

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Die Bedeutung der motorischen Grundeigenschaft Kraft
auf die Laufleistung in leichtathletischen Disziplinen der
Mittel- und Langstrecke – systematischer Review“

verfasst von / submitted by

Andreas Samwald, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Master of Education (MEd)

Wien, 2023 / Vienna, 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Betreut von / Supervisor:

UA 199 500 519 02

Masterstudium Lehramt Sek (AB)
UF Bewegung und Sport UF Latein

Ass. Prof. Mag. Harald Tschan

Kurzzusammenfassung

Um im Bereich der Mittel- und Langstrecke in der Leichtathletik erfolgreich zu sein, werden bei AthletInnen unterschiedlichste Arten des Lauftrainings angewandt. Laut aktuellem Forschungsstand ist eine Kombination aus Kraft- und Lauftraining am besten geeignet, um für Leistungssteigerungen bei den AthletInnen zu sorgen.

Ziel dieser Arbeit ist einerseits, einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zum Thema „Krafttraining im Bereich Mittel- und Langstrecke für LäuferInnen“ zu geben und andererseits die Auswirkungen von unterschiedlichsten Krafttrainingsarten für diese Laufdistanzen zu untersuchen.

Es werden mit Hilfe von Ein – und Ausschlusskriterien 23 von 91 Studien aus der Online Datenbank „PubMed“ für den Ergebnisteil ausgewählt. Dieser systematische Review wird im Rahmen der PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) Statement Richtlinien durchgeführt. Es werden dabei folgenden Krafttrainingsarten untersucht: Kraftausdauer, Schnellkraft, Schnellkraftausdauer, Maximalkraft, Hypertrophie, Explosivkraft und Reaktivkraft.

Die essenziellste Erkenntnis, die man aus dieser Masterarbeit ziehen kann, lautet, dass man dazu tendieren soll, Maximal- und Schnellkrafttraining in Kombination mit unterschiedlichsten Lauftrainingsformen zu kombinieren. Je kürzer die Distanzen sind, umso mehr soll man auch Explosivkrafttraining in die Trainingsplanung aufnehmen. Je länger die Laufdistanzen werden, umso mehr soll man auf Maximal- und Schnellkrafttraining setzen. Neben der Interventionsdauer, den Vorbereitungsphasen, der Aneinanderreihung der Trainingsinterventionen und der Unterscheidung zwischen den Distanzen Mittel- und Langstrecke, müssen vor allem im Bereich der geschlechterspezifischen Unterschiede die Ergebnisse dieses systematischen Reviews kritisch angesehen werden.

Daraus resultiert, dass weitere Forschungsarbeit in diesem Themenkomplex stattfinden muss. Speziell müssen dabei auf geschlechterspezifische Unterscheidungen eingegangen und mehr weibliche Probandinnen in Studien rekrutiert werden.

Deskriptoren: Arten von Krafttraining, Lauf, Lang- und Mittelstrecke, Laufleistung, physiologische Parameter;

Abstract

In order to be successful at middle- and long-distance running, athletes execute various different types of running training. According to the current state of research, a combination of strength and running training appears to be the best for improving athletes' performance.

The aim of this thesis is twofold, firstly, an overview of the current state of research concerning "strength training for middle- and long-distance runners" will be given and, secondly, the effects of different types of strength training for those running distances shall be examined.

Using inclusion and exclusion criteria, 23 out of 91 studies from the online database "PubMed" are chosen for this systematic review, which is conducted within the PRISMA framework (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis). The following types of strength training are investigated: strength endurance, speed strength, speed strength endurance, maximum strength, hypertrophy, explosive strength, and reactive strength.

The most essential finding is that a combination of maximum and speed strength training and running training is recommendable. For shorter distances, explosive strength training should be added into the training schedule. For longer distances, more maximum and speed strength training should be executed. Besides intervention duration, preparation phases, sequence of training interventions, and the differentiation between middle- and long-distance, the results ought to be critically assessed particularly regarding the gender-specific differences.

As a result, it can be observed that further research is necessary in this topic area. And, especially for the consideration of gender-specific differences, there need to be more female participants in future studies.

Keywords: types of strength training, running, middle- and long-distance, running performance, physiological parameters

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Materialien und Methoden	10
3	Ergebnisse	12
3.1	Beschreibung der einzelnen Studien	14
3.2	Übersichtstabelle der „Clinical und Randomized Trials“	35
3.3	Qualitative und quantitative Beurteilung der Studien	50
3.4	Die Ergebnisse der einzelnen Studien	55
3.5	Vergleich der Ergebnisse aller Studien	65
3.6	Auswirkungen der Ergebnisse auf die Forschungsfrage	71
4	Diskussion	74
4.1	Dauer der Interventionen	74
4.2	Vorbereitungsphasen für die Interventionen	74
4.3	Abfolge der Interventionen	75
4.4	Bedeutung der Geschlechter und Unterscheidungen	75
4.5	Mittelstrecke vs. Langstrecke	77
4.6	Zukünftige Perspektiven	77
5	Literaturverzeichnis	80
6	Abbildungsverzeichnis	83
7	Tabellenverzeichnis	84

1 Einleitung

Ein wichtiges und weit verbreitetes Motto bei den olympischen Spielen lautet: „Citius, altius, fortius.“ Diesen Spruch, der in die deutsche Sprache mit „schneller, höher, weiter“ übersetzt werden kann, stellt den zentralen Gedanken der AthletInnen bei den olympischen Spielen bzw. bei Wettkämpfen im allgemeinen Bereich dar. Dieses Motto wurde vom Erfinder der olympischen Spiele der Neuzeit von Pierre de Coubertin, der einen Freund mit dem Namen Henri Didon zitierte, festgelegt. Deshalb hat dieser Leitgedanke für die Sportwelt bis heute eine immense Berühmtheit (IOC (Hrsg.) ,1995).

Wie man aus dem Titel dieser Arbeit schon erschließen kann, spielt vor allem das Wort „Schneller“ in der Leichtathletik für AthletInnen der Lang- und Mittelstrecke eine essentielle Rolle.

Daher sollen einleitend

- die Definition des Wortes Kraft und deren Bedeutung in der Leichtathletik,
- der Zusammenhang zwischen den konditionellen Fähigkeiten, der Ausdauer, Kraft und Schnellkraft,
- die Arten des Krafttrainings,
- die Definition von Lang-, Mittel-, Kurzzeitausdauer,
- der aktuelle Forschungsstand, den man in der Literatur vorfindet,
- daraus resultierende Forschungslücken und
- wie die Forschungsfrage dieser Masterarbeit lautet,

erörtert werden.

Im weiteren Verlauf wird erläutert, welche Materialien und Methoden für diese Masterarbeit herangezogen werden. Dabei soll insbesondere auf die Art der Literatursuche und den damit einhergehenden Search String eingegangen werden. Weiters werden hierbei die Ein- und Ausschlusskriterien, die bei der Literatursuche angewandt werden, aufgelistet.

Anschließend werden die Ergebnisse von den ausgewählten Studien verglichen, um neue Erkenntnisse zu diesem Thema herauszuarbeiten. Es sollen dabei die wesentlichsten Aspekte der Studien besprochen werden.

Im Anschluss erfolgt der Diskussionsabschnitt. Hier werden die zuvor dargestellten Ergebnisse kritisch analysiert und bewertet. Basierend auf den zuvor erwähnten Ergebnissen, soll die Forschungsfrage, so genau wie möglich, beantwortet werden. Abschließend soll die Forschungsfrage beantwortet und zukünftige Forschungsmöglichkeiten dargelegt werden.

Wie wird Kraft definiert und welche Bedeutung weist sie für die Leichtathletik auf?

Sportliche Leistungen werden in vielen Sportarten von der Kraft und der Kontraktionsgeschwindigkeit der beteiligten Muskeln limitiert. Wenn man feinmotorische Bewegungsaufgaben ausklammert, besteht das Ziel in der Regel darin, hohe Widerstände zu überwinden (z. B. Gewichtheben), die Bewegungsgeschwindigkeit zu maximieren (z. B. Sprünge und Würfe) oder hohe Wiederholungszahlen bei großer Leistungsabgabe zu erreichen (z. B. Rudern). Dazu werden jeweils sehr spezifische Kraftfähigkeiten benötigt. (Hottenrott & Seidel, 2017).

Im einleitenden Zitat kann man bereits die Bedeutung der Grundeigenschaft Kraft, die neben der Ausdauer und Schnelligkeit eine der drei Säulen der konditionellen Fähigkeiten darstellt, für alle leichtathletischen Disziplinen erkennen. Man muss daher festhalten, dass man, um in der Leichtathletik erfolgreich sein zu können, einen Trainingsreiz in allen drei Bereichen benötigt, da diese Bereiche eng miteinander in Verbindung stehen. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht diesen Zusammenhang sehr gut.

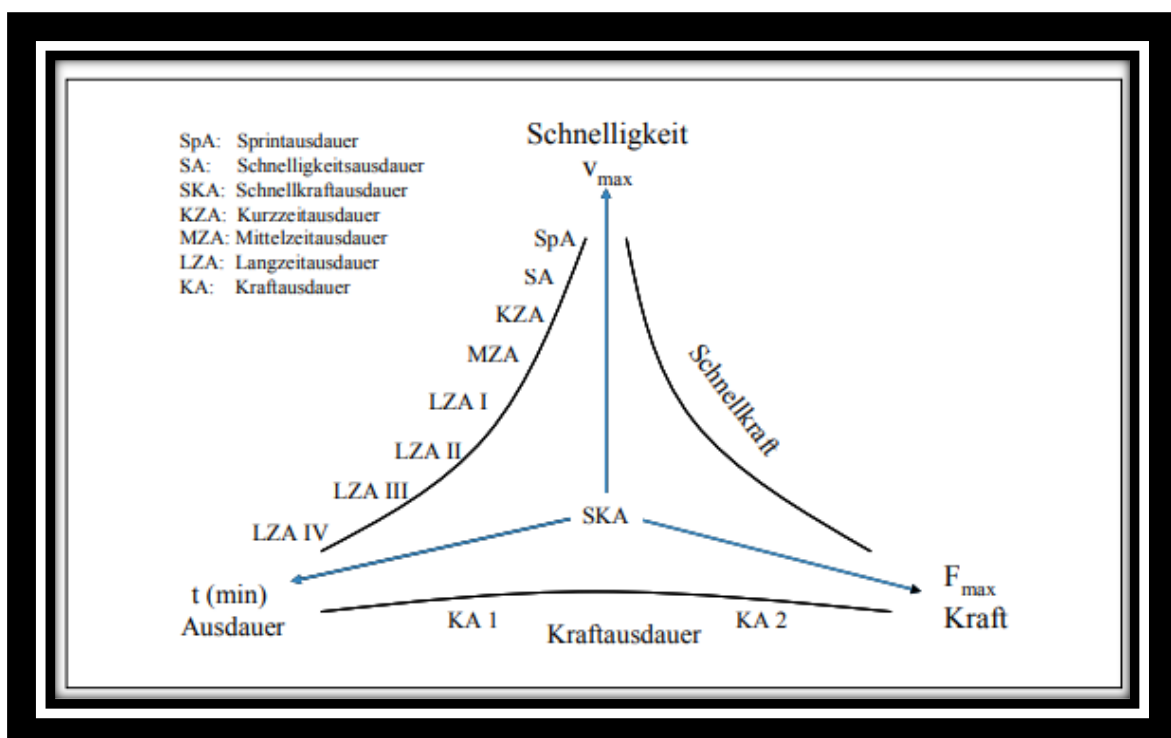


Abbildung 1: Zusammenhang der drei konditionellen Fähigkeiten, Ausdauer, Schnelligkeit und Kraft, mögliche Kombinationen und die Mischvariante Schnellkraftausdauer (Hottenrott & Neumann, 2010).

Man kann sich diesen Zusammenhang, wie ein Dreieck aus den drei Kategorien, Ausdauer, Schnelligkeit und Kraft vorstellen. Daraus lassen sich dann Mischformen, wie die Langzeitausdauer bis hin zur Sprintausdauer, die Schnellkraft und Kraftausdauer ableiten. Die Mischung aus allen drei Bereichen wird als Schnellkraftausdauer bezeichnet. Daraus kann man schon die Komplexität, die die Erstellung eines Trainingsplanes für die AthletInnen mit sich bringt, erkennen. Ein Beispiel, das hier genannt werden kann, sind die Zwischen- bzw. Zielsprints im Laufbereich bei AusdauerathletInnen. Dafür benötigt man die Schnellkraft (Hottenrott & Seidel, 2017).

Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, soll eine Einschränkung der Disziplinen auf die Mittel- und Langstrecke erfolgen. Alle anderen Bereiche der Ausdauer werden in dieser Masterarbeit nicht berücksichtigt. Um eine strukturelle Übersicht veranschaulichen zu können, sollen für diesen systematischen Review, zum einen die Kategorisierung des Begriffes „Kraft“, also konkret die Arten des Krafttrainings, beleuchtet und zum anderen die Begriffe „Lang- und Mittel- und Kurzzeitausdauer“ definiert werden.

Welche Arten des Krafttrainings gibt es?

Es gibt fünf verschiedene Varianten des Krafttrainings. Diese werden nach Hottenrott & Seidel (2017) sowohl nach der Schwere der Last als auch nach der Bewegungsgeschwindigkeit folgendermaßen unterteilt:

1) Maximalkraft: Diese tritt dann beim Training bei AthletInnen auf, wenn bei willkürlicher maximaler Bewegungsausführung die maximale Kraft zur Überwindung einer Last angewandt wird. Häufig fällt dabei auch der Begriff des 1 RM= one repetition maximum. Dabei wird jene Last bezeichnet, die so schwer ist, dass ein/e AthletIn diese maximal einmal überwinden kann. Durchgeführt kann diese Art des Krafttrainings konzentrisch oder exzentrisch werden. Die Übungen werden dabei mit 85 bis 100 Prozent des 1RM vollzogen. Es erfolgen 1 bis 5 Wiederholungen pro Satz. Insgesamt sollen zwischen 3 und 6 Sätze mit einer Pause von 3 bis 5 Minuten absolviert werden.

2) Schnellkraft: Dabei ist es das Ziel der AthletInnen mittels maximalen Bewegungsgeschwindigkeiten Widerstände zu überwinden. Sie wird auch als eine Sonderform der Schnellkraftfähigkeit definiert. Die Schwere der Last beträgt 20 bis 60 Prozent des 1RM. Es werden dabei immer 3 bis 8 Wiederholungen zu je 3 bis 6 Sätzen durchgeführt. Die Satzpause beträgt 3 bis 6 Minuten.

3) Reaktivkraft: Es steht hierbei die Neuromuskulatur im Zentrum. Durch diese Ansteuerung sollte mit Hilfe des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ), als Endprodukt, ein erhöhter Kraftstoß entstehen. Bei dieser Art des Krafttrainings gibt es keine bzw. eine geringe zusätzliche Last. Es werden 3 bis 10 Wiederholungen pro Satz gemacht. Insgesamt gibt es 3 bis 8 Sätze mit einer Pausenzeit von 1 bis 3 Minuten zwischen den einzelnen Sätzen.

4) Hypertrophietraining: Dabei werden die trainierten Muskeln aufgebaut. Die Übungen werden mit 75 bis 90 Prozent der Maximalkraft durchgeführt. Der Krafteinsatz befindet sich daher im submaximalen Bereich. Es werden 4 bis 12 Wiederholungen zu je 3 bis 6 Sätzen absolviert. Die Satzpause beträgt 3 bis 5 Minuten.

5) Kraftausdauer: Die AthletInnen halten ihre Kraftleistungen über eine bestimmte Belastungsdauer aufrecht. Dabei wird zuvor eine bestimmte Wiederholungsanzahl festgelegt. Die Schwere der Last beträgt 40-65 Prozent des 1RM. Dabei führt man 20 bis 40 Wiederholungen mit je 2 bis 6 Sätzen bei je 8 bis 12 Stationen durch. Die Satzpause beträgt 30 bis 60 Sekunden.

Daraus kann man schlussfolgern, dass alle Arten von Krafttraining nach gewissen Belastungskomponenten gesteuert werden. Diese lauten: Wiederholungszahl und Anzahl der Sätze, Satzpausen und Belastungsintensität (Hottenrott & Seidel, 2017).

Wie wird Lang-, Mittel-, und Kurzzeitausdauer definiert?

1) Langzeitausdauer: Diese wird in vier Bereiche gegliedert:

1a) Die LZA 1: Diese benötigt man bei Belastungen von 10 bis 30 Minuten.

1b) Die LZA 2: Hier beträgt die Belastungszeit 30 bis 90 Minuten.

1c) Die LZA 3: Man befindet sich circa 90 bis 360 Minuten in einer Belastung.

1d) Die LZA 4: Der Belastungszeitraum überschreitet die 360 Minuten.

2) Mittelzeitausdauer: Diese liegt innerhalb eines Zeitraumes von zwei bis zehn Minuten. Alle anderen Belastungszeiträume fallen unter die Kurzzeitausdauer (Hottenrott & Seidel, 2017).

3) Kurzzeitausdauer: Das Zeitintervall beträgt hierbei 45 Sekunden bis zwei Minuten. Oftmals wird diese Ausdauerbelastung als Schnelligkeitsausdauer definiert. Auf diese wird allerdings in der vorliegenden Arbeit, wie man schon aus dem Titel herauslesen kann, nicht genauer eingegangen. Es erfolgt für die Vollständigkeit dieser Arbeit jedoch trotzdem eine Erklärung dieser (Hottenrott & Seidel, 2017).

Zu diesen ersten drei Abstufungen sollte noch erwähnt werden, dass bei der Mittel- und Langzeitausdauer primär aerobe Energiebereitstellung erfolgt. Im Gegensatz dazu ist bei der Kurzzeitausdauer die anaerobe Energiebereitstellung von essentieller Bedeutung (Martin et al. 1991).

Wie lautet der aktuelle Wissensstand über das Thema Krafttraining?

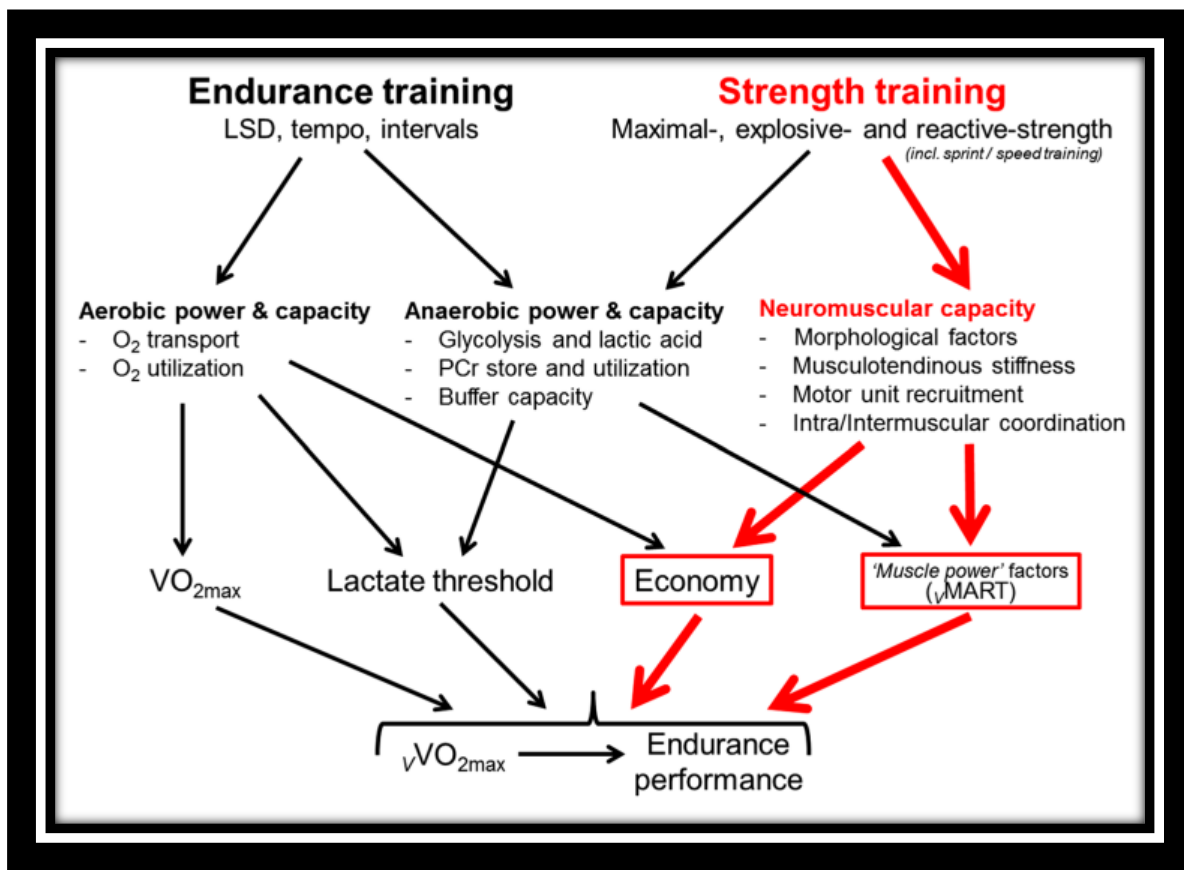


Abbildung 2: Der Zusammenhang zwischen Ausdauer- und Krafttraining und deren Auswirkungen auf die Leistungen von AthletInnen (Beattie et al. 2014).

Krafttraining weist einen positiven Zusammenhang zur Verbesserung der Leistungen bei AusdauerathletInnen auf. Auf diesen Zusammenhang bzw. auch auf den Zusammenhang zwischen Kraft- und Ausdauertraining verweist die oben dargestellte Abbildung 2. Daraus kann man erkennen, dass mittels der unterschiedlichen Arten des Ausdauertrainings die aeroben Kapazitäten, konkret der Sauerstofftransport und die Verwendung des Sauerstoffes während der Läufe, also die Vo2max, verbessert wird. In Kombination mit den unterschiedlichsten Krafttrainingsarten werden die anaeroben Kapazitäten verbessert. Darunter kann man z.B. die Verbesserung von Glycolyse- und Milchsäure oder der Pufferkapazitäten verstehen. Dieser Bereich und die vorhin erwähnten aeroben Kapazitäten bestimmen die Grenze der Laktatschwelle. Diese führt wieder zu einer Verbesserung der Ausdauerleistung. Die Laufökonomie und die Muskelkraft werden auch mit dem Ausdauer-, primär aber mit dem Krafttraining, verbessert. Speziell werden durch das Krafttraining die neuromuskulären Kapazitäten, wie z.B. die morphologischen Faktoren und die inter- und intramuskuläre Koordination verbessert. Man kann also zusammenfassend festhalten, dass mittels Ausdauer- und Krafttraining die Vo2max, die

Laktatschwelle, die Laufökonomie und die Muskelkraft gesteigert und verbessert werden. Diese vier Faktoren führen zu einer Steigerung der Geschwindigkeit der maximalen Sauerstoffaufnahme. Daher wird die Laufleistungen von AthletInnen verbessert. In anderen Worten werden die leistungsbestimmenden Faktoren für Ausdauerleistungen, wie z.B. die Laufökonomie, Verbesserung der Laufzeit, die Geschwindigkeit und Kraft der maximalen Sauerstoffaufnahme, $\dot{V}O_{2max}$ und wVO_{2max} und diverse Muskelkrafttests nach Krafttrainingsinterventionen verbessert. Ein Beispiel für einen Muskelkrafttest ist der vMart. Dabei müssen die ProbandInnen mehrmals 20 Sekunden einen Sprint mit einer Steigung von 5 Grad am Laufband durchführen. Anschließend haben sie eine Erholungszeit von 100 Sekunden. Das Tempo wird solange pro Intervall gesteigert bis die AthletInnen den Sprint nicht mehr durchführen können (Beattie et al. 2014).

Andere Studien verweisen darauf, dass gleichzeitiges Kraft- und Ausdauertraining die Laufökonomie bei AthletInnen bereits in ein paar Wochen verbessert. Wenig Einigkeit herrscht auch darüber, ob es nach längeren Trainingsinterventionen von 12 bis 14 Wochen eine größere Verbesserung gibt als nach 6 bis 8 Wochen (Denadai et al. 2017).

Balsalobre-Fernández et al. (2016) bestätigen diese Behauptungen. Sie kommen zur Erkenntnis, dass, um die Schnellkraft zu trainieren, eine Mischung aus Widerstandstraining mit 40 bis 70 Prozent der Maximalkraft und polymetrischen Übungen, die zwei bis dreimal in der Woche durchgeführt werden, zur optimalen Verbesserung der Bewegungsökonomie beitragen. Dabei soll ein Verhältnis von 1:3 in Bezug auf Krafttraining vs. Ausdauertraining angewandt werden.

Studien, die sich mit dem Thema HIIT - Training befassen, haben auch keine wesentlichen Erkenntnisse darüber, ob dadurch die Laufökonomie verbessert wird. Es wird auch darauf verwiesen, dass weitere Forschungen zu diesem Thema benötigt werden. (Barnes & Kilding, 2015).

Allgemein kann also festgehalten werden, dass der Status quo der wissenschaftlichen Forschung lautet, dass Krafttraining alle leistungsbestimmenden Faktoren für Lang- und Mittelstreckenläufer verbessern kann. Beattie et al. (2014) und Denadai et al. (2017) verweisen zudem darauf, dass es noch mehr Forschung benötigt, welche Art bzw. Kombination von Krafttraining am effektivsten ist bzw. in welcher Häufigkeit diese angewandt werden soll.

Von Beattie et al. (2014) wird ebenfalls festgehalten, dass es mehr Untersuchungen für langwirkende Verbesserungen, also Interventionen, die über einen längeren Zeitraum, also länger als zwei Monate andauern, geben muss, da ansonst manche morphologischen Anpassungen dadurch nicht wissenschaftlich nachgewiesen werden können.

Wie lautet die Forschungsfrage dieser Masterarbeit?

Wegen der einleitend dargestellten Wissenskenntnis zum Thema „Die Bedeutung der motorischen Grundeigenschaft Kraft auf die Laufleistung in leichtathletischen Disziplinen der Mittel- und Langstrecke“ sollen in der vorliegenden Masterarbeit folgende Forschungsfragen beantwortet werden: „Welche Arten von Krafttraining liefern für Mittel- und LangstreckenläuferInnen in der Leichtathletik den größten und effizientesten Leistungszuwachs neben den herkömmlichen Lauftrainingsarten? Dabei soll unter anderem auch darauf eingegangen werden, wie häufig und in welchem Umfang diese unterschiedlichen Krafttrainingsarten angewandt werden sollen.“

Um diese Fragen umfangreich beantworten zu können, soll speziell auf die verschiedenen Arten des Krafttrainings, wie diese bereits in der Einleitung beschrieben wurden, eingegangen werden. Dabei soll herausgefunden werden, ob entweder eine Art von Krafttraining oder eine Mischung aus mehreren Arten am effizientesten ist, um den bestmöglichen Leistungszuwachs bei den AthletInnen zu generieren. Zudem wird die Frage nach der Trainingshäufigkeit von Krafttraining in Bezug auf Mittel- und LangstreckenläuferInnen erörtert werden. Auch soll dabei auf die Bedeutung der Dauer der Interventionen eingegangen werden und abschließend ein Ausblick auf weitere bzw. vertiefende Forschung gegeben werden, die mit Hilfe dieses systematischen Reviews getätigt werden kann.

Folgende Arten des Krafttrainings werden dabei untersucht:

- Kraftausdauer
- Schnellkraft
- Schnellkraftausdauer
- Maximalkraft
- Hypertrophie
- Explosivkraft und
- Reaktivkraft

Es soll sich dann auch für die Leserschaft beantworten, in welchem Umfang man diese Arten des Krafttrainings einsetzt bzw. auf welche Art und Weise man diese kombinieren sollte. Diese Arbeit stellt nicht nur für die AthletInnen bzw. TrainerInnen eine gute Übersicht zur Leistungsverbesserung für die Lang- und MittelstreckenläuferInnen dar, sondern soll auch für Personen, die über eher geringere Kenntnisse dieser Materie verfügen, eine solide Basis und ein breites Grundwissen zum Thema „Die Bedeutung der motorischen

Grundeigenschaft Kraft auf die Laufleistung in leichtathletischen Disziplinen der Mittel- und Langstrecke“ vermitteln.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die Materialien und Methoden, mit denen dieses Thema untersucht werden soll, dargelegt.

2 Materialien und Methoden

Literatursuche:

Die vorliegende Masterarbeit basiert auf einer reinen Literaturrecherche von wissenschaftlichen Artikeln zum Thema „Die Bedeutung der motorischen Grundeigenschaft Kraft auf die Laufleistung in leichtathletischen Disziplinen der Mittel- und Langstrecke.“ Der systematische Review wird im Rahmen der PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) Statement Richtlinien durchgeführt (Moher et al., 2009). Die wissenschaftlichen Studien stammen primär von der online Datenbank „PubMed“, um diesen systematischen Review verfassen zu können. Dafür wurde am 02.11.2022 folgender Search String eingegeben:

“(strength training AND (running economy OR running speed OR running velocity) AND endurance running)”.

Gemäß diesem Suchverlauf erhält man 89 Clinical Trials und Randomized Controlled Trials, die für den Ergebnisteil relevant sind. Eine zusätzliche Studie wurde von der Datenbank „google scholar“ hinzugefügt.

Ein- und Ausschlusskriterien:

In dieser Masterarbeit werden nur körperlich aktive und gesunde Menschen bzw. LeistungssportlerInnen, die ein Alter von circa 18 bis 50 Jahre aufweisen, aufgenommen. Hier muss hinzugefügt werden, dass alle Arten von Krafttraining inkludiert werden, die im einleitenden Teil aufgelistet werden. Damit sind auch Krafttrainingsarten, wie z.B. HIIT-, Tabata- oder auch polymetrisches Training inkludiert. Ebenfalls wird laufspezifisches Krafttraining, wie z.B. Widerstands- oder Bergaufläufe miteinbezogen. Ausgeschlossen wurden zum einen untrainierte Personen und zum anderen Personen mit Erkrankungen bzw. Vorerkrankungen oder AthletInnen, die nach einer Verletzung wieder das Training aufnehmen. Hinzu kommt ein Ausschluss von Personen, die in Ballsportarten oder im Wintersport tätig sind, Kinder und Jugendliche und Interventionen, die die Kurzzeitausdauer untersuchen. Zudem werden Studien/Arbeiten/Artikel, die älter als 25 Jahre sind, ebenfalls exkludiert. Es werden primär publizierte Studien, die in den letzten 15 Jahren verfasst wurden, herangezogen, um eine Aktualität zu gewährleisten. Der Fokus soll dabei speziell auf die Mittelzeit- und Langzeitausdauer gelegt werden. Ebenfalls wird die Interventionsdauer genauer unter die Lupe genommen, um auch morphologische Anpassungen miteinbeziehen zu können. Alle Interventionen, die kürzer als ein Monat

stattfinden, sollten dabei ausgeschlossen werden. Kritisch betrachtet werden auch Interventionsphasen, die kürzer als zwei Monate andauern.

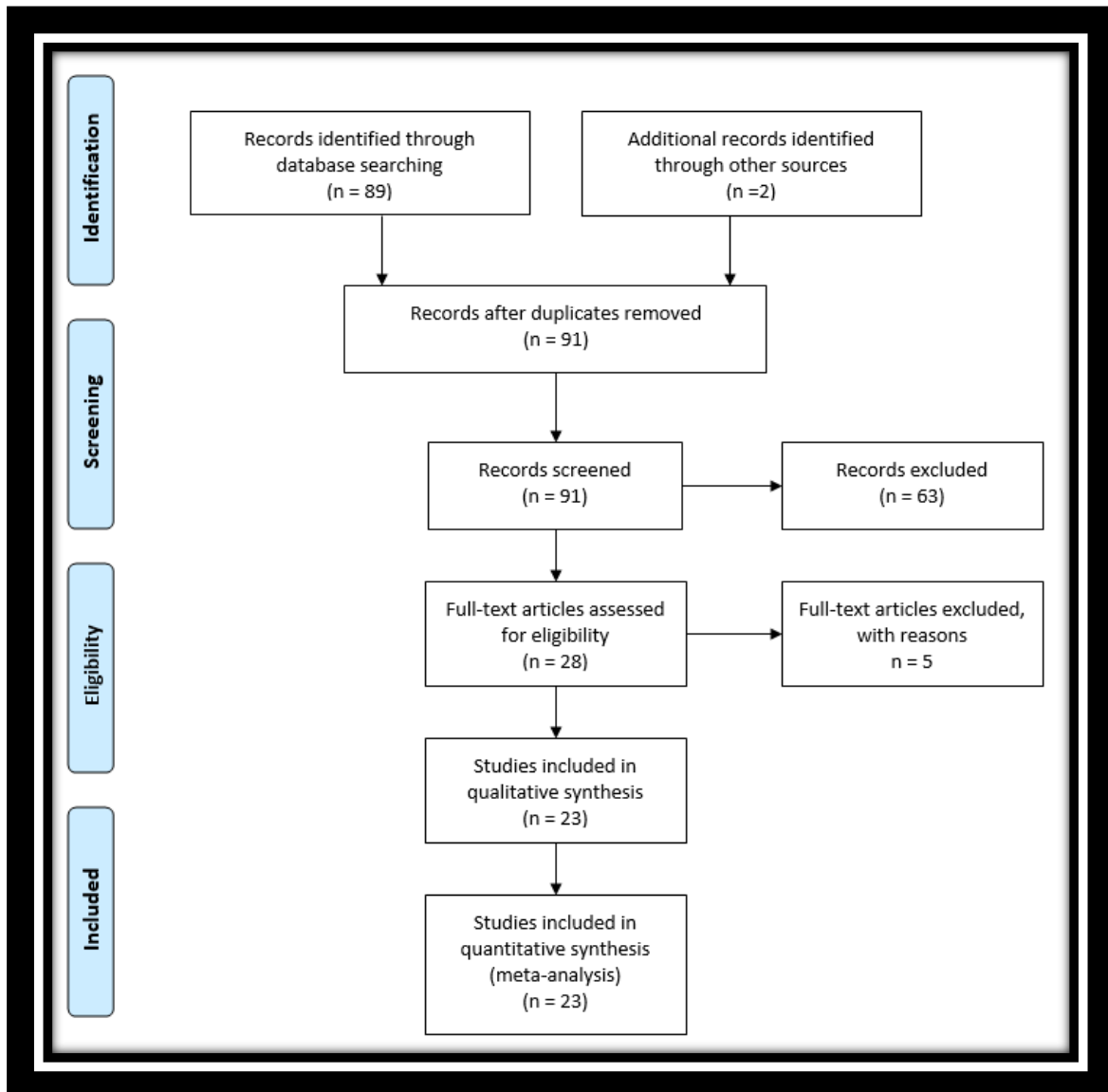
Weitere methodische und analytische Vorgangsweise:

Anschließend erfolgt ein Screening der Überschriften und Kurzzusammenfassungen der Studien. Mit Hilfe der Liste mit Ein- und Ausschlusskriterien bleiben von den 89 Treffern, 20 Studien/Arbeiten/Artikel von der Onlinedatenbank „PubMed“ über, die im Ergebnisteil beschrieben und analysiert werden. Hinzu kommt ein Artikel von der Datenbank „google scholar“, der bereits zuvor erwähnt wurde und ein weiterer Artikel, der bei den Referenzen bei den systematischen Reviews aufgelistet wird, der für die Einleitung durchgelesen wurde und als relevant für den Ergebnisteil dieser Masterarbeit eingestuft wird. Daraus ergeben sich insgesamt 23 Studien/Arbeiten/Artikel, die in dieser Masterarbeit analysiert und bewertet werden. Nach einer vollständigen Bewertung und dem Durchlesen aller 23 Studien erfolgt kein Ausschluss einer Studie. Daraus kann nun festgehalten werden, dass alle 23 Studien in dieser Masterarbeit ausgewertet werden.

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die Untersuchungsmerkmale und die Durchführung der Studien der einzelnen Arbeiten beschrieben. Abgerundet soll dies mit einer Übersichtstabelle bestehend aus allen Studien werden. Daraus soll eine Überleitung zur „PEDro-Skala“ und „Downs and Black Skala“ erfolgen. Die „PEDro-Skala“ setzt sich aus elf und die „Downs and Black Skala“ aus 28 Kriterien zusammen, um Studien qualitativ und quantitativ zu bewerten (Verhagen et al., 1998 und Downs & Black 1998). Die Punktevergabe pro Studie wird ebenfalls in der Übersichtstabelle dargestellt. Die „PEDro-Skala“ und die „Downs and Black Skala“ werden im Abschnitt der Arbeit, in welchem die Ergebnisse dargestellt werden, noch ausführlicher behandelt. Anschließend erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Studien. Es erfolgt eine Überleitung mittels kritischer Bewertung des Ergebnisteiles in Form einer Diskussion zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen. Abschließend sollen Schlussfolgerungen gezogen werden. In diesen werden alle wesentlichen Erkenntnisse und zukünftige daraus resultierende Forschungsmöglichkeiten zusammenfassend festgehalten.

3 Ergebnisse

Tabelle 1: Prisma-Chart



Quelle: Moher et al., 2009.

Im folgenden Abschnitt soll dargestellt werden, welche Ergebnisse mit Hilfe der Datenbank „PubMed“ in dieser Masterarbeit analysiert werden. Aus der zu Beginn der Seite abgebildeten Tabelle 1 kann entnommen werden, dass für diese Arbeit 23 Studien miteinbezogen werden. Wie man ebenfalls entnehmen kann, werden zu Beginn ohne Screening 91 Studien als relevant eingestuft. Auf Grund der Ein- und Ausschlusskriterien scheiden 69 Studien aus und 23 werden in dem Ergebnisteil präsentiert. Dabei handelt es sich um Clinical Trails bzw. Randomized Trials. Diese werden ausführlicher beschrieben

und untereinander tabellarisch verglichen. Das soll sowohl qualitativ als auch quantitativ unter der Anwendung der „PEDro Skala“ und „Downs and Black Skala“ erfolgen.

3.1 Beschreibung der einzelnen Studien

3.1.1 Studie Nummer 1: Barnes et al. (2013)

Mit Hilfe von Widerstandsläufen in Form von Bergaufläufen, die für sechs Wochen zusätzlich zum normalen Lauftraining für je zwei Einheiten pro Woche stattfinden, soll herausgefunden werden, ob diese Art des Trainings Vorteile für LäuferInnen, die 5 Kilometerdistanzen zurücklegen, hat. Dabei werden 20 gut trainierte LäuferInnen als ProbandInnen ausgewählt und in fünf verschiedene Gruppen mit Bergaufläufen eingeteilt. Vor und nach der sechswöchigen Intervention werden Testungen gemacht. Dabei werden am Laufband Testungen, Sprungtests und ein 5 Kilometer langer Outdoorlauf durchgeführt. Die unterschiedlichen Steigungen, Intervallserien, das Verhältnis von Belastung und Erholung und viele andere Daten können aus der unten stehenden Abbildung 3 entnommen werden. Auffallend ist dabei, dass von Gruppe 1 bis 5 der Steigungsgrad von 18 auf 4 Prozent stetig abnimmt. Ebenfalls nimmt das Verhältnis zwischen der Belastung und Erholung ab. In der Gruppe 5 liegt dieses in einem Verhältnis von 1:1. Betrachtet man die Gruppe 1, dann liegt dieses Verhältnis bei 1:6, da die Belastungen viel intensiver gestaltet sind. Dafür steigern sich die zurückgelegten Distanzen. Auch die Laufzeiten, in der die Intervalle absolviert werden, liegen bei vierprozentiger Steigung fast 20 Minuten, jedoch bei achtzehnprozentiger Steigung bei nur wenigen Sekunden. Genauere Daten kann man aus der untenstehenden Abbildung entnehmen. Bei dieser Studie findet man keine Kontrollgruppe vor, da man ohnehin schon davon ausgeht, dass Intervallläufe mit Steigung einen größeren Leistungszuwachs als Intervalle auf flachem Terrain mit sich bringen. Man will einzig und alleine die optimale Steigung in Prozent dafür bestimmen.

	Group 1 (n = 3)	Group 2 (n = 5)	Group 3 (n = 5)	Group 4 (n = 4)	Group 5 (n = 3)
Gradient	18%	15%	10%	7%	4%
%HR _{max}	100%	100%	98–100%	93–97%	88–92%
Velocity at VO _{2max}	120%	110%	100%	90%	80%
Work:rest ratio	1:6	1:3	1:2	1:1.5	1:1
Progression					
week 1	12 × 8 s	8 × 30 s	5 × 2 min	4 × 4 min	2 × 10 min
week 2	16 × 10 s	10 × 35 s	5 × 2.5 min	4 × 5 min	2 × 15 min
week 3	20 × 10 s	12 × 40 s	7 × 2 min	5 × 4.5 min	1 × 20 + 1 × 15 min
week 4	20 × 12 s	12 × 45 s	7 × 2.5 min	5 × 5 min	2 × 20 min
week 5	24 × 10 s	16 × 40 s	9 × 2 min	6 × 5 min	3 × 15 min
week 6	24 × 12 s	16 × 45 s	9 × 2.5 min	7 × 5 min	2 × 25 min

Abbildung 3: Werte und Daten der einzelnen Bergauflaufgruppen (Barnes et al. 2013)

3.1.2 Studie Nummer 2: Barnes et al. (2013)

In dieser Studie sollen die Auswirkungen von schwerem Krafttraining und plyometrischem Krafttraining auf die Cross-Country-Leistung und die Laufökonomie untersucht werden. Die Gesamtzeit der Intervention beträgt 13 Wochen. Nach circa der Hälfte nehmen die TeilnehmerInnen, bestehend aus 28 Männern und 22 Frauen, an einem Cross Country Lauf teil. Acht TeilnehmerInnen können aus unterschiedlichsten Gründen die Studie nicht beenden. Eine Gruppe bestehend aus neun Frauen und 13 Männern, absolviert ein schweres Krafttraining. Die zweite Interventionsgruppe, bestehend aus zehn Männern und 13 Frauen absolviert ein plyometrisches Training. In den ersten vier Wochen absolvieren beide Gruppen dasselbe Lauftraining und werden für die technisch korrekte Ausführung der Übungen eingeschult. Das normale Lauftraining wird bei beiden Gruppen fortgeführt. Vor, während und nach der Intervention werden unterschiedliche Daten über anthropometrische und neuromuskuläre Leistungsverbesserungen erhoben. Als Beispiel dafür können unterschiedlichste Labortests für metabolische Veränderungen wie z.B. die Vo2max und ein 5 Kilometer Zeitlauf genannt werden. Bei der Intervention selbst erfolgt eine Verringerung der Wiederholungs- und Satzanzahl, dafür werden allerdings die Lasten, die zu überwinden sind, erhöht. Alle Zahlen dazu inklusive aller Arten von Übungen können aus der nachstehenden Abbildung 4 entnommen werden.

Heavy Exercise (Plyometric Exercise) ^a		Week							
		4-5		6-8		9-10		11-13 ^c	
		HRT	PRT ^b	HRT	PRT	HRT	PRT	HRT	PRT
Session 1									
1	Back squat (box jump)	2 × 6	1 × 6/6	4 × 5	3 × 5/8	4 × 4	3 × 4/10	2 × 3	1 × 3/10
2a	SL calf raise (SL forward hop)	2 × 10	1 × 10/10	4 × 10	4 × 10/10	4 × 12	3 × 12/12	2 × 10	1 × 10/10
2b	Dumb bell military press	2 × 15	2 × 15	4 × 20	4 × 20	4 × 15	4 × 15	2 × 15	2 × 15
3a	Glute/hamstring raise (CMJ)	2 × 10	1 × 10/10	4 × 6	3 × 6/8	4 × 8	3 × 8/10	2 × 6	1 × 6/10
3b	Lateral pull down	2 × 15	2 × 15	4 × 20	4 × 20	4 × 15	4 × 15	2 × 15	2 × 15
4	Box step-up (alternate leg bound)	2 × 6	1 × 6/6	4 × 5	3 × 5/8	4 × 4	3 × 4/10	2 × 3	1 × 3/10
Session 2									
1	Dead lift (tuck jump)	4 × 6	3 × 6/6	4 × 5	3 × 5/8	4 × 4	3 × 4/10	2 × 3	1 × 3/10
2a	SL calf raise (SL box jump)	4 × 6	3 × 6/6	4 × 5	3 × 5/8	4 × 4	3 × 4/10	2 × 3	1 × 3/10
2b	Dumb bell incline bench press	4 × 15	4 × 15	4 × 20	4 × 20	4 × 15	4 × 15	2 × 15	2 × 15
3a	Resisted monster walk (side shuffle)	4 × 8	3 × 8/8	4 × 10	4 × 10/10	4 × 12	3 × 12/12	2 × 10	1 × 10/10
3b	Pull-up	4 × max	4 × max	4 × max	4 × max	4 × max	4 × max	2 × max	2 × max
4	Bulgarian split squat (scissor jump)	4 × 6	3 × 6/6	4 × 5	3 × 5/8	4 × 4	3 × 4/10	2 × 3	1 × 3/10

^aResistance training exercises are listed as the HRT exercise (performed by both HRT and PRT groups) followed by the plyometric exercise (performed only by PRT).

^bValues are number of sets × number of repetitions per set. Sets and repetitions are listed for HRT first (e.g., 4 × 5) followed by sets and repetitions for PRT, listed as the number of sets × number of repetitions for each heavy/plyometric exercise (e.g., 3 × 5/8 = 3 sets of five repetitions of the heavy exercise followed immediately by eight repetitions of the plyometric exercise).

^cResistance training during weeks 11-13 was only performed by the top (fastest seven) athletes competing in championship events during weeks 12 and 13.

SL, single leg; CMJ, countermovement jump; HRT, heavy-resistance training; PRT = plyometric + heavy-resistance training.

Abbildung 4: Werte und Daten der beiden Interventionsgruppen inklusive aller Übungsarten (Barnes et al. 2013).

3.1.3 Studie Nummer 3: Bertuzzi et al. (2013)

Für diese Studie werden 22 ProbandInnen herangezogen, die regelmäßig in der Woche Laufen gehen und sportlich aktiv sind. Es erfolgt eine Aufteilung der TeilnehmerInnen in drei Gruppen. Acht davon absolvieren ein Krafttraining auf einer Ganzkörpervibrationsplatte, acht ohne diese Platte, also nur ein normales Krafttraining und sechs ProbandInnen stellen die Kontrollgruppe dar. Die Kontrollgruppe soll nur ein normales Lauftraining absolvieren. Bei der Kontrollgruppe können zwei ProbandInnen die Intervention nicht beenden. Alle ProbandInnen werden für die Studie eingeschult und erhalten Erklärungen für die Übungen. Bei der Intervention selbst führen beide Gruppen, also die mit dem Vibrationsbrett und die ohne, Übungen für die Oberschenkelmuskulatur und den Rumpfbereich durch. Dabei wird darauf geachtet, dass in den ersten beiden Wochen die Anzahl der Sätze bei 3, die Wiederholungszahl zwischen 8 und 10 und die Last bei 75 Prozent des 1RM liegt. In den nächsten beiden Wochen kommt es zu einer Veränderung dieser Werte. Die Anzahl der Sätze wird auf 4 erhöht, die Wiederholungsanzahl auf 6 bis 8 erniedrigt und die Last weiter gesteigert. In den letzten beiden Wochen, also in den Wochen fünf bis sechs, werden 6 Sätze mit je 4 bis 6 Wiederholungen mit einer individuellen Steigerung der Last in Abhängigkeit zum 1RM absolviert. Die Frequenz bei der Vibrationsplatte wird ebenfalls gesteigert. Dieses Training wird in Kombination zu den normalen Läufen ebenfalls zweimal die Woche durchgeführt. Über die Intensitäten und die Dauer der Läufe liegen keine Daten vor. Anschließend werden vor und nach der Intervention Testungen zur Verfügung gestellt, um die Erschöpfungszeit, maximale dynamische Kraft, aerobe und anaerobe Parameter zu untersuchen.

3.1.4 Studie Nummer 4: Enoksen et al. (2011)

Das Ziel dieser Studie ist es zwei unterschiedliche Arten von Trainings miteinander zu vergleichen und deren Wirkung auf die physiologischen Parameter von Mittelstreckenläufern ausfindig zu machen. Es handelt sich dabei um die $\text{Vo}_{2\text{max}}$, die $\text{vVo}_{2\text{max}}$, die Laufökonomie, die Laufleistung und die Laktatschwellen. Dafür werden 26 Läufer, die alle sehr viel Wettkampferfahrung mit sich bringen und regelmäßig trainieren, herangezogen. Die Dauer der Intervention beträgt zehn Wochen. Testungen werden, um alle physiologischen Parameter zu bestimmen, immer vor und nach der Intervention, durchgeführt. Dafür werden die 26 Läufer in zwei Gruppen geteilt. Die Anzahl, wie viele Teilnehmer in einer Gruppe sind, wird in dieser Studie nicht angegeben. Dabei wird eine Gruppe mit hohem Trainingsvolumen, dafür jedoch mit niedrigen Intensitäten, gebildet. Das bedeutet, dass die Gruppenmitglieder 70 Kilometern pro Woche mit einer Intensität von 65

bis 82 Prozent der maximalen Herzfrequenz laufen sollen. Die zweite Gruppe erhält ein Training mit niedrigem Trainingsvolumen, also 50 Kilometer pro Woche und einer hohen Intensität. Dabei beträgt die Intensität 82 bis 92 Prozent der maximalen Herzfrequenz. Innerhalb der beiden Gruppen werden die Intensitätswerte verteilt. Bei der Gruppe mit den hohen Intensitäten sollen 33 Prozent der Läufe mit 82 bis 92 Prozent der maximalen Herzfrequenz durchgeführt werden, die übrigen 67 Prozent mit der niedrigeren Intensität. Im Gegensatz dazu sollen bei der Gruppe mit den niedrigen Intensitäten 13 Prozent aller Läufe mit der zuvor genannten Prozentzahl von 82 bis 92 Prozent der maximalen Herzfrequenz absolviert werden. Bei dieser Gruppe werden daher 87 Prozent der Läufe mit 65 bis 82 Prozent der maximalen Herzfrequenz durchgeführt. Die Probanden in beiden Gruppen bekommen ein Pensum von sechs Trainingseinheiten pro Woche. Hinzu kommt, dass bei allen Einheiten ein Kräftigungsprogramm absolviert wird. Dieses bezieht sich speziell auf die Rumpfkraftigung.

3.1.5 Studie Nummer 5: Esteve-Lanao et al. (2008)

Bei dieser Studie soll erforscht werden, ob eine Auswirkung nach einer achtwöchigen Krafttrainingseinheit, die in einen Makrozyklus von 16 Wochen eingebettet ist, auf die Schrittlänge bei Läufern nachgewiesen werden kann. Diese 16 Wochen setzen sich aus vier Vorbereitungswochen, acht Interventionswochen und vier Wettkampfwochen zusammen. Sowohl die Vorbereitungs- als auch die Wettkampfwochen sind für alle drei Gruppen ident. Um diese Studie durchzuführen, werden 18 sehr gute Ausdauerathleten herangezogen, die in drei Gruppen aufgeteilt werden. Zum einen gibt es bei dieser Studie eine Gruppe, die ein periodisiertes Krafttraining über acht Wochen mit jeweils zwei Einheiten pro Woche durchführt und zum anderen eine Gruppe, die nur ein Krafttraining, allerdings mit denselben Übungen durchführt. Zusätzlich gibt es eine dritte Gruppe, die ebenfalls wieder aus sechs Probanden besteht, die nur ihr normales Lauftraining, allerdings kein Krafttraining in dieser Zeitspanne ausführen soll. Vor, während und nach der Interventionsphase werden für alle drei Gruppen Testungen durchgeführt. Um den Trainingsinhalt nachvollziehen zu können, eignet sich am besten die nachfolgende Grafik. Die drei Gruppen kann man aus der Abbildung 5 herauslesen. In den Abbildungen 6 und 7 kann man den Unterschied zwischen periodisiertem und nicht periodisiertem Krafttraining ausfindig machen. Aus diesen Abbildungen kann entnommen werden, wann, wie häufig und welche Trainingsart innerhalb der Trainingsgruppen zu tragen kommt. Alle drei Trainingsgruppen vollziehen dasselbe Trainingsvolumen. In der Vorbereitungsphase führen alle Teilnehmer neun Basis-Krafttrainingseinheiten durch. Hierbei werden drei Einheiten mit

isometrischem Training, dann zwei Einheiten Krafttraining mit eigenem Körpergewicht und vier Einheiten mit Widerstandstraining herangezogen. Die Lafeinheiten, die während dieser Trainingsphase durchgeführt werden finden vier bis fünfmal in der Woche mit einer Dauer von 40 bis 60 Minuten und mit 70 Prozent der maximalen Herzfrequenz statt. Die wöchentliche Gesamtlänge, die absolviert wird, beträgt 50 bis 70 Kilometer. In der Interventionsphase werden exzentrische Kontraktionen und schnelle exzentrische und konzentrische Kontraktionen der Beinmuskeln eingeführt. Während der ersten beiden Wochen wird ein Training mit Gewichten und Zirkeltraining, gefolgt von intermittierenden Zirkeln und plyometrischen Kraftübungen absolviert. Hinzu kommen zwei Mal pro Woche Intervalleinheiten mit 90 Prozent der Herzfrequenz.

Preparatory period	Specific (intervention) period (total duration: 8 wk)				Competition period
Mesocycle					
I (4 wk)	II (2 wk)	III (3 wk)	IV (3 wk)	V (>4 wk)	
Endurance training (identical for all groups)					
Basic LT	MLSS intervals Fartlek training	Peak velocity intervals MLSS long reps	Lac cap intervals Peak velocity long reps	Lac power short reps Competition pace/ competition	
Strength (periodized group only)					
Basic strength training*	Circuit training, weight training	Oregon circuit, plyometrics, intermittent circuit, hills	Specific competition speed with belts (intervals)	Eventual strength training	
Strength (nonperiodized group only)					
Basic strength training*	● 2–3 sessions per week mixing the following contents: ● 1–2 sessions of circuit training/basic weight training; ● 1 hill session; 0–1 session of speed work with belts (intervals)			Eventual strength training	

MLSS = maximal lactate steady state (both obtained from field (track) lactate testing; Peak velocity = peak velocity obtained from a progressive running test on a track until exhaustion (starting at a pace of 4 min 30 s·km⁻¹; speed was increased by 0.2 km·h⁻¹ every 200 m); Lac cap = lactic capacity; Lac cap intervals = intervals at 80–85% of personal best for the corresponding interval distance; Lac power = lactic power; Lac power short reps = reps at 90–95% of personal best for the corresponding interval distance; LT = lactate threshold.

*During the preparatory period, all subjects from the 3 groups performed the same 9 basic strength training sessions (see text for details).

Abbildung 5: Trainingsprogramme der drei Interventionsgruppen im Mesozyklus (Esteve-Lanao et al. 2008)

	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.

Abbildung 6: Nicht periodisiertes Krafttraining
(Esteve-Lanao et al. 2008)

	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.

Abbildung 7: Periodisiertes Krafttraining
(Esteve-Lanao et al. 2008)

3.1.6 Studie Nummer 6: Ferley et al. (2013)

Das Ziel dieser Studie ist die Wirkung von Bergaufläufen in Form von Intervalleinheiten mit normalen Intervallläufen auf einem flachen Terrain zu vergleichen. Dabei sollen einige Parameter, die für die Laufgeschwindigkeit entscheidend sind, gemessen werden. Konkret handelt es sich dabei um die Vo2max, die Laufgeschwindigkeit in Kombination mit der Laktatgrenze und wie lange die Vo2max bei schnellen Geschwindigkeiten erhalten werden kann. Dafür werden 32 sehr gut trainierte AusdauerathletInnen, davon sind 14 männlich und 18 weiblich für eine Interventionsdauer von sechs Wochen herangezogen. Diese werden in drei Gruppen geteilt. Die Kontrollgruppe besteht aus acht ProbandInnen. Die beiden weiteren Gruppen zu je zwölf Personen, sind eine Intervallgruppe mit Bergaufläufen und eine Intervallgruppe, die ihre Intervalle in der flachen Ebene absolviert. Die Interventionszeit beträgt sechs Wochen mit wöchentlich je zwei Trainingseinheiten. Vor und nach der Intervention werden die Messungen auf einem Laufband abgenommen, um die bereits zu Beginn erwähnten Parameter zu berechnen. Es findet zudem noch vor den sechs Wochen eine Eingewöhnungsphase für das Test- und Laufprozedere statt. Drei bis viermal pro Woche laufen die ProbandInnen in einem moderaten Grundlagenausdauerlauf für drei Monate, um alle auf einen ähnlichen Trainingsstand zu sein. Bei der Intervention selbst führt die Bergauflaufintervallgruppe zwei dieser Intervalle und zwei normale Grundlagenläufe pro Woche aus. Die Intervallläufe werden für eine Zeitdauer von 30 Sekunden mit einer Steigung von 17,63 Prozent absolviert. Diese werden 10- bis 14-mal wiederholt. Die Pausenzeit wird in Relation zur Herzfrequenz gesetzt. Liegt diese wieder unterhalb von 65 Prozent der maximalen Herzfrequenz, müssen die ProbandInnen den

nächsten Lauf absolvieren. Die beiden Intervallläufe auf normaler Ebene werden bei einem Grad Steigung mit 75 Prozent der Vo2max durchgeführt. Die Dauer beträgt 45 bis 60 Minuten. Bei den vier Läufen, die auf ebenen Terrain absolviert werden, gelten dieselben Bedingungen. Nur die Steigung beträgt sowohl bei den Dauerläufen als auch bei den Intervallläufen 1 Prozent. Bei den Intervallen liegt die Wiederholungsanzahl bei 4 bis 6. Einen Unterschied gibt es bei den Bergaufintervallläufen, wenn man die Belastungs- und Erholungszeit miteinander vergleicht. Diese beträgt 1:4. Auf flacher Ebene liegt dieses Verhältnis bei 1:1. Bei der dritten Gruppe, der Kontrollgruppe, die nur normale Grundlagenausdauerläufe trainiert, werden im Schnitt fast fünf Läufe mit einer Zeit von circa 270 Minuten pro Woche absolviert.

3.1.7 Studie Nummer 7: Finatto et al. (2013)

Mit der Hilfe von 32 Probanden soll die Wirkung von Pilates, also die Wirkung von einer Art von Kraft- und Beweglichkeitstraining für eine Zeitspanne von zwölf Wochen auf die metabolischen Prozesse, die bei Läufern während eines Trainings stattfinden und damit auch die Laufleistung von diesen beeinflussen, erforscht werden. Dabei wird auch die Bedeutung der Muskelstärke auf die Haltung und Körperspannung, speziell im Rumpfmuskelbereich, eingegangen. Ebenfalls werden Erhebungen der Werte der Vo2max durchgeführt. Vor und nach der Interventionszeit werden Messung erhoben, um physiologische und neuromuskuläre Parameter zu erforschen. Das soll mit Hilfe von zwei Gruppen, die mit je 16 Personen aufgeteilt werden, vonstatten gehen. Während der Intervention fielen von den 32 Probanden insgesamt drei Athleten aus. Bei den rekrutierten Studienteilnehmern handelt es sich um Männer, die regelmäßig trainieren, keine Vorerkrankungen haben und nicht mit den Pilateseinheiten vertraut sind. Zum einen gibt es die Pilatesgruppe, bestehend aus 13 Probanden. Diese absolviert zweimal die Woche ein Lauftraining, das periodisiert wird. Alternierend zu diesem Training wird ein einstündiges Pilatestraining durchgeführt. Bei diesem Training wird ebenfalls wieder eine Periodisierung vorgenommen. Das Pilatestraining besteht immer aus einem Aufwärm-, einem Haupt- und einen Schlussteil. Von Woche zu Woche werden am Beginn die einfacheren bzw. die Grundlagenübungen und in den letzten sechs Wochen intermittierende Pilatesübungen durchgeführt. Genauere Details zu den Übungen kann man aus der Abbildung 8 entnehmen, die sich nach diesem Absatz befindet. Konkret kann man daraus entnehmen, welche Übungen bei dieser Trainingsgruppe zu welchem Zeitpunkt trainiert wurde. Zum anderen besteht die Kontrollgruppe, die ihr normales Ausdauertraining absolviert, aus 15 Probanden. Diese haben in der Woche zwei Läufe. Diese werden periodisiert durchgeführt. Es wird in dieser Studie pro Training ein genauer Plan aufgelistet. Die Läufe bestehen aus

Dauer-, Intervall-, Crescendo- und Pyramidenläufen mit unterschiedlichsten Intensitäten und Distanzen. Genauere Details zu den ganzen Läufen können wegen des Rahmens dieser Arbeit nicht aufgelistet werden.

	Week 1	Weeks 2 to 6	Weeks 6 to 12
Initial section	Fundamentals 1 to 7	Fundamentals 5 to 12	Fundamentals 13 to 17
Main section	Pre-Pilates	Basic Mat Pilates	Intermediate Mat Pilates
Final section	Relaxation	Relaxation	Relaxation
Exercises that composed the various levels			
Fundamentals	Pre-Pilates	Basic Mat Pilates	Intermediate Mat Pilates
1. Breathing	1. The Hundred	1. The Hundred	1. The Hundred
2. Imprinting	2. Roll Down	2. The Roll Up	2. The Roll Up
3. Pelvic Bowl	3. Roll Up	3. Single Leg Circles	3. Leg Circles
4. Knee Sway	4. Single Leg Circles	4. Rolling Like a Ball	4. Rolling Like a Ball
5. Knee Folds/Stirs	5. Rolling Like a Ball	5. Single Leg Stretch	5. Single Leg Stretch
6. Leg Slides	6. Single Leg Stretch	6. Double Leg Stretch	6. Double Leg Stretch
7. Spinal Bridging	7. Double Leg Stretch	7. Legs Up and Down	7. Single Straight Leg
8. Prone Hip Extension	8. Spine Stretch Forward	8. Spine Stretch Forward	8. Double Straight Leg
9. Cervical Nod		9. Saw	9. Criss-Cross
10. Nose Circles		10. Single Leg Kicks	10. Spine Stretch Forward
11. Head Float		11. Beats	11. Open Leg Rocker
12. Ribcage/Angel Arms		12. Double Leg Kicks	12. Corkscrew
13. Rotating Arms			13. Saw
14. Torso Twist			14. Neck Pull
15. Flight			15. Single Leg Kicks
16. Cat			16. Double Leg Kicks
17. Bowing			17. Neck Pull
			18. Side Kicks Series
			19. Teaser
			20. Seal

Abbildung 8: Periodisiertes zwölfwöchiges Pilatetraining (Finatto et al. (2013))

3.1.8 Studie Nummer 8: Guglielmo et al. (2009)

Insgesamt nehmen an dieser Studie 16 sehr gute AusdauerathletInnen teil. Die ProbandInnen werden in eine Gruppe mit neun Personen, in der für vier Wochen ein explosives Krafttraining stattfinden soll und in eine schwere Krafttrainingsgruppe mit sieben AthletInnen, aufgeteilt. Es gibt allerdings keine Kontrollgruppe. Die Interventionsdauer beträgt vier Wochen. Dabei wird zweimal die Woche das Krafttraining, bei dem die Beinmuskulatur fokussiert wird, und viermal in der Woche ein submaximales Lauftraining absolviert. Zu Beginn und am Ende der Intervention werden Testungen durchgeführt. Es werden hierbei folgende neurologische und physiologische Veränderungen gemessen: Vo2peak, Laufökonomie, Counter Movement Jump und 1RM. Beim explosiven Schnellkrafttraining werden in den ersten beiden Wochen 3 Sätze zu je maximal 12 Wiederholungen mit einer Pausenzeit von 3 Minuten schnellstmöglich ausgeführt. Anschließend wird das Gewicht und die Anzahl der Sätze auf 4 bis 5 erhöht. Beim schweren Krafttraining werden in den ersten beiden Wochen ebenfalls 3 Sätze zu je maximal 6

Wiederholungen mit einer Pausenzeit von 3 Minuten durchgeführt. Es erfolgt wieder eine Steigerung des Gewichtes und der Satzanzahl von 3 auf 4 bis 5 Sätze.

3.1.9 Studie Nummer 9: Hamilton et al. (2006)

Diese Studie setzt sich zum Ziel die Auswirkungen auf die Leistung von hoch intensivem Widerstandstraining für Langstreckenläufer zu erforschen. Dafür werden 20 Langstreckenläufer für eine Interventionszeit von fünf bis sieben Wochen herangezogen. Die Probanden werden in zwei Gruppen geteilt. Eine Gruppe, die Kontrollgruppe absolviert ihre normalen Läufe. In der anderen Gruppe, der Explosivkrafttrainingsgruppe, wird ein Teil dieser Läufe von explosivem Widerstandstraining ersetzt. Dabei führen die AthletInnen insgesamt 10 Mal 30 Minuten 3 Sätze lang explosive Sprünge mit einem Bein aus. Dabei werden pro Bein 20 Wiederholungen durchgeführt Dazu ergänzend werden drei Sätze mit jeweils 5 Mal 30 Sekunden Widerstandsläufe am Laufband alternierend hinzugefügt. Die Erholungszeit beträgt dabei 30 Sekunden. Das Laufband wird mit einer Steigung von 8,75 Prozent und mit einer Geschwindigkeit von 65 Prozent der maximalen Laufgeschwindigkeit eingestellt. Um bei den Läufen Widerstände zu provozieren, wird währenddessen ein Ballon aktiviert, der am Rücken des Athleten befestigt ist und bei den Läufen für Widerstände sorgen soll. Immer drei Sekunden dieser Läufe werden für Messungen der leistungsbestimmenden Parameter herangezogen. Dieses Programm wird ein bis dreimal in der Woche in Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Athleten durchgeführt. Die Intensitäten der Läufe und Übungen werden immer individuell und zwar in der Abhängigkeit von der maximalen Herzfrequenz der Athleten bestimmt. Es werden folgende Gliederungen durchgeführt: höhere, moderate und niedrigere Intensität. Es ist die Rede von einer hohen Intensität, wenn der Athlet eine Herzfrequenz von 85 bis 100 Prozent der maximalen aufweist. Wenn 70 bis 84 Prozent gemessen werden, dann spricht man von einer moderaten und von einer niedrigen Herzfrequenz, wenn man weniger als 69 Prozent der maximalen Herzfrequenz erreicht. Dabei werden dann zwei Wochen vor und nach der Intervention Testungen durchgeführt, um die maximalen Laufgeschwindigkeiten, die prognostizierte Erschöpfungszeit auf 800 und 1500 Meter, die 5000 Meter Zeit und die Laktatschwellen zu erheben.

3.1.10 Studie Nummer 10: Karsten et al. (2016)

Für die Durchführung dieser Studie werden 16 gut trainierte Ausdauerathletinnen herangezogen. Davon sind elf Männer und fünf Frauen. Der Interventionszeitraum beträgt

12 Wochen. Dabei werden die ProbandInnen in zwei Gruppen gegliedert. Eine Gruppe, die Kraft- und Konditionsgruppe, bestehend aus acht Personen, absolviert innerhalb der ersten sechs Wochen nur ein Krafttraining und in den darauffolgenden sechs Wochen lediglich ein Ausdauertraining. Die zweite Gruppe, die Kontrollgruppe, bestehend aus acht Personen, führt nur ein Ausdauertraining für zwölf Wochen durch. Das Ziel dieser Studie ist es, aufzuzeigen, dass Änderungen im anaeroben Bereich, eine Verbesserung der Laufzeit und der Laufgeschwindigkeiten auf eine Distanz von 5 Kilometern erfolgen, wenn man eine Kombination aus Krafttraining und Lafeinheiten als Training absolviert. Testungen werden vor, nach der Hälfte der zwölf Wochen und nach der Intervention durchgeführt. Bei allen Übungen und Testungen gibt es Versuchs-, und Eingewöhnungsphasen. Innerhalb der ersten sechs Wochen werden zweimal pro Woche Widerstandsübungen für den Hüft- bzw. Beinbereich absolviert. Es werden vier Übungen, die folgend genannt werden, in Auftrag gegeben: rumänische Deadlifts, Ausfallschritte, parallel Squats und Wadenheber. Bei allen vier Übungen wird zuvor bei den ProbandInnen das 1RM erhoben. Sie sollen 4 Sätze zu je 4 Wiederholungen mit je 80 Prozent des 1RM durchführen. Die Pause zwischen den Sätzen beträgt 2 Minuten. Eine Serienpausenzeit wird in der Studie nicht erwähnt. Hinzu kommt, dass bei der Phase zwei, also in den letzten sechs Wochen, wie bei der anderen Gruppe, nur Ausdauer trainiert wird. Ob diese in Form von Krafttraining, Läufen erfolgt und welche Übungen, wie lange und in welcher Intensität durchgeführt werden, wird nicht angegeben.

3.1.11 Studie Nummer 11: Kelly et al. (2008)

Für diese Studie werden 16 Ausdauerathletinnen, die mehrmals wöchentlich trainieren, herangezogen. Niemand von diesen vollzieht davor ein geführtes Training oder eines mit Hilfe eines Trainingsplanes. Für die Intervention, die eine Dauer von zehn Wochen aufweist, gibt es zwei Gruppen. Zum einen absolviert eine Gruppe, die aus neun Probandinnen besteht, eine Kombination aus Kraft- oder Ausdauertraining und zum anderen gibt es eine Gruppe, bei der sieben Probandinnen nur ein Ausdauertraining absolvieren. Bei der Trainingsgruppe mit der Mischung aus Kraft- und Lauftraining werden immer an den drei Lauftagen in der Früh ein Krafttraining, bestehend aus fünf Übungen für die untere Hüfte, zwei für die obere Hüfte und eine Rumpfübung, ausgeführt. Dabei werden immer 3 Sätze mit einer Wiederholungsanzahl von 5 absolviert. Die Lasten des Gewichtes werden von Woche zu Woche ein wenig gesteigert. In der ersten Woche werden 60-70 Prozent des 1RM, in Woche zwei 70-80 Prozent des 1RM und ab Woche drei mit bis zu 85 Prozent des 1RM als Last herangezogen. Ziel davon ist es maximale Kraft zu generieren und die Hypertrophie der Muskelfasern zu minimieren. An denselben Tagen nachmittags werden

Grundlagenausdauerläufe, Intervalle mit hoher, noch höherer Intensität und Intervalle mit höchster Herzfrequenz absolviert. Für die Gruppe, die nur Läufe absolviert, wird die Menge der Läufe nicht angegeben. Es soll mittels Testungen, die vor und nach der Intervention stattfinden, erhoben werden, welche Art dieser beiden Trainings eine größere Wirkung auf die VO₂max, die Zeitverbesserung bei einem Lauf mit einer Distanz von drei Kilometern, die Laufökonomie und andere physiologische Parameter aufweist.

3.1.12 Studie Nummer 12: Luckin-Baldwin et al. (2021)

An dieser Studie nehmen 30 TriathletInnen für einen Zeitraum von 26 Wochen teil, um herauszufinden, welche Trainingsarten eine Verbesserung der Leistungen bewirken. Von diesen 30 ProbandInnen, davon 22 männlich und acht weiblich, scheiden während der Studie fünf, aus unterschiedlichen Gründen, aus. Mit 25 ProbandInnen werden daher alle Testungen durchgeführt. Eine Interventionsgruppe mit 14 ProbandInnen führt eine Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining zweimal pro Woche durch. Beim Krafttraining wird in den ersten zwölf Wochen die Hypertrophie Methode angewandt. Das bedeutet, dass die Lasten bei unter 75 Prozent des 1RM liegen und eine Wiederholungszahl von 8 bis 12 Wiederholungen angesetzt werden. In den restlichen zwölf Wochen, da es eine Pausenzeit zwischen den beiden Blöcken von zwei Wochen gibt, wird die Last gesteigert und die Wiederholungsanzahl minimiert. Die neuen Werte dafür lauten: Die Lasten sind größer als 85 Prozent des 1RM mit einer Wiederholungsanzahl von 1-6 Wiederholungen. Dabei werden 3 bis 4 Übungen, die für die Beinmuskulatur und für die Muskeln hüftabwärts verantwortlich sind und eine Übung, die die Muskulatur hüftaufwärts stärkt, in das Trainingsprogramm inkludiert. Die zweite Interventionsgruppe, bestehend aus elf ProbandInnen führt nur ihr normales Ausdauertraining fort. Über die wöchentlichen Anzahlen und Arten der Läufe werden keine Angaben gemacht. Die Intensitäten und Dauer sind aber bei beiden Gruppen gleich lange. Mit Hilfe dieser beiden Interventionsgruppen sollen die Auswirkungen auf die leistungsbestimmenden Parameter ermittelt werden. Konkret werden dabei die Laufzeiten, -ökonomie, die Laktatwerte und die Herzfrequenz gemessen. Die Testungen und Ergebnisse für das Radfahren und Schwimmen werden sowohl bei der Beschreibung als auch im Ergebnisteil von den Studien in dieser Arbeit vernachlässigt, da diese keine Relevanz für die Beantwortung der Forschungsfrage aufweisen. Die Messungen für die Werte finden vor, während, also in Woche Nummer 13, und nach den 26 Wochen statt. Die Ergebnisse daraus werden miteinander in Bezug gesetzt.

3.1.13 Studie Nummer 13: Mikkola et al. (2011)

Die Interventionsdauer beträgt bei den 30 Freizeitsportlern, nach einem Vorbereitungstraining von sechs Wochen, acht Wochen. Während der Zeit müssen drei die Intervention abbrechen. Das Ziel der Studie lautet, herauszufinden, welche Änderungen das neuromuskuläre System nach schwerem Widerstands-, Schnelligkeits- oder Kraftausdauertraining aufweist. Es werden also drei verschiedene Interventionsmöglichkeiten umgesetzt. Vor und nach der Intervention werden dafür einige Parameter, wie zum Beispiel der Counter Movement Jump oder die Laufökonomie erhoben. Bei der Widerstandstrainingsgruppe wird neben dem normalen Krafttraining zweimal die Woche ein Widerstandstraining durchgeführt. Dabei werden drei bis vier Sätze mit 6 Wiederholungen absolviert. Die Pause zwischen den Sätzen beträgt 2 bis 3 Minuten. Wie beim Schnellkrafttraining, beträgt die Gesamtdauer einer Einheit 60 Minuten. Bei weitem geringer fallen allerdings bei diesem die Pausen zwischen den 3 bis 4 Sätzen mit je 6 Wiederholungen aus. Hier beträgt die Zeit 10 bis 20 Sekunden. Beim normalen Ausdauertraining führt man 9-mal in der Woche eine Lauf- oder Geheinheit zu je 30 Minuten aus. Alle Testungen werden am Laufband durchgeführt.

3.1.14 Studie Nummer 14: Millet et al. (2002)

Welchen Einfluss hat ein kombiniertes Kraft- und Lauftraining auf die Vo_2 - Aufnahme und die Laufökonomie? Um diese Frage zu beantworten, untersucht diese Studie 15 TriathletInnen. Davon führt eine Gruppe, bestehend aus sieben ProbandInnen, eine Kombination aus Lauf- und Krafttraining aus und die anderen, bestehend aus acht ProbandInnen, lediglich ein Lauftraining für 14 Wochen, durch. Bei der Interventionsgruppe mit der Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining werden neben dem Lauftraining zweimal die Woche Kraftausdauertrainings mittels Übungen für die Muskulatur im unterem Hüftbereich vollzogen. Als Beispiele können Übungen, wie die Beinpresse und parallele Squats, genannt werden. Bei den Workouts werden immer 2 Aufwärmätze und drei bis fünf Sätze zu je drei bis fünf Wiederholungen, bis man die Last nicht mehr bewältigen kann, absolviert. Die Lasten betragen mehr als 90 Prozent des 1RM. Die Einheit wird in einer dreiwöchigen Periodisierung durchgeführt. Die Laufgruppe absolviert lediglich ihre vier Einheiten, die im aeroben Bereich absolviert werden. Die Testungen werden jeweils vor und nach der Intervention durchgeführt. Zu den 14 Wochen kommen eine zehnwöchige Vorbereitungszeit hinzu. Sonst werden in dieser Studie keine weiteren Angaben über andere Daten sowohl beim Lauf- als auch beim Krafttraining ausfindig gemacht.

3.1.15 Studie Nummer 15: Paavolainen et al, (2011)

Um die Wirkung vom explosiven Krafttraining in Kombination mit dem normalen Lauftraining auf die 5 Kilometer Laufzeit zu untersuchen, werden 22, davon fallen allerdings vier während der Intervention aus, gut trainierte Ausdauerathleten im Bereich Cross- Country über einen Zeitraum von neun Wochen mit einem explosiven Krafttraining in Kombination mit ihrem üblichen Lauftraining herangezogen. Dieses Training führen acht AthletInnen durch. Im Gegensatz dazu bekommt die Kontrollgruppe nur ihr gewöhnliches Lauftraining. Der Trainingsumfang ist dabei in beiden Gruppen gleich. Es werden bei den Testungen, die vor und nach der Intervention durchgeführt werden, die 5km Laufzeit, die Laufökonomie, die Sprintzeit auf 20 Meter, der 5er Hop, die Vo2max und weitere Testungen am Laufband abgenommen. Die Trainingseinheiten finden dabei neun Mal pro Woche mit einer Dauer von circa einer Stunde statt. Bei der Trainingsgruppe mit dem explosiven Krafttraining werden zum einen Sprints im Bereich von 20 bis 100 Meter mit jeweils 5 bis 10 Wiederholungen und zum anderen unterschiedliche Variationen von Sprüngen, wie zum Beispiel alternierende Sprünge, Sprünge über Hürden oder Counter Movement Jumps durchgeführt. Dazu wird als Zusatz auch mit Gewichten, die 0 bis 40 Prozent des 1RM entsprechen, mit 5-20 Wiederholungen und Sätzen gearbeitet. Das Lauftraining für beide Gruppen besteht aus Dauerläufen, die als Vorgaben eine Zeit von 30 Minuten bis 2 Stunden haben. Dabei soll man sich 16 Prozent über der Laktatschwelle bewegen.

3.1.16 Studie Nummer 16: Piacentini et al. (2013)

Das Ziel dieser Studie ist es herauszufinden, ob ein Maximalkraft- oder ein Widerstandstraining in Kombination zum normalen Ausdauertraining bessere Auswirkungen auf die Leistungen der LäuferInnen hat. Dafür werden 21 ProbandInnen in drei Gruppen aufgeteilt. Fünf absolvieren dabei ein Maximalkrafttraining und sechs ein Widerstandstraining. Beide Interventionen werden in Kombination mit dem herkömmlichen Lauftraining absolviert. Die restlichen fünf Personen stellen die Kontrollgruppe dar. Diese trainieren lediglich Ausdauer, also ihre normalen Läufe. Fünf ProbandInnen fallen während der Intervention aus. Das durchschnittliche Alter der 16 ProbandInnen beträgt 44 Jahre. Vor und nach der Intervention werden immer Messungen, wie z.B. 1RM oder die Laufökonomie und andere Werte erhoben. Die Interventionsdauer beträgt 6 Wochen. Bei der Laufökonomie werden am Laufband drei Stufen mit einer Dauer von fünf Minuten absolviert. Dabei werden dann Werte, wie z. B. der Austausch des Atemgases und der Gasaustausch in der Lunge, erhoben. Die Laufökonomie wird hier festgelegt als das Vo2, das bei allen Laufgeschwindigkeiten aus dem Durchschnitt der letzten beiden Minuten errechnet wird.

Bei der Maximaltrainingsgruppe werden zusätzlich zum Laufprogramm zweimal pro Woche jeweils 4 Sätze zu je 3 bis 4 Wiederholungen mit 85 bis 90 Prozent des 1RM durchgeführt. Ebenfalls zweimal die Woche werden bei der Widerstandsgruppe 3 Sätze zu je 10 Wiederholungen mit 70 Prozent des 1RM trainiert. Bei der Kontrollgruppe werden nur die Läufe, also Grundlagenausdauer-, Intervall-, und Tempoläufe, zu je 50 Kilometer 4- bis 5-mal pro Woche absolviert.

3.1.17 Studie Nummer 17: Prieto-González & Sedlacek (2022)

Bei dieser Studie wird in drei Interventionsgruppen untersucht, wie sich bei 30 Freizeitläufern, die häufig ein Lauftraining absolvieren und bei Wettkämpfen mitmachen, die Laufleistungen und die physiologischen Parameter in Abhängigkeit zur Interventionsart, die über einen Zeitraum von zwölf Wochen praktiziert wird, verändern. Die erste Gruppe wird als Krafttrainingsgruppe, die laufspezifisches Krafttraining praktiziert, bezeichnet. Diese trainiert dreimal wöchentlich nur Krafttraining, das die Laufleistung der Athleten verbessern soll. Die zweite Gruppe wird als Ausdauergruppe bezeichnet. Diese absolviert dreimal wöchentlich Läufe. Bei der dritten Interventionsgruppe handelt es sich um eine Kombination aus beiden Gruppen, also eine Gruppe, die sowohl Ausdauer als auch spezifisches Krafttraining für LäuferInnen trainiert. Dafür wird ein Mesozyklus entworfen, der aus drei Bereichen besteht. In den ersten sechs Wochen erfolgt eine Anpassung, in den nächsten vier Wochen die Veränderung und abschließend die Durchführung in den ausstehenden zwei Wochen. Es werden dabei z.B. der Counter Movement Jump, das 1RM beim Squat, die Vo2max, die Laufökonomie bei 12 und 14 Kilometer pro Stunde und die Laktatschwelle gemessen. In den nachfolgenden Abbildungen mit den Nummern 9 und 10 können zum einen alle Daten zu den Übungen jener zwei Gruppe, der Kraft- und Lauftrainingsgruppe, die ein laufspezifisches Krafttraining durchführen, und zum anderen die Angaben für die Läufe, die von der Ausdauertrainingsgruppe absolviert werden, entnommen werden. Ob alle drei Gruppen dasselbe Trainingsvolumen absolvieren, ist jedoch nicht aus dieser Studie herauszulesen.

Week	Training Parameters
1	Fartlek training. Du: 50'; I: 117–162 b.p.m.
2	Fartlek training. Du: 55'; I: 117–162 b.p.m.
3	Fartlek training. Du: 60'; I: 117–162 b.p.m.
4	Continuous training; Du: 55'; I: 135–139 b.p.m.
5	Continuous training; Du: 50'; I: 139–144 b.p.m.
6	Continuous training; Du: 45'; I: 144–149 b.p.m.
7	Extensive interval training (long intervals); I: 159–162 b.p.m.; 10S of 3'; RT: 2'
8	Extensive interval training (long intervals); I: 162–165 b.p.m.; 10S of 2'30"; RT: 2'
9	Extensive interval training (medium intervals). I: 165–168 b.p.m.; 14S of 1'30"; RT: 2'
10	Extensive interval training (medium intervals). I: 168–171 b.p.m.; 16S of 1'; RT: 2'
11	Repetition training. I: 180 b.p.m.; 5R of 3'. RT: 8'
12	Competition method. I: 100% of competition running pace; 1R; Di: 3.5 km

Du: duration; I: intensity; R: repetitions; RT: resting time; b.p.m.: beats per minute; Di: distance.

Abbildung 10: Angaben aller Übungen der Ausdauertrainingsgruppe (Prieto-González & Sedlacek 2022).

Week	Training Parameters
1	I: 64% 1RM; S: 4; R: 14; RT: 2"; Ex: Squat, leg curl, calf raise
2	I: 69% 1RM; S: 4; R: 12; RT: 2'; Ex: Squat, leg curl, calf raise
3	I: 69% 1RM; S: 5; R: 12; RTS: 2'; Ex: Squat, leg curl, calf raise
4	I: 69%–69%–75%–75%–80% 1RM; S: 5; R: 12-12-10-10-8; RTS: 3'; Ex: Squat, leg curl, calf raise
5	I: 69%–75%–80%–85% 1RM; S: 4; R: 12-10-8-6; RTS: 3'; Ex: Squat, leg curl, calf raise
6	I: 80% 1RM; S: 4; R: 8; RTS: 3'; Ex: Squat, leg curl, calf raise
7	6S of: Squat (6R at 80% 1RM) + hurdle hops (10R) + 2'30" running at 100% of MAS; RTS: 5'
8	6S of: Squat (5R at 82% 1RM) + hurdle hops (10R) + 2'30" running at 100% of MAS; RTS: 5'
9	6S of: Squat (4R at 84% 1RM) + extended bounds (cover 50 m alternating legs by doing the lowest possible number of strides) + 2'15" running at 105% of MAS; RTS: 5'
10	6S of: = Squat (3R at 86% 1RM) + extended bounds (cover 50 m alternating legs by doing the lowest possible number of strides) + 2' running at 110% of MAS; RTS: 5'
11	Uphill running. Di: 200 m; I: 115% of MAS; Incl: 6%; S: 3; R: 5; RTR: 3'; RTS: 10'
12	Uphill running. Di: 200 m; I: 120% of MAS; Incl: 6%; S: 2; R: 5; RTR: 3'; RTS: 10'

I: intensity; S: sets; R: repetitions; RTS: resting time between sets; RTR: resting time between reps; 1RM: one-repetition maximum; MAS: maximum aerobic speed; Di: distance; Incl: inclination.

Abbildung 9: Angaben aller Übungen bei der Trainingsgruppe, die ein laufspezifisches Ausdauertraining absolviert (Prieto-González & Sedlacek 2022).

3.1.18 Studie Nummer 18: Ramirez – Campillo et al. (2014)

36 Mittel- und LangstreckenläuferInnen, davon 18 in der Schnellkrafttrainingsgruppe und 18 in der Kontrollgruppe, die regelmäßig an Wettkämpfen teilnehmen und Lauferfahrung aufweisen, nehmen für sechs Wochen an der Studie teil, um herauszufinden, ob die explosive Schnellkraft und die Ausdauerleistungen von AthletInnen durch plyometrisches Training verbessert werden können. Auch die Geschlechteraufteilung der beiden Trainingsgruppen erfolgt homogen. Dabei wird miteinander moderates plyometrisches Training mit explosivem Schnellkraft- und Ausdauertraining kombiniert. Dafür wird vor, während und nach der Intervention jeweils immer eine Testung durchgeführt. Hinzu kommt, dass die AthletInnen für die plyometrischen Übungen und Testübungen eingeschult werden. Die Testbatterie besteht aus folgenden Übungen: Drop Jump von 20 und 40 Zentimeter, Counter Movement Jump mit Armen, 2 Metersprünge und 2,4 Kilometer Ausdauerlauf. Bei den Testungen nach der Intervention fallen eine Person bei der explosiven Schnellkraftgruppe und drei bei der Kontrollgruppe aus. Bei der Schnellkrafttrainingsgruppe werden zweimal pro Woche mit einer Pause von 48 Stunden für weniger als 30 Minuten plyometrische Übungen durchgeführt. Zuvor wird ein zehnminütiges Aufwärmen mit submaximalen Läufen und Sprungserien praktiziert. Die Übungen bestehen nur aus 60 bouncing Dropjumps. Dabei werden immer 2 Sätze zu 10 Wiederholungen mit einer Satzpause von 15 Sekunden von einer Höhe von 20, 40 und 60 Zentimetern vollzogen. Die Serienpause zwischen den Sätzen beträgt 2 Minuten. Hinzu kommen abschließend die Läufe, die die Kontrollgruppe ebenfalls absolviert. Allerdings liegen in der Studie keine Daten über die Häufigkeit, Dauer, Wiederholungsanzahl und Art der Läufe vor.

3.1.19 Studie Nummer 19: Saunders et al. (2006)

Um herauszufinden, welche Wirkung plyometrisches Krafttraining, also die Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining, auf die Laufleistung von Ausdauerathleten hat, werden 15 Probanden ausgewählt dreimal pro Woche für 30 Minuten zusätzlich zum Lauftraining ein Krafttraining zu absolvieren. Es wird von den AutorInnen der Studie davon ausgegangen, dass diese Art der Intervention eine Auswirkung auf die leistungsbestimmenden physiologischen Parameter, die Laufökonomie und die Laufzeiten der Probanden hat. Die Interventionsgruppe, besteht aus sieben Probanden und die Kontrollgruppe, die über denselben Zeitraum nur ein normales Ausdauertraining absolviert, besteht aus neun Probanden. Eine Person muss die Intervention aus Verletzungsgründen abbrechen. Bei der Kontrollgruppe werden vor der Intervention und fünf und neun Wochen nach der

Intervention, Messungen vollzogen. Bei der Interventionsgruppe wird plyometrisches Training mit den Läufen kombiniert. Beim plyometrischen Training absolvieren die Athleten in der ersten Woche zwei Einheiten, um sich an die Übungen und die Ausführung gewöhnen zu können. Während der nächsten vier Wochen finden zwei Einheiten in der Kraftkammer und eine auf der Wiese statt. Die letzten vier Wochen wird die Anzahl der Einheiten draußen und drinnen umgedreht. Die Last beträgt dabei 60% des 1RM. Die Interventions- und Kontrollgruppe spulen ein Programm von 107 Kilometern in der Woche herunter. Dabei werden dreimal wöchentlich kürzere, jedoch belastungsintensivere, Intervalle gelaufen. Einmal pro Woche wird ein längerer Lauf durchgeführt. Dieser hat eine Dauer von 60 bis 150 Minuten. Zudem kommen drei mittellange Läufe mit einer Belastungszeit von 30 bis 60 Minuten hinzu. Es wird darauf geachtet, dass beide Gruppen die gleichen Belastungen und Trainingsdauer haben. Die Läufe sind daher bei allen gleich. Die Einheiten, die die Interventionsgruppe beim plyometrischen Training absolviert, werden bei der Kontrollgruppe mit Rumpfstabilitätsübungen und Dehnungsübungen ausgeglichen.

3.1.20 Studie Nummer 20: Støren et al. (2008)

Es soll herausgefunden werden, welche Auswirkungen ein maximales Krafttraining auf die Laufökonomie mit 70 Prozent der Vo2max und die Erschöpfungszeit hat, wenn man maximale aerobe Geschwindigkeiten läuft. Dabei werden vor und nach der Intervention die Werte der Vo2max, das 1Repetition Maximum und die Kraftentwicklung bei Squats, die Laufökonomie und die Zeit bis zur absoluten Erschöpfung beim Laufen gemessen. Bei diesen Testungen werden ein Laufband und Hanteln für die Squats verwendet. 17 sehr gut trainierte AusdauerathletInnen werden in eine Kontrollgruppe, die nur Ausdauertraining in Form von Läufen absolviert, und in eine Gruppe, die maximales Krafttraining in Kombination mit Läufen durchführt, eingeteilt. Dieses führen sie dreimal pro Woche über eine Zeitspanne von acht Wochen aus. Dieses Training besteht aus Half Squats die mit 4 Wiederholungen des 1RM mit 4 Sätzen durchgeführt werden. Die Pausenzeit beträgt 3 Minuten. Werden bei einem Satz 5 Wiederholungen geschafft, wird das Gewicht um 2,5 Kilogramm erhöht. Hinzu kommen die normalen Ausdauertrainingseinheiten, die von der Kontrollgruppe ebenfalls ausgeführt werden. Dabei müssen die LäuferInnen ihre Intensitätszonen in Abhängigkeit zur maximalen Herzfrequenz pro Lafeinheit bekanntgeben. Hierfür gibt es die Intensitätszone 1 mit 60-85%, die Intensitätszone 2 mit 85-90% und die Intensitätszone 3 mit 90-95% der maximalen Herzfrequenz.

3.1.21 Studie Nummer 21: Taipale et al. (2014)

Bei dieser Studie sollen die Auswirkungen eines kombinierten Maximal- und Schnellkrafttraining auf die Laufleistungen von 34 HobbyläuferInnen erhoben werden. Dabei wird dieses Programm dem bereits bestehenden Laufprogramm hinzugefügt. Als Eingewöhnung erfolgt eine Einschulungsphase von acht Wochen bis die Intervention, die ebenfalls wieder acht Wochen lang andauert und von 18 AthletInnen absolviert wird, durchgeführt wird. In den acht Vorbereitungswochen werden 12 Einheiten absolviert. Dabei werden Übungen, die die Hauptmuskeln der Beine und den unteren Hüftbereich betreffen, mit 50 bis 70 Prozent des 1RM absolviert. Bei den acht Wochen der eigentlichen Intervention findet in den Wochen 8 bis 12 ein Belastungs-Pausenverhältnis von 45 zu 15 Sekunden statt und in den Wochen 12 bis 16 beträgt dieses 50 zu 10 Sekunden. Dafür nehmen die Trainingseinheiten pro Woche von 1,75 auf 1,25 im Schnitt ab. In beiden Gruppen wird während der ersten acht Wochen dreimal und während der zweiten acht Wochen nur mehr 2,75-mal pro Woche trainiert. Beide Gruppen haben dasselbe Trainingsvolumen und die AthletInnen bekommen während der achtwöchigen Intervention einen individuellen Trainingsplan. Die Kontrollgruppe besteht aus 16 Personen. Diese trainieren mit ihrem eigenen Körpergewicht mittels Zirkeltraining und ihren normalen Läufen. Die Läufe werden unter der Laktatgrenze absolviert. Bei dieser Studie wird bereits vorweggenommen, dass durch Krafttraining die Laufgeschwindigkeiten- und die Laufökonomie verbessert werden. Daher geht man davon aus, dass eine Mischung aus submaximalen Lafeinheiten mit niedriger Intensität, explosivem und maximalem Krafttraining zu einer weiteren Verbesserung führen kann. Die AthletInnen werden nach Geschlechtern in eine Interventionsgruppe mit je neun Männer und Frauen und in eine Kontrollgruppe mit je neun Männern und sieben Frauen, die zuvor schon erwähnt und beschrieben wurden, aufgeteilt. Alle Angaben zu den Übungen und Daten dazu kann man aus der nachfolgenden Abbildung 11 entnehmen.

	Running kilometers (km·wk ⁻¹) (mean ± SD)		Running volume (h:min) (mean ± SD)	
	Week 0–Week 8	Week 8–Week 16	Week 0–Week 8	Week 8–Week 16
Running volume				
M†	19 ± 12	18 ± 11	4:47 ± 2:29	4:55 ± 1:55
MC	20 ± 9	25 ± 15	4:01 ± 1:50	4:39 ± 1:41
W	22 ± 14	23 ± 13	4:32 ± 1:50	4:51 ± 1:54
WC	18 ± 11	19 ± 13	4:49 ± 2:18	4:59 ± 2:25
	Sets	Repetitions	Load	Recovery (min)
Strength training intervention program part 1 (4 wk)				
Squat				
Warm-up	1–2	10	50–70% 1RM	2
Maximal strength training	2	6	6RM	3
Leg press				
Warm-up	1–2	10	50–70% 1RM	2
Maximal strength training	2	6	6RM	3
Box jumps	2	8	Body weight	2–3
Vertical jumps	2	8	Body weight	2–3
Sit-ups, back-extension	3	20–30	Body weight	2
Strength training intervention program part 2 (4 wk)				
Squat/leg press				
Warm-up	2	10	50–70% 1RM	2
Maximal strength training	3	4	4RM	3
Box jumps	3	10	Body weight	2–3
Vertical jumps	3	10	Body weight	2–3
Sit-ups, back extension	3	20–30	Body weight	2

*Note that during the last 4 weeks squat or leg press were performed only once.
†M = experimental men; MC = control men; W = experimental women; WC = control women.

Abbildung 11: Übungen und Daten des kombinierten Kraft- und Ausdauerprogrammes (Taipale et al. 2014).

3.1.22 Studie Nummer 22: Vikmoen et al. (2017)

Bei dieser Studie soll herausgefunden werden, ob die Lauf- und Radfahrleistungen durch Krafttraining verbessert werden können. Der Fokus soll bei den Beschreibungen und Auswertungen der Studie allerdings im Laufbereich gelegt werden, um den Rahmen dieser Masterarbeit nicht zu sprengen. Das bedeutet, dass die Ergebnisse bei den Radfahrtestungen und im Radfahrbereich größtenteils vernachlässigt und nicht erörtert und angegeben werden. Als Probandinnen werden dafür Duoathletinnen herangezogen. Dabei sollen elf Athletinnen ein kombiniertes Kraft- und Lauftraining und acht nur ein Lauftraining zweimal in der Woche über einen Zeitraum von elf Wochen absolvieren. Dabei wird der anaerobe Metabolismus, die Vo₂max, das 1RM beim Squat und die Zeit bei einem submaximalen Lauf, bei dem anschließend ein fünfminütiger Lauf in maximaler Geschwindigkeit durchgeführt wird, gemessen. Dieselben Prozedere und Messungen erfolgen beim Radfahren. Beim Lauftraining werden die Intensitäten und die Dauer der Läufe in Abhängigkeit zur maximalen Herzfrequenz gesetzt. Dabei werden drei Gruppen gebildet. Bei der ersten betragen die Werte 60 bis 80 Prozent, bei der zweiten 83 bis 87

Prozent und bei der dritten 88 bis 100 Prozent der maximalen Herzfrequenz. Es werden dabei 4 Übungen zur Stärkung der Beinmuskulatur trainiert. In den ersten drei Wochen wird beim Krafttraining mit 10 RM Sätzen in der ersten Trainingseinheit und 6 RM Sätze in der zweiten Einheit pro Woche begonnen. Es erfolgt eine sukzessive Steigerung der Last pro Woche. In den Wochen sieben bis elf werden in der ersten Einheit 6RM Sätze und ein oder zwei 4RM Sätze durchgeführt.

3.1.23 Studie Nummer 23: Vorup et al. (2016)

Das Ziel dieser Studie ist es die Effekte von einem kombinierten Lauf- und Krafttraining auf die Laufökonomie und muskulären Anpassungen zu erforschen. Es gibt bei der Studie 16 Probanden, die in ihrer Freizeit mehrmals im Jahr an unterschiedlichsten Laufevents teilnehmen. Diese werden in zwei Gruppen gegliedert. Davon kommen neun Athleten in die Gruppe, die ein kombiniertes Kraft- und Lauftraining absolvieren. Die übrigen sieben führen ebenfalls für acht Wochen eine Intervention aus, allerdings nur Läufe. Diese Gruppe stellt die Kontrollgruppe dar. Vor der Intervention gibt es ein vierwöchiges Anpassungstraining. Es werden dabei die Tests am Ende im Bereich der Laufökonomie, Vo2max und Zeit zur absoluten Erschöpfung durchgeführt. Hinzu kommt, dass während der Anpassung die Teilnehmer bereits an die Kraftübungen sensibilisiert werden und die korrekte Übungsausführung erlernen. Beim eigentlichen Krafttraining erfolgt für acht Wochen eine Aufteilung von zwei Einheiten und zwar ein Lauf- und Krafttraining pro Woche. Hinzu kommt, dass nach der Einheit beim Krafttraining noch sehr hohes bzw. moderates Intensitätstraining durchgeführt wird. Das Krafttraining selbst besteht aus drei Übungen: Squats, Beinpresse und Deadlifts. Die Belastung wird dabei von Woche zu Woche erhöht. In der ersten Woche wird 10-mal das 1RM überwunden. In der Woche Nummer zwei wird das Gewicht 2-mal je 8-mal, in den Wochen drei und vier 3-mal zu je 6-mal und in den letzten vier Wochen 4-mal je 4-mal gestemmt. Zwischen den Sätzen beträgt die Erholungszeit drei Minuten. Nach diesem Krafttraining finden noch Läufe im aerob gemäßigten Intensitätsbereich statt. Diese haben eine Distanz von 2 bis 17 Kilometer in der Woche mit einer Herzfrequenz von 80 Prozent der maximalen. Das aerobe Hochintensitätstraining wird mit 8-mal 2 Minuten Laufintervallen bei einer Herzfrequenz von über 90 Prozent der maximalen mit einer Erholungszeit von einer Minute durchgeführt. Dabei werden circa 2 Kilometer zurückgelegt. Das Lauftraining besteht aus wiederholten 30 Sekunden Läufen, die mit einer fast maximalen Geschwindigkeit von 90 bis 95 Prozent der maximalen Geschwindigkeit durchgeführt werden. Die Pausenzeit beträgt 3 Minuten. Die Anzahl der Wiederholungen wird innerhalb der acht Wochen sukzessive von 4 auf 6,

auf 8 in der dritten und vierten Woche, bis auf 10 in den letzten vier Wochen gesteigert. Vor den Lauftrainings werden Mobilitäts- und Aktivierungsübungen absolviert und es wird ein 10 Minuten andauerndes Einlaufen absolviert.

3.2 Übersichtstabelle der „Clinical und Randomized Trials“

Tabelle 2: Zusammenfassung der „Clinical und Randomized Trials“

Studie	AutorInnen	Stichproben/ Geschlecht	Dauer	Art der Intervention	Häufigkeit	Ergebnisse	Bewertungen
1	Barnes et al. (2013)	20 LäuferInnen Geschlechter- Aufteilung: Keine Angaben	6 W 2 EH	Widerstandstraining durch Bergaufläufe 5 unterschiedliche Gruppen Gruppe 1: 3 ProbandInnen Gruppe 2: 5 ProbandInnen Gruppe 3: 5 ProbandInnen Gruppe 4: 4 ProbandInnen Gruppe 5: 3 ProbandInnen Keine Kontrollgruppe	Gruppe 1: Steigung: 18% Verhältnis Belastung und Erholung: 1:6 Steigerung der Laufintervalle: 1 W: 12x8sek bis zur W. 6: 24x12sek Dann Gruppe 2-4: Angaben zu lange: Allgemein: Steigungen werden minimiert, Belastungen erhöht Genauere Informationen: Siehe Abbildung 3 Gruppe 5: Steigung 4%; Verhältnis Belastung und Erholung: 1:1, Steigerung der Laufintervalle. 1W: 2x10min bis zur W 6: 2x25min	Gruppe 1: beste Verbesserung der Laufökonomie aerobe Parameter verschlechtert Gruppe 1-3: Verbesserung der Schrittfrequenz Bei Gruppe 2, 3 und 4: Verbesserung der Laufökonomie Gruppe 3 und 4: beste aerobe Parameter Bei den Gruppen 2-5: Verbesserungen der aeroben Parameter	PEDro- Skala: 7/8 B&D- Skala: 24/26

2	Barnes et al. (2013)	50 Cross-Country LäuferInnen 28 männlich 22 weiblich 8 nicht beendet	13 W VB: 4 W	2 Arten: (22, 13m, 9w) Schweres Krafttraining und Normales Lauftraining davon (5) nicht beendet (20, 10m,, 10w) plyometrisches Krafttraining und Normales Lauftraining davon (3) nicht beendet Keine Kontrollgruppe	Aufteilung nach 4 Wochen Angaben zu lange: Allgemein: Steigerungen werden minimiert, Belastungen erhöht Angaben zu lange: Allgemein: Steigerungen werden minimiert, Belastungen erhöht Genauere Informationen: Siehe: Abbildung 4	Gerade bei den Frauen: Schweres Krafttraining besser Sehr geringe Verbesserungen: Laufökonomie Geschwindigkeitsspitzen Neuromuskuläre Anpassungen; Biomechanische Merkmale Allgemein: Verbesserungen bei den Frauen sind größer als bei den Männern → Laufzeiten	PEDro-Skala: 7/8 B&D-Skala: 25/26
3	Bertuzzi et al. (2013)	22 LäuferInnen männlich weiblich Geschlechter-Aufteilung: Keine Angaben 2 nicht beendet	6 W	3 Arten: (8) Krafttraining mit Vibrationsplatte (8) Krafttraining ohne Vibrationsplatte (6) Kontrollgruppe	Zweimal die Woche: Woche 1-2: Wiederholung: 8-10 Sätze: 3 Last: 75% des 1RM Woche 5-6: Wiederholung: 4-6 Sätze: 6 Last: 75% des 1RM Bei Gruppe mit Vibrationsplatte: Steigerung der Frequenz Beide Gruppen: Läufe: keine Angaben Läufe: keine Angaben	Verbesserung der dynamischen Maximalkraft; Verbesserung des 1RM Verbesserung der dynamischen Maximalkraft; Verbesserung des 1RM Sonst keine Verbesserungen	PEDro-Skala: 7/8 B&D-Skala: 25/26

				davon (2) nicht beendet			
4	Enoksen et al. (2011)	26 Läufer männlich	10 W 6 EH	2 Arten: (K.A.) Hochintensitätstraining mit niedrigeren Distanzen Mit Kräftigung (K.A.) Niedrigintensitätstraining mit größeren Distanzen Mit Kräftigung Keine Interventionsgruppe	Intensitäten: 33% aller Läufe mit 82-92% der max. HF 67% mit 65-82% der max. HF Distanz: 50km 13% aller Läufe mit 82-92% der max. HF 87% mit 65-82% der max. HF Distanz: 70km	Verbesserung der Laufökonomie Verbesserung der Vo2max Verbesserung der Laktatschwelle Verbesserung der Laufzeit Verbesserung der Laufökonomie	PEDro-Skala: 7/8 B&D-Skala: 25/26
5	Esteve-Lanao et al. (2008)	18 Ausdauer-athletInnen männlich	6 W 2 EH	3 Arten: (6) Lautraining mit periodisiertem Krafttraining (6) Lauftraining mit Krafttraining (6) Lauftraining	Erste Woche: Vorbereitenden Übungen z.B Krafttraining mit eigenem Körpergewicht Weitere Wochen: Mesozyklus: Siehe: Abbildung 5 Übungen: Abbildung: 7 Angaben zum Krafttraining: Siehe: Abbildung 6 Lauftraining: Häufigkeit: 4 bis 5 Mal pro W Dauer: 40 bis 60min Intensität: 70% der max. HF WL Gesamtlänge: 50-70 KM Genauere Informationen: Lauftraining: Siehe oben	Kein Verlust der Schrittlänge Verlust der Schrittlänge Verlust der Schrittlänge	PEDro-Skala: 8/8 B&D-Skala: 26/26

6	Ferley et al. (2013)	32 Ausdauer-athletInnen männlich weiblich 14 männlich 18 weiblich Keine genauere Aufteilung der Geschlechter	6 W VB: 3M	3 Arten: Vorbereitungsphase 3 Monate (12) Bergaufintervalle (12) normale Intervalle (8) Kontrollgruppe	2 Mal Grundlagenläufe: Keine Daten 2 Mal Bergauf Intervalle: Steigung: 17,63 Prozent Belastungsdauer: 30sek Pausendauer: bis unter 65% der maximalen HF Wiederholungen: 10-14 2 Mal Grundlagenläufe: Keine Daten 2 Mal Intervall Läufe in der Ebene Steigung: 1% Belastungsdauer: 45 bis 60min Pausendauer: bis unter 65% der maximalen HF Wiederholung: 4-6 Dauer gesamt: 45-60min Circa fünf Mal wöchentlich mit einer Belastungsdauer von 270min Sonst keine Angaben	Signifikante Verbesserung: Erhaltung der Vo2max bei schnellen Geschwindigkeiten Bei allen drei Gruppen: Niedrigere Ermüdungsfähigkeiten Erhöhung der Laktatschwelle Erhöhung der Vo2mmax Erhöhung der Laufgeschwindigkeit Alle Verbesserungen sind nicht signifikant Erhaltung der Vo2max bei schnellen Geschwindigkeiten	PEDro-Skala: 7/8 B&D-Skala: 25/26
7	Finatto et al. (2018)	32 Läufer männlich 3 nicht beendet	12 W	2 Arten: (13) Pilates- und Laufgruppe:	Periodisierung: Steigerung der Übungen: 1W: Vorübungen von Pilates W 2-5: Grundübungen von Pilates W: 6-12: intermittierendes Pilates	Verbesserung: Metabolische Energiegewinnung Vo2max Laufleistung Rumpfmuskulatur und Haltung	PEDro-Skala: 8/8

					Läufe: periodisiert: Alle Arten: Grundlagenausdauerläufe Intervalle, Pyramiden usw. Genauere Informationen: Siehe: Abbildung 8		B&D-Skala: 26/26
				(15) Kontrollgruppe: nur Läufe	Nur Läufe: siehe oben	Verbesserung der Laufleistung	
8	Guglielmo et al. (2009)	17 Ausdauer-athletInnen männlich weiblich Geschlechter-Aufteilung: Keine Angaben	4 W	2 Arten: (9) Schnellkrafttraining (7) Schweres Krafttraining (1) Nicht beendet	Wochen 1-2 Sätze: 3 Wiederholungen: bis zu 12 Pause: 3min, In den weiteren Wochen Steigerung des Gewichtes mit 4-5 Sätzen, und einmal die Woche intervallartiges Lauftraining, Dauer: 60min Wochen 1-2: Sätze: 3 Wiederholungen: bis zu 6 Pause: 3min; In den weiteren Wochen Steigerung des Gewichtes mit 4-5 Sätzen, und einmal die Woche intervallartiges Lauftraining, Dauer: 60min	Verbesserung der Laktatgrenze Verbesserung der Laktatgrenze Verbesserung der Laufökonomie Verbesserung des 1RM	PEDro-Skala: 7/8 B&D-Skala: 25/26

					Maximalkrafttraining: Last: Größer 85% des 1RM Wiederholungen: 1-6 Pause: Keine Angaben Sätze: Keine Angaben Läufe: Keine Angaben Läufe: keine Angaben: Intensität und Dauer bei beiden Gruppen gleich	Verbesserung der Maximalkraft Verringerung der Herzfrequenz Verringerung der Herzfrequenz	
13	Mikkola et al. (2011)	30 Ausdauer-athleten männlich (Freizeit-athleten) 3 nicht beendet	8 W VB: 6 W	3 Arten: (11) Schweres Widerstandstraining (10) Schnellkrafttraining (6) Ausdauertraining (3) Nicht beendet	Neben Krafttraining: Häufigkeit: 2 Mal pro Woche Wiederholungen: 6 Umfang: 3 bis 4 Sätze Pause: 2-3min Dauer: 60min Neben den Krafttraining: Häufigkeit: 2 Mal pro Woche Wiederholungen: 6 WH Last: Je 0-40% des 1-RM Umfang: mit 3-4 Sätze Pause: 10-20sek Dauer: 60min. Hauptsächlich Läufe oder gehen. Häufigkeit 9 Mal pro Woche; Dauer 30min Keine weiteren Angaben	Verbesserung: Maximalkraft Maximale Laufgeschwindigkeiten Laufleistung,-ökonomie (nicht signifikant) Ausdauer Vo2max (nicht signifikant) Maximalkraft Laufleistung,-ökonomie (nicht signifikant) Ausdauer Vo2max (nicht signifikant) Laufleistung,-ökonomie(nicht signifikant) Ausdauer Vo2max (nicht signifikant)	PEDro-Skala: 8/8 B&D-Skala: 26/26
14	Millet et al. (2002)	15 Tri-athletInnen	14 W VB: 10W	2 Arten:	Häufigkeit: 2 Mal pro W Wiederholungen: 3-5 WH	Verbesserung der Maximalkraft Verbesserung der Laufökonomie	PEDro-Skala:

		Geschlechter- Aufteilung: Keine Angaben	2 EH	(7) Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining (8) Lauftraining (Ausdauer)	Umfang: 3-5 Sätze bis zur Aufgabe, Last: 90% des 1RM, Pro Woche Erhöhung der Satz- und Lastanzahl, Dauer: 3 Wochen Periode; Und 4 Mal die Woche Läufe 4 Mal die Woche Lauftraining	Verbesserung der VO2max Keine Verbesserung	25/26 B&D- Skala: 7/8
15	Paavolain en et al, (2011)	22 Ausdauer- athletInnen männlich 4 nicht beendet	9 W 12 EH	2 Arten: (10) explosives Krafttraining und Lauftraining (8) Kontrollgruppe: Lauftraining: (4) nicht beendet	Läufe: Distanz: 20-100m Anzahl: 5-10 pro Woche Sprünge: Wiederholungen: 5-20 Sätze: 5-20 Last: 0-40% der Vo2max Dauerläufe mit 30min bis 2h Anzahl: 3-5 pro Woche	Verbesserungen: Vo2maxdemand Vo2max Laufökonomie Zeitverbesserung auf 5km Neuromuskuläre Anpassungen Zeitverbesserung auf 5km Vo2max	PEDro- Skala: 8/8 B&D- Skala: 26/26
16	Piacentini et al. (2013)	21 Ausdauer- athletInnen 16 männlich 5 weiblich	6 W	3 Arten: (6, 4m, 2w) Maximalkrafttraining	Maximalkrafttraining: Häufigkeit: 2 Mal pro Woche Umfang: 4 Sätze Wiederholungen: 3-4 WH Last: 85-90% des 1RM Region: Unter- und Oberkörper und Laufprogramm: siehe unten	Verbesserungen: Laufökonomie Muskeldicke/Steife	PEDro- Skala: 8/8 B&D- Skala: 26/26

				(5, 3m, 2w) Widerstandstraining (5, 5m) Kontrollgruppe (5) Nicht beendet	Widerstandstraining Häufigkeit: 2 Mal pro Woche Umfang: 3 Sätze Wiederholungen: 10 WH Intensität: 70% des 1RM Region: Unter- und Oberkörper und Laufprogramm: siehe unten Laufprogramm: 50km 4 bis 5 Mal die Woche, Grundlagenausdauer-, Intervall-, Tempoläufe	Counter Movement- und Squat Jump Keine Verbesserungen	
17	Prieto – Gonzalez & Sedlacek (2022)	30 Läufer männlich	12 W	(K.A.) Laufspezifisches Krafttraining (K.A.) Ausdauertraining (K.A.) Kombination aus Lauf- und Krafttraining	3 Mal pro Woche 3 Mal pro Woche Beide Trainingsarten 3 Mal pro Woche Genaue Wertangabe: Siehe Abbildung Nummer 9 und 10.	Verbesserungen Counter Movement Jump, 1RM beim Squat Laufökonomie bei 12 und 14 Kilometer pro Stunde Verbesserungen Laufökonomie bei 12 und 14 Kilometer pro Stunde, Vo2max Laktatschelle Größte Verbesserungen der Maximalkraft, der Explosivkraft der Laufökonomie und fast bei allen anderen Parametern auch Verbesserung	PEDro-Skala: 8/8 B&D-Skala: 26/26
18	Ramirez – Campillo	36 Ausdauer-athletInnen	6 W 2 EH	2 Arten: (18, 10m 8w) Explosivkrafttraining	Plyometrische Übungen:	Verbesserungen der 2,4km Zeit Verbesserung der 20m Sprintzeit	PEDro-Skala:

	et al. (2014)	22 männlich 14 weiblich			Insgesamt 60 bouncing Drop Jumps Umfang: 2 Sätze Wiederholungen: 10 WH Sprunghöhen: 20,40,60cm Satzpause: 15sek Serienpause: 2min (18, 12m 6w) Kontrollgruppe Keine Angaben	Counter Movement Jump Drop Jump aus 20 und 40cm Höhe Sprintleistungen im Wettkampf Keine Verbesserung	7/8 B&D- Skala: 24/26
19	Saunders et al. (2006)	15 Ausdauer- athleten männlich	9 W	2 Arten: (7) Plyometrisches Krafttraining (8) Ausdauertraining	3 Einheiten pro Woche 3 Mal 30min: Woche 1: nur zwei Einheiten: Technik und Vorbereitung Woche 1-4: 2 Einheiten in der Kraftkammer 1 Einheit am Sportplatz Woche 5-8: 1 Einheit in der Kraftkammer 2 Einheiten am Sportplatz Last: 60% des 1RM Übungen: Beine, Hüfte Gesamtstrecke: 107km pro W 3 intensive Intervallläufe Intensität: hoch Distanz: kurz 3 mittellange Läufe: Dauer: 30- 60min 1 Langstreckenlauf: Dauer: 60- 90min	Verbesserung: Laufökonomie (nur bei Laufgeschwindigkeit von 18km/h) Vo2max Dynamische Kraft Sprungkraft Abdruckkraft vom Boden Keine signifikanten Verbesserungen	PEDro- Skala: 8/8 B&D- Skala: 26/26

20	Støren et al. (2008)	17 Ausdauer-athletInnen 9 männlich 8 weiblich	8 W 3 EH	2 Arten: (8, 4m, 4w) Maximalkrafttraining (9, 5m, 4w) normales Ausdauertraining	3 EH pro Woche Übung: Half-Squats Wiederholungen: 4 RM Sätze: 4 Last: Ab Wiederholung 5: 2,5kg mehr an Gewichten Pause: 3min Überprüfung mittels Herzfrequenzen Intensitätszone 1: 60-85% Intensitätszone 2: 85-90% Intensitätszone 3: 90-95%	Erschöpfungszeit Laufökonomie 1RM bei Half-Squat Keine Änderungen	PEDro-Skala: 8/8 B&D-Skala: 26/26
21	Tiapale et al. (2014)	34 Hobby Ausdauer-athletInnen 16 männlich 18 weiblich	8 W VB: 8 W 12 EH	Vorbereitungsphase: Hypertrophietraining und Ausdauerlauf 2 Arten: (18, 9m, 9w) Kombination aus Maximalkraft- und Schnelligkeitsausdauer	Ersten 8 Wochen: VB Kraft: Last: 50-70% des 1 RM WH: circa 10 Pro Woche: 1,2 EH Ausdauer: Intensität: unter Laktatgrenze Pro Woche: 3 EH Interventionsphase: 8 Wochen Kraft: Woche: 1-4: Pro Woche: 1,75 Woche: 5-8: Pro Woche: 1,25 Ausdauer: Intensität: unter Laktatgrenze	Verbesserung: Maximale Laufgeschwindigkeiten Submaximales Laufen Laktatwerte Herzfrequenz (w) Maximalkraft Vo2max (w) Laufökonomie (m)	PEDro-Skala: 8/8 B&D-Skala: 26/26

				(16, 7m, 9w) Zirkeltraining und Läufe	Pro W: 2,75 EH Genauere Informationen siehe: Abbildung 19 Ersten 8 W: VB Last: 50-70% des 1 RM Interventionsphase: 8 Wochen Zirkeltraining: Region: Rumpf Woche 1-4: Pro Woche: 1,75 EH Training: 45sek Pause: 15 sek Woche 5-8: Pro Woche: 1,25 EH Training: 50sek Pause 10sek Ausdauer: Intensität: unter Laktatgrenze Pro Woche: 2,75 EH	Maximale Laufgeschwindigkeit (w) Laktatwerte Herzfrequenz (w) Vo2max (m) Laufökonomie (m)	
22	Vikmoen et al. (2017)	28 Duo- athletinnen weiblich	11 W	2 Arten: (11) Kombination Ausdauer- und Krafttraining	Krafttraining: 4 Beinübungen: 2x pro W 1. EH: W 1-3: 10 RM Sätze 2 EH: W 1-3: 6 RM Sätze 1 EH: Verringerung der WH bis	Verbesserung der Laufleistung 1 RM beim Squat Vergrößerung der Beinmuskulatur	PEDro- Skala: 8/8 B&D- Skala: 26/26

				(8) Ausdauertraining: Lauftraining	W: 7 -11: auf 6 RM Sätze 2 EH: W: 7-11: bis 4 RM Sätze Steigerung der Last Dauer und Intensität in Abhängigkeit zu Herzfrequenz: 1. 60-82% der HFmax 2: 83-87% der HFmax 3: 88-100% der HFmax	Keine Verbesserung	
				(9) nicht beendet			
23	Vorup et al. (2016)	16 Ausdauer- athleten männlich Hobbyathleten	8 W 2 EH VB: 4 W	2 Arten: (9) Kombination aus Lauf (Schnelligkeitsausdauer)- und Krafttraining	Lauftraining: Häufigkeit: 2 Mal pro Woche Intensität: 90-95% der Maximalgeschwindigkeit, Dauer: 30s Wiederholungen: Zu Beginn 4, in den letzten 4 Wochen 10 Mal Pause: 3min, Krafttraining: Schwerpunkt Beine: 2 Mal pro Woche, 1RM, Steigerung der Belastung von 1X10 in Woche 1 auf 4X4 des RM in den letzten 4 Woche, Pause: 3min, danach Läufe im moderaten (Dauerläufe) bzw.	Verbesserung: Laktattests Erschöpfungs-zeit Anaerobe Kapazitäten Muskuläre Anpassungen YO YO Test 400m Leistung	PEDro- Skala: 7/8 B&D- Skala: 25/26

				(7) Lauftraining: Kontrollgruppe:	Hochintensitätsbereich (Intervallläufe): Primär Dauerläufe, weniger Hochintensitätstraining mit Intervallen als die andere Gruppe	Keine signifikanten Veränderungen	
--	--	--	--	-----------------------------------	---	-----------------------------------	--

3.3 Qualitative und quantitative Beurteilung der Studien

Im folgenden Teil dieser Arbeit werden die 23 eingeschlossenen Studien qualitativ und quantitativ bewertet. Zum einen wird dafür, wie man bereits aus der Übersichtstabelle entnehmen kann, die „PEDro Skala“ herangezogen. Zum anderen, da die „PEDro Skala“ einige Lücken in Bezug auf Studien und die sportliche Leistungsfähigkeit aufweist, wird zusätzlich noch die „Downs und Black Skala“ herangezogen, die für diese Art von Studie besser für eine objektive Beurteilung geeignet ist. Nachfolgend werden beide Bewertungsskalen erklärt und kritisch betrachtet.

3.3.1 Die „PEDro Skala“

Tabelle 3: Die Kriterien der „PEDro Skala“

1. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
2. Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
3. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
4. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
5. Alle Probanden waren geblindet	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
6. Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
7. Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
8. Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
9. Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat‘ Methode analysiert	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
10. Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein ☐ ja ☐ wo: ☐
11. Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein ☐ ja ☐ wo: ☐

Quelle: (Verhagen et al 1998)

Aus der Tabelle 3, die oben dargestellt wird, kann man die 11 abgebildeten Kriterien entnehmen, die ausgewählt werden, um die 23 eingeschlossenen Studien qualitativ und quantitativ zu beurteilen. Diese Kriterien entscheiden, ob jede einzelne Studie die wissenschaftlichen Kriterien erfüllt, damit sie in diese Masterarbeit aufgenommen werden. Zudem soll geklärt werden, wie hoch die Aussagekraft jeder Studie ist. Man kann bereits aus der Tabelle entnehmen, dass eine maximale Punktzahl von 11 Punkten erreicht werden kann. Allerdings muss hierbei hervorgehoben werden, dass die Kriterien Nummer 5 bis 7, „alle ProbandInnen waren geblindet“, „alle TherapeutInnen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet“ und „alle UntersucherInnen, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet“, gerade bei Studien, die den Forschungsschwerpunkt Sportwissenschaften betreffen, alle mit einem „Nein“ angekreuzt werden können. Das bedeutet, dass diese drei Fragen bei allen Studien 0 Punkte erhalten, da dieses Blinding zum einen bei derartigen Studien nicht stattfindet und zum anderen auch zu keinerlei Verfälschungen bei den Ergebnissen der Studien führt. Aufgrund dieser Gründe werden die drei, zuvor genannten, Kriterien nicht berücksichtigt. Man kann aus dieser Erklärung schlussfolgern, dass man deswegen eine maximale Punktzahl von 8 Punkten erreichen kann. Daraus lässt sich zusammenfassen, dass alle Studien, die 8 von 8 Punkten erhalten, die volle Punktzahl erreichen und daher als wissenschaftlich seriös angesehen werden können. Wie man aus der Tabelle 2 entnehmen kann, erhalten alle Studien 7 von 8 Punkten.

Gemäß Maher CG. (2003) können alle Studien, die von AutorInnen mit einer Punktebewertung von 9 bis 10 Punkten versehen werden, eine „optimale“ Validität gewährleisten. Als „gute“ Studien werden Punktevergaben mit Punkten von 6 bis 8 hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Seriosität eingestuft. Das Ergebnis „in Ordnung“ erhält man bei einem Punktestand von 4 bis 5 Punkten. Alle anderen Punkteanzahlen, die unter 4 Punkten liegen, werden als „schlechte Studien“ hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Validität definiert.

Da in dieser Masterarbeit drei Punkte überhaupt nicht vergeben werden können, wird die Bewertungsskala mit einer maximalen Punktzahl von 8 Punkten abgeändert. Erreicht man 5 bis 6 Punkte erfolgt eine Bewertung der Studie mit „Gut“. Das Ergebnis „in Ordnung“ wird bei 3 bis 4 Punkten vergeben. Alle Studien, mit einer Anzahl an Punkten, die die Zahl 3 unterschreitet, werden als „schlechte Studien“ hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Glaubwürdigkeit bewertet. Eine optimale Validität kann daher nur mit der Höchstpunktzahl von 8 oder 7 Punkten erreicht werden.

3.3.2 „Downs and Black Skala“

Nachfolgend wird ein weiteres Bewertungstool angeführt, um Studien qualitativ und quantitativ zu bewerten. Dabei handelt es sich um die „Downs und Black Skala“. Diese ist, wie in der Abbildung Nummer 12 dargestellt, aufgebaut. Man kann insgesamt 28 Punkte, in den Bereichen Darstellung der Studie, externe und interne Validität, Stichprobenverzerrung und die Aussagekraft in Bezug auf die Anzahl der ProbandInnen erreichen. Wenn man eine Gesamtpunkteanzahl ab inklusive 26 Punkten überschreitet, dann ist die Studie „exzellent“, bei 20-25 Punkten ist sie „gut“ bei 15-19 Punkten „in Ordnung“ und ab bzw. bei weniger als 14 Punkten ist diese „schlecht“ (Downs& Black (1998).

Dabei muss allerdings ebenfalls kritisch bemerkt werden, dass von diesen 28 Fragestellungen zwei ebenfalls bei sportwissenschaftlichen Studien ausgeschlossen werden müssen. Dabei handelt es sich um die Fragen 15 und 16. Hierbei besteht dasselbe Problem wie bei den Bewertungskriterien der „PEDro Skala“. Blinding findet bei Studien, bei denen Parameter im Bereich der Sportwissenschaften erhoben werden, nicht statt, da alle ProbandInnen in das gesamte Prozedere eingeweiht werden müssen, um die optimale Leistung abrufen zu können. Daher können bei dieser Bewertungsskala nur maximal 26 Punkte gegeben werden. Es werden daher für die Bewertung der Studien für diese Masterarbeit die vorhin angegebenen Punktegrenzen um jeweils zwei Punkte herabgesetzt. Abgesehen von dem Bewertungspunkt, dass die Studie „schlecht“ für eine wissenschaftliche Arbeit geeignet ist. Dort erfolgt eine Herabsetzung der Gesamtpunkteanzahl um einen Punkt. Das bedeutet, dass diese Studie ab einer Gesamtanzahl von weniger als 13 Punkten nicht für wissenschaftliche Arbeiten verwendet werden sollte. Alle Studien bekommen eine Bewertung von 26 bis 24 Punkten und weisen auf Grund dieser Analyse eine „exzellente“ Eignung für wissenschaftliche Arbeiten vor.

Tabelle 4: Bewertungsbogen von Studien gemäß der „Downs and Black Skala“

REPORTING	Yes/No/Partially	Score
1. Is the objective of the study clear?	Yes = 1, No = 0	
2. Are the main outcomes clearly described in the Introduction or Methods?	Yes = 1, No = 0	
3. Are characteristics of the patients included in the study clearly described?	Yes = 1, No = 0	
4. Are the interventions clearly described?	Yes = 1, No = 0	
5. Are the distributions of principal confounders in each group of subjects clearly described?	Yes = 2, Partially = 1, No = 0	
6. Are the main findings of the study clearly described?	Yes = 1, No = 0	
7. Does the study estimate random variability in data for main outcomes?	Yes = 1, No = 0	
8. Have all the important adverse events consequential to the intervention been reported?	Yes = 1, No = 0	
9. Have characteristics of patients lost to follow-up been described?	Yes = 1, No = 0	
10. Have actual probability values been reported for the main outcomes except probability < 0.001?	Yes = 1, No = 0	
11. Is the source of funding clearly stated? ^a	Yes = 1, No = 0	
EXTERNAL VALIDITY	Yes/No/Unclear	Score
12. Were subjects who were asked to participate in the study representative of the entire population recruited?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
13. Were those subjects who were prepared to participate representative of the recruited population?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
14. Were staff, places, and facilities where patients were treated representative of treatment most received?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
INTERNAL VALIDITY	Yes/No/Unclear	Score
15. Was an attempt made to blind study subjects to the intervention?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
16. Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
17. If any of the results of the study were based on data dredging was this made clear?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
18. Was the time period between intervention and outcome the same for intervention and control groups or adjusted for?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
19. Were the statistical tests used to assess main outcomes appropriate?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
20. Was compliance with the interventions reliable?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
INTERNAL VALIDITY (continued)	Yes/No/Unclear	Score

21. Were main outcome measures used accurate? (valid and reliable)	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
INTERNAL VALIDITY-CONFOUNDING (SELECTION BIAS)	Yes/No/Unclear	Score
22. Were patients in different intervention groups recruited from the same population?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
23. Were study subjects in different intervention groups recruited over the same period of time?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
24. Were study subjects randomized to intervention groups?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
25. Was the randomized intervention assignment concealed from patients and staff until recruitment was complete?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
26. Was there adequate adjustment for confounding in the analyses from which main findings were drawn?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
27. Were losses of patients to follow-up taken into account?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
POWER	Size of Smallest Intervention Group Score of 0 to 5	Score
28. Was the study sufficiently powered to detect clinically important effects where probability value for a difference due to chance is < 5%?		

Quelle: (Downs& Black 1998)

3.4 Die Ergebnisse der einzelnen Studien

3.4.1 Studie Nummer 1: Barnes et al. (2013)

Die essentiellste Aussage, die nach der Überarbeitung und dem Durchlesen dieser Studie getroffen werden kann, lautet, dass jegliche Arten von Bergaufintervallläufen zu einer Verbesserung der 5 Kilometerzeit führen. Wenn man die Auswertung der Ergebnisse genauer betrachtet, erkennt man, dass bei der 5 Kilometerzeit die besten Ergebnisse bei der Gruppe 2 und 3 erzielt werden. Die signifikant größte Verbesserung weist allerdings, in Bezug auf die Laufökonomie, Gruppe Nummer 1 auf. Konträr dazu kommt es allerdings genau bei dieser Gruppe bei den aeroben Kapazitäten zu einer Verschlechterung der Ergebnisse. Die meisten Verbesserungen findet man bei der Laufökonomie in den Gruppen 2 bis 4 vor. Bei den Gruppen 3 und 4 ist auch die Verbesserung der aeroben Kapazitäten am größten. Dieselbe Steigerung findet auch in den Gruppen 2 und 5 statt. Die Schrittfrequenz nimmt in den Gruppen 1 bis 3 ebenfalls zu.

3.4.2 Studie Nummer 2: Barnes et al. (2013)

Gleich zu Beginn ist es spannend hervorzuheben, dass, wenn man alle physiologischen Parameter miteinander vergleicht, bei den Männern die Verbesserung geringer ausfällt als bei den Frauen. Bei der Gruppe, die als Intervention ein schweres Krafttraining durchführt, tritt im Endeffekt eine geringe bis moderate Verbesserung bei den Geschwindigkeitsspitzen, bei der Laufökonomie und den neuromuskulären Merkmalen auf. Das plyometrische Training hat die biomechanischen Abläufe im Bewegungsapparat mehr verbessert als das Training der Kontrollgruppe. Grundsätzlich lässt sich mit Sicherheit sagen, dass sich die Wettkampfzeiten bei den Frauen mehr als bei den Männern verbessern. Dennoch sind sowohl die positiven Wirkungen des schweren Krafttrainings als auch des plyometrischen nicht vollständig erforscht. Man kann hier keine eindeutige Empfehlung abgeben.

3.4.3 Studie Nummer 3: Bertuzzi et al. (2013)

Bei der Kontrollgruppe kann man keine signifikanten Verbesserungen feststellen. Viele andere Parameter bleiben auch bei der Krafttrainingsgruppe ohne die Vibrationsplatte unverändert. Damit sind zum Beispiel die Laktatgrenzen oder aber auch die Vo2max gemeint. Alle physiologischen Parameter, die für Ausdauerleistungen eine bedeutende

Rolle spielen, sind in allen drei Gruppen unverändert. Einzig und allein bei der Interventionsgruppe, die ihr Training mit einer Krafttrainingsplatte absolvieren, kann man Veränderungen feststellen. Bei beiden Krafttrainingsgruppen kann man auf eine signifikante Verbesserung des 1RM schließen. Bei beiden Gruppen weisen diese Werte allerdings keine signifikanten Veränderungen auf. Beim Krafttraining mit einer Vibrationsplatte wird die dynamische Maximalkraft signifikant vergrößert. Allerdings verbessert sich auch die dynamische Kraft, wenn man keine Vibrationsplatte beim Krafttraining verwendet. Daher kann man nun aus dieser Studie herauslesen, dass eine Vibrationsplatte keine großen Verbesserungen für die Leistungen von LangstreckenläuferInnen mit sich bringt. Allerdings zeigt sich, dass Krafttraining für die maximale dynamische Kraft positive Wirkungen aufweist.

3.4.4 Studie Nummer 4: Enoksen et al. (2011)

Man kann gleich vorwegnehmen, dass es zwischen den beiden Gruppen bei allen Werten keine signifikanten Verbesserungen sowohl vor als auch nach der Intervention gegeben hat. Allerdings hat sich bei der Trainingsgruppe mit den hohen Intensitäten und dem niedrigeren Volumen die Vo2max und die Laktatschwelle im Vergleich zu den Testwerten vor der Intervention verbessert. Dies ist bei der Trainingsgruppe mit den niedrigeren Intensitäten und höheren Volumen nicht der Fall. Zudem steigert sich bei beiden Trainingsgruppen die Laufökonomie, wenn man die Werte von den beiden Testungen vor und nach der Intervention miteinander in Beziehung setzt. Daher kann man aus dieser Studie schlussfolgern, dass man grundsätzlich eine größere Verbesserung der Laufleistung erzielen kann, wenn man im Bereich der Laktatgrenze trainiert. In Zahlen ausgedrückt können sie im Schnitt um 75 Sekunden bei den Testungen nach der Intervention länger laufen als vor der Intervention. Das bedeutet, man hat eine größere Verbesserung der Laufleistung, wenn man ein geringeres Trainingsvolumen, dafür jedoch höhere Intensitäten wählt.

3.4.5 Studie Nummer 5: Esteve-Lanao et al. (2008)

Aus der Studie kann man folgende Erkenntnisse für AthletInnen ziehen. Wenn man es schafft ein Krafttraining in das normale Lauf- bzw. Ausdauertraining zu integrieren, wird es zu keiner Veränderung der Schrittlänge kommen. Es zeigt sich jedoch bei den anderen beiden Gruppen, dass, wenn man nur ein normales Krafttraining durchführt oder nur ein Lauftraining, sich die Länge der Schritte signifikant verringert. Man kann hier nur

als Empfehlung ein periodisiertes Krafttraining abgeben, um keinen Verlust der Schrittlänge zu erhalten. Weitere Parameter werden bei dieser Studie nicht untersucht.

3.4.6 Studie Nummer 6: Ferley et al. (2013)

Aus dieser Studie kann man folgende Erkenntnisse ziehen. Bei beiden Interventionsgruppen, sowohl in der Bergauf-Intervall-Laufgruppe, als auch in der Intervallgruppe in der Ebene kommt es, im Vergleich zu den ProbandInnen der Kontrollgruppe, bei allen drei Parametern zu einer Verbesserung. Auch die Laufgeschwindigkeiten nehmen in allen drei Gruppen, auch wenn nicht signifikant, zu. Das tritt ebenfalls bei den anderen Parametern, die untersucht werden, auf. Allerdings sind diese Verbesserungen bei der Interventionsgruppe, die Intervalle auf einem flachen Terrain absolviert, bei weitem höher als bei der anderen Interventionsgruppe mit den Bergauf-Intervallläufen. Daher sind normale Intervallläufe den Bergauf-Intervall-Läufen vorzuziehen. Sowohl bei der Messung des Körpermaßindex als auch bei der Vo2max werden keine signifikanten Verbesserungen bei allen drei Gruppen vor und nach der Interventionszeit festgestellt.

3.4.7 Studie Nummer 7: Finatto et al. (2013)

Wenn man die Ergebnisse der Vortestungen mit jenen der Testungen, die nach der Intervention durchgeführt werden, miteinander vergleicht, erkennt man, dass sich die Laufleistungen der AthletInnen signifikant verbessern. Im Gegensatz dazu gibt es bei der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen dieser Ergebnisse. Ebenfalls dieselben Effekte findet man beim metabolischen Verbrauch, während der Testungen, vor. Dabei unterscheiden sich die Ergebnisse von beiden Gruppen ebenfalls wieder signifikant. Bei weitem mehr verbessern sich hierbei die Werte bei der Pilatesgruppe. Das bedeutet, dass die Abnahme größer ist. Bei der Pilatestrainingsgruppe findet man ebenfalls eine signifikante Verbesserung vom Wert der Vo2max vor. Die Vo2max hängt mit der Laufleistung der Athleten zusammen. Man kann auf Grund der Datenlage mit Sicherheit schlussfolgern, dass mit Hilfe von Pilatestraining AthletInnen bei ihrer Laufleistung gefördert werden können. Man sollte laut der Studie Pilatestraining bei LäuferInnen in ihr Trainingsprogramm integrieren. Das bedeutet ihre Laufleistungen verbessern sich signifikant. Hinzu kommt eine Verbesserung der metabolischen Werte, die sich ebenfalls wieder sehr gut auf die Leistungen von AthletInnen auswirken. Eine weitere Erkenntnis ist, dass Muskeldicke und die Muskulatur der Hüfte und des Rumpfes

und somit auch die Haltung während des Laufes bei den AthletInnen verbessert werden. Daraus kann man wiederum schließen, dass Pilatestraining nicht nur leistungssteigernd, sondern auch eine Verletzungsprophylaxe für die AthletInnen gewährleistet.

3.4.8 Studie Nummer 8: Guglielmo et al. (2009)

Bei dem schweren Krafttraining findet eine größere Verbesserung der vVo2peak als beim Schnellkrafttraining statt. Allerdings gibt es keine signifikanten Ergebnisse. Eine signifikante Verbesserung gab es in der schweren Krafttrainingsgruppe bei der Geschwindigkeit bis die Laktatgrenze erreicht wird und bei der Laufökonomie, jedoch nicht bei der Schnellkrafttrainingsgruppe. Bei beiden Gruppen findet auch eine Verbesserung des 1RM statt. Eine größere Verbesserung wird nach der Intervention bei der Gruppe mit dem schweren Krafttraining festgestellt. Daher lässt sich aus der Auswertung dieser Daten schlussfolgern, dass schweres Krafttraining am besten geeignet ist, um die Laufökonomie zu verbessern und damit einen größeren Leistungsgewinn für die LäuferInnen mit sich bringt. Das muss allerdings immer in Kombination mit dem normalen Lauftraining stattfinden.

3.4.9 Studie Nummer 9: Hamilton et al. (2006)

Wenn man einen Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe zieht, die ein hoch intensives Widerstandstraining durchführt, erhält man das Ergebnis, dass sich fast alle Werte bei der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe steigern. Die maximalen Laufgeschwindigkeiten verbessern sich um 1,8 Prozent, die Laktatgrenze um 3,5 Prozent, die 800 und 1500 Meter Laufgeschwindigkeit um 3,6 Prozent und die 5 Kilometer Zeit um 1,2 Prozent. Die Herzfrequenz verbessert sich bei niedrigen und hohen Intensitäten, jedoch nicht bei den moderaten. Dort bleibt sie unverändert. Daraus kann man die Schlussfolgerung ziehen, dass hoch intensives Widerstandstraining bei Langstreckenläufer mehr positive Auswirkungen auf die Laufleistungen und leistungsbestimmenden Parameter aufweist als das herkömmliche Lauftraining.

3.4.10 Studie Nummer 10: Karsten et al. (2016)

Es werden bei einer Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining sowohl anaerobe Parameter als auch die 5 Kilometer Laufzeiten verbessert, wenn man die Werte mit

ProbandInnen, die nur ein normales Ausdauertraining durchführen, vergleicht. Bei den Laufgeschwindigkeiten stellt man einen mittelmäßig positiven Effekt nach der ersten und zweiten Interventionsphase der Kombinationsgruppe aus Kraft- und Ausdauertraining fest. Es kann daher aus dieser Studie die Erkenntnis gezogen werden, dass für jede Wettkampfvorbereitung für die Dauer von sechs Wochen zweimal wöchentlich ein schweres Widerstandstraining durchgeführt werden soll.

3.4.11 Studie Nummer 11: Kelly et al. (2008)

Man kann mit Hilfe dieser Studie feststellen, dass sich, wenn man AthletInnen mit Hilfe einer Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining für einen Wettkampf vorbereitet, Verbesserungen im Bereich der Laufzeit feststellen lassen. Diese Verbesserung wird allerdings als nicht signifikant angegeben. Ebenfalls werden die Stärke und die Muskelkraft verbessert. Das wird bei den Testungen mittels eines 1RM Test herausgefunden. Allerdings bleibt bei dieser Art von Training die Vo2max unverändert. Es gibt keine signifikanten Veränderungen. Dieselben Ergebnisse findet man vor, wenn man die Werte der Laufökonomie mit den beiden Interventionsgruppen vergleicht. Dann gibt es wieder keinen signifikanten positiven Zusammenhang. Die Werte sind vor und nach der zehnwöchigen Intervention unverändert. Zusammenfassend kann man festhalten, dass sich Krafttraining in Kombination mit dem normalen Lauftraining nicht nachteilig für die AthletInnen auswirkt. Speziell für die Verletzungsprophylaxe weist es einen sehr positiven Effekt auf.

3.4.12 Studie Nummer 12: Luckin-Baldwin et al. (2021)

Wenn man die erhobenen Werte und die Ergebnisse aus allen drei Messzeitpunkten miteinander vergleicht, dann erkennt man, dass sich bei der Gruppe, die eine Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining durchführt, in den Wochen 14 bis 26 die Maximalkraft und die Laufökonomie signifikant verbessert. Dabei bleibt allerdings die Masse des Körpers unverändert. Bei der Kontrollgruppe, die nur ihr normales Ausdauertraining absolviert, findet man hingegen keine Verbesserungen vor. Im Gegensatz dazu ereignen sich keine signifikanten Verbesserungen bei der Maximalkraft und bei der Laufökonomie nach den ersten zwölf Wochen. Während dieses Zeitraumes kommt eine nicht signifikante Verbesserung der Laktatwerte hinzu. Die Herzfrequenz wird bei beiden Gruppen signifikant verbessert. Allerdings ist sie nach der Intervention bei der Kontrollgruppe niedriger als bei der Interventionsgruppe, die eine Kombination

aus Kraft- und Ausdauertraining absolviert. Gründe für diesen Unterschied werden in der Studie allerdings nicht genannt.

3.4.13 Studie Nummer 13: Mikkola et al. (2011)

Auffallend ist, dass es beim schweren Widerstandstraining die meisten und größten Verbesserungen gibt. Es erfolgt eine Verbesserung der Maximalkraft, der maximalen Laufgeschwindigkeiten und der Laufleistung. Jedoch gibt es bei allen drei Gruppen keine signifikanten Verbesserungen in Bezug auf die Laufökonomie und die Vo2max. Als Beispiel kann hier der Counter Movement Jump angegeben werden. Dieser verbessert sich zwar überall, aber lediglich signifikant bei der Trainingsgruppe, die mit schweren Widerständen trainiert. Essenziell dabei hervorzuheben ist, dass die Leistung ohne eine signifikante Verbesserung der Vo2max oder der Laufökonomie stattgefunden hat. Man geht davon aus, dass es speziell beim schweren Widerstands- und Schnelligkeitstraining zu neurologischen Anpassungen im Körper kommt. Allerdings benötigt man dazu noch mehr Studien. Festgehalten kann allerdings werden, dass sowohl die Vo2max als auch die Laufökonomie nicht signifikant durch schweres Widerstandstraining verbessert werden.

	Heavy resistance group (n = 11)			Explosive resistance group (n = 10)			Muscle endurance group (n = 6)		
	Before	After	ES	Before	After	ES	Before	After	ES
S_{END} (km · h ⁻¹)	15.1 ± 1.2	15.3 ± 1.1**	0.56	15.3 ± 1.0	15.6 ± 1.0*	0.39	14.5 ± 0.9	15.2 ± 1.0**	0.94
S_{ANT} (km · h ⁻¹)	12.7 ± 1.2	13.2 ± 1.2**	0.50	12.6 ± 0.8	13.0 ± 1.0*	0.48	11.8 ± 0.7	12.4 ± 0.8*	0.64
$\dot{V}O_{2max}$	51 ± 4	52 ± 5	0.08	51 ± 5	52 ± 4	0.29	48 ± 6	52 ± 6	0.65
RE at 10 km · h ⁻¹	224 ± 10	225 ± 11	0.02	217 ± 18	217 ± 20	0.01	216 ± 14	217 ± 22	0.01
RE at 12 km · h ⁻¹	218 ± 10	219 ± 11	0.08	212 ± 17	210 ± 16	0.03	208 ± 15	206 ± 18	0.04
LA at 10 km · h ⁻¹	2.1 ± 0.7	2.0 ± 0.7	0.26	2.0 ± 0.8	1.9 ± 0.7	0.12	2.2 ± 0.6	1.8 ± 0.5*	0.71
LA at 12 km · h ⁻¹	3.4 ± 1.4	3.0 ± 1.4*	0.39	3.3 ± 1.3	2.8 ± 1.3*	0.52	3.9 ± 0.9	2.9 ± 0.7**	0.86
HR at 10 km · h ⁻¹	152 ± 9	147 ± 11**	0.59	146 ± 16	145 ± 17	0.01	150 ± 12	145 ± 12	0.43
HR at 12 km · h ⁻¹	167 ± 9	165 ± 10*	0.48	163 ± 15	160 ± 16	0.20	170 ± 12	163 ± 15*	0.70

Note: Maximal endurance running performance (S_{END}), anaerobic threshold speed (S_{ANT}), and maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) in the treadmill running test. Running economy (RE), heart rate (HR), and blood lactate concentration (LA) at running speeds of 10 and 12 km · h⁻¹ are also presented before and after the 8-week training period. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, before vs. after 8 weeks of training. $\dot{V}O_2$, running economy, blood lactate concentration, and heart rate are expressed as mL · kg⁻¹ · min⁻¹, mL · kg⁻¹ · km⁻¹, mmol · L⁻¹, and beats · min⁻¹, respectively. ES = effect size.

Abbildung 12: Alle Werte der physiologischen Parameter bei den unterschiedlichen Interventionen im Überblick (Mikkola et al. 2012)

3.4.14 Studie Nummer 14: Millet et al. (2002)

Nach dem Ende der Intervention und nach der Durchführung aller Testungen kommt es bei der Gruppe mit dem kombinierten Training zu einer Verbesserung der Maximalkraft,

der Laufökonomie und der Vo2max, wenn man einen Vergleich zwischen den Interventionsgruppen zieht. In beiden Gruppen bleiben die Leg Hopping Stiffness und die Vo2 unverändert. Es findet keine signifikante Veränderung statt. Während der Intervention kommt es bei der Kombinationsgruppe, die Kraft- und Lauftraining gemeinsam ausführt, zu einer Verbesserung der Vo2max. Diese Verbesserung wird allerdings nach Ende der Studie nicht mehr nachgewiesen und auch nicht als signifikant eingestuft.

3.4.15 Studie Nummer 15: Paavolainen et al, (2011)

Wenn man die Interventionsgruppe mit der Kontrollgruppe vergleicht, zeigt sich durch die Intervention, dass die Kombination von explosivem Krafttraining und Lauftraining die 5 Kilometerzeit verbessert. Dabei kann man nach der Intervention eine signifikante Verringerung bei der 5 Kilometer Laufzeit erkennen. Weiters kommt es zur Steigerung der Vo2maxdemand, der Vmax und der Laufökonomie. Auf die Verbesserung dieser Faktoren lässt sich wiederum die Verringerung der 5 Kilometer Laufzeit zurückführen. Bei der explosiven Krafttrainingsgruppe bleibt die Vo2max allerdings unverändert, während es hingegen bei der Laufgruppe zu einer signifikanten Verbesserung der Werte gekommen ist. In dieser Studie wird keine Erklärung geliefert, warum es in der explosiven Krafttrainingsgruppe zu keiner Verbesserung der Vo2max gekommen ist.

3.4.16 Studie Nummer 16: Piacentini et al. (2013)

Wenn man einen Vergleich zwischen den drei Trainingsgruppen zieht, dann kann man daraus schließen, dass für MarathonläuferInnen neben dem Standardlaufprogramm ein Maximalkrafttraining zur Verbesserung der Maximalkraft und Laufökonomie beitragen kann. Bei der Widerstandstrainingsgruppe sieht man eine Verbesserung bei der Muskeldicke und Steife. Bei der Kontrollgruppe verbessern sich die Werte beim Counter Movement- und Squat-Jump. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass für AthletInnen bei einem kombinierten Maximalkrafttraining und Lauftraining die größten Verbesserungen auftreten werden.

3.4.17 Studie Nummer 17: Prieto-González & Sedlacek (2022)

In alle Gruppen gibt es Verbesserungen. Allerdings finden die größten Veränderungen bei der Gruppe mit dem kombinierten Lauf- und Krafttraining statt. Beim laufspezifischen

Krafttraining gibt es eine signifikante Verbesserung bei den Bereichen Counter Movement Jump, 1RM, beim Squat und der Laufökonomie bei 12 und 14 Kilometer pro Stunde. Bei der Gruppe, die nur Ausdauer trainierten, verändern sich die Werte der Laufökonomie bei 12 und 14 Kilometer pro Stunde, bei der Vo2max und bei der Laktatschwelle. Bei der Kombinationsgruppe werden fast alle gemessenen Variablen verbessert. Daraus kann man schlussfolgern, dass die gesamte Körperzusammensetzung und alle Parameter, die für LäuferInnen essenziell sind, verbessert werden, wenn man eine Kombination aus Kraft- und Lauftraining anbietet.

3.4.18 Studie Nummer 18: Ramirez – Campillo et al. (2014)

Zwischen den beiden Geschlechtern gibt es bei den Ergebnissen keine signifikanten Unterschiede. In allen Bereichen, speziell beim Drop Jump aus 20 und 40 Zentimetern Höhe, kommt es zu einer signifikanten Verbesserung der Leistung. Die Werte bei der Kontrollgruppe bleiben in allen Testbereichen nahezu unverändert. Während der Intervention werden fast alle Werte nicht signifikant verbessert. Nach den sechs Wochen kommt es zu einer signifikanten Verbesserung bei der 20 Meter Sprintzeit und bei der 2,4 Kilometer Laufzeit. Bei der 2,4 Kilometer Laufzeit beträgt die Verringerung dreimal so viel wie bei der Kontrollgruppe. Ebenfalls steigern sich die Werte in der Schnellkrafttrainingsgruppe beim Counter Movement Jump, und bei den Drop Jumps signifikant. Eine weitere Schlussfolgerung, die man aus dieser Studie ziehen sollte, lautet, dass speziell diese Trainingsmethode von einer großen Bedeutung ist, wenn man bei einem Wettkampf am Ende nochmals über mehrere 100 Meter einen Sprint zurücklegen muss, um das Rennen für sich zu entscheiden.

3.4.19 Studie Nummer 19: Saunders et al. (2006)

Die Ergebnisse aus dieser Studie zeigen, dass es bei der plyometrischen Trainingsgruppe zu einer Verbesserung der Laufökonomie kommt. Allerdings nur, wenn die AthletInnen eine Geschwindigkeit von 18 Kilometer pro Stunde laufen. Hinzu kommt dabei, dass sich die Vo2max dabei auch positiv verändert. Bei einer Geschwindigkeit von 14 bis 16 Kilometern pro Stunde bleiben die Werte unverändert. Zudem werden die Sprungkraft und die dynamische Kraft durch die Intervention vergrößert. Daraus wird auch von den AutorInnen geschlussfolgert, dass sich die Körperspannung, der Abdruck vom Boden und die Lauftechnik verbessern. Grundsätzlich kann man allerdings keine

allgemeine signifikante Verbesserung der Laufökonomie mittels der Ergebnisse von dieser Studie feststellen.

3.4.20 Studie Nummer 20: Støren et al. (2008)

Nach dieser achtwöchigen Intervention kann man schlussfolgern, dass es in fast allen Bereichen bei der maximalen Krafttrainingsgruppe zu signifikanten Verbesserungen gekommen ist. Dabei steigert sich das 1RM, die Laufökonomie und die Zeit bis zur maximalen Erschöpfung. Allerdings bleiben dabei die Parameter des Körpergewichtes und die Vo2max unverändert. Bei der Kontrollgruppe, die nur Ausdauertrainingseinheiten absolviert, werden im Gegensatz zu der vorhin erwähnten Maximalkrafttrainingsgruppe bei keinem der Parameter signifikante Veränderungen festgestellt. Das Gesamtpensum an Training beträgt bei der Interventionsgruppe circa 400 Minuten und bei der Kontrollgruppe 300 Minuten pro Woche.

3.4.21 Studie Nummer 21: Tiapale et al. (2014)

Sowohl bei den Geschlechtern als auch bei der Interventions- und Kontrollgruppe gibt es eine Verbesserung der Maximalkraft. Allerdings ist diese bei der Interventionsgruppe größer und erreicht ihr Plateau nach zwölf Wochen. Die gleichen Ergebnisse können beim Counter Movement Jump festgestellt werden. Unterschiede gibt es wiederum bei den Geschlechtern zwischen den Gruppen bei der Interventionsgruppe und bei der Kontrollgruppe bei den Frauen und Männern. Bei den Frauen der Interventionsgruppe und den Männern der Kontrollgruppe wird eine signifikante Verbesserung der Vo2max, bei den anderen Gruppen wird hinsichtlich der Geschlechter bei der Vo2max allerdings keine Veränderung festgestellt. In beiden Gruppen verbessert sich die Laufökonomie bei den Männern signifikant. Dafür erfolgt bei den weiblichen ProbandInnen eine Verringerung der Herzfrequenz. Vereinfacht kann man daraus schlussfolgern, dass die Verbesserungen im Großen und Ganzen bei der Interventionsgruppe bei beiden Geschlechtern größere signifikante Änderungen aufweisen als bei den Kontrollgruppen, obwohl es bei manchen Parametern Ausreißer gibt.

3.4.22 Studie Nummer 22: Vikmoen et al. (2017)

Bei der Gruppe, die die Kombination aus einem Kraft- und Lauftraining durchführt, zeigt sich eine Verbesserung der Laufleistung bei einem 5min Lauftest, eine Vergrößerung

der Beinmuskulatur und bei der Übung Squat kann das 1RM gesteigert werden. Im Gegensatz dazu können beim normalen Lauftraining keine Verbesserungen nachgewiesen werden. Bei der Squat Übung wird das 1RM sogar verschlechtert. Die Rate des Sauerstoffverbrauches und die Herzfrequenz werden dabei allerdings im Gegensatz zum Fahrradtest nicht verringert. Testungen werden vor und nach der Intervention durchgeführt. Die Vo2max bleibt bei beiden Gruppen unverändert. Ebenfalls hervorzuheben ist, dass es bei der Kombinationsgruppe aus Kraft- und Lauftraining nicht zu einer Verbesserung der Laufökonomie gekommen ist.

3.4.23 Studie Nummer 23: Vorup et al. (2016)

Grundsätzlich kann man aus dieser Studie schlussfolgern, dass eine Kombination aus Kraft- und Lauftraining einen höheren Trainingseffekt als normales Lauftraining aufweist. Man kann mit Hilfe der Kombination eine Verbesserung des Laktats, der Erschöpfungszeit, der anaeroben Kapazitäten und eine Anpassung der Muskulatur feststellen. Im Bereich des Laufens bzw. der Laufleistung findet keine Verbesserung der 10 Kilometerperformance und der Laufökonomie statt. Dieses Ergebnis wird dann im Diskussionsteil noch ausführlicher erörtert und mit anderen Studien verglichen werden, da nur fünf AthletInnen den Test durchführen und schlechte Wetterbedingungen am Tag des Wettkampfes herrschen. Im Gegensatz dazu zeigt die Kombination aus Kraft- und Lauftraining eine Verbesserung der 400 Meter Leistung und beim YoYo- Test ist die Belastung intervallartig und kürzer gestaltet. Man kann daraus rückschließen, dass diese Art der Intervention eher einen Erfolg auf die Leistung für Kurz- bis kürzere MitteldistanzenathletInnen mit sich bringt.

3.5 Vergleich der Ergebnisse aller Studien

In den nachfolgenden Absätzen sollen die 23 in dieser Masterarbeit behandelten Studien miteinander in Beziehung gesetzt werden, um anschließend die Forschungsfrage beantworten zu können. Dazu werden alle Studien zusammengefasst, bei denen die gleiche Art des Krafttrainings von den ProbandInnen absolviert wird. Dadurch soll der Leserschaft eine fundierte wissenschaftliche Aussage dargelegt werden können, welche Art von Krafttraining bei LäuferInnen die effektivsten Leistungszuwächse aufweist. Es erfolgt eine Untergliederung in: Maximalkraft-, Hypertrophie-, Kraftausdauer-, Schnell- und Explosivkraft-, Schnellkraftausdauer- und Reaktivkrafttraining.

1) Maximalkrafttraining

Die Studien mit den Nummern 2, 5, 8, 13, 14, 16, 20 und 22 weisen als Intervention ein reines Maximalkrafttraining in Kombination mit dem normalen Lauftraining auf. Bei den Studien Nummer 21 und 23 wird eine Mischung aus Maximalkraft- und Schnelligkeitskrafttraining absolviert. Hinzu kommen dazu wieder die normalen Lauftrainingseinheiten. Das bedeutet, dass in insgesamt acht Studien mit dem Maximalkrafttraining in Kombination mit den Läufen als Intervention gearbeitet wird, um eine Leistungssteigerung bei den LäuferInnen zu erzielen. Bei den anderen beiden Studien stellen die Interventionen eine Mischform dar.

Gleich bei der Studie Nummer 2 zeigt sich, dass es zwischen den Geschlechtern in Bezug auf die Verbesserungsrate Unterschiede gibt. Anscheinend gibt es hinsichtlich der physiologischen Parameter, der Laufökonomie und der Geschwindigkeitsspitzen hinsichtlich des Geschlechtes bei den Frauen größere Verbesserungen als bei den Männern.

Die einzige Studie, die die Auswirkungen von Maximalkrafttraining auf die Schrittlänge bewertet, ist die Studie Nummer 5. Daraus kann man schlussfolgern, dass durch ein periodisiertes Maximalkrafttraining die Schrittlänge nicht, wie bei den anderen Krafttrainingsarten oder bei einem nicht periodisierten Krafttraining, minimiert wird.

Dieser positive Trend, den das Maximalkrafttraining bei den ersten Studien aufweist, kann mit der Studie Nummer 8 nur bestätigt werden. Dieser zur Folge werden die Laktatschwellen angehoben, die Laufökonomie und das 1RM verbessert.

Bei der Studie Nummer 13 kann man festhalten, dass es durch Maximalkrafttraining zu keiner signifikanten Verbesserung der VO₂max und Laufökonomie kommt. Diese

Erkenntnisse werden auch in der Studie 22 bestätigt. Im Gegensatz dazu werden die Laufleistungen und die maximalen Laufgeschwindigkeiten verbessert.

Im Gegensatz zur Studie Nummer 13 weist die Studie Nummer 14 eine Verbesserung der Laufökonomie und der Vo2max auf, wenn eine Kombination aus Maximalkraft- und Ausdauertraining absolviert wird. Die Studien Nummer 16 und 20 bestätigen eine Verbesserung der Laufökonomie mittels Maximalkrafttraining. Hinzu kommt, dass auch bei der Studie Nummer 20 die Zeit bis zur absoluten Erschöpfung durch diese Intervention verlängert werden kann.

Bei der Studie Nummer 22 wird auch die Laufleistung durch die Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining verbessert. Bei allen Studien wird die Last beim 1 RM um einiges vergrößert. Diese Erkenntnis ist aber bei einem Maximalkrafttraining keine große Überraschung.

Auffallend bei der Studie Nummer 21 ist, bei der eine Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining von den ProbandInnen praktiziert wird, dass es, wie bei der Studie Nummer 2, einen Unterschied zwischen den Geschlechtern gibt. Auf die unterschiedlichen Ergebnisse der Geschlechter wird im Diskussionsteil dieser Masterarbeit noch genauer eingegangen. Bei dieser Studie jedoch kommt noch hinzu, dass sich der Unterschied der Ergebnisse in Bezug auf das Geschlecht auch auf die Interventions- und Kontrollgruppe, die ein Zirkel- und Lauftraining absolviert, bezieht. . Das Vo2max wird bei der Interventionsgruppe der männlichen Probanden und bei der Kontrollgruppe der weiblichen Probandinnen signifikant verbessert. Ebenfalls weist nur bei den Männern bei beiden Gruppen die Laufökonomie Verbesserungen auf. Dieselben Maßnahmen werden bei der Studie mit der Nummer 23 durchgeführt. Dabei wird allerdings noch eine achtwöchige Vorbereitungsphase vor Beginn der Studie absolviert. Bei dieser führen die ProbandInnen beider Gruppen ein Hypertrophietraining mit circa 10 Wiederholungen zu je 50 bis 70 Prozent des 1RM durch. Bei der Intervention selbst, bei der eine Mischform aus Maximalkrafttraining und Schnelligkeitsausdauertraining praktiziert wird, erhält man eine Bestätigung, dass sich viele physiologische Parameter, wie zum Beispiel die Laktatschwellen, verbessern, die Zeit bis zur Erschöpfung wird maximiert und es erfolgen muskuläre Anpassungen. Allerdings werden im Gegensatz zur Studie Nummer 23 weder die Vo2max noch die Laufökonomie erhoben. Das erschwert eine Vergleichbarkeit der beiden Studien.

Abschließend kann man aus den zehn Studien, die sich mit der Kombination aus Maximalkraft und Lafeinheiten befassen, schlussfolgern, dass man, wenn man mit maximalen Lasten trainiert, nur positive Auswirkungen auf die Laufleistungen von den ProbandInnen feststellen kann. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern und

weitere kritische Anmerkungen zu manchen Studien werden im Diskussionsteil dieser Masterarbeit noch ausführlicher erörtert.

2) Hypertrophietraining:

Hypertrophietraining wird von den Studien mit den Nummern 3, 10, 11, 12, 16, 17, und 22 von den ProbandInnen als Intervention absolviert. Es wird also in insgesamt sieben Studien diese Art des Krafttrainings als Intervention angewandt.

Diese Art des Krafttrainings wird bei der Studie Nummer 3 praktiziert. Wichtig dabei hervorzuheben ist, dass diese Studie die einzige ist, bei der ein Hypertrophietraining mit und ohne eine Krafttrainingsplatte absolviert wird. Obwohl beide Gruppen ihr 1RM und ihre dynamische Kraft verbessern, was positive Auswirkungen auf die Position beim Laufen und die Verletzungsprophylaxe hat, werden die Vo2max und die Laufökonomie nicht signifikant verbessert.

Die Studie Nummer 10 weist hingegen eine Verbesserung der 5 Kilometer Laufzeiten und der anaeroben Kapazitäten auf, während hingegen die Laufgeschwindigkeiten nur moderat verbessert werden. Tendenziell wird auf keine negativen Wirkungen in dieser Studie verwiesen.

Zu Beginn der Intervention wird als Krafttrainingsart ein Kraftausdauertraining mit Gewichten vollzogen. Bei weiterer Fortdauer wird bei der Studie Nummer 11 bei den ProbandInnen mit der Hypertrophiemethode gearbeitet. Hierbei erfolgt eine Bestätigung, dass sich durch die Art der Intervention die Laufzeiten, dieses Mal allerdings auf eine Distanz von 3 Kilometern, verbessern, wenn man diese Studie mit der Studie Nummer 10 vergleicht. Hinzu kommt eine Verbesserung des 1RM. Allerdings treten bei der Vo2max und Laufökonomie keine Verbesserungen auf.

Die Studie Nummer 12 wird mit einer Sonderstellung bewertet, da in den ersten zwölf Wochen mit Hypertrophie und in den nächsten zwölf Wochen mit Maximalkraft trainiert wird. Dabei kann man einen guten Vergleich ziehen, welche der beiden Trainingsarten einen größeren Effekt auf den Körper und die Leistungen der ProbandInnen aufweisen. Man muss hier festhalten, dass die Werte beim Hypertrophietraining keine Verschlechterungen, sondern nicht signifikante Verbesserungen hervorbringen. Wenn man jedoch einen Vergleich zwischen den beiden Trainingsarten zieht, dann erhält man eine signifikante Verbesserung der Laufökonomie und Maximalkraft und eine Verringerung der Herzfrequenz mit Hilfe des Maximalkrafttrainings. Diese Daten bzw. Ergebnisse lassen sich mit Hilfe der Studie Nummer 22 bestätigen. Auch bei dieser Studie wird im Laufe der Wochen das Hypertrophietraining zu einem

Maximalkrafttraining gesteigert. Es erfolgt ebenfalls eine Verbesserung der Laufleistung und des 1RM.

Aus dem Ergebnisteil der Arbeit von der Studie Nummer 17 kann man aus der Abbildung Nummer 9 entnehmen, dass beim laufspezifischen Krafttraining, das in Kombination mit Läufen von den ProbandInnen absolviert wurde, die meisten Verbesserungen im Bereich Laufökonomie bei einer Laufgeschwindigkeit von 12 bis 14 Kilometer pro Stunde und der Maximalkraft erzielt werden. Bei genauerer Betrachtung der Abbildung Nummer 9 erkennt man, dass abgesehen von Intervallläufen auch ein Krafttraining durchgeführt wird. Dabei wird in den ersten sechs Wochen eher mit Kraftausdauer und in den darauffolgenden sechs Wochen mit Hypertrophie trainiert. Mit diesen Daten kann man eine Bestätigung der Studie Nummer 12 nachweisen, da auch hier die Art des Krafttrainings im Laufe der Intervention abgeändert wird. Bei der Studie Nummer 16 werden noch zusätzlich die Sprunghöhen beim Squat- und Counter Movement Jump verbessert.

3) Kraftausdauer:

In diesem Unterpunkt werden nicht die klassischen Kraftausdauertrainingseinheiten mit eigenem Körpergewicht oder zusätzlichen Gewichten, sondern Kraftausdauertraining in Form von Bergaufläufen aufgelistet. Dadurch wird bei den ProbandInnen bei den normalen Läufen ein zusätzlicher Widerstand erzeugt. Diese Art der Krafttrainingsintervention wird bei den Studien mit den Nummern 1, 6, 7, 17 und 21, also bei fünf Studien, angewandt.

Festgehalten muss hierbei werden, dass die optimale Steigung bei Bergaufläufen zwischen 7 und 10 Prozent beträgt. Laut Studie Nummer 1 treten dabei die größten Verbesserungen bei den aeroben Parametern auf. Hinzu kommt, dass die Laufökonomie ebenfalls verbessert wird. Eine Bestätigung dieser These erhält man mit den Ergebnissen der Studie Nummer 6. Bei den Bergaufintervallläufen mit einer Steigung von 17,63 Prozent erhält man als Trainingseffekt bei schnellen Geschwindigkeiten eine signifikante Verbesserung bei der Erhaltung der Vo_{2max} , wenn man die Werte mit jenen, die die ProbandInnen in der Gruppe mit den normalen Intervallläufen vorweisen, vergleicht.

Eine andere Trainingsmöglichkeit wird in der Studie Nummer 7 angesprochen. Dabei erhält man die Ergebnisse, dass sich, wenn ProbandInnen ein Pilatestraining absolvieren, die metabolische Energiegewinnung, die Vo_{2max} und die Laufleistungen verbessern. Als Zusatz kann eine Stärkung der Rumpfmuskulatur aufgelistet werden.

Bei der Studie Nummer 21 wird bei der zweiten Interventionsgruppe ein Zirkeltraining absolviert. Dabei erzielen, wie unter im ersten Unterpunkt mit der Überschrift Maximalkrafttraining bereits erwähnt, die unterschiedlichen Geschlechter verschiedene Ergebnisse. Durch das Zirkeltraining sollen gemäß dieser Studie bei den Männern die Vo2max, die Laufökonomie, bei den Frauen die maximalen Laufgeschwindigkeiten und die Herzfrequenz verbessert werden. Bei beiden Geschlechtern werden die Laktatwerte angehoben.

Eine weitere Studie mit der Nummer 17, weist wiederum aus, dass die Maximal- und Explosivkraft, die Laufökonomie und die meisten physiologischen Parameter durch eine Kombination aus Läufen und Kraftausdauertraining verbessert werden.

4) Schnell- und Explosivkraft:

In dieser Masterarbeit werden diese beiden Kategorien zusammengefasst. Gerade im Bereich der Leichtathletik spielt für die Mittel- und LangstreckenläuferInnen die Schnellkraft eine größere Rolle als die Explosivkraft. Für den Start wäre diese bei KurzstreckenläuferInnen für die Startphase von essenziellster Bedeutung. Bei den Studien mit den Nummern 2, 8, 9, 13, 15, und 19 wird diese Krafttrainingsart angewandt. Die Mischform aus Maximal- und Schnellkrafttraining wird, wie bereits erwähnt, bei den Studien 21 und 23 von den ProbandInnen praktiziert.

Eine Studie, die sich mit dem Explosivkrafttraining beschäftigt, ist die Studie Nummer 2. In dieser sollen die ProbandInnen plyometrisches Training, also explosive Sprünge auf Kästen, durchführen. Dadurch werden die biomechanischen Merkmale verbessert. Eine Bestätigung erhält man bei der Studie Nummer 15, bei der explosive Sprünge absolviert werden. Dadurch erhält man eine Verbesserung der Zeit auf 5 Kilometer, der Vo2max, der Laufökonomie und der neuromuskulären Anforderungen. Eine Verbesserung der Laufzeiten auf eine Distanz von 2,4 Kilometer erhält man bei der Studie Nummer 18. Hinzu kommen Verringerungen der Sprintzeiten und Steigerungen der Sprunghöhen bei Sprungübungen. Die Studie Nummer 19 bestätigt die Verbesserungen, die die ProbandInnen aus den vorigen Studien aufweisen. Bei dieser Studie wird ebenfalls auf eine Verbesserung der Sprunghöhe und Sprungkraft aufmerksam gemacht. Hinzu kommt eine Erhöhung der Vo2max und der dynamischen Kraft. Eine Verbesserung der Laufökonomie erfolgt allerdings nur bei einer Laufgeschwindigkeit ab 18 Kilometer pro Stunde.

Mit Gewichten wird bei der Studie Nummer 8 ein Schnellkrafttraining absolviert. Dabei werden allerdings nur die Laktatgrenzen verbessert und man erhält viel weniger

Verbesserungen als beim Maximalkrafttraining. Unterstützt werden diese Thesen auch von der Studie Nummer 13. Bei dieser wird ebenfalls mit Gewichten trainiert. Man erhält zwar eine Verbesserung der Laufleistung, Laufökonomie und der Vo2max, allerdings sind diese Werte nicht signifikant. Signifikant verbessert werden die Maximalkraft und die maximalen Laufgeschwindigkeiten.

Eine Mischung aus Schnellkraft- und Explosivkrafttraining wird bei der Studie mit der Nummer 9 von den ProbandInnen absolviert. Dabei werden sowohl Intervalle als Schnellkrafttraining gelaufen, als auch explosive Sprünge absolviert. Man erhält dadurch eine Verbesserung der maximalen Herzfrequenz, Laktatgrenzen, maximalen Laufgeschwindigkeiten und Laufzeiten.

Die Studien mit den Nummern 21 und 23 weisen eine Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining auf. Diese werden im ersten Unterpunkt mit der Überschrift Maximalkrafttraining behandelt.

5) Schnellkraftausdauer:

Diese Art von Krafttraining wird speziell bei der Studie mit der Nummer 4 durchgeführt. Das ist allerdings die einzige, bei der diese Art des Krafttrainings angewandt wird. Wenn man 33 Prozent aller Läufe mit einer sehr hohen Intensität durchführt, werden die Laufzeiten, die Laktatschwellen, die Vo2max und die Laufökonomie verbessert.

6) Reaktivkraft:

Keine der 23 Studien enthält als Intervention eine Art von Reaktivkrafttraining. Dieser Punkt wird nur für die Vervollständigung der Krafttrainingsarten angeführt.

3.6 Auswirkungen der Ergebnisse auf die Forschungsfrage

Die Forschungsfrage: „Welche Arten von Krafttraining liefern für Mittel- und LangstreckenläuferInnen in der Leichtathletik den größten und effizientesten Leistungszuwachs neben den herkömmlichen Lauftrainingsarten?“ lässt sich auf Grund der Beschreibung und Auswertung von 23 Studien folgendermaßen beantworten: Alle Arten von Krafttraining mit der Ausnahme vom reaktiven Krafttraining, das in diesen Studien nicht untersucht wird, steigern die Laufleistungen und die physiologischen Parameter der ProbandInnen. Es gibt jedoch nicht die eine Art von Krafttraining, die für die größten und effizientesten Leistungszuwächse sorgt. Man kann allerdings gleich vorwegnehmen, dass Krafttraining in Kombination mit den normalen Läufen bei weitem zu größeren Verbesserungen führt als nur Lauf- oder Ausdauertraining.

Es soll im nachfolgenden Teil, um einen Bogen zur Einleitung dieser Masterarbeit spannen zu können, eine Auflistung der vier essenziellsten Faktoren, die die Laufleistungen von AthletInnen beeinflussen, erfolgen. Dafür erfolgt ein Verweis auf die Abbildung Nummer 2, die in der Einleitung dieser Arbeit ersichtlich ist. Dabei werden die Vo2max, die Laktatgrenzen, die Laufökonomie und die Muskelkraft als die vier entscheidenden Komponenten für die Laufleistungen von AthletInnen aufgelistet. Eine Verbesserung der beiden letzteren werden speziell mit unterschiedlichen Arten des Krafttrainings erzielt.

Nachfolgend sollen für TrainerInnen und AthletInnen zwei mögliche Trainingsempfehlungen, basierend auf den Auswertungen der 23 Studien, abgegeben werden. Zum einen soll es je zwei Trainingsempfehlung für die Mittelstrecke für ambitionierte FreizeitläuferInnen und LeistungssportlerInnen und zum anderen für die Langstrecke für jeweils dieselben Gruppen geben, um aus dieser Studie auch einen praktischen Nutzen ziehen zu können. Aus diesen Trainingsempfehlungen kann man dann herauslesen, dass es eine unterschiedliche Trainingsempfehlung gibt, abhängig davon, ob man Mittel- oder LangstreckernläuferIn und Freizeit- oder LeistungssportlerIn ist. Allerdings handelt es sich dabei nur um Empfehlungen, die seitens des Autors, basierend auf den Auswertungen der 23 Studien, gegeben werden können. Tendenziell zeigt sich, dass man in Abhängigkeit, welche Distanzen die ProbandInnen absolvieren, beim Krafttraining minimale Abweichungen berücksichtigen sollte, um die optimale Auslösung eines Trainingsreizes bei den AthletInnen zu gewährleisten. Im Diskussionsteil werden manche Aspekte der Studien noch kritisch diskutiert und auf gewisse Limitationen hingewiesen.

A) Mittelstrecke:

1) Ambitionierte/r FreizeitsportlerIn:

Da bei einer/einem ambitionierten FreizeitsportlerIn die Trainingshäufigkeiten und das Trainingsvolumen niedriger anzusetzen ist als bei LeistungssportlerInnen, müssen die Trainings auch dementsprechend anders geplant werden. Die Empfehlungen dafür würden lauten, dass man dreimal die Woche Läufe durchführt. Davon sollte ein Lauf ein längerer Grundlagenlauf mit circa 5 bis 10 Kilometer an Länge vorweisen. Die restlichen beiden sollten als kürzere Intervallläufe mit höherer Intensität, wie z.B. Pyramidenläufe, absolviert werden. An den Pausentagen sollte man einmal die Woche ein Explosivkrafttraining, einmal eine Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining, wie in den Studien Nummer 21 und 23, und eine Einheit Pilatesttraining praktizieren. Insgesamt hat man dabei sechs Belastungstage und einen Tag, der komplett trainingsfrei bleibt.

2) LeistungssportlerIn:

Bei dieser Kategorie sollten die Trainingshäufigkeiten und -volumen im Vergleich zur/zum ambitionierten FreizeitläuferIn deutlich angehoben werden. Gemäß der gängigen Lehre soll man mindestens fünfmal Läufe und viermal in der Woche Krafttraining absolvieren soll. Bei den Läufen sollten einmal die Woche ein Grundlagenausdauerlauf mit 5 bis 10 Kilometer, über dieselbe Distanz einen schnellen Dauerlauf und dreimal die Woche Intervallläufe absolviert werden. Wobei ein Intervalllauf mit sehr hoher Intensität absolviert werden soll. Beim Krafttraining sollte eine Einheit aus Pilatesttraining, eine aus Explosivkrafttraining und zwei aus einer Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining bestehen. Die Läufe sollten am Montag, Dienstag, Mittwoch, Freitag und Samstag absolviert werden. Wobei am Samstag der längere Dauerlauf am Plan steht. An den beiden lauffreien Tagen, also am Donnerstag und Sonntag, wird die Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining durchgeführt. Am Montag erfolgt das Explosivkrafttraining und am Freitag das Pilatesttraining.

B) Langstrecke

1) Ambitionierte/r FreizeitsportlerIn:

Diese Zielgruppe benötigt ebenfalls wieder Krafttrainingseinheiten mit einer geringeren Trainingshäufigkeit und Trainingsvolumen. Im Laufbereich sollten dreimal die Woche Läufe durchgeführt werden. Ein gemütlicher Grundlagenausdauerlauf mit einer

Streckenlänge von circa 15 Kilometern, wobei die Distanz, in Abhängigkeit davon, bei welchem Wettkampf man teilnimmt und in welcher Wettkampfphase man sich befindet, variiert werden muss. Die anderen beiden Läufe sollten bezogen auf die Distanz längere Intervallläufe auf circa 5 bis 10 Kilometer, wie z.B. Crescendo- Läufe, sein. Zusätzlich kommen wieder drei Krafttrainingseinheiten, die an Tagen alternierend zu den Lauftagen erfolgen. Dabei wird einmal in der Woche ein Maximalkrafttraining, einmal eine Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining und einmal ein Pilatestraining durchgeführt.

2) LeistungssportlerIn:

Bei den LeistungssportlerInnen erfolgt wieder eine Steigerung der Trainingshäufigkeiten und des Trainingsumfanges. Die Läufe sollten am Montag, Dienstag, Mittwoch, Freitag und Samstag absolviert werden. Es gibt also fünf Lauftage. Dabei sollte ein längerer Grundlagenausdauerlauf mit einer Distanz von circa 15 Kilometern, ein schnellerer Dauerlauf und ein längerer, ein mittlerer und ein kürzerer Intervalllauf absolviert werden. Man sollte beachten, dass je kürzer die Intervallläufe durchgeführt werden, die Intensität höher sein sollte. Es können hierfür Crescendo- oder Pyramidenläufe als Beispiel herangezogen werden. An den beiden lauffreien Tagen, also am Donnerstag und Sonntag, wird die Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining praktiziert. Am Montag erfolgt ein Schnellkrafttraining und am Freitag ein Pilatestraining. Diese werden zusätzlich am Vormittag absolviert. Die beiden Läufe erfolgen am Abend.

4 Diskussion

4.1 Dauer der Interventionen

Zu diesem Unterpunkt gibt es bei den 23 Studien sehr unterschiedlich andauernde Interventionen. Die kürzeste Interventionszeit liegt bei der Studie Nummer 8 mit einer Dauer von vier Wochen. Die Studie Nummer 9 vollzieht ohne die Messungen aller Daten, die vor und nach der Studie stattfinden, eine Intervention, die fünf Wochen lang dauert. Dicht gefolgt von sechs weiteren Studien, die einen Interventionszeitraum von lediglich sechs Wochen aufweisen. Dabei handelt es sich um die Studien Nummer 1, 3, 5, 6, 16 und 18. Die Studie Nummer 6 wird wegen einer Vorbereitungsphase auf die Intervention mit einer Zeitspanne von drei Monaten als Ausnahme betrachtet. Bei den anderen fünf Studien müssen die Ergebnisse auf Grund der kurzen Interventionszeit und den damit resultierenden Anpassungserscheinungen der physiologischen Parameter kritisch betrachtet werden. Man kann daher sagen, dass alle Studien, die eine geringere Interventionszeit als sechs Wochen vorweisen kritisch, hinsichtlich der resultierenden Ergebnisse, zu betrachten sind. Im Gegensatz dazu hat die Studie mit der Nummer 14 einen Zeitraum von 14 Wochen, also circa 3 ½ Monate. Hinzu kommt noch ein Vorbereitungszeitraum von 10 Wochen. Übertroffen wird dieser Wert von der Studie Nummer 12. Dort beträgt die Interventionszeit 26 Wochen. Alle anderen Interventionen liegen in einem Zeitraum zwischen den genannten Studien. Daher kann man schließen, dass diese einen Interventionszeitraum von mindestens acht Wochen, also zwei Monaten, vorweisen.

4.2 Vorbereitungsphasen für die Interventionen

Im vorherigen Unterpunkt sind bei manchen Studien bereits Vorbereitungsphasen kurz erwähnt worden. Konkret werden diese bei den Studien Nummer 2, 6, 13, 14, 21 und 23 durchgeführt. Bei den Studien 13 und 23 betragen die kürzeste Vorbereitungsphasen vier Wochen. Bei der Studie Nummer 6 beträgt diese sogar drei Monate. Diese Vorbereitungsphasen dienen zum einen dazu, um den ProbandInnen eine Einschulung und ein Techniktraining für das Krafttraining zu ermöglichen und zum anderen dazu, dafür zu sorgen, dass alle ProbandInnen zu Beginn der eigentlichen Intervention auf demselben Leistungsniveau sind. Daher können diese sechs Studien mit einer besonders großen und verlässlichen Aussagekraft bewertet werden.

4.3 Abfolge der Interventionen

Bei der Abfolge der Interventionen sollen speziell drei Studien hervorgehoben werden. In allen anderen Studien folgt nämlich eine strikte Trennung zwischen den Einheiten des Lauf- und Krafttrainings. Bei der Studie Nummer 10, die eine Interventionsdauer von drei Monaten aufweist, werden in den ersten sechs Wochen nur Krafttraining und in den abschließenden sechs Wochen nur Ausdauertraining absolviert. Die Ergebnisse und die Steigerung der Laufleistungen der ProbandInnen scheinen dabei vielversprechend zu sein. Eine Mischform zwischen Kraft- und Schnellkrafttraining in Kombination mit den normalen Lauftraining scheint gemäß den Studien Nummer 21 und 23, die beide eine Vorbereitungsphase für die ProbandInnen beinhalten, sehr positive Effekte auf die Laufleistungen und physiologischen Parameter zu haben. Daher wird diese Art der Intervention auch zuvor im Kapitel „Auswirkung der Ergebnisse auf die Forschungsfrage“ im Bereich der Trainingsempfehlung in den Trainingsplan inkludiert.

4.4 Bedeutung der Geschlechter und Unterscheidungen

Allgemein muss man in diesem Unterpunkt der Masterarbeit für die Leserschaft festhalten, dass von den 23 Studien neun nur männliche Teilnehmer als Probanden für die Interventionsphase und die damit verbundenen Testungen verwendet haben. Lediglich in zwei Studien, nämlich jenen mit der Nummer 11 und 12, werden weibliche TeilnehmerInnen herangezogen. In den Studien mit den Nummern 1, 3, 8 und 14 werden weder im Beschreibungs-, noch im Diskussionsteil auf Geschlechteranzahlen bzw. Geschlechterunterschiede eingegangen. Bei weiteren sechs Studien, nämlich jenen mit den Nummern 6, 10, 12, 16, 18 und 20 wird bei den Beschreibungen der ProbandInnen auf die Aufteilung der Geschlechter eingegangen, jedoch im Ergebnisteil erfolgt keine geschlechtsspezifische Trennung der erhobenen Werte. Ebenfalls muss man hervorheben, dass bei der Studie Nummer 16 bei der Kontrollgruppe nur männliche Teilnehmer herangezogen werden. Es erfolgt also Einteilung und Gliederung nach den Geschlechtern. Diese Aufteilung und Analyse, bezogen auf die Ergebnisse der unterschiedlichen Geschlechter, findet man nur bei den Studien mit den Nummern 2 und 21. Bei beiden Studien wird bestätigt, dass die Verbesserungen unterschiedlich ausfallen. Bei der Studie Nummer 2 finden größere Verbesserungen bei den Frauen als bei den Männern statt. Bei der Studie Nummer 21 erkennt man, dass sich abhängig von der Art des Krafttrainings die Parameter gemäß den Geschlechtern auch unterschiedlich verbessern. Da dieses Phänomen allerdings nur von zwei Studien veranschaulicht und erforscht wird und alle anderen 21 Studien diese geschlechterspezifischen Unterschiede

vernachlässigen, muss man zur Kenntnis nehmen, dass man über die Art des Krafttrainings in Bezug auf die Geschlechter mit Hilfe dieser Masterarbeit keine wissenschaftlich fundierte Aussage treffen kann. Als Grund wird der zu geringe Stichprobenumfang genannt.

Allgemein muss man dabei festhalten, dass in vielen medizinischen oder sportwissenschaftlichen Studien das weibliche Geschlecht im Gegensatz zum männlichen vernachlässigt bzw. außen vorgelassen wird. Da es nur zwei Studien gibt, die eine Unterscheidung zwischen den Ergebnissen nach den Geschlechtern durchführen, kann man daraus auch keine Aussagen treffen, ob es hinsichtlich der Trainingsplanung bzw. der Art der Krafttrainings auch eine geschlechterspezifische Unterscheidung geben muss. Tendenziell sollte man allerdings davon ausgehen können, da die physiologischen und anatomischen Merkmale einer Frau anders als bei einem Mann aufgebaut sind. Männliche und weibliche Körper unterscheiden sich in den unterschiedlichsten Aspekten voneinander.

Von Seiten der Sportwissenschaften unterstreicht Czingon (2017), dass die Trainierbarkeit in Bezug auf die Kraftentwicklung bei Männern besser als Frauen ausgeprägt ist. Hinzu kommt, dass die Ausbelastungen bei spezifischen Trainingsreizen bei dem weiblichen Geschlecht geringer ausfallen. Man kann daher bei ihnen die Trainingsreize verdichten. Zudem gibt es eine noch nicht ganz gesicherte These, dass im ersten Teil des monatlichen Zyklus, wenn die Frauen ihre Menstruation bekommen, das Krafttraining zu intensivieren ist, um für einen größeren Trainingsreiz und damit einhergehend eine größere Verbesserung des Leistungszuwachses zu erzielen. Weineck (2002) merkt dazu noch an, dass Frauen unmittelbar vor der Periode die schlechtesten Leistungen aufweisen, jedoch direkt nach der Periode ihr Maximum erreichen.

Andere Autoren vermerken, dass Frauen zum einen weniger und zum anderen kleinere Muskelfasern als Männer besitzen. Bei den Muskelfasertypen liegt im Gegensatz dazu keine Unterscheidungen vor. Daraus lassen sich auch die Differenzen bei der Absolutkraft zwischen den Männern und Frauen erklären. Bei der Rumpfkraft ist diese besonders groß. Männer besitzen um 40 Prozent mehr Rumpfkraft als Frauen (Zatsiorsky & Kraemer, 2008). Hoppler et al. (1973) bestätigen, dass die Muskelkraftleistungen beim weiblichen Geschlecht geringer ausfallen als beim männlichen. Als Gründe dafür werden das geringere Mitochondrienvolumen und die niedrigere Anzahl der Mitochondrien pro Myofibrille genannt.

In Bezug auf das Herzkreislaufsystem spielen das Gewicht und die Größe des Herzens ebenfalls eine essenzielle Rolle. Da dieses beim weiblichen Geschlecht weniger bzw.

kleiner ist, ergibt sich bei den Frauen eine unökologischere Steigerung der Herzfrequenz als bei den Männern (Weineck, 2002). Villiger (1993) erwähnt, dass der Hämoglobingehalt, also die Sauerstofftransportkapazität, bei den Männern im Durchschnitt zwischen 14 und 17 und bei den Frauen zwischen 12 und 16 g/dl liegt. Die Menstruation steuert dazu einen erheblichen Anteil bei.

Hottenrott (2015) führt noch einen hormonellen Unterschied zwischen den Männern und Frauen an. Da beim männlichen Geschlecht ein höherer Testosteronwert nachgewiesen wird als beim weiblichen, besitzen diese eine höhere Muskelkraft. Der Anteil an Östrogen ist allerdings bei den Männern geringer, daher verstoffwechseln diese mehr Proteine und Kohlenhydrate, dafür jedoch weniger Fette.

4.5 Mittelstrecke vs. Langstrecke

Ebenfalls gehört in diesem Diskussionsteil erörtert und kritisch angemerkt, dass, wie im einleitenden Teil dieser Masterarbeit bereits definiert wurde, im Bereich der Lang- und Mittelstrecke sehr viele Distanzen inkludiert sind. Als Beispiel kann hier die Langstrecke genannt werden, dass sich AthletInnen auf einen 10 Kilometer Lauf anders als auf einen Marathon mit 42,195 Kilometern vorbereiten und trainieren müssen. Andererseits sind die ausgewählten Studien auch eher für den Bereich Mittelstrecke bzw. kurze Langstrecke zugeschnitten. Aus den 23 Studien generierten und der im vorherigen Kapitel abgegebenen Trainingsempfehlungen kann eine solide Basis für eine praktische Anwendung herangezogen werden.

4.6 Zukünftige Perspektiven

Die Forschungsfrage: „Welche Arten von Krafttraining liefert für Mittel- und LangstreckenläuferInnen in der Leichtathletik den größten und effizientesten Leistungszuwachs neben den herkömmlichen Lauftrainingsarten?“ kann man, auch wenn es die vorhingen genannten Tendenzen gibt, erst hundertprozentig wissenschaftlich fundiert, beantworten, wenn weitere Studien über dieses Thema in ferner Zukunft für ForscherInnen in Auftrag gegeben werden. Für weitere Forschungsfragen, die sich mit diesem Thema noch intensiver beschäftigen, kann man folgende Fragestellungen in Betracht ziehen:

- 1) Ab welcher Interventionsdauer werden die physiologischen Verbesserungen der Parameter, wenn man die unterschiedlichen Arten des Krafttrainings auf die Ausdauerleistungen der ProbandInnen untersucht, bei den Testungen wirklich

nachgewiesen? Es sollten also in Zukunft nur mehr Studien durchgeführt werden, die eine gewisse Dauer an Interventionszeit aufweisen. Die Empfehlung seitens des Autors dazu lautet, dass eine Mindestinterventionszeit von zwei Monaten vorgesehen werden sollte.

2) Welche Auswirkungen haben Vorbereitungsphasen, bevor die eigentlichen Interventionszeiträume beginnen, bei einer Koppelung von Krafttrainingsarten mit Lauftraining bei Mittel- und LangstreckenläuferInnen in Bezug auf die Ergebnisse? Hierfür sollte man gezielt untersuchen, ob man eine Abweichung von den Ergebnissen bei den Messungen im Interventionszeitraum erhalten würde, wenn man eine Studie mit oder ohne Vorbereitungsphase durchführen würde.

3) Welche Auswirkungen hat eine Änderung der Übungsaneinanderreihungen von Kraft- und Ausdauertraining bei Mittel- und LangstreckenläuferInnen, wie bei Kapitel 4.3 bereits thematisiert, auf die Ergebnisse?

4) Welche geschlechterspezifischen Trainingsunterschiede sollten hinsichtlich Mittel- und LangstreckenathletInnen bei den Kraft- und Ausdauertrainingseinheiten vollzogen werden? Dabei müssen bei zukünftigen Studien mehr Frauen als ProbandInnen herangezogen werden und die Ergebnisse geschlechterspezifisch betrachtet bzw. ausgewertet werden.

5) Welche Unterschiede muss das Kraft- und Ausdauertraining bei AthletInnen der Mittel- und Langstrecke mit sich bringen? Dabei soll nochmals eine genauere Untergliederung der beiden Bereiche erfolgen, um noch gezieltere Trainingsempfehlungen abgeben zu können.

Um zukünftig weitere Kenntnisse, die als wissenschaftlich fundiert angesehen werden, über das Thema „Die Bedeutung von Krafttraining für LäuferInnen der Mittel- und Langstrecke“ zu erhalten, müssen von den SportwissenschaftlerInnen über die vorhin angeführten Themen weitere Studien durchgeführt werden, da man bis jetzt nur die Schlussfolgerungen ziehen kann, dass eine Kombination aus Kraft- und Ausdauertraining die Laufleistungen steigert und die physiologischen Parameter bei Mittel- und LangstreckenläuferInnen verbessert. Nach aktueller Literatur und Auswertung der 23 Studien für diese Masterarbeit tendiert die Forschung dazu bei MittelstreckenläuferInnen neben den unterschiedlichen Arten von Lauftraining einmal pro Woche ein Kraftausdauertraining, zweimal die Woche eine Mischung aus Maximal- und Schnellkrafttraining und einmal ein Explosivkrafttraining anzuwenden. Bei AthletInnen der Langstrecke wird ein identes Programm empfohlen, allerdings wird das Explosivkrafttraining für ein Schnellkrafttraining ersetzt. Neben der Dauer, den

Vorbereitungsphasen, der Aneinanderreihung der Trainingsinterventionen und der Unterscheidung zwischen den Distanzen Mittel- und Langstrecke, müssen vor allem im Bereich der geschlechterspezifischen Unterschiede bei zukünftigen Studien Verbesserungen vorgenommen werden. Die weiterführenden Forschungsprozesse müssen einen höheren Frauenanteil und bei den Interventionen eine Unterscheidung der Ergebnisse zwischen den beiden Geschlechtern aufweisen. Nur so kann gewährleistet werden, dass es in Zukunft modifizierte Trainingsprogramme für Frauen im Bereich Mittel- und Langstrecke in der Leichtathletik gibt.

5 Literaturverzeichnis

Primärliteratur:

- Barnes, K. R., Hopkins, W. G., McGuigan, M. R., & Kilding, A. E. (2013). Effects of different uphill interval-training programs on running economy and performance. *International journal of sports physiology and performance*, 8(6), 639–647. <https://doi.org/10.1123/ijspp.8.6.639>
- Barnes, K. R., Hopkins, W. G., McGuigan, M. R., Northuis, M. E., & Kilding, A. E. (2013). Effects of resistance training on running economy and cross-country performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(12), 2322–2331. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829af603>
- Bertuzzi, R., Pasqua, L. A., Bueno, S., Damasceno, M. V., Lima-Silva, A. E., Bishop, D., & Tricoli, V. (2013). Strength-training with whole-body vibration in long-distance runners: a randomized trial. *International journal of sports medicine*, 34(10), 917–923. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1333748>
- Enoksen, E., Shalfawi, S. A., & Tønnessen, E. (2011). The effect of high- vs. low-intensity training on aerobic capacity in well-trained male middle-distance runners. *Journal of strength and conditioning research*, 25(3), 812–818. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2291>
- 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. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a861f>
- Ferley, D. D., Osborn, R. W., & Vukovich, M. D. (2013). The effects of uphill vs. level-grade high-intensity interval training on VO₂max, V_{max}, V(LT), and T_{max} in well-trained distance runners. *Journal of strength and conditioning research*, 27(6), 1549–1559. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182736923>
- Finatto, P., Silva, E. S. D., Okamura, A. B., Almada, B. P., Storniolo, J. L. L., Oliveira, H. B., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). Pilates training improves 5-km run performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. *PloS one*, 13(3), e0194057. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194057>
- Guglielmo, L. G., Greco, C. C., & Denadai, B. S. (2009). Effects of strength training on running economy. *International journal of sports medicine*, 30(1), 27–32. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038792>
- Hamilton, R. J., Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2006). Effect of high-intensity resistance training on performance of competitive distance runners. *International journal of sports physiology and performance*, 1(1), 40–49. <https://doi.org/10.1123/ijspp.1.1.40>
- Karsten, B., Stevens, L., Colpus, M., Larumbe-Zabala, E., & Naclerio, F. (2016). The Effects of a Sport-Specific Maximal Strength and Conditioning Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance, and 5-km Race Performance. *International journal of sports physiology and performance*, 11(1), 80–85. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0559>
- Kelly, C. M., Burnett, A. F., & Newton, M. J. (2008). The effect of strength training on three-kilometer performance in recreational women endurance runners. *Journal of strength and conditioning research*, 22(2), 396–403. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318163534a>
- Luckin-Baldwin, K. M., Badenhorst, C. E., Cripps, A. J., Landers, G. J., Merrells, R. J., Bulsara, M. K., & Hoyne, G. F. (2021). Strength Training Improves Exercise Economy in Triathletes During a Simulated Triathlon. *International journal of sports physiology and performance*, 16(5), 663–673. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0170>

- Mikkola, J., Vesterinen, V., Taipale, R., Capostagno, B., Häkkinen, K., & Nummela, A. (2011). Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *Journal of sports sciences*, 29(13), 1359–1371. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.589467>
- Millet, G. P., Jaouen, B., Borrani, F., & Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(8), 1351–1359. <https://doi.org/10.1097/00005768-200208000-00018>
- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 86(5), 1527–1533. <https://doi.org/10.1152/jappl-1999-86-5-1527>
- Piacentini, M. F., De Ioannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G., & La Torre, A. (2013). Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *Journal of strength and conditioning research*, 27(8), 2295–2303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182794485>
- Prieto-González, P., & Sedlacek, J. (2022). Effects of Running-Specific Strength Training, Endurance Training, and Concurrent Training on Recreational Endurance Athletes' Performance and Selected Anthropometric Parameters. *International journal of environmental research and public health*, 19(17), 10773. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710773>
- Ramírez-Campillo, R., Alvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Baez, E. B., Martínez, C., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2014). Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle- and long-distance runners. *Journal of strength and conditioning research*, 28(1), 97–104. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1f44c>
- 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. <https://doi.org/10.1519/R-18235.1>
- Støren, O., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(6), 1087–1092. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>
- Taipale, R. S., Mikkola, J., Salo, T., Hokka, L., Vesterinen, V., Kraemer, W. J., Nummela, A., & Häkkinen, K. (2014). Mixed maximal and explosive strength training in recreational endurance runners. *Journal of strength and conditioning research*, 28(3), 689–699. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a16d73>
- Vikmoen, O., Rønnestad, B. R., Ellefsen, S., & Raastad, T. (2017). Heavy strength training improves running and cycling performance following prolonged submaximal work in well-trained female athletes. *Physiological reports*, 5(5), e13149. <https://doi.org/10.14814/phy2.13149>
- Vorup, J., Tybirk, J., Gunnarsson, T. P., Ravnholt, T., Dalsgaard, S., & Bangsbo, J. (2016). Effect of speed endurance and strength training on performance, running economy and muscular adaptations in endurance-trained runners. *European journal of applied physiology*, 116(7), 1331–1341. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3356-4>

Weiterführende Literatur:

- Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., & Grivas, G. V. (2016). Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials. *Journal of strength and conditioning research*, 30(8), 2361–2368. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001316>
- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Strategies to improve running economy. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(1), 37–56. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0246-y>
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(6), 845–865. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0157-y>
- Czingon, H. (2017). Geschlechtsspezifische Unterschiede im Krafttraining: Leistungsunterschiede, Leistungsvoraussetzungen, Entwicklung von männlichen und weiblichen Athleten. *Leichtathletiktraining*, 28(9/10), S. 6-13.
- Denadai, B. S., de Aguiar, R. A., de Lima, L. C., Greco, C. C., & Caputo, F. (2017). Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(3), 545–554. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0604-z>
- Downs, S. H., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 52(6), 377–384. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>
- Hoppler H. et al(1973). The ultrastructure of the normal human skeletal muscle. A morphometric analysis on untrained men, women and well-trained orientiers. *Pflügers Archiv*; 344, 217-232.
- Hottenrott, K. & Neumann, G. (2010). *Trainingswissenschaften. Ein Lehrbuch in 14 Lektionen*. Meyer & Meyer Sport.
- Hottenrott, K.(2015). Die sportliche Frau - Leistungsphysiologische Unterschiede zum Mann – Relevanz für die ärztliche Beratung Geschlechtsspezifische Formel für optimale Trainingsfrequenzen. In: *Gynäkologie*, 3/2015. (letzter Zugriff am 10.04.2023 unter: http://www.hottenrott.info/wp-content/uploads/2015/06/03_Die-sportliche-Frau.pdf).
- Hottenrott, K. & Sedel, I. (2017). *Handbuch Trainingswissenschaft Trainingslehre*. Hofmann – Verlag GmbH & Co.
- IOC (Hrsg.) (1995). *Olympic Charter*. Lausanne
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical therapy*, 83(8), 713–721.
- Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (1991). *Handbuch Trainingslehre*. Hofmann.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097
- Villiger B. et al (1991). *Ausdauer*. Georg Thieme Verlag Stuttgart: New York.
- Weineck, J. (2010). *Sportbiologie*. Balingen: Spitta.
- Zatsiorsky, V. ; Kraemer, W. (2008). *Krafttraining. Praxis und Wissenschaft*. Aachen: Meyer & Meyer.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenhang der drei konditionellen Fähigkeiten, Ausdauer, Schnelligkeit und Kraft, mögliche Kombinationen und die Mischvariante Schnellkraftausdauer (Hottenrott & Neumann, 2010).	2
Abbildung 2: Der Zusammenhang zwischen Ausdauer- und Krafttraining und deren Auswirkungen auf die Leistungen von AthletInnen (Beattie et al. 2014).....	6
Abbildung 3: Werte und Daten der einzelnen Bergauflaufgruppen	14
Abbildung 4: Werte und Daten der beiden Interventionsgruppen inklusive aller Übungsarten (Barnes et al. 2013).....	15
Abbildung 5: Trainingsprogramme der drei Interventionsgruppen im Mesozyklus	18
Abbildung 6: Nicht periodisiertes Krafttraining	19
Abbildung 7: Periodisiertes Krafttraining	19
Abbildung 8: Periodisiertes zwölfwöchiges Pilatetraining (Finatto et al. (2013)	21
Abbildung 9: Angaben aller Übungen bei der Trainingsgruppe, die ein laufspezifisches Ausdauertraining absolviert	28
Abbildung 10: Angaben aller Übungen der Ausdauertrainingsgruppe.....	28
Abbildung 11: Übungen und Daten des kombinierten Kraft- und Ausdauerprogrammes (Taipale et al. 2014).	32
Abbildung 12: Alle Werte der physiologischen Parameter bei den unterschiedlichen Interventionen im Überblick (Mikkola et al. 2012)	60

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prisma-Chart.....	12
Tabelle 2: Zusammenfassung der „Clinical und Randomized Trials“	35
Tabelle 3: Die Kriterien der „PEDro Skala“	50
Tabelle 4: Bewertungsbogen von Studien gemäß der „Downs and Black Skala“	53