durch das speziell vorbereitende Krafttraining sollen besonders die Schnellkraft und die Kraftausdauer der Fuß- und Beinmuskeln gesteigert werden. Es sollen aber auch alle anderen Muskeln, welche an der Laufbewegung beteiligt sind, trainiert werden. Die Trainingsübungen sollen so ausgewählt werden, dass einzelne Phasen des Laufschriffs mit den Übungen übereinstimmen. Es gibt jedoch noch klare Unterschiede im Kraft-Zeit-Verlauf im Vergleich zum Laufschriff (Joch, 1996, S. 41).

Nachfolgend sind ein paar Übungsbeispiele für das speziell vorbereitende Krafttraining aufgelistet (Joch, 1996, S. 41):

- Alle Übungen für die Beinstrecker und Beinbeuger
- Kniehebeläufe
- Hüftstreckübungen
- Beidbeinige Horizontal- bzw. Vertikal-Sprünge
- Hopsperläufe
- Sprungläufe
- Fußgelenkssprünge
- Treppensprünge

Nachdem einige der oben aufgezählten Trainingsübungen auch im Lauf-ABC enthalten sind, wird das Lauf-ABC dem speziell vorbereitenden Krafttraining zugeordnet (Joch, 1996, S. 42).

Auch das speziell vorbereitende Krafttraining soll ganzjährig absolviert werden. Die Trainingsschwerpunkte können sich aber im Jahresverlauf ändern und liegen, je nach Zielstellung, mehr im Bereich der Kraftausdauer oder der Schnellkraft (Joch, 1996, S. 42).

7.3.3 Spezielles Krafttraining für Läuferinnen und Läufer

Beim speziellen Krafttraining handelt es sich um ein hoch laufspezifisches Krafttraining, welches mit der Laufbewegung übereinstimmt. Die Trainingsbereiche werden hier ebenfalls, je nach Trainingsetappe, zwischen Kraftausdauer und Schnellkraft differenziert. Bevor man aber mit dem speziellen laufspezifischen Krafttraining beginnt, sollten unbedingt die allgemeinen Kraftvoraussetzungen für alle Muskelgruppen geschaffen werden (Joch, 1996, S. 44).

Folgende Krafttrainingsformen haben für Läufer speziellen Charakter (Joch, 1996, S. 45):

- Dauerläufe im profilierten Gelände
- Hügel- bzw. Berganläufe
- Zugwiderstandsläufe

In Abbildung 18 (Joch, 1996, S. 33) sieht man, dass die Inhalte des speziell vorbereitenden und des speziellen Krafttrainings im zweiten und im dritten Mesozyklus verstärkt zum Einsatz kommen. Diese beiden Mesozyklen gehören zum zweiten Teil der allgemeinen Vorbereitungsperiode und zur speziellen Vorbereitungsperiode dazu. In der

ersten Wettkampfperiode, dem vierten Mesozyklus, wird das Krafttraining dann wieder reduziert. Zu beachten ist auch, dass das allgemeine Konditionstraining über den gesamten Zeitraum regelmäßig durchgeführt wird (Joch, 1996, S. 33).

Das Kraftausdauer-Training im zweiten Mesozyklus sollte noch vorwiegend extensiver Natur sein und beinhaltet, neben allen Übungen für die Beinmuskulatur, auch schon allgemeine Sprungformen, Übungen aus dem Lauf-ABC und aerobe Dauerläufe im Grundlagenausdauer-Bereich 1, die im hügeligen Gelände durchgeführt werden. In der speziellen Vorbereitungsperiode, also dem dritten Mesozyklus, wird das Kraftausdauer-Training intensiver gestaltet und es kommen zusätzlich Trainingsformen zur Verbesserung der Schnellkraftausdauer hinzu. Die Dauerläufe im hügeligen Gelände werden jetzt intensiver, also im Bereich der aerob/anaeroben Schwelle, gelaufen und es kommen auch noch ergänzend Hügel-Intervallläufe mit relativ kurzen Pausen dazu. Im Schnellkraftausdauer-Training werden Sprünge und sogar intensive Zugwiderstandsläufe absolviert (Joch, 1996, S. 39ff).

7.3.4 Zusammenfassung der Periodisierung des Krafttrainings

Zunächst sollen die einzelnen Trainingsetappen mit ihren Inhalten nochmal zusammenfassend dargestellt werden (Joch, 1996, S. 30ff):

- Allgemeine Vorbereitungsperiode Teil 1 (1. Mesozyklus, 4 Wochen): Allgemeines Kraft- und Konditionstraining
- Allgemeine Vorbereitungsperiode Teil 2 (2. Mesozyklus, 5 Wochen): Kraftausdauer extensiv, Grundlagenausdauer 1 und Beginn mit Schnellkraftausdauer, weiterhin allgemeines Kraft- und Konditionstraining
- Spezielle Vorbereitungsperiode (3. Mesozyklus, 5 Wochen): Kraftausdauer intensiv, Grundlagenausdauer 2 und verstärkt Schnellkraftausdauer, weiterhin allgemeines Kraft- und Konditionstraining
- Wettkampfperiode (4. Mesozyklus, 5 Wochen): reduziertes Kraftausdauer- und Schnellkraftausdauer-Training, weiterhin allgemeines Kraft- und Konditionstraining

In der Trainingsstudie von Esteve-Lanao et al. aus dem Jahr 2008, bei der mittels Krafttraining die Schrittlänge im Wettkampf oder bei intensiven Lauftrainings unter Ermüdung konstant gehalten werden sollte, wurde im Prinzip dasselbe Periodisierungsmodell, wie im Rahmenplan von Joch (1996), angewendet. Auch hier kamen zuerst allgemeine Kräfteinheiten und Zirkeltrainings zum Einsatz. In den letzten 5 Wochen der speziellen Vorbereitungsperiode nahmen, wie bei Joch, die speziellen Trainingsinhalte zu. Das heißt es wurden zuerst 2 Wochen intensive Laufzirkel, Sprünge

und Hügelläufe absolviert und danach 3 Wochen Widerstandsläufe mit Zusatzgewichten (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1177ff).

In den Studien von Berryman et al. (2010), Saunders et al. (2006), Spurrs et al. (2003) und Turner et al. (2003) wurde von den Probandinnen und Probanden ein ergänzendes Sprungkrafttraining durchgeführt, worauf sich die Laufökonomie und die Laufleistung deutlich verbessert hat. Die Trainingsintervention nahm einen Zeitraum von 6 bis 9 Wochen in Anspruch. Auch diese Studienergebnisse stimmen sehr gut mit dem Periodisierungsmodell von Joch (1996, S. 33) überein, wo ja im zweiten und dritten Mesozyklus, also über einen Zeitraum von 10 Wochen, ebenfalls Sprünge zum Einsatz kommen.

8 Resümee

Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit war es, die eingangs aufgestellte Forschungsfrage zu beantworten, ob ein ergänzend zum Laufen durchgeführtes Krafttraining, positive Auswirkungen auf die Laufleistung bzw. im Sinn der Verletzungsprophylaxe aufweist.

Nachdem es in der Trainingspraxis viele unterschiedliche Krafttrainingsmethoden mit sehr vielen verschiedenen Trainingsübungen gibt, ist es für die meisten Läuferinnen und Läufer oft gar nicht einfach die geeigneten Methoden auszuwählen (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 34; Weineck, 2007, S. 371).

Laut Yamamoto et al. (2008, S. 2036) sind viele Elite-Läuferinnen und Läufer der Meinung, dass ein kombiniertes Kraft- und Ausdauertraining („*concurrent training*“) die Laufleistung erhöht, obwohl dieser Bereich noch relativ wenig erforscht ist. Die am häufigsten untersuchte Krafttrainingsmethode bei Läuferinnen und Läufern ist das Explosivkrafttraining und das plyometrische Training (Yamamoto et al., 2008, S. 2043).

Yamamoto et al. (2008, S. 2037) erwähnen, dass sehr oft auch nur die Laufökonomie untersucht wird, nachdem diese die Laufleistung von gut-trainierten Läuferinnen und Läufern positiv beeinflusst. Aufgrund der Review-Untersuchung von Yamamoto et al. (2008, S. 2042f) kann man behaupten, dass ein zusätzliches Plyometrie-Training die Laufleistung und Laufökonomie verbessert, trotz der begrenzten Anzahl von Studien. Insgesamt konnten fünf relevante Studien mit Elite-Läuferinnen und Läufern, welche alle Kriterien erfüllt haben gefunden werden (Yamamoto et al., 2008, S. 2042f).

In der Untersuchung von Spurrs et al. (2003, S. 7) hat sich gezeigt, dass sich für die Verbesserung der Laufleistung und Laufökonomie neuronale Trainingsmethoden, zu dem auch das Plyometrie-Training zählt, eignen. Damit wird eine für Läuferinnen und Läufer unerwünschte Muskelmassen- beziehungsweise Gewichtszunahme verhindert (Spurrs et al., 2003, S. 7). Auch wird berücksichtigt, dass die körperlichen Voraussetzungen von hochtrainierten Läuferinnen und Läufern im Einklang mit den speziellen Anforderungen der jeweiligen Disziplin sein müssen. Betrachtet man z.B. Sprint-Spezialisten so benötigen diese natürlich deutlich mehr Kraft und mehr Muskelmasse als Ausdauer-Spezialisten (Weyand & Davis, 2005, S. 2625ff).

Ein intermuskuläres Techniktraining, welches auf die Optimierung des Laufstils abzielt, kann die Laufökonomie ebenfalls erhöhen (Berryman et al., 2010, S. 1818; Geese & Popovic, 2009, S. 27; Saunders et al., 2008, S. 947). Grundsätzlich muss an dieser Stelle, die hohe Transferwirkung eines intermuskulären Krafttrainings auf die sportliche Leistungsfähigkeit hervorgehoben werden (Young, 2006, S. 79).

Ein wesentlicher Aspekt ist auch der erhöhte Kraftbedarf unter Wettkampfbedingungen, um die Vortriebswege und Beschleunigungsleistungen beim Laufen realisieren zu können. Die Untersuchung von Esteve-Lanao et al. (2008, S. 1176ff) hat ergeben, dass ein ergänzendes Krafttraining dabei helfen kann, das Tempo und die Schrittlänge unter Ermüdung konstant zu halten. Dabei hat ein spezielles periodisiertes Krafttraining, mit Laufzirkeln, Sprüngen, Hügel- und Widerstandsläufen, signifikante Resultate gezeigt (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1176ff; Gohlitz & Ernst, 2006, S. 38).

Neben den Aspekten der Laufleistung hat das Krafttraining auch eine wichtige Funktion bei der Vermeidung von Überlastungsschäden, die meistens durch zu hohe oder zu schnell gesteigerte Kilometerumfänge beim Laufen hervorgerufen werden (Meyer et al., 2001, S. 1255; Tenforde et al., 2011, S. 125ff).

In einem Review-Artikel von Yeung und Yeung (2001, S. 387) wird allerdings angemerkt, dass häufig die Erhöhung der Umfänge und Intensitäten viel zu sprunghaft erfolgte und der Körper keine Zeit hatte sich anzupassen. Das höhere Verletzungsrisiko wurde demnach nicht durch zu große Laufumfänge sondern durch die abrupte Umfangs- und Intensitätserhöhung verursacht. Deshalb ist es nicht möglich eine Empfehlung für optimale Trainingsnormative abzugeben (Yeung & Yeung, 2001, S. 387).

Ein gezielt durchgeführtes Krafttraining kann laut Wessinghage (1996, S. 86) aber helfen, typische Laufverletzungen zu vermeiden (Wessinghage, 1996, S. 86). In einem peer reviewed Artikel von Johnston et al. (2003, S. 1106) werden schwache Muskeln der unteren Extremität mit Laufverletzungen assoziiert. Die Autoren betonen deshalb die Notwendigkeit eines zusätzlichen Krafttrainings für die untere Extremität (Johnston et al., 2003, S. 1106ff). Hier hat sich gezeigt, dass die allgemeine athletische Ausbildung und dabei besonders die Rumpfkraftigung wichtig sind. Bei der Rumpfkraftigung sollten neben den globalen auch speziell die vielen kleinen lokalen Muskeln geschult werden (Fröhner, 2009, S. 39; Kurschilgen, 2004, S. 18).

Gerade bei ambitionierten Läuferinnen und Läufern spielt auch die Periodisierung des Krafttrainings eine nicht zu unterschätzende Rolle. So sollten zum Beispiel alle Trainingsinhalte zur Verletzungsprophylaxe ganzjährig durchgeführt werden und speziellere Inhalte, die vor allem der Leistungsentwicklung dienen, nur in der speziellen Trainingsetappe vor der Wettkampfperiode (Joch, 1996, S. 39ff). Auch laut Young (2006, S. 79) sollte trotz der guten Transferwirkung von speziellen Krafttrainingsmethoden, diese nicht ganzjährig durchgeführt werden. Ein allgemeines Krafttraining kann helfen Verletzungen zu reduzieren, hingegen kann zu intensives und spezielles Training zu einer Erhöhung des Verletzungsrisikos führen (Young, 2006, S. 79).

Aus den gesammelten Ergebnissen der Studien ergeben sich entsprechende Folgerungen für die Trainingspraxis:

Die Studienergebnisse in dieser Arbeit decken sich mit persönlichen Erkenntnissen aus der Trainingspraxis als Trainer für Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer, wonach ein ergänzendes Krafttraining viele positive Auswirkungen auf die Laufleistung, die Technik des Laufens sowie aus verletzungsprophylaktischer Sicht hat.

Die Gesunderhaltung von Athletinnen und Athleten sollte immer höchste Priorität haben. Aus diesem Grund sollte eine gezielte Kräftigung der Rumpfmuskulatur, sowie auch der Hüft- und Beinmuskulatur konsequent ganzjährig durchgeführt werden (Papen, 2008, S. 44). Wünschenswert wären dabei 2-3 Trainingseinheiten pro Woche, welche auch nach einem Dauerlauf absolviert werden können. Dies deckt sich mit den Empfehlungen von Wilson et al. (2011, S. 13) wonach ein kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining („*Concurrent Training*“) die aerobe Kapazität nicht beeinträchtigt (Wilson et al., 2011, S. 13).

Abgesehen von diesem allgemeinen athletischen Training zur Verbesserung der Belastungsverträglichkeit sollten auch gezielte Krafttrainingsmaßnahmen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit eingesetzt werden. Gerade bei längeren Wettkampfstrecken spielt die Laufökonomie eine wesentliche Rolle. Diese kann besonders durch ein Reaktivkrafttraining, oder genauer gesagt durch vielfältige Sprungformen, verbessert werden (Spurrs et al., 2003, S. 1ff). Diese Trainingsform trägt aber auch dazu bei, dass die Schrittlänge bei zunehmender Ermüdung aufrecht gehalten werden kann, was sich gerade im Mittelstreckenlauf positiv auf die Leistung auswirkt (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1176ff).

In der Praxis gilt es dabei allerdings unbedingt zu beachten, dass Sprungkrafttraining als intensive Trainingsform, immer auch die Gefahr von Überlastungen in sich bringt und deshalb wohl dosiert werden muss. Dies gilt in besonderem Maße im Training von Laufeinsteigern also von Läuferinnen und Läufern ohne Vorerfahrung. Hier sollten die Trainingseinheiten sehr behutsam aufgebaut werden. Gerade im Anfängerbereich sind bereits mit vorsichtigem Einsatz von einfachen Sprungformen positive Adaptionen zu erwarten.

Nachdem das Sprungkrafttraining aus sportdidaktischer und trainingsmethodischer Sicht zu den speziellen Trainingsformen gehört, sollte zunächst einmal mit einem allgemeinen Kraftausdauertraining an Maschinen und Geräten begonnen werden, um vorab die Belastungsverträglichkeit zu erhöhen. Auch diese Art von Training zieht, wenn man die Ergebnisse mancher Studien betrachtet, auch schon Verbesserungen der Laufökonomie und -leistung nach sich (Guglielmo et al., 2008, S. 27ff).

Wie schon erwähnt sollte allerdings, parallel dazu, unbedingt ganzjährig ein Programm zur allgemeinen athletischen Ausbildung durchgeführt werden (Papen, 2008, S. 44).

9 Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

- Avela, J., Kyröläinen, H., Komi, P. V. & Rama, D. (1999). Reduced reflex sensitivity persists several days after long-lasting stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 86 (4), 1292-1300.
- Berryman, N., Maurel, D. & Bosquet, L. (2010). Effect of Plyometric vs. Dynamic Weight Training on the Energy Cost of Running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (7), 1818-1825.
- Boeckh-Behrens, W. U. & Buskies, W. (2003). *Fitness-Krafttraining. Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit* (7. Aufl.). Hamburg: Rowohlt.
- Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 - biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41 (1), 17-38.
- Duchateau, J., Semmler, J. G. & Enoka, R. M. (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal of Applied Physiology*, 101 (6), 1766-1775.
- Esteve-Lanao, J., Rhea, M. R., Fleck, S. J. & Lucia, A. (2008). Running-Specific, Periodized Strength Training attenuates loss of Stride Length during intense Endurance Running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (4), 1176-1183.
- Folland, J. P. & Williams, A. G. (2007). The Adaptations to Strength Training. Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine*, 37 (2), 145-168.
- Frey, G. & Hildenbrandt, E. (2002). *Einführung in die Trainingslehre. Teil 1: Grundlagen* (2. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Fröhner, G. (2009). Sportmedizinische Ratschläge für die Belastbarkeitssicherung im Nachwuchsleistungssport. *Leistungssport*, 39 (5), 38-43.
- Geese, R. & Popovic, S. (2009). Schneller durch Reaktivkrafttraining? *Leichtathletik Training*, 20 (1), 26-29.
- Gohlitz, D. & Ernst, O. (2006). Lange laufen – aber richtig. *Leichtathletik Training*, 17 (2+3), 34-38.
- Gomez, A. L., Radzwich, R. J., Denegar, C. R., Volek, J. S., Rubin, M. R., Bush, J. A., Doan, B. K., Wickham, R. B., Mazzetti, S. A., Newton, R. U., French, D. N., Häkkinen, K., Ratamess, N. A. & Kraemer, W. J. (2002). The Effects of a 10-Kilometer Run on Muscle Strength and Power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (2), 184-191.
- Grosser, M., Starischka, S. & Zimmermann, E. (2001). *Das neue Konditionstraining. Für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive* (8. Aufl.). München: BLV.
- Guglielmo, L. G. A., Greco, C. C. & Denadai, B. S. (2009). Effects of Strength Training on Running Economy. *Int. Journal of Sports Medicine*, 30, 27-32.

- Güllich, A., Heß, W. D., Jakobs, K., Lehmann, F., Mäde, U., Müller, F., Oltmanns, K. & Schön, R. (2004). *Schüler-Leichtathletik. Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für das Grundlagentraining*. Münster: Philippka.
- Hobara, H., Kimura, K., Omuro, K., Gomi, K., Muraoka, T., Iso, S. & Kanosue, K. (2008). Determinants of difference in leg stiffness between endurance- and power-trained athletes. *Journal of Biomechanics*, 41 (3), 506-514.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (3. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.
- Issurin, V. B. (2010). New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization. *Sports Medicine*, 40 (3), 189-206.
- Joch, W. (1996). *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Lauf* (3. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Johnston, C. A. M., Taunton, J. E., Lloyd-Smith, D. R. & McKenzie, D. C. (2003). Preventing running injuries. Practical approach for family doctors. *Canadian Family Physician*, 49, 1101-1109.
- Johnston, R. E., Quinn, T. J., Kertzer, R. & Vroman, N. B. (1997). Strength Training in Female Distance Runners: Impact on Running Economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (4), 224-229.
- Killing, W. (2006). Sprunghaft die Leistung steigern. *Leichtathletik Training*, 17 (5), 4-7.
- Komi, P. V. (2000). Stretch-Shortening Cycle: a Powerful Model to study Normal and Fatigued Muscle. *Journal of Biomechanics*, 33, 1197-1206.
- Konopka, P. (1994). *Sporternährung. Leistungsförderung durch vollwertige und bedarfsangepasste Ernährung* (5. Aufl.). München: BLV.
- Kothe, M. (2003). Die Muskeln in die richtige Bahn bringen! *Leichtathletik Training*, 14 (5), 31-33.
- Kuitunen, S., Kyröläinen, H., Avela, J. & Komi, P. V. (2007). Leg stiffness modulation during exhaustive stretch-shortening cycle exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17 (1), 67-75.
- Kuitunen, S., Avela, J., Kyröläinen, H., Nicol, C. & Komi, P. V. (2002). Acute and prolonged reduction in joint stiffness in humans after exhausting stretch-shortening cycle exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 88 (1-2), 107-116.
- Kurschilgen, B. (2004). Den Belastungen standhalten! *Leichtathletik Training*, 15 (1+2), 18-25.
- La Torre, A., Impellizzeri, F., Dotti, A. & Arcelli, E. (2006). Eine Lehre aus den afrikanischen Lauferfolgen. *Leistungssport*, 36 (3), 4-12.

- Mallow, J. (2005). „Wir machen es uns oft zu kompliziert!“ *Leichtathletik Training*, 16 (9+10), 4-7.
- Marees, H. de (2002). *Sportphysiologie* (9. Aufl.). Köln: Strauß.
- Mayer, F., Grau, S., Baur, H., Hirschmüller, A., Horstmann, T., Gollhofer, A. & Dickhuth, H.-H. (2001). Verletzungen und Beschwerden im Laufsport. Prävention und Therapie. *Deutsches Ärzteblatt*, 98 (19), 1254-1259.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology. Energy, Nutrition & Human Performance* (6. Aufl.). Baltimore: Lippincott Williams & Williams.
- Monteiro, A. G., Alveno, D. A., Prado, M., Monteiro, G. A., Ugrinowitsch, C., Aoki, M. S. & Picarro, I. C. (2008). Acute physiological responses to different circuit training protocols. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48 (1), 438-442.
- Nicol, C., Avela, J. & Komi, P. V. (2006). The Stretch-Shortening Cycle. A Model to Study Naturally Occurring Neuromuscular Fatigue. *Sports Medicine*, 36 (11), 977-999.
- Nummela, A., Keränen, T. & Mikkelsen, L. O. (2007). Factors Related to Top Running Speed and Economy. *Int. Journal of Sports Medicine*, 28 (8), 655-661.
- Olivier, N. & Rockmann, U. (2003). *Grundlagen der Bewegungswissenschaft und -lehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Oltmanns, K. (2007). *Alle Kräfte ins Gleichgewicht. Sensomotorisches Training für Leistungsentwicklung und Prävention*. Münster: Philippka.
- Papen, H. von (2008). Leitsätze für das Training des Läufers. *Leichtathletik Training*, 19 (2+3), 41-47.
- Petersen, K., Hansen, C. B., Aagaard, P. & Madsen, K. (2007). Muscle mechanical characteristics in fatigue and recovery from a marathon race in highly trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 101 (3), 385-396.
- Platzer, W. (2003). *Taschenatlas der Anatomie. Band 1 Bewegungsapparat*. (8. Aufl.). Stuttgart: Thieme.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B. & Reid, W.D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43 (8), 556-568.
- Sato, K. & Mokha, M. (2009). Does Core Strength Training influence Running Kinetics, Lower-Extremity Stability, and 5000-m Performance in Runners? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (1), 133-140.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., Peltola, & Hawley, J. A. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Sports Medicine*, 34 (7), 465-485.

- Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J. & Hawley, J. A. (2006). Short-Term Plyometric Training improves Running Economy in Highly Trained Middle and Long Distance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 947-954.
- Simao, R., de Salles, B. F., Figueiredo, T., Dias, I. & Willardson, J. M. (2012). Exercise order in resistance training. *Sports Medicine*, 42 (3), 251-265.
- Sperlich, E. (2008). Power für Läufer. *Leichtathletik Training*, 19 (9+10), 58-65.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J. & Watsford, M. L. (2003). The Effect of Plyometric Training on Distance Running Performance. *Eur. Journal Appl. Physiology*, 89, 1-7.
- Steinhöfer, D. (2003). *Grundlagen des Athletiktrainings. Theorie und Praxis zu Kondition, Koordination und Trainingssteuerung im Sportspiel*. Münster: Philippka.
- Storen, O., Helgerud, J. & Hoff, J. (2011). Running Stride Peak Forces inversely determine Running Economy in Elite Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (1), 117-123.
- Tenforde, A. S., Sayres, L. C., McCurdy, M. L., Collado, H., Sainani, K. L. & Fredericson L. (2011). Overuse Injuries in High School Runners: Lifetime Prevalence and Prevention Strategies. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation* 3 (2), 125-31.
- Turner, A. M., Owings, M., & Schwane, J. A. (2003). Improvement in Running Economy After 6 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 60-67.
- Weineck, J. (2007). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (15. Aufl.). Balingen: Spitta.
- Wessinghage, T. (1996). *Laufen. Der Ratgeber für Ausrüstung, Technik, Training, Ernährung und Laufmedizin* (3. Aufl.). München: BLV.
- Weyand, P. G. & Davis, J. A. (2005). Running performance has a structural basis. *The Journal of Experimental Biology*, 208 (14), 2625-2631.
- Wilson, J. M. & Flanagan, E. P. (2008). The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (5), 1705-1715.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P. & Anderson, J. C. (2011). Concurrent Training: A Meta Analysis Examining Interference of Aerobic and Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 1-32.
- Yamamoto, L. M., Lopez, R. M., Klau, J. F., Casa, D. J., Kraemer, W. J. & Maresh, C. M. (2008). The Effects of Resistance Training on Endurance Distance Running Performance Among Highly Trained Runners: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (6), 2036-2044.

- Yeung, E. W. & Yeung S. S. (2001). A systematic review of interventions to prevent lower limb soft tissue running injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 35 (6), 383-389.
- Yeung, E. W. & Yeung S. S. (2011). Interventions for preventing lower limb soft-tissue running injuries. *European Journal of Physiology and Rehabil. Medicine*, 47 (3), 507-511.
- Young, W. B. (2006). Transfer of Strength and Power Training to Sports Performance. *Int. Journal of Sports Physiology and Performance*, 1 (2), 74-83.
- Zintl, F. & Eisenhut, A. (2001). *Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung* (5. Aufl.). München: BLV.

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau einer motorischen Einheit (Marees, 2002, S. 50).	15
Abbildung 2: Strukturierung der Kraft nach den Kontraktionsformen (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 21).	16
Abbildung 3: Konzentrische (A), Exzentrische (B) und Isometrische (C) Muskelaktion (McArdle et al., 2007, S. 520).	18
Abbildung 4: Beziehungsgefüge der Krafftfähigkeiten (Boeckh-Behrens & Buskies, 2003, S. 34). .	19
Abbildung 5: Kraftzeitkurve (Hohmann et al., 2007, S. 80).	22
Abbildung 6: Vereinfachte Darstellung des Dehnungsreflexes (Olivier & Rockmann, 2003, S. 116).	28
Abbildung 7: Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus unter Ermüdung (Komi, 2000, S. 1204).	31
Abbildung 8: Unterschiede der Laufökonomie zwischen Europäern und Ostafrikanern (Geese & Popovic, 2009, S. 28).	33
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen der Summe aller Kräfte und der Laufökonomie (Storen et al., 2011, S. 121).	35
Abbildung 10: Kraft-Charakteristik eines einzelnen Schritts, obere Kurve = vertikal Kraft, untere Kurve = horizontal Kraft (Storen et al., 2011, S. 120).	36
Abbildung 11: Veränderungen der Laufökonomie nach 6-Wochen Training, E = Experimentalgruppe, C = Kontrollgruppe (Spurrs et al., 2003, S. 5).	38
Abbildung 12: Veränderungen des Energiebedarfs (C _e) vor und nach dem 8-wöchigen Training, dicke Linie = Gruppen-Mittelwert (Berryman et al., 2010, S. 1822).	41
Abbildung 13: Absolut Veränderungen des O ₂ -Verbrauchs nach einem 9-Wöchigen plyometrischen Trainings (Saunders et al., 2006, S. 949).	43
Abbildung 14: Studiendesign, SLS = Schrittlänge / Geschwindigkeit (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1177).	50
Abbildung 15: Vergleich der durchschnittlichen SLS-Verluste (Schrittlänge/Geschwindigkeit) zwischen den 3-Gruppen (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1181).	53
Abbildung 16: Star Excursion Balance Test (Sato & Mokha, 2009, S. 136).	62
Abbildung 17: Änderungen des Trainings zwischen der Vorbereitungs- und Wettkampperiode (Frey & Hildenbrandt, 2002, S. 166).	69
Abbildung 18: Jahresplanung, Trainingsaufbau Doppelperiodisierung (Joch, 1996, S. 33).	72

9.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung von Sprungformen nach Belastungsgrad (Hohmann et al., 2007, S. 82).	24
Tabelle 2: Studienergebnisse.....	46
Tabelle 3: Gruppe periodisiertes Krafttraining (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).	52
Tabelle 4: Gruppe nicht-periodisiertes Krafttraining (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).....	52
Tabelle 5: Trainingsumfänge: 6 Wochen (Sato & Mokah, 2009, S. 137).....	61
Tabelle 6: Jahresplanung, Grundstruktur einer Doppelperiodisierung (Joch, 1996, S. 30).	68

10 Anhang

10.1 Trainingsprogramme

Trainingsprogramm von Berryman et al. zur Verbesserung der Laufökonomie

Die Studie ging über 8 Wochen, wobei jeweils 1 Trainingseinheit pro Woche absolviert wurde. Die Dynamic-weight-Trainingsgruppe trainierte in jeder Trainingseinheit ausschließlich rein konzentrische Halb-Kniebeugen in der Multipress. Die Bewegungsausführung sollte dabei schnellst möglich sein. Die Plyometric-Trainingsgruppe absolvierte nur „Drop Jumps“, worunter Niedersprünge zu verstehen sind, von einer Box. (siehe Berryman et al., 2010, S. 1820f).

Wie aus der untenstehenden Tabelle ersichtlich, führten beide Gruppen jeweils 8 Wiederholungen durch, wobei die Anzahl der Sätze im Verlauf der Studie gesteigert wurde:

	Wo. 1	Wo. 2	Wo. 3	Wo. 4	Wo. 5	Wo. 6	Wo. 7	Wo. 8
a	3x8	4x8	5x8	Test	4x8	5x8	6x8	3x8
b	3x8	4x8	5x8	Test	4x8	5x8	6x8	3x8

- a. Konzentrische Halbkniebeugen
- b. Drop Jumps

Trainingsprogramm von Guglielmo et al. zur Verbesserung der Laufökonomie

Die Untersuchungsdauer von Guglielmo et al. (2008, S. 29) war mit nur 4 Trainingswochen relativ kurz bemessen. Die Probandinnen und Probanden absolvierten 2-mal pro Woche ein Kraftprogramm für die untere Extremität, wobei schwerpunktmäßig die Oberschenkelvorderseite, die Oberschenkelrückseite und die Wadenmuskulatur gekräftigt wurden. Nachdem nur in der Maximalkraft-Gruppe signifikante Verbesserungen der Laufökonomie erzielt wurden, ist in der nachfolgenden Tabelle auch nur das Kraftprogramm dieser Gruppe angeführt. Die Maximalkraft-Trainingsgruppe musste pro Übung 3-5 Sätze mit 6 Wiederholungen, immer bis zur muskulären Erschöpfung, durchführen. In den ersten beiden Wochen wurde das Gewicht noch stufenweise erhöht.

	Wo. 1	Wo. 2	Wo. 3	Wo. 4
a	3x6	3x6	4x6	5x6
b	3x6	3x6	4x6	5x6
c	3x6	3x6	4x6	5x6
d	3x6	3x6	4x6	5x6
e	3x6	3x6	4x6	5x6
f	3x6	3x6	4x6	5x6

- a. Beinpresse schräg
- b. Parallel-Kniebeugen
- c. Beinstrecker-Gerät
- d. Beinbeuger-Gerät
- e. Wadenheber-Übung 1
- f. Wadenheber-Übung 2

Trainingsprogramm von Johnston et al. zur Verbesserung der Laufökonomie

Die ausschließlich weiblichen Probandinnen absolvierten in der Studie von Johnston et al. (1997, S. 225) 3-mal pro Woche, über einen Zeitraum von insgesamt 10 Wochen, ein zum Laufen ergänzendes Krafttraining. Dabei kamen 14 verschiedene Übungen, welche in die beiden Krafttrainingsprogramme A und B aufgeteilt wurden, zum Einsatz. Die beiden Kraftprogramme wurden von den Probandinnen immer abwechselnd absolviert.

Nähere Angaben zu den durchgeführten Serien und Wiederholungen sind in der unten angeführten Tabelle ersichtlich:

	Wo. 1	Wo. 2	Wo. 3	Wo. 4	Wo. 5	Wo. 6	Wo. 7	Wo. 8	Wo. 9	Wo.10
a	3x6									
b	3x8									
c	2x12									
d	3x6									
e	3x8									
f	3x6									
g	2x15									
h	3x6									
i	3x8									
j	2x20									
k	3x6									
l	3x8									
m	3x8									
n	2xmax									

Kraftprogramm A:

- a. Parallel-Kniebeugen
- b. Beinbeuger-Gerät
- c. Wadenheben mit gestreckten Knien
- d. Beinpresse im Sitzen
- e. Latissimus-Ziehen in den Nacken
- f. Armbeugen mit Kurzhanteln

g. Sit-Ups mit Zusatzlast

Kraftprogramm B:

- h. Kniebeugen im Ausfallschritt
- i. Beinstrecker-Gerät
- j. Wadenheben mit gebeugten Knien
- k. Bankdrücken
- l. Rudern im Sitzen mit Seilzug
- m. Latissimus-Ziehen zur Brust
- n. Sit-Ups

Trainingsprogramm von Saunders et al. zur Verbesserung der Laufökonomie

Das Trainingsprogramm von Saunders et al. (2006, S. 948) erstreckte sich insgesamt über einen Zeitraum von 9 Wochen. In der ersten Trainingswoche wurden zur Eingewöhnung nur 2 Trainingseinheiten durchgeführt, danach mussten die Studienteilnehmer 3 Trainingseinheiten pro Woche absolvieren. Die Trainingsübungen a-f wurden im Krafraum und die Übungen g-k auf einem Rasenplatz durchgeführt.

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Wiederholungszahlen bzw. bei manchen Sprungarten die Distanz in Metern angegeben:

	Wo. 1	Wo. 1	Wo. 2-5	Wo. 2-5	Wo. 2-5	Wo. 6-9	Wo. 6-9	Wo. 6-9
	1. TE	2. TE	1. TE	2. TE	3. TE	1. TE	2. TE	3. TE
a	1x15		2x15	2x15		2x15		
b	2x6		5x8	5x8		5x8		
c	1x6		3x6	3x6		3x6		
d	1x20		3x20			3x20		
e	1x10		3x10	3x10		3x10		
f	1x10		3x10	3x10		3x10		
g		1x10			6x10m		6x10m	4x10m
h		1x30m			4x30m		4x30m	5x20m
i		1x20m			4x20m		4x20m	
j								5x5
k								5x8

- a. Rückenstrecker
- b. Beinpresse
- c. Beidbeinige Strecksprünge
- d. Kniehebe-Übungen
- e. Fußgelenkssprünge
- f. Beinbeuger
- g. Sprunglauf
- h. Hopserlauf
- i. Einbeinsprünge

- j. Beidbeinige Hüdensprünge
- k. Ausfallschrittwechselsprünge, alternierend

Trainingsprogramm von Spurrs et al. zur Verbesserung der Laufleistung

Die Gesamtdauer dieser Studie betrug 6 Wochen. In den ersten drei Wochen wurden 2 Trainingseinheiten, danach 3 Trainingseinheiten pro Woche durchgeführt. In jeder Trainingseinheit wurden 3-4 verschiedene Sprungübungen mit 2-3 Serien pro Übung gemacht (vgl. dazu Spurrs et al., 2003, S. 2).

Die nachfolgende Tabelle zeigt, welche Sprungarten, in welchem Umfang bei dieser Studie trainiert wurden:

	Wo. 1	Wo. 2	Wo. 3	Wo. 4	Wo. 5	Wo. 6
a	2x10	2x10	/	/	/	/
b	2x10	2x10	2x12	/	/	/
c	2x10	2x10	2x12	3x10	/	/
d	/	2x10	2x12	3x10 (2TE) 2x15 (1TE)	2x15 (1TE) 3x15 (2TE)	/
e	/	/	2x10	2x12 (2TE) 3x10 (1TE)	/	3x10 (1TE) 2x15 (2TE)
f	/	/	/	2x6 (2TE) 2x8 (1TE)	2x8 (1TE) 2x10 (2TE)	3x10
g	/	/	/	/	2x10	3x10
h	/	/	/	/	2x10	3x10

- a. Beidbeinige Strecksprünge
- b. Ausfallschrittwechselsprünge, alternierend
- c. Froschsprünge
- d. Sprunglauf
- e. Einbeinsprünge
- f. Niedersprünge
- g. Beidbeinige Hürdensprünge
- h. Einbeinige Hürdensprünge

Trainingsprogramm von Turner et al. zur Verbesserung der Laufökonomie

Auch diese Studie wurde für die Dauer von 6 Wochen durchgeführt. Hier absolvierten die Probandinnen und Probanden 3 Trainingseinheiten pro Woche mit je 6 Sprungübungen in jeder Trainingseinheit (siehe Turner et al., 2003, S. 61f).

In der Tabelle kann man die Wiederholungszahlen der Sprünge in den einzelnen Trainingswochen erkennen:

	Wo. 1	Wo. 2	Wo. 3	Wo. 4	Wo. 5	Wo. 6
a	10	10	10	10	10	10
b	5	8	10	12	15	15
c	5 je Bein	5 je Bein	8 je Bein	8 je Bein	10 je Bein	10 je Bein
d	15	20	25	25	30	30
e	10	16	20	30	40	40
f	10	15	/	20	25	25

- a. Beidbeinige Strecksprünge zum Aufwärmen (Einsatz: 50%)
- b. Beidbeinige Strecksprünge
- c. Einbeinige Strecksprünge mit beidbeiniger Landung
- d. Fußgelenkssprünge
- e. Ausfallschrittwechselsprünge, alternierend
- f. Froschsprünge bergauf (Neigung: 6-8%)

Trainingsprogramm von Esteve-Lanao et al. für eine konstante Schrittlänge unter Ermüdung

Die Studie von Esteve-Lanao et al. (2008, S. 1178f) dauerte insgesamt 8 Wochen und beinhaltete 2-3 Krafttrainingseinheiten pro Woche, welche zusätzlich zum Lauftraining absolviert wurden. Das Krafttraining fand in der speziellen Vorbereitungsperiode statt, danach ging es für die Läufer mit der Wettkampfperiode weiter.

In den Trainingswochen 1 und 2 wurden 2-3 Trainingseinheiten pro Woche absolviert, wobei ein Gewichts-/Maschinentraining und ein Zirkeltraining zum Einsatz kamen (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1178f).

In der ersten Trainingswoche wurde von den Läuferinnen und Läufern zweimal ein Krafttraining mit Gewichten und an Kraftmaschinen durchgeführt. Die Beinbeuger, also die Muskeln der Oberschenkelrückseite, wurden exzentrisch, die Hüftbeuger konzentrisch und die Wadenmuskulatur exzentrisch/konzentrisch gekräftigt. Die Übungen für die Wadenkräftigung sollten dabei möglichst schnell ausgeführt werden, um auch den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus auszulösen. Insgesamt wurden pro Übung 20-30 Wiederholungen bis zur lokalen muskulären Ermüdung durchgeführt. Leider wurden die Trainingsübungen für die eben genannten Muskeln von den Autoren Esteve-Lanao et al. nicht näher beschrieben. Zusätzlich beinhaltete das Gewichtstraining noch die Übungen Kniebeugen, Reißen und Umsetzen mit jeweils 15-20 Wiederholungen pro Übung. Einmal wurde noch ein klassisches Zirkeltraining mit leichten Lasten absolviert, wobei die Belastungszeit 40 Sekunden und die Pause 20 Sekunden betrug (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1178f).

Die zweite Trainingswoche war im Prinzip fast gleich wie die erste Woche. Es wurden genau dieselben Krafttrainingsübungen durchgeführt. Der einzige Unterschied lag in der Aufteilung der Kräfteinheiten. In der zweiten Woche wurde nur einmal ein Gewichtsbeziehungsweise Maschinentraining und dafür zweimal ein klassisches Zirkeltraining absolviert (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1178f).

In der dritten Trainingswoche kam ein so genannter Oregon-Circuit zum Einsatz. Die Läuferinnen und Läufer mussten diesen zweimal pro Woche durchführen. Dabei handelt es sich um eine hoch intensive Trainingsmethode. Beim Oregon-Zirkel wurden etwa 10 x 50-100m gelaufen und zwischen den Laufbelastungen mussten die Läuferinnen und Läufer sofort ohne Pause Kraftübungen, wie zum Beispiel Kniebeugen, Sprünge mit leichtem Gewicht und sogar Kraftübungen wie Reißen beziehungsweise Umsetzen, durchführen (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).

In den nächsten beiden Wochen, also den Trainingswochen 4 und 5, kamen folgende Trainingsmethoden zum Einsatz: Oregon-Zirkel, intermittierendes Zirkeltraining, Sprungtraining und Hügelläufe (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).

In der vierten Trainingswoche wurden also gleich vier unterschiedliche Krafttrainingsmethoden, in 4 Trainingseinheiten, eingesetzt. Interessant ist dabei, dass laut Joch (1996, S. 41ff) alle vier Krafttrainingsmethoden zum speziell vorbereitenden Krafttraining bzw. zum speziellen Krafttraining für Mittel- und Langstreckenläuferinnen und -läufer gehören.

Auch in den Trainingswochen 4 und 5 kam zuerst einmal der, schon vorher erwähnte, Oregon-Zirkel zum Einsatz. Das intermittierende Zirkeltraining wurde mit kurzen Belastungs- und kurzen Pausenzeiten absolviert. Das Verhältnis Belastung zu Pause betrug zum Beispiel 15 zu 15 Sekunden oder 25 zu 15 Sekunden. Die hier eingesetzten Trainingsmethoden waren schon durchwegs laufspezifisch. Es wurden Läufe mit Gewichtswesten, Zugwiderstandsläufe mit Gewichtsschlitten, Kniehebeläufe oder auch vertikale beziehungsweise horizontale Sprünge trainiert. Beim Sprungkrafttraining kamen hauptsächlich horizontale Sprungformen, die möglichst schnellkräftig ausgeführt werden sollten, zum Einsatz. Die Anzahl der Sprünge lag bei 10-15 Wiederholungen pro Übung. In der vierten Krafttrainingseinheit standen für die Läuferinnen und Läufer Hügelläufe am Trainingsprogramm (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).

In der fünften Trainingswoche wurde der Oregon-Zirkel weggelassen, das heißt die Läuferinnen und Läufer trainierten insgesamt 3-mal in der Woche Kraft. Zum Einsatz kamen Sprünge, Hügelläufe und ein intermittierendes Zirkeltraining, wie oben schon beschrieben (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).

In den Trainingswochen 6, 7 und 8 kamen Tempoläufe mit 2-3kg schweren Gewichtsgürteln zum Einsatz. Dies entspricht ungefähr 3-5-Prozent des Körpergewichts der Läuferinnen und Läufer. In den Intervalltrainingseinheiten wurden insgesamt 8-20-mal 200-500m gelaufen, wobei am Anfang, also in der ersten Trainingseinheit, mit kürzeren Laufstrecken angefangen wurde. Das Tempo entsprach 80-85-Prozent der persönlichen Bestleistung ohne Gurt auf der zu laufenden Strecke. Das Lauftempo entsprach den Laufgeschwindigkeiten im Bereich der maximalen Sauerstoffaufnahme und die Gesamttrainingszeit betrug 12-15 Minuten. Nachdem es sich dabei um ein sehr intensives und auch spezifisches Training handelte, mussten die Trainingseinheiten systematisch und kontinuierlich aufgebaut werden. Dabei wurde das Lauftempo von Training zu Training gesteigert. Zu Beginn waren die Laufstrecken noch kürzer und wurden dann nach und nach verlängert (Esteve-Lanao et al., 2008, S. 1179).

Lebenslauf

Ing. Christian Jaeger Bakk.rer.nat.

Geburtsdatum: 10.01.1975, Wien

Ausbildung

1981 - 1985	Volksschule, Wien XXII
1985 - 1989	Bundesrealgymnasium, Wien XXII
1989 - 1994	Höhere Lehranstalt für Elektrotechnik, Wien XX
1994	Reifeprüfung
2003 – 2008	Bakkalaureatsstudium Leistungssport
seit 2008	Magisterstudium Sportwissenschaften

Beruflicher Werdegang

1996	Zivildienst
1998	Artex Kunstaussstellungsservice, Elektromonteur
1998 – 2001	Philips Licht, Lichttechniker
2001 – 2002	Zumtobel Staff, Lichttechniker
2003 - 2012	Universitätssportinstitut Wien, Kursleiter
seit 2012	Universitätssportinstitut Wien, Instruktor
seit 2004	ULC Riverside Mödling, Leichtathletiktrainer Lauf
seit 2005	ULC Riverside Mödling, sportlicher Leiter

Zusatzausbildungen

Abschluss 2008	Staatlich geprüfter Trainer für Leichtathletik
Abschluss 2004	Staatlich geprüfter Lehrwart für Schwimmen