



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Das Belastungs- und Beanspruchungsprofil des 400-m-Hürdensprints

verfasst von / submitted by

Jana Flandorfer

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of
Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

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

A 190 482 299

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

Lehramtsstudium
UF Bewegung und Sport
UF Psychologie und Philosophie

Betreut von / Supervisor

Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Kurzfassung

Trotz der Tatsache, dass dem 400-m-Hürdensprint innerhalb der leichtathletischen Disziplinen vergleichsweise weniger Beachtung zukommt, geht aus der Fachliteratur einstimmig hervor, dass sich der Langhürdensprint aufgrund seines komplexen Anforderungsprofils von seinen verwandten Bewerben abhebt. Auch wenn der 400-m-Hürdensprint Parallelen zum Kurzhürden- und 400-m-Flachsprint aufweist, besteht aufgrund der dem Langhürdensprint innewohnenden Komplexität der Bedarf einer gesonderten Betrachtung.

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist, die leistungsbestimmenden Faktoren des 400-m-Hürdensprints festzulegen, deren Bedeutung für den Erfolg auf dieser Distanz zu klären und Empfehlungen dafür zu geben, wie in dieser Disziplin für eine optimale Leistung trainiert werden sollte.

Im ersten Schritt werden die Grundzüge des Hürdenlaufs und des Langhürdensprints, sowie die Entwicklung dieser Disziplin, geklärt, um ein grundlegendes Verständnis vom 400-m-Hürdensprint zu bekommen. Im Anschluss darauf wird der nationale und internationale Leistungsstand des Langhürdensprints mithilfe einer Weltstandsanalyse der letzten sechs Jahre ermittelt. Im darauffolgenden Hauptteil wird dann das Belastungsprofil geklärt und die für die Leistung im 400-m-Hürdensprint zentralen Bestandteile diskutiert. Im anschließenden Schritt werden die aus diesen Faktoren resultierenden Beanspruchungen geklärt.

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit wurde mit einer systematischen Literatursuche verfolgt, wobei Standardwerke der Leichtathletik, sowie online Datenbanken und Magazine als Informationsquellen dienten.

Schlüsselwörter: Leichtathletik, 400-m-Hürden, Langsprint, Hürdenlauf, Training

Abstract

Despite the fact that the 400-metres-hurdles can be seen as a track and field event, which has received little attention within the track events so far, one can, based on the present literature, conclude that the long hurdles can be characterized as one of the most specific and demanding track and field events. Therefore, it becomes necessary to do further investigations. The aim of this diploma thesis is to clarify which factors determine the performance of the 400-m-hurdles, and to give profound advice on how to train those essential factors.

First of all, to obtain a fundamental understanding of the long hurdling event, the characteristics of hurdling in general and the development of the 400-m-hurdles are discussed. As a second step, a statistic of the international and national results from the last six years will be given to get an overview of the performances in this event. The purpose of the analysis is to understand how they developed over the years and to receive a national and international comparison. In the subsequent mainpart, the physical and mental stresses given in this track event will be identified and their importance for the performance will be discussed. Finally, the resulting strains of these stresses, as of lactate level and heart rate measured during and after the performance will, be taken into consideration.

Scientific reference works of track and field, as well as online databases and magazines were used as a source of information to fulfil the goal of the diploma thesis.

Keywords: Track and Field, 400-m-hurdles, long sprint, hurdling, training

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Fragestellungen	2
1.2	Methodik	3
1.2.1	Das Belastungs-Beanspruchungs-Modell	3
2	Der 400-m-Hürdensprint	4
2.1	Grundlagen	4
2.2	Der Hürdenlauf	5
2.3	Entwicklung des 400-m-Hürdensprints	6
2.4	Nationale und internationale Rekorde und Jahresbestleistungen	8
2.5	Weltstandsanalyse	8
3	Belastungsprofil und Training der leistungsrelevanten Faktoren des 400-m-Hürdensprints ...	11
3.1	Technische Anforderungen und Phasenstruktur des 400-m-Hürdensprints	15
3.1.1	Tiefstart und Beschleunigung zur 1. Hürde	15
3.1.2	Abstoß vor der Hürde und Hürdenüberquerung	17
3.1.3	Hürdenschritt in der Kurve	19
3.1.4	Zwischenhürdensprint und die Wahl des optimalen Schrittrhythmus	20
3.1.5	Zieleinlauf	22
3.1.6	Vergleich der Hürdentechnik des Kurz- und Langhürdensprints	22
3.1.7	Rhythmus- und Techniktraining	23
3.1.8	Häufige Fehler im 400-m-Hürdensprint, ihre Ursachen und Korrekturmöglichkeiten .	31
3.2	Taktische Anforderungen und Renneinteilung	36
3.2.1	Geschwindigkeitsverläufe	43
3.3	Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer im 400-m-Hürdensprint	45
3.3.1	Bedeutung der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer im Langhürdensprint	45
3.3.2	Grundlagen des Ausdauertrainings	46
3.3.3	Training der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer	48
3.3.4	Tempoläufe über Hürden	50
3.3.5	Periodisierung des Ausdauertrainings im 400-m-Hürdenlauf	53
3.4	Schnelligkeit im Langhürdensprint	54
3.4.1	Der 400-m-Hürdensprint als Sprintdisziplin	56
3.5	Kraft im 400-m-Hürdenlauf	58
3.5.1	Bedeutung des Krafttrainings für den Langhürdensprint	58
3.5.2	Methoden des Krafttrainings im 400-m-Hürdensprint	59

3.5.3	Inhalte des Krafttrainings	60
3.6	Beweglichkeit im 400-m-Hürdenlauf.....	62
3.7	Psychische und kognitive Fähigkeiten	66
4	Beanspruchungsprofil	67
4.1	Energiebereitstellungsmechanismen, Laktat und die aerobe/anaerobe Schwelle	67
4.1.1	Grundlagen der Energiebereitstellung	67
4.1.2	Laktat	68
4.1.3	Aerobe und anaerobe Schwelle	69
4.1.4	Laktatwerte im Training	69
4.2	Erreichte Laktatwerte und Herzfrequenzen beim 400-m- und 400-m-Hürdensprint.....	70
4.3	Laktatlevel und Kreatinkinase Aktivität im Kurz- und Langhürdensprint.....	75
4.4	Verteilung von aerobem und anaerobem Energiestoffwechsel	77
5	Trainingsplanung des 400-m-Hürdensprints	80
5.1	Prinzipien des Trainings des Langhürdensprints	80
5.2	Periodisierung des 400-m-Hürdentrainings	83
6	Zusammenfassung	88
	Literaturverzeichnis.....	90
	Abbildungsverzeichnis	93
	Tabellenverzeichnis	94
	Lebenslauf	95
	Eidesstattliche Erklärung	96

1 Einleitung

Der 400-m-Hürdensprint gilt sowohl aufgrund seiner hohen energetischen, als auch technischen und taktischen Anforderungen, als die wohl anspruchsvollste Disziplin der Leichtathletik. Der/Die Athlet/in muss schnelle 400 m und 800 m Zeiten laufen können und auch über ein gutes Schnelligkeitsniveau verfügen. Außerdem muss er/sie dazu fähig sein, zehn Hürden unter erschwerten Bedingungen ökonomisch überqueren zu können. 400-m-Hürdensprinter/innen verfügen weiters über ein gutes Rhythmusgefühl, da sie zwischen den Hürden eine gewisse Anzahl an Schritten laufen müssen (Schiffer, 2012, S. 9). Mit anderen Worten: Erfolgreiche Athleten/Athletinnen in dieser Disziplin müssen zugleich Sprinter/in, Kurzhürdensprinter/in, Langsprinter/in und in gewisser Weise sogar Mittelstreckenläufer/in sein (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 154).

Trotz der Komplexität, welche der 400-m-Hürdensprint aufweist, ist er diejenige Disziplin, welcher in der Literatur bisher noch vergleichsweise wenig Beachtung geschenkt wurde. In der Vergangenheit wurde der 400-m-Hürdenlauf immer mit dem 100-m- beziehungsweise 110-m-Hürdenlauf und dem 400-m-Sprint verglichen und als eine Weiterentwicklung dieser beiden Disziplinen betrachtet. In weiteren Studien wurde der 400-m-Hürdenlauf sogar mit dem 3000-m-Hindernislauf verglichen. Dies führte dazu, dass dem Langhürdensprint an sich wenig spezifische Forschung zukam (Iskra, Coh, 2011, S. 320).

Iskra und Coh (2011, S. 320) weisen nun darauf hin, dass diese Disziplin in ihrer Beschaffenheit essentielle Unterschiede und Besonderheiten im Vergleich mit den verwandten Disziplinen aufweist, was zu der Notwendigkeit einer gesonderten Behandlung führt. Der Langhürdensprint ist einerseits nahe mit den ausdauerorientierten Bewerben verwandt, gilt aber andererseits dennoch als eine sehr schnelle Disziplin. Hinzu kommen noch zahlreiche weitere Faktoren, wie die koordinativen und hohen mentalen Anforderungen, welche dazu führen, dass der 400-m-Hürdensprint separat betrachtet werden muss, und nur bedingt mit dem Kurzhürdensprint verglichen werden kann (Iskra, Coh, 2011, S. 317).

Auch wenn zum 100-m- beziehungsweise 110-m-Hürdenlauf hinsichtlich der Hürdentechnik, zum 400-m-Lauf hinsichtlich der Streckenlänge und zum 3000-m-Hindernislauf hinsichtlich dem Überlaufen von Hindernissen, Gemeinsamkeiten festzustellen sind, verlangen die besonderen Anforderungen, welche der 400-m-Hürdenlauf mit sich bringt, eine genauere Analyse dieser Disziplin (Iskra, Coh, 2011, S. 320).

Die folgenden Aspekte verdeutlichen die Komplexität des 400-m-Hürdenlaufs:

- In der ersten Hälfte des Rennens werden noch niedrige Laktatwerte produziert, in der zweiten spielt dieses jedoch eine zentrale Rolle.
- Es wird nicht nur geradlinig, sondern auch in der Kurve gelaufen, was dazu führt, dass Zentrifugalkräfte wirken.
- Beim 400-m-Hürdenlauf wird dynamisch gelaufen, es wird während des Rennens zehn Mal vor der Hürde abgestoßen und nach dieser gelandet.
- Der/Die Athlet/in muss dazu fähig sein, einen Rhythmus, welcher genau zwischen die Hürden passt, zu entwickeln.
- Der/Die Läufer/in muss sowohl mit dem linken, als auch mit dem rechten Bein als Schwungbein über die Hürden laufen können.
- Die Effektivität, mit welcher die Hürden überlaufen werden, hängt von den motorischen Fähigkeiten, hauptsächlich der Schnelligkeit, der Ausdauer und der Kraft, des Athleten/der Athletin ab.
- Der gewählte Schrittrhythmus hängt unter anderem vom Körperbau des Läufers/der Läuferin ab, insbesondere von der Körpergröße und Beinlänge.
- Ob der/die Athlet/in den Schrittrhythmus aufrechterhalten kann, hängt unter anderem von dem Rhythmusgefühl und den koordinativen Fähigkeiten des Athleten/der Athletin ab.

(Iskra, Coh, 2011, S. 317).

1.1 Fragestellungen

Nachdem zuvor die Komplexität und das hohe Anforderungsprofil des 400-m-Hürdensprints erwähnt wurden, tut sich die Notwendigkeit einer genaueren Betrachtung dieser Disziplin auf.

Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit sollen nun die folgenden Fragestellungen beantwortet werden.

- Welche Belastungen wirken beim 400-m-Hürdensprint auf den Läufer/die Läuferin und welche Beanspruchungen lösen diese im Körper aus?
 - Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten machen einen erfolgreichen Hürdenläufer/eine erfolgreiche Hürdenläuferin aus? Welche körperlichen Voraussetzungen bringt er/sie mit?
 - Wie sollen diese Bereiche trainiert werden und welcher Stellenwert innerhalb des Trainings zur optimalen Leistung kommt den einzelnen Bereichen zu?

1.2 Methodik

Die eben beschriebenen Fragestellungen werden mit einer systematischen Literatursuche behandelt. Es werden dazu Basiswerke der Leichtathletik und Onlinedatenbanken herangezogen. Als wichtigste Grundlage für diese Diplomarbeit gilt das Werk *Leichtathletik. Trainings- und Bewegungswissenschaft – Theorie und Praxis aller Disziplinen* von Strüder, Jonath und Scholz (2013). Hieraus werden allgemeine trainingswissenschaftliche Konzepte, sowie eine fundierte Beschreibung des 400-m-Hürdenlaufs zur Beantwortung der Fragestellung herangezogen. Weiters sind in diesem Werk wichtige Hinweise zur Gestaltung und Periodisierung des Trainings der behandelten Disziplin zu finden.

Neben deutschen Standardwerken werden auch diverse Onlinedatenbanken verwendet. Die wichtigsten sind hierbei PubMed und die Suchmaschine des Bundesinstituts für Sportwissenschaft. Als wichtige Quelle um Artikel zum 400-m-Hürdenlauf zu erlangen gilt für die vorliegende Arbeit auch das online Magazin des Internationalen Leichtathletikverbands (IAAF) *New Studies in Athletics*.

Innerhalb der empirischen Forschung wird weiters eine Weltstandsanalyse durchgeführt.

1.2.1 Das Belastungs-Beanspruchungs-Modell

Um die zuvor formulierten Fragestellungen um den 400-m-Hürdensprint zu beantworten, wird das Belastungs-Beanspruchungs-Modell herangezogen. Im Folgenden soll dieses genauer erläutert werden.

Bei dem Begriff Belastung handelt es sich um „die Summe aller auf den Sportler einwirkenden Trainingsanforderungen einschließlich der biomechanischen und psychischen Belastungen“ (Hottenrott, 2017, S. 55). Die Beanspruchung charakterisiert sich als die „Inanspruchnahme der organismischen Funktionssysteme (Herz-Kreislauf-System, Stoffwechselsystem u. a.) und ist abhängig von emotionalen und motivationalen Leistungsvoraussetzungen“ (Hottenrott, 2017, S. 55).

Die Belastung ist demzufolge der Reiz, welcher im Training gesetzt wird und welcher, abhängig von Faktoren wie „Belastbarkeit, Leistungsfähigkeit, Bewegungsausführung, Ermüdung und Umweltbedingungen“, unterschiedliche Beanspruchungen bei dem Athleten/bei der Athletin auslöst (Hottenrott, 2017, S. 55).

Eine gesetzte Belastung löst immer eine Beanspruchung aus, wobei die gleiche Belastung bei verschiedenen Athleten/Athletinnen unterschiedliche Beanspruchungen auslöst, da jedes Individuum unterschiedliche Voraussetzungen mitbringt. Aus diesem Grund muss das Training entsprechend abgestimmt werden. Die Beanspruchung lässt sich auf

unterschiedlichen Wegen ermitteln, beispielsweise durch Überwachung der Herzfrequenz, Laktatmessungen oder Selbst- und Fremdbeobachtungen (Hottenrott, 2017, S. 56).

Die Belastungsfähigkeit des Sportlers/der Sportlerin ändert sich ständig. Aufgrund der gesetzten Belastungsreize kommt es zur Ermüdung, man ist somit in Folge weniger belastbar. Auch Krankheit oder Verletzungen führen zu verminderter Belastbarkeit. Ebenso ist zu beachten, dass eine hohe Belastbarkeit des „kardiopulmunalen Systems“ nicht automatisch auch eine solche des „Halte-, Stütz, und Bewegungssystems“ bedeutet (Hottenrott, 2017, S. 56). Daraus ergibt sich, dass beim Setzen einer Belastung auch stets die daraus resultierende Beanspruchung beachtet werden muss, um Überbelastungen zu vermeiden.

Für die zu behandelnden Fragestellungen ist dieses Modell insofern relevant, als dass zum einen geklärt werden soll, welche Belastungen beim Training und Wettkampf eines 400-m-Hürdenläufers/einer 400-m-Hürdenläuferin gesetzt werden. Zum anderen steht die Beanspruchung, welche aus den gesetzten Belastungen resultiert, im Zentrum des Interesses.

2 Der 400-m-Hürdensprint

In den folgenden Kapiteln soll der Langhürdensprint näher beschrieben werden, um ein Bild von dieser leichtathletischen Disziplin zu bekommen. Es wird geklärt, wie sie entstanden ist und wie sie heutzutage bei Wettkämpfen ausgeführt wird. Anschließend werden nationale und internationale Rekorde angeführt, sowie eine empirische Analyse der Leistungsentwicklung der letzten sechs Jahre durchgeführt.

2.1 Grundlagen

Beim 400-m-Hürdenlauf gilt es, auf der 400-m-Laufbahn zehn Hürden zu überqueren, welche in einem regelmäßigen Abstand von 35 m zwischen den Hürden aufgestellt sind. Vom Start bis zu der ersten Hürde sind es 45 m, von der letzten Hürde bis zum Ziel 40 m. Die Höhe der Hindernisse ist unterschiedlich, in der allgemeinen Klasse der Männer sind die Hürden 91,44 cm hoch, bei den Frauen sind es 76,20 cm. Sie sind im Vergleich zum 110-m-beziehungsweise 100-m-Hürdesprint niedriger eingestellt, denn bei dieser Disziplin betragen die Hürdenhöhen 106,7 beziehungsweise 84,0 cm (Schiffer, 2012; Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 282). In der U18- und U20-Altersklasse ist der Abstand und die Distanz des Langhürdensprints dieselbe, wie bei den Frauen und Männern, allerdings befinden sich die Hürden auf niedrigerer Höhe. Die U16-Klasse läuft 300-m-Hürden. (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 323).

Beim 400-m-Hürdenlauf wird, wie auch beim 400-m-Flachsprint, aus den Startblöcken gestartet. Anschließend muss der/die Athlet/in zehn Hürden, welche in seiner/ihrer Bahn in dem zuvor beschriebenen Abstand aufgestellt sind, überqueren. Das Um und Auf bei dieser Disziplin ist, zwischen den Hürden den optimalen Schrittrhythmus zu finden.

Iskra (1997, in Iskra und Coh, 2011, S. 319) hat definiert, worum es sich bei dem Begriff „Rhythmus“ im 400-m-Hürdenlauf eigentlich genau handelt. Er charakterisiert diesen wie folgt:

- Rhythmus ist die Schrittzahl, welche zwischen zwei Hürden zurückgelegt wird.
- Rhythmus ist diese Schrittzahl, die zurückgelegt wird, in Bezug auf die Zeit, also die Schrittfrequenz.
- Rhythmus ist, die Strecke in kürzest möglicher Zeit zurückzulegen, und dabei das Niveau seiner motorischen Fähigkeiten und technischen Fertigkeiten, sowie seinen Körperbau zu berücksichtigen.

(Iskra 1997, in Iskra und Coh, 2011, S. 319).

Diese Definitionen weisen darauf hin, wie komplex der Begriff Rhythmus im 400-m-Hürdensprint ist. Die meisten Rhythmen verlangen vom Athleten/von der Athletin, die Hürden sowohl mit dem linken, als auch mit dem rechten Bein zuerst zu überlaufen. Zusätzlich dazu muss dies unter verschiedenen körperlichen Voraussetzungen, nämlich am Anfang des Rennens, wenn der/die Läufer/in noch ausgeruht ist und am Ende, wenn er/sie bereits erschöpft ist, sowie unter unterschiedlichen Bedingungen der Bahn, nämlich auf der Gerade und in der Kurve, erfolgen (Iskra, Coh, 2011, S. 319).

2.2 Der Hürdenlauf

Sowohl beim Lang-, als auch beim Kurzhürdensprint, wird bei der Hürdenüberquerung zwischen einem Schwung- und einem Nachziehbein unterschieden. Alternativ zu dem Begriff Schwungbein, welcher in der Literatur meist verwendet wird, wird in der Umgangssprache häufig das Wort Schleuderbein gebraucht. Bei diesem Bein handelt es sich um dasjenige, das zuerst über die Hürde geführt wird und dann am Boden aufsetzt. Das Nachziehbein wird auch als Abstoßbein bezeichnet und wird nach dem Abdruck von der Laufbahn seitlich über die Hürde geführt. Grundsätzlich wird beim Hürdenlauf das Ziel verfolgt, möglichst wenig Geschwindigkeit beim Überqueren dieser zu verlieren (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 285).

Ein falsches Bild von dem Hürdenlauf besteht häufig bei Anfänger/innen und bei Kindern- und Jugendlichen. Die Überquerung der Hürden wird als ein „Überspringen“ verstanden und nicht als ein „Überlaufen“. Diese Vorstellung resultiert unter anderem auch daraus, dass die

Hürde als zu überwindendes Hindernis gesehen wird. Aus diesem Grund ist es wichtig, von Beginn an zu vermitteln, dass über die Hürde gelaufen und nicht gesprungen wird (Schiffer, 2012, S.9).

Die Hürden werden so auf der Laufbahn aufgestellt, dass der Fuß von diesen gegen die Laufrichtung zeigt. Dies ermöglicht, dass die Hürde umfällt, wenn der/die Athlet/in diese stärker berührt. Der/Die Läufer/in darf die Hürde berühren und umwerfen, solange dies, dem Ermessen des Schiedsrichters/der Schiedsrichterin nach, nicht absichtlich geschieht. Zusätzlich sind auf dem Fuß der Hürde Schiebegewichte angebracht, damit die Hürde, unabhängig von der eingestellten Höhe, gleich leicht umfällt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 283).

Der/Die Hürdenläufer/in wird disqualifiziert, wenn

- er/sie nicht alle Hürden überläuft.
- „sein/ihr Fuß oder Bein unter dem Niveau der Oberkante der Hürdenlatte vorbeizieht“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 283).
- er/sie eine der Hürden nicht in der eigenen Bahn überläuft.

(Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 283).

Neben den für den Hürdenlauf speziellen Wettkampfregeln kommen für alle Laufbewerbe unter anderem noch die folgenden hinzu:

- Die Athleten/Athletinnen dürfen Spikes mit elf Dornen je Schuh, zu einer Länge von maximal 9 mm tragen.
- Die Zeit wird dann gestoppt, wenn der/die Läufer/in die Ziellinie mit irgendeinem Teil des Rumpfes überquert.
- Der/Die Athlet/in wird disqualifiziert, wenn er/sie vor dem Startschuss aus der Startmaschine läuft oder wenn er/sie einen anderen Läufer/eine andere Läuferin behindert.

(Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 143)

2.3 Entwicklung des 400-m-Hürdensprints

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 281) berichten über die Anfänge des Hürdenlaufens. Demnach begannen britische College-Schüler vor in etwa 150 Jahren über Schafshürden, welche in der Schafszucht verwendet wurden, zu laufen. Dies entstand aus der Intention heraus, sich nicht mehr lediglich auf der flachen Strecke messen zu wollen. Damals entsprach das Bewältigen der Hindernisse allerdings mehr einem „Überspringen“ als einem „Überlaufen“, was, wie bereits erwähnt, nicht der heutzutage ausgeführten Technik

entspricht. Erst im Jahr 1900 bei den Olympischen Spielen war erstmals bei einem US-Amerikaner eine Hürdentechnik zu sehen, welche der heutigen gleicht. Er demonstrierte ein flaches Überlaufen der Hürde und ein Nachvornelehnen des Oberkörpers während der Überquerung. Die Hürdenhöhe der 110-m-Hürden der Männer entspricht auch heute noch der Höhe der damaligen Schafshürden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 281).

Die Schafshürden wurden 1895 durch Hürden mit T-Fuß, welche leichter umzuwerfen waren, ersetzt. 40 Jahre später wurden diese dann weiterentwickelt und waren mit dem heute üblichen L-Fuß ausgestattet (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 281).

Die ersten Hindernisrennen über längere Distanzen wurden im Jahr 1860 in Oxford über 440 Yards ausgetragen, was in etwa 402 m entspricht. Es galt, 12 Hindernisse aus Holz zu überqueren, welche am Boden fixiert waren. Diese Hindernisse waren einen Meter hoch (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 323). Die ersten Aufzeichnungen von Rekorden im 110-m-Hürdenlauf gab es bereits Mitte des 19. Jahrhunderts, im 400-m-Hürdenlauf hingegen erst 50 Jahre später (Iskra, Coh, 2011, S. 31).

Das erste Mal bei olympischen Spielen wurde die Disziplin 1900 in Paris ausgetragen, allerdings nur für Männer. 1971 wurde erstmals auch ein 400-m-Hürden-Rennen für Frauen veranstaltet. Drei Jahre später wurde die Disziplin für Frauen offiziell vom IAAF anerkannt (Schiffer, 2012, S. 10). Nach Iskra (2014, in Iskra, Pietrzak, Paruzel-Dyja, 2015) wurde das erste offizielle Rennen für Frauen 1978 bei den U23 Europameisterschaften in Prag durchgeführt. 1983 fanden die 400-m-Hürden der Frauen das erste Mal bei den IAAF Weltmeisterschaften statt (Guex, 2012, S. 41). Erst im Jahr 1984 wurde dann das erste 400-m-Hürden-Rennen für Frauen im Rahmen von Olympischen Spielen ausgetragen (Schiffer, 2012, S. 10).

Auch an der Entwicklung der internationalen Jahresbestleistungen ist zu sehen, dass es sich beim 400-m-Hürdensprint der Frauen um eine relativ junge Disziplin handelt. Bei Guex (2012, S. 41) ist nachzulesen, dass die Weltbestmarken der Männer seit 1977 relativ stabil sind, wohingegen sich die der Frauen stetig verbessern.

Bis hin zu den frühen 1950er Jahren war das Ziel der männlichen Weltklasseläufer die 50 – Sekunden-Mauer zu durchbrechen. 15 Jahre später war es dann die 49-Sekunden-Marke, welche es von den Top Läufern zu unterbieten galt. Robertson schrieb in einem Artikel 1990, dass Läufer zu dieser Zeit, um zur Weltspitze zu gehören, dazu fähig sein mussten, konstant unter 48 Sekunden zu laufen (Robertson, 1990, S. 31).

2.4 Nationale und internationale Rekorde und Jahresbestleistungen

Der Internetseite des Internationalen Leichtathletikverbandes (IAAF) sind alle Zeiten und Rekorde des 400-m-Hürdensprints zu entnehmen. Der Weltrekord der Männer liegt bei 46,78 Sekunden, aufgestellt von dem US-Amerikaner Kevin Young in Barcelona im Jahr 1992. Die beste Zeit im Jahr 2018 lief der 20-jährige aus Katar stammende Abderrahman Samba in Paris. Er absolvierte die hürdenbesetzte Stadionrunde in 46,98 Sekunden (IAAF, o.D.). Die beste Zeit, die in Österreich dieses Jahr gelaufen wurde, steht Dominik Hufnagl mit 51,17 Sekunden zu Buche. Der österreichische Rekord über 400-m-Hürden liegt bei 49,33 Sekunden, aufgestellt von Thomas Futterknecht (Austrian Athletics, o.D.).

Beim ersten 400-m-Hürden-Rennen der Frauen bei den Olympischen Spielen siegte Nawal El Moutawakel aus Marokko und war somit die erste afrikanische Olympiasiegerin. Der Weltrekord bei den Frauen wurde von der Russin Yuliya Pechenkina im Jahr 2003 aufgestellt. Sie absolvierte die Strecke in 52,34 Sekunden. Die beste Zeit, die im Jahr 2018 von einer Frau erreicht wurde, ist 52,75 Sekunden, gelaufen von der 19-jährigen Sydney McLaughlin aus den USA (IAAF, o.D.). Der österreichische Rekord der Frauen liegt bei 56,86 Sekunden und wurde von Gerda Haas aufgestellt. Lena Pressler lief die österreichische Jahresbestzeit der Frauen mit einer Zeit von 59,11 Sekunden (Austrian Athletics, o.D.).

Vom Internationalen Leichtathletikverband werden Edwin Moses und Sally Gunnell als Ikonen dieser Disziplin angeführt. Der US-Amerikaner Moses weist 122 ungeschlagene Rennen zwischen 1977 und 1987 auf. Ihm stehen Gold bei den Olympischen Spielen 1976 und 1987, sowie zwei Weltmeistertitel 1983 und 1987 zu Buche (IAAF, o.D.).

Die Britin Sally Gunnell ist die einzige 400-m-Hürdenläuferin der Welt, welche sowohl einen Titel bei Olympischen Spielen, Weltmeisterschaften, Europameisterschaften und den Commonwealth Games erreichen konnte. Zwischen 1992 und 1994 war sie unschlagbar in dieser Disziplin (IAAF, o.D.).

2.5 Weltstandsanalyse

Um einen Überblick über das Leistungsniveau und über die Leistungsentwicklung des 400-m-Hürdensprints der letzten sechs Jahre zu bekommen, sowie um einen nationalen und internationalen Vergleich ziehen zu können, wurde eine Weltstandanalyse durchgeführt. Dazu wurden die Bestenlisten der Jahre 2013 bis 2018 vom Österreichischen Leichtathletikverband (ÖLV) und vom Internationalen Leichtathletikverband (IAAF) herangezogen. Aus diesen wurden die Mittelwerte der Laufzeiten von den Rängen 1 bis 3 und 1 bis 8 für die jeweiligen Jahre berechnet. Dies wurde mit den nationalen und internationalen Bestenlisten der Männer und der Frauen durchgeführt.

Bei der Diskussion der erstellten Statistik wurden die folgenden Punkte in Betracht gezogen:

- Wie nahe liegen die Zeiten der Bestenlisten zusammen und wie aussagekräftig ist demzufolge der errechnete Mittelwert?
- Wie ist die Leistungsentwicklung der Ränge 1 bis 3 in der betrachteten Zeitspanne?
- Wie hoch ist Leistungsdichte (Vergleich von den Rängen 1 bis 3 mit 1 bis 8)?
- Vergleich der nationalen mit der internationalen Bestenliste

Die Ergebnisse der Weltstandsanalyse sind in den Tabellen 1 und 2 zu finden.

Tabelle 1: Durchschnittliche Zeiten der Ränge 1-3 und 1-8 der nationalen und internationalen Bestenliste der Männer nach Jahren

Männer				
Jahr	Rang 1-3 Österreich	Rang 1-8 Österreich	Rang 1-3 International	Rang 1-8 International
2013	53,25	54,42	47,77	48,00
2014	52,16	54,50	48,18	48,40
2015	51,63	53,45	47,98	48,13
2016	51,58	52,91	47,81	48,00
2017	51,60	53,23	47,98	48,15
2018	51,96	53,64	47,18	47,71

Quelle: Austrian Athletics, IAAF

Betrachtet man Tabelle 1, ist festzustellen, dass sich die Zeiten der Männer in Österreich zwischen 2013 und 2015 sukzessive verbessert haben und in den Jahren darauf in etwa gleichgeblieben sind. Allerdings gilt es, insbesondere für die Jahre 2013 und 2014, anzumerken, dass hier der Durchschnitt der Zeiten von den Rängen 1 bis 3 keinen hohen Aussagewert hat, da die Zeiten eine hohe Streuung aufwiesen. Der Führende der Bestenliste aus diesen Jahren erreichte eine deutlich höhere Zeit, als die darauffolgenden Plätze. In den Jahren 2016 und 2017 liegen die Zeiten der Plätze 1 bis 3 wesentlich näher beieinander. Bezüglich der Ränge 1 bis 8 ist festzustellen, dass der Mittelwert relativ gut darüber Auskunft

gibt, in welchem Bereich die Zeiten auf diesen Rängen liegen, da die Leistungen weniger hohe Streuungen aufweisen. Die Zeiten auf diesen Rängen liegen in etwa 0,30-0,50 Sekunden auseinander.

Vergleicht man die Ränge 1 bis 3 mit den Rängen 1 bis 8, so können Rückschlüsse auf die Leistungsdichte in diesen Jahren gezogen werden. Im Jahr 2013 liegt der Unterschied zwischen den Durchschnittszeiten von den Rängen 1 bis 3 und 1 bis 8 bei 1,17 Sekunden, somit ist hier die größte Leistungsdichte der betrachteten Zeitspanne zu finden. Im Folgejahr liegt die niedrigste.

Die Zeiten der Bestenlisten des IAAF liegen deutlich näher zusammen, als die des ÖLV. Dies, sowie die geringen Differenzen zwischen den Mittelwerten von den Rängen 1 bis 3 und 1 bis 8, weisen darauf hin, dass im internationalen Bereich eine hohe Leistungsdichte vorliegt. Vergleicht man die Ränge 1 bis 3 in Österreich mit denen der internationalen Bestenliste, kann, mit durchschnittlich in etwa 4 Sekunden Differenz, in allen Jahren ein hoher Niveauunterschied festgestellt werden.

Tabelle 2: Durchschnittliche Zeiten der Ränge 1-3 und 1-8 der nationalen und internationalen Bestenliste der Frauen nach Jahren

Frauen				
Jahr	Rang 1-3 Österreich	Rang 1-8 Österreich	Rang 1-3 International	Rang 1-8 International
2013	60,69	62,92	53,24	53,69
2014	61,97	64,02	53,75	54,24
2015	60,97	63,05	53,74	53,98
2016	62,27	64,00	53,31	53,70
2017	62,37	63,57	52,78	53,26
2018	61,00	62,64	53,18	53,80

Quelle: Austrian Athletics, IAAF

Die Entwicklung der Zeiten von den Rängen 1 bis 3 bei den Frauen in Österreich weisen, wie in Tabelle 2 zu sehen ist, Schwankungen auf, es ist keine sukzessive Steigerung der

Leistungen zu sehen. Wie auch bei den Männern, ist festzustellen, dass die Zeiten der Ränge 1 bis 3 eine relativ hohe Streuung aufweisen, die Zeiten der drei Besten liegen in den meisten Jahren weit auseinander, demzufolge hat der Mittelwert keine hohe Aussagekraft. Auch bei den Rängen 1 bis 8 liegen die Zeiten relativ weit auseinander, insbesondere im Jahr 2016. Im Jahr 2017 sind die Leistungen der Athletinnen dichter beisammen, in diesem Jahr ist auch die geringste Differenz zwischen den Rängen 1 bis 3 und 1 bis 8 zu vermerken. In anderen Worten gesagt, ist hier die Leistungsdichte am höchsten und im Jahr 2016 am niedrigsten. Die zweithöchste Leistungsdichte ist im Jahr 2018 zu finden.

Betrachtet man die internationale Bestenliste, kann die Aussage getroffen werden, dass sowohl die Zeiten der Ränge 1 bis 3, also auch die von 1 bis 8 sehr eng beieinander liegen. Die Differenzen zwischen den Rängen 1 bis 3 und 1 bis 8 sind sehr niedrig, was auf eine hohe Leistungsdichte hinweist. Bei dem Vergleich der nationalen mit den internationalen Medaillenrängen der Bestenlisten der letzten sechs Jahre fällt auf, dass die besten Athletinnen in Österreich mit durchschnittlich acht Sekunden Differenz auf die internationale Spitze, relativ weit hinter dieser liegen. Weiters ist der Abstand auf die internationalen Medaillenränge doppelt so hoch wie bei den männlichen österreichischen Athleten.

3 Belastungsprofil und Training der leistungsrelevanten Faktoren des 400-m-Hürdensprints

Wie bereits eingangs angeführt wurde, gilt der 400-m-Hürdenlauf als eine der anspruchsvollsten Disziplinen der Leichtathletik. In den folgenden Kapiteln soll nun erörtert werden, welche Belastungen auf die Athleten und Athletinnen wirken und welche Fähigkeiten und Fertigkeiten es braucht, um über diese Distanz erfolgreich zu sein.

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 329) geben in Tabelle 3 an, was die leistungsbestimmenden Faktoren sind, und wie bedeutend diese für eine optimale Leistung sind. Gleichzeitig soll diese Reihung auch Hinweise darauf geben, welchen Stellenwert welcher Bereich im Training einnehmen sollte. Die Wertigkeit der einzelnen Faktoren ist durch die Anzahl an „+“-Zeichen bestimmt.

Tabelle 3: Leistungsbestimmende Faktoren des Langhürdensprints

Leistungsbestimmende Faktoren der 400-m-Hürden	Einschätzung der Wertigkeit	Anmerkungen (IA=Informationsanforderung)

Koordination	+++	Optische IA: hoch, akustische IA: mittel, dann gering, taktile IA: gering-mittel, kinästhetische IA: hoch, vestibuläre IA: mittel; Präzisionsdruck: hoch, Zeitdruck: mittel-hoch, Komplexitätsdruck: mittel, Situationsdruck: gering-mittel, physischer Belastungsdruck: hoch
Flexibilität	++(+)	Während der Männerlanghürdensprint eine gewisse spezielle Beweglichkeit erfordert, ist dies an den Frauenhürden kaum der Fall
Kraft		Streckschlinge (Gluteus, Quadriceps, Triceps surae, Erector spinae), Iliopsoas, Ischiocruralis; besondere Bedeutung der Ad- und Abduktoren des Nachziehbeins sowie der Bauchmuskulatur; Schulter- und Oberarmmuskulatur
Maximalkraft	+++	Während der Startbeschleunigung sowie als Grundlage
Reaktivkraft	++++	Innerhalb vielfältigster Dehnungs-Verkürzungszyklen
Schnelligkeit	++++	Vor allem zyklische; azyklische Aspekte am Start, bei der Hürdenüberquerung und bei der Zielannahme; Reaktionsschnelligkeit am Start (kann rennentscheidend sein; prozentual aber äußerst unbedeutend; wenig trainierbar)
Ausdauer (allg. dyn.) Anaerobe Ausdauer		
Kraftausdauer	++++	Als Grundlage der Schnelligkeitsausdauer sowie spezifisch für die Hürdenüberquerung
Schnelligkeitsausdauer	+++++	Langes Halten der Maximalgeschwindigkeit und geringer und langsamer Geschwindigkeitsverlust danach
Aerobe Ausdauer	++++	Zur Energiebereitstellung im Lauf sowie als Grundlage für das Training
Psychische bzw. kognitive Fähigkeiten	+++++	Tempo- und Rhythmusgefühl und richtige Taktik (Anfangstempo und Wahl der jeweils richtigen Zwischenhürdenschrittzahl); Fähigkeit, niedrige pH-Werte (Laktatazidose) bewusst einzugehen und auszuhalten; leistungssportliches Denken und Verhalten
Anthropometrische bzw. vorwiegend genetisch determinierte Merkmale	++++	u.a.: hoher Anteil schneller Muskelfasern; Bindegewebe mit optimalen Energiespeicherungseigenschaften; mittlere (bei Männern eventuell überdurchschnittliche) Körpergröße; geringer Körperfettanteil

Quelle: adaptiert nach Strüder, Jonath, Scholz (2013, S. 329)

Es kann festgehalten werden, dass es sich bei der Schnelligkeitsausdauer und bei den psychischen, beziehungsweise kognitiven Fähigkeiten um die wichtigsten Faktoren handelt. Die Hürdenläufer/innen müssen sowohl über ein hohes Schnelligkeits- als auch Schnelligkeitsausdauerniveau verfügen und sehr gute 400-m-Flachsprint-Zeiten laufen können, sowie Stehvermögen auf der 600-800-m-Distanz besitzen (Schiffer, 2012, S. 9). Wie auch beim 400-m-Lauf, ist es beim 400-m-Hürdenlauf zentral, ein hohes Geschwindigkeitsniveau lange halten zu können (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 329). Bezüglich der Reizdauer bei dieser Disziplin geht aus den vorangegangenen Kapiteln hervor, dass diese in der internationalen Spitze in etwa bei 47 bis 54 Sekunden und auf nationalem Topniveau zwischen 52 und 64 Sekunden liegt.

Der/Die Sportler/in muss weiters ein Gefühl dafür besitzen, rhythmisch laufen zu können, damit eine gewisse Schrittzahl zwischen den Hürden gelaufen und auch gehalten werden kann (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 329). Dies erfordert auch ein hohes Maß an Konzentration während eines Wettkampfes. Läufer/innen dieser Distanz sind häufig sehr wettkampforientierte und fokussierte, sowie mental starke Typen (Schiffer, 2012, S.9).

Für eine gute Zeit über diese Distanz, ist es ausschlaggebend, möglichst fehlerfrei und rhythmisch alle 10 Hürden zu überlaufen (Schiffer, 2012, S. 9). Ziel ist es, so ökonomisch, also kräftesparend, wie möglich, zu laufen (Schiffer, 2012, S. 15). Das rhythmische Laufen zwischen den Hürden wird vor allem von Anfänger/innen häufig missachtet, wodurch es aufgrund von schlechten Hürdenüberquerungen, beispielsweise durch das Abbremsen vor der Hürde, zu Zeitverlusten kommt.

Als ebenso wichtigen Faktor geben Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 329) die Reaktivkraft an, welche zum Beispiel beim Start oder beim Überqueren der Hürde zum Tragen kommt. Zudem ist die Schnelligkeit des Athleten/der Athletin bedeutend, beispielsweise bei der Hürdenüberquerung und auf der Zielgerade. Auch die Reaktionsschnelligkeit beim Start spielt eine Rolle, allerdings ist diese aber in Relation zu den restlichen Faktoren als weniger bedeutend anzusehen, da sie prozentuell gesehen einen kleinen Teil der Gesamtleistung ausmacht. Die Kraftausdauer wird als „Grundlage der Schnelligkeitsausdauer“ angesehen und erlangt ihre Wichtigkeit weiters durch ihre Relevanz bei der Hürdenüberquerung (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 329). Der/Die Athlet/in muss über das gesamte Rennen an ausreichender Kraft verfügen, um die Hürden möglichst ökonomisch überqueren zu können. Die Maximalkraft spielt neben der Kraftausdauer eine untergeordnete Rolle, allerdings kommt ihr bei der Beschleunigung beim Start eine gewisse Bedeutung zu.

Die aerobe Ausdauer ist insofern wichtig, als dass sie die „Grundlage für das Training“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 329) darstellt. Verfügt der/die Athlet/in über eine hohe aerobe Ausdauer, kann dieser/diese besser regenerieren, ist schneller wieder belastbar und kann somit höhere Trainingsumfänge tolerieren.

Auch die genetischen Merkmale spielen eine zentrale Rolle, da zum Beispiel der Anteil an schnellen Muskelfasern genetisch festgelegt ist. Laut Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 329) ist auch ein „Bindegewebe mit optimalen Energiespeicherungseigenschaften“ entscheidend. Bezüglich der Körpergröße ist festzustellen, dass sich eine mittelgroße Statur als vorteilhaft erweist, bei den Männern ist, aufgrund der hohen Hürden, auch eine überdurchschnittliche Körpergröße hilfreich. Ebenso ist ein geringer Körperfettanteil günstig.

Neben den soeben beschriebenen Faktoren, sollten die Athleten/Athletinnen auch über eine hohe Dehnfähigkeit verfügen, um eine ökonomische Hürdenüberquerung zu gewährleisten (Schiffer, 2012, S.9). Nach Strüder, Jonath und Scholz, ist dies bei den 400-m-Hürden der Männer aufgrund der höheren Hürden bedeutender, als bei den Frauen.

Weiters ist es wichtig, dass der/die 400-m-Hürdenläufer/in dazu fähig ist, sowohl mit dem linken als auch mit dem rechten Bein als Schwungbein die Hürde überlaufen zu können. Hierbei spielen die koordinativen Fähigkeiten des Athleten/der Athletin eine Rolle. Üblicherweise verfügen die Läufer/innen über ein besser und schlechter geschultes Schwungbein. Bei dieser Disziplin ist es von Vorteil, wenn das besser trainierte Bein das linke ist, da so in beiden Kurven besser auf der Innenseite der Bahn gelaufen werden kann (Schiffer, 2012, S. 10).

Auch Wiens (o.D., S. 1) beschreibt, welche Faktoren einen/eine für den 400-m-Hürdenlauf geeigneten Athleten/geeignete Athletin ausmachen. Es muss beim Ausfindig machen von geeigneten Langhürdensprintern/Langhürdensprinterinnen auf folgende Punkte geachtet werden:

- Der Wille wie ein/eine 400-600 m Läufer/in zu trainieren
- Ein hohes Level an Rumpfstabilität, Maximalkraft und Kraftausdauer
- Die Fähigkeit, beim Überlaufen von zehn Hindernissen konzentriert und fokussiert zu bleiben
- Ein hohes Niveau an Schnelligkeit

Das Ausprägungsniveau der motorischen Fähigkeiten, also Schnelligkeit, Kraft, Ausdauer, Koordination und Beweglichkeit, ist nach Wiens (o.D., S. 1) für einen/eine 400-m-Hürdensprinter/in zentral, weshalb sie in einem ausbalancierten Maß trainiert werden sollten. Es ist nicht möglich, große Verbesserungen in einem der Bereiche zu erzielen, wenn gleichzeitig ein anderer vernachlässigt wird. Aus diesem Grund sollte in einer

Trainingswoche in allen leistungsbringenden Faktoren gearbeitet werden, mit Fokus auf einen anderen Bereich in jeder Woche.

In den folgenden Kapiteln werden nun die für den 400-m-Hürdenlauf bedeutendsten Fähigkeiten und Fertigkeiten näher beschrieben. Außerdem wird darauf eingegangen, wie diese in der Praxis trainiert werden.

3.1 Technische Anforderungen und Phasenstruktur des 400-m-Hürdensprints

Nach Hottenrott (2017, S. 55) beinhaltet der Begriff Belastung alle auf den Athleten/die Athletin „einwirkenden Trainingsanforderungen“. Im Langhürdensprint sind hohe technische und taktische Anforderungen gegeben.

Im folgenden Kapitel wird die Phasenstruktur des Langhürdensprints, also der Tiefstart, die Beschleunigung zur ersten Hürde, der Hürdenschritt, der Zwischenhürdensprint und der Zieleinlauf beschrieben. Weiters wird die korrekte und ökonomische Hürdentechnik charakterisiert, sowie die Thematik des Schrittrhythmus zwischen den Hürden erörtert. Im Anschluss daran, wird dann beschrieben, wie die Hürdentechnik und das Rhythmusgefühl trainiert werden.

3.1.1 Tiefstart und Beschleunigung zur 1. Hürde

Der/Die 400-m-Hürdenläufer/in startet, wie auch bei der flachen Distanz, aus den Startblöcken. Die Startposition beim Tiefstart ist auf Abbildung 1 zu sehen. Ob der/die Sprinter/in mit dem linken oder mit dem rechten Fuß an vorderer Position startet, ist davon abhängig, mit welchem Bein er/sie die erste Hürde überquert und wie viele Schritte er/sie zwischen Start und Hürde vollziehen wird. Wird der/die Athlet/in eine gerade Anzahl an Schritten laufen, startet er/sie mit dem Schwungbein in dem hinteren Startblock, bei einer ungeraden Anzahl ist dies genau umgekehrt (Schiffer, 2012, S. 13). Es ist von Vorteil, die erste Hürde mit dem besser geschulten Schwungbein zu überqueren. Damit dies möglich ist, kann es sein, dass der/die Athletin nicht mit demselben Bein an vorderer Position, welches er/sie im Flachsprint wählt, weglaufen kann. Für Sportler/innen, bei welchen diese Umstellung ein Problem darstellt, besteht auch die Möglichkeit, anstatt das vordere Bein im Startblock zu wechseln, im Anlauf einen Schritt mehr oder weniger zu laufen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 324). Diese Überlegungen sind vom Trainer/von der Trainerin individuell auf den jeweiligen Athleten/auf die jeweilige Athletin abzustimmen.

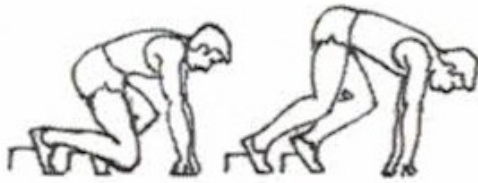


Abbildung 1: Tiefstart (Strüder, Jonath, Scholz, 103, S. 330)

Der Start und die ersten 30 m nach diesem weichen grundsätzlich nicht vom 400-m-Sprint ab, der Anlauf zur ersten Hürde sollte dem Laufstil des Flachsprints bezüglich der Schrittfrequenz und –länge ähneln. Auf den letzten 10 m vor der Hürde wird der/die Athlet/in allerdings notwendige Vorkehrungen zur Überquerung dieser tätigen. Diese bestehen darin, dass die letzten Schritte vor der Hürde beschleunigt gelaufen werden und der/die Läufer/in die Hürde „attackiert“ (Schiffer, 2012, S. 13). Dies dient dem Ziel, möglichst wenig abzubremesen und Geschwindigkeit zu verlieren, sowie so flach wie möglich über die Hürde zu laufen. Wichtig ist, tatsächlich mit der Vorstellung die Hürde zu überlaufen und nicht zu überspringen, an diese heranzugehen (Schiffer, 2012, S. 13).

Laut Schiffer (2012, S. 13) vollziehen Männer vom Start bis zur ersten Hürde in etwa 20 bis 23 und Frauen 22 bis 25 Schritte. Die Anzahl an Schritten, welche der/die Athlet/in letzten Endes wählt, ist einerseits davon abhängig, mit welchem Bein als Schleuderbein der/die Läufer/in die erste Hürde überqueren wird und andererseits vom Schnelligkeitsbeziehungsweise Leistungsniveau von eben diesem/dieser. Bei Männern wird ein Anlauf von zwischen 19 und 22 Schritten meist zu einem 13-Schritt-Rhythmus zwischen erster und zweiter Hürde führen, ein Anlauf länger als dieser zu solch einem mit 15 Schritten (Schiffer, 2012, S. 13).

Die Beschleunigung zur ersten Hürde ist auf Abbildung 2 zu sehen.

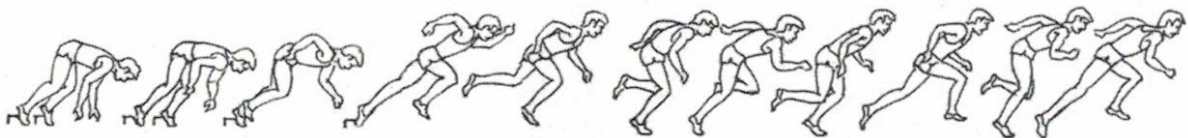


Abbildung 2: Beschleunigung zur 1. Hürde (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 330)

3.1.2 Abstoß vor der Hürde und Hürdenüberquerung

Der letzte Kontakt vor der Hürde sollte aktiv sein und wird mit dem Bein, welches später zum Nachziehbein wird, vollzogen. Dieser letzte und aktive Kontakt dient dazu, möglichst schnell und flach über die Hürde zu laufen. Bei diesem ist der Fuß in „Dorsalflexion“ und der Winkel ist „stark und stabil“ (Schiffer, 2012, S. 14). Der Fußaufsatz erfolgt am Vorderfuß. Der/Die Läufer/in befindet sich schon vor der Hürde am höchsten Punkt, damit sein/ihr Körper bereits am Weg nach unten ist, sobald er/sie die Hürde überquert (Schiffer, 2012, S. 14).

Der Abstoß vor der Hürde kann als Mischung aus normalem Sprintschritt und Weitsprungabsprung charakterisiert werden. Diese Schlussfolgerung wurde aufgrund von Werten der Bodenkontaktzeit vor der Hürde, dem Abflugwinkel und der Stärke der Bodenreaktionskräfte gezogen. Beim Abstoß vor der Hürde wird mehr „gestemmt“ als beim normalen Sprintschritt, dies aber weniger als beim Weitsprung. Das Stemmen bewirkt, dass der/die Athlet/in seine/ihre horizontale Geschwindigkeit zum Teil in eine vertikale umwandelt, eben wie beim Weitsprung. Im Unterschied zu diesem wird aber, wie bereits erwähnt, nicht der ganze Fuß aufgesetzt, der Aufsatz erfolgt lediglich am Ballen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 286).

Beim Abstoß wird der Fußaufsatz „nah an der vertikalen Projektion des Körperschwerpunkts“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 330), wie links in Abbildung 3 zu sehen ist, aufgesetzt. Er erfolgt weit vor der Hürde (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 329). In Abbildung 3 ist der Abstoß vor der Hürde grafisch abgebildet.



Abbildung 3: Abstoß vor der Hürde (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 330)

Während dem soeben beschriebenen Abstoß wird das Schwungbein nach vorne gebracht, der Kniegelenkwinkel beträgt in dieser Phase in etwa 90 Grad, wie auf Abbildung 3 gut zu sehen ist (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 287). Diese Position wird solange eingehalten, bis der Oberschenkel parallel zum Boden, oder höher, ist. Anschließend wird das Bein wieder gestreckt, die Bewegung gleicht einem „Auskick“. Das Schwungbein muss nicht zur Gänze in die Streckung gebracht werden muss (Schiffer, 2012, S. 14). Der Gegenarm zum

Schwungbein wird nach vorne zu diesem geführt, der Arm auf der Seite des Schwungbeines bleibt seitlich am Körper (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 287).

Am Ende des Abstoßes wird außerdem der Oberkörper nach vorne gelehnt, um „dem Trägheitsmoment des nach oben gerissenen Schwungbeins entgegenzuwirken“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 287).

Durch eine „Kontraktion der Hüftbeuger“ und eine „Abduktion im Hüftgelenk“ beginnt anschließend die Bewegung mit dem Nachziehbein, dieses wird nach vorne-oben über die Hürde geführt. Wichtig ist es, den Fuß des Nachziehbeins nach innen zu drehen, um mit diesem nicht bei der Hürde einzuhaken (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 287).

Bei dem Nachziehbein ist es wichtig, dass es, sobald es den Boden verlässt, dynamisch nach-vorne oben gezogen wird, um eine dynamische Hürdenüberquerung zu gewährleisten. Der Fuß bleibt, während das Bein über die Hürde gezogen wird, niedriger als das Knie. Das Nachziehbein bleibt so lange abgewinkelt, bis es vollständig nach vorne gebracht wurde und beginnt, zum Boden zu beschleunigen (Schiffer, 2012, S. 14). Das vollständige Nachvornebringen des Knies des Nachziehbeins nach der Hürdenüberquerung ist wichtig, um nach dem Überlaufen der Hürde besser wieder in den Sprintschritt übergehen zu können (Schiffer, 2012, S.11). Häufig passiert es, dass das Nachziehbein nach der Hürdenüberquerung direkt zu Boden gebracht wird, anstatt das Bein vollständig nach vorne zu führe. Passiert dies, fällt es dem Athleten/der Athletin schwerer, anschließend rasch wieder in den Sprintschritt zu finden um auf die nächste Hürde zuzulaufen. Die vertikale Geschwindigkeit muss bei der Hürdenüberquerung so gering wie möglich gehalten werden und die Schulter- und Beckenachse sollte dabei möglichst frontal bleiben (Schiffer, 2012, S. 14).

Sobald der Fuß des Schwungbeines die Hürde überquert hat, wird die Hüfte auf dieser Seite gestreckt, die Abwärtsbewegung beginnt und gleichzeitig wird der Oberkörper aufgerichtet (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 288).

Noch während sich der/die Athlet/in über der Hürde befindet, richtet er/sie seinen/ihren Blick auf die nächste. Während das Schwungbein am Boden aufsetzt, wird das Nachziehbein, wie zuvor geschildert, angewinkelt zur Gänze nach vorne gebracht. Der Körperschwerpunkt befindet sich vertikal über der Fußspitze. Am Ende der Nachziehbeinbewegung sollte sich der Oberschenkel parallel zum Boden befinden und das Knie in die Laufrichtung zeigen. Der Kniegelenkwinkel beträgt in etwa 90 Grad (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 290). Das Nachvornezeigen des Knies in Laufrichtung und der Kniewinkel von 90 Grad sind für den Trainer/die Trainerin ein guter optischer Indikator dafür, dass das Schwungbein vollständig

nach vorne gebracht wurde. Die Hürdenüberquerung und die Landung nach dieser sind in den Abbildungen 4 und 5 zu sehen.

Bezüglich des Fußaufsatzes des Schwungbeines nach der Hürde gilt noch hinzuzufügen, dass dieser aktiv und auf dem Fußballen und nicht auf dem ganzen Fuß zu erfolgen hat. Dies ermöglicht, dass der/die Athlet/in, ohne abzubremesen und an Geschwindigkeit zu verlieren, den Lauf fortsetzen und den Rhythmus zwischen den Hürden halten kann. Der Körperschwerpunkt befindet sich beim Aufsatz über dem Schwungbein oder leicht davor (Schiffer, 2012, S. 15).

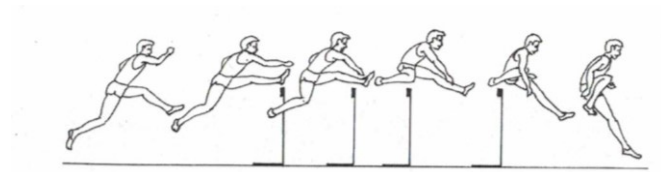


Abbildung 4: Hürdenüberquerung (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 331)

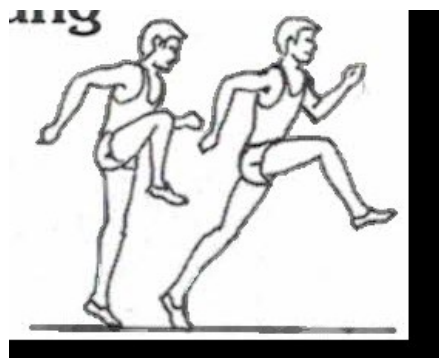


Abbildung 5: Landung nach der Hürde (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 331)

3.1.3 Hürdenschritt in der Kurve

Eine Besonderheit des 400-m-Hürdenlaufs ist, dass auch in der Kurve Hürden überlaufen werden, was erneut auf die innewohnende Komplexität dieser Disziplin hinweist. Beim Überlaufen der Hürde in der Kurve ist es, wie bereits angedeutet, für den Athleten/die Athletin von Vorteil, das linke Bein als Schwungbein zu verwenden, da somit der kürzeste Weg auf der Bahn gewählt werden kann (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 326). Würde der/die Athlet/in das rechte Bein als Schwungbein verwenden, müsste er/sie mittiger innerhalb der Bahn laufen, um nicht mit dem Nachziehbein auf die benachbarte Bahn zu kommen. Dies würde zu einer Disqualifikation führen. Eine kürzere Strecke wird allerdings zurückgelegt, wenn möglichst auf der Innenseite der Bahn gelaufen wird (Schiffer, 2012, S. 17). Schiffer (2012, S. 17) zeigt auf, dass der/die Athlet/in mit einem linken Schwungbein in

der Kurve gegenüber demjenigen/derjenigen, der/die die Hürden im gesamten Rennen mit rechts überquert, um insgesamt einen Meter weniger zurück legen muss.

Als weiteren Grund für den Vorteil des Überquerens der Hürde mit dem linken Bein als Schwungbein führen Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 326) ein günstigeres Entgegenwirken gegen die Zentrifugalkräfte an. Aufgrund der längeren Flugphase beim Überqueren der Hürde wird der/die Athlet/in durch die Zentrifugalkräfte stärker nach außen getragen, als beim normalen Sprintschritt. Durch den Abstoß mit dem rechten Bein kann diesen Kräften besser entgegen gewirkt werden, da somit in Richtung Kurveninnenseite abgedrückt wird. Weiters muss bei Innenlage des Sportlers/der Sportlerin das Nachziehbein weniger angehoben werden, was bei einer Überquerung mit dem rechten Bein als Schwungbein nicht der Fall wäre (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 326).

Wird aus verschiedenen Gründen dennoch das rechte Bein gewählt, empfiehlt es sich, die Hürde „tangential anzuschneiden“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 326). Das bedeutet, dass der der/die Athlet/in einige Schritte vor der Hürde in die Mitte seiner/ihrer Bahn läuft und somit die Hürde gerade in Richtung Innenseite der Kurve überläuft und dadurch einem zu großen Einfluss der wirkenden Zentrifugalkräfte entgegenwirkt.

Es hat allerdings auch einen Vorteil, die Hürde mit dem rechten Bein als Schwungbein zu überlaufen, nämlich, dass der „Rotationsimpuls um die Körperlängsachse“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 326) in diesem Fall kleiner ist, da das linke Nachziehbein einen kürzeren Weg als das rechte zurücklegt.

3.1.4 Zwischenhürdensprint und die Wahl des optimalen Schrittrhythmus

Bezüglich des Sprints zwischen den Hürden ist hervorzuheben, dass es zentral ist, dass dieser so wenig wie möglich von dem Flachsprint abweichen sollte. Es sollte ein „greifender“ und „ziehender“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 327) Fußaufsatz gewählt werden, sowie darauf geachtet werden, dass beim Aufsatz nicht gegen die Bahn gestemmt wird.

Das Um und Auf bei dem 400-m-Hürdensprint ist, einen Rhythmus zu finden, welcher für den Athleten/die Athletin optimal zwischen zwei Hürden passt. Dies kann individuell sehr verschieden sein und hängt von Faktoren wie dem präferierten Schwungbein, der Schrittlänge und der Einteilung des Rennens ab (Schiffer, 2012, S. 16).

Welcher Schrittrhythmus auch immer verwendet wird - wichtig ist, dass der/die Athlet/in einen Plan davon hat, welchen er/sie durchführen, und wo und wie er/sie diesen abändern wird. Änderungen im Schrittrhythmus sollten rechtzeitig und nach der im Training geübten Renntaktik durchgeführt werden. Ändert der/die Athlet/in die Schrittfrequenz zwischen den Hürden erst dann, wenn er/sie dies aufgrund der eingetretenen Ermüdung und den damit

kleiner werdenden Schritten unweigerlich tun muss, schadet dies dem ökonomischen Laufverhalten.

Wichtig ist auch, dass jegliche Änderungen und Anpassungen der Schrittzahl zwischen den Hürden rechtzeitig und nicht unmittelbar vor dem Überlaufen vollzogen werden. Dies ist deshalb zentral, da spontane Änderungen dem Athleten/der Athletin Kraft kosten und somit der Ökonomie des Rennens schaden. Am besten sollte dies in der Mitte des Anlaufs gemacht werden, da die letzten Schritte zur Hürde beschleunigt gelaufen werden sollten (Schiffer, 2012, S. 14). Es ist zu vermeiden, unmittelbar vor der Hürde abzubremesen und kleine Schritte zu vollziehen, also zu „trippeln“, oder die letzten Schritte vor dieser in die Länge zu ziehen, da dies zu Geschwindigkeitsverlusten und somit einer Störung des Laufrhythmus führt.

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 327) führen auch an, dass, wenn Änderungen im Rhythmus vorgenommen werden, dies nur um einen Schritt mehr oder weniger, und nicht um mehrere auf einmal, passieren sollte. Bei der Planung des verwendeten Schrittrhythmus ist zu bedenken, dass eine Erhöhung der gelaufenen Schritte zwischen den Hürden nicht unbedingt als negativ zu erachten ist, sondern im Sinne der Ökonomie meist sinnvoller ist, als den kürzeren beizubehalten und somit an Energie zu verlieren. Der Grund dafür ist, dass es dem Athleten/der Athletin, viel Kraft kostet, zu versuchen, einen nicht optimalen Rhythmus beizubehalten und es kräfteschonender wäre, einen Schritt mehr zu laufen und einen lockeren Lauf, ohne die Schritte in die Länge zu ziehen oder gegen die Bahn zu stemmen, vollziehen zu können.

Wichtig ist es nach Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 324), vor dem Wettkampf die Windbedingungen zu beachten, da im Falle von Gegenwind mit mehr Druck gelaufen werden muss und bei Rückenwind ein Laufen mit erhöhter Schrittfrequenz erforderlich ist.

Jolly (1989, zitiert nach Schiffer, 2012, S. 16) gibt als Möglichkeit, den optimalen Rhythmus zu ermitteln, an, auf diesen von der Schrittzahl auf die erste Hürde zu schließen. Dies gestaltet sich wie folgt:

Schritte bis zur ersten Hürde	Schritten zwischen den Hürden
21	13
21 oder 22	14
22	15
22 oder 23	16
23 oder 24	17

(Jolly, 1989, zitiert nach Schiffer, 2012, S. 16)

Das bedeutet nun, dass ein Athlet, welcher von der Startmaschine bis zur ersten Hürde 21 Schritte vollzieht, nach Jolly (1989, zitiert nach Schiffer, 2012, S.16) einen optimalen Rhythmus von 13 Schritten zwischen den Hürden hat. Dies ist natürlich nur als Richtwert zu sehen, da der optimale Schrittrhythmus von Sportler/in zu Sportler/in unterschiedlich ausfällt. Des Weiteren gilt zu sagen, dass Läufer/innen ihren Rhythmus im Laufe des Rennens meist umstellen, da der zu Beginn gewählte mit eintretender Ermüdung nicht bis zum Schluss aufrecht gehalten werden kann.

Am besten eignen sich ungerade Schrittrhythmen, da bei diesen der/die Sportler/in keinen Schwungbeinwechsel vollziehen muss (Schiffer, 2012, S. 16). Meistens ist ein Bein besser geschult, weshalb es besonders im ermüdeten Zustand einfacher und ökonomischer ist, mit diesem die Hürde zu überqueren.

Die Anzahl an Schritten, welche der/die Athlet/in zwischen den Hürden wählt und die Taktik, nach welcher er diese anpasst, ist von Sportler/in zu Sportler/in verschieden, allerdings gibt es einige typische Renntaktiken. Diese, sowie die Wahl des richtigen Schrittrhythmus, sind unter Punkt 3.2 zu finden.

3.1.5 Zieleinlauf

Häufig kommt es vor, dass 400-m-Hürden-Rennen auf den letzten 40 m entschieden werden. Um in diesem Abschnitt noch einmal alle Reserven mobilisieren zu können, muss der/die Athlet/in möglichst technisch korrekt über die letzte Hürde laufen, um schnell wieder Boden fassen und in den normalen Sprintschritt übergehen zu können. Für einen schnellen Zieleinlauf muss der/die Sportler/in ein hohes Maß an anaerober Ausdauer aufweisen (Schiffer, 2012, S. 17).

Die 40 m vor dem Zieleinlauf werden üblicherweise langsamer als die letzte Zwischenhürdenstrecke gelaufen. Die Geschwindigkeit mit welcher ins Ziel gelaufen wird, liegt in etwa bei 81% der schnellsten Zwischenhürdenzeit (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 328).

Um nach dem Zieleinlauf verletzungsfrei abzubremsen, sollte beim Auslaufen die Körperspannung gehalten werden und der Körperschwerpunkt nach hinten verlagert werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 328).

3.1.6 Vergleich der Hürdentechnik des Kurz- und Langhürdensprints

Vergleicht man den 100-m- beziehungsweise 110-m- und den 400-m-Hürdensprint, sind bezüglich der Hürdenüberquerung einige Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten, zu finden.

Da die Hürden beim Langsprint niedriger, als bei der Kurzdistanz sind, muss sich der/die Sprinter/in weniger in die Hürde hinein lehnen, er überläuft diese also aufrechter als ein 110-m- beziehungsweise eine 100-m-Hürdensprinter/in (Schiffer, 2012, S. 12).

Bezüglich des Nachziehbeins gilt festzustellen, dass das schnelle nach vorne-oben ziehen von diesem, trotz der niedrigeren Hürden im 400-m-Hürdenlauf, in beiden Disziplinen gleichermaßen wichtig ist, da es dieser technische Aspekt dem Läufer/der Läuferin ermöglicht, schnell wieder in einen guten Sprintschritt zu finden (Schiffer, 2012, S. 12).

Die Länge des Schrittes des Athleten/der Athletin zwischen den Hürden ist bei der Langstrecke länger als bei der 100- beziehungsweise 110-m-Distanz. Die Schrittlänge, mit welcher der/die Läufer/in die Hürde überquert, ist bei den beiden Disziplinen allerdings in etwa gleich (Schiffer, 2012, S. 12).

Von der Länge des Schrittes bei der Hürdenüberquerung kann man gut auf die Qualität von dieser schließen. Gute Läufer/innen beider Disziplin vollziehen einen kürzeren Schritt über die Hürde. Wird die Schrittlänge über die Hürde analysiert, so lässt sich feststellen, dass der Anteil von diesem vor der Hürde größer ist, als der nach der Hürde. Demzufolge legt der professionelle Hürdenläufer/die professionelle Hürdenläuferin 63,5% seines/ihres Schrittes vor und 37,5% nach der Hürde zurück. Die Länge des Hürdenschrittes beträgt im Spitzenbereich in etwa 3,50m (Schiffer, 2012, S.12).

Sowohl bei dem 100-m- beziehungsweise 110-m-, als auch bei dem 400-m-Hürdensprint gibt es einige Indikatoren, welche für eine erfolgreiche Hürdenüberquerung ausschlaggebend sind. Bei beiden Disziplinen sollte diese so wenig wie möglich vom Sprintschritt abweichen, wofür der Körperschwerpunkt so wenig wie möglich angehoben werden sollte. Große Hürdenläufer/innen verfügen hier über einen Vorteil, da ihr Körperschwerpunkt bereits höher ist und deshalb für die Hürdenüberquerung weniger in die Höhe bewegt werden muss. Die vertikale Geschwindigkeit beim Verlassen des Bodens hebt diesen an, gemeinsam mit der horizontalen bestimmen sie den Abflugwinkel (Schiffer, 2012, S. 13).

3.1.7 Rhythmus- und Techniktraining

Im Folgenden sind Übungen zu finden, welche das des Gefühl der Athleten und Athletinnen für den Schrittrhythmus zwischen den Hürden schulen, sowie solche, mit welchen die Hürdentechnik trainiert werden kann. Wie bereits erwähnt, ist es für den/die Langhürdenläufer/in essentiell, fähig zu sein, sowohl mit dem rechten als auch dem linken Bein als Schwungbein die Hürde zu überqueren. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Übungsformen stets beidseitig durchzuführen. Außerdem sollen die Übungsformen auch in der Kurve angewandt werden, damit sich der/die Athlet/in an das Laufen in dieser gewöhnt (Schiffer, 2012, S. 19).

Nach Wiens (o.D.) gibt es beim Erlernen der Technik im 400-m-Hürdensprint vier wichtige Phasen. Diese gliedern sich wie folgt:

- Entwicklung einer allgemeinen Fitness, die es dem Athleten/der Athletin ermöglicht, im Techniktraining die Bewegung wiederholt durchzuführen, ohne große Einbuße aufgrund der Müdigkeit machen zu müssen.
- Erlernen einer Basistechnik, sodass dann auch bei höheren Geschwindigkeiten mit korrekter Hürdentechnik gelaufen werden kann.
- Entwickeln einer speziellen Fitness, also einer solchen, die den Anforderungen des Hürdenlaufes angepasst ist, sodass der/die Athlet/in Bewegungen effizienter und ökonomischer durchführen kann.
- Entwickeln einer fortgeschrittenen Technik, welche bei maximalen Leistungen aufrechterhalten werden kann.

3.1.7.1 Übungsformen für das Kinderleichtathletik-, Aufbau-, Grundlagen- und Leistungstraining

Bereits in der Kinderleichtathletik werden das Rhythmusgefühl, sowie technische Fertigkeiten des Hürdenlaufs trainiert. Hierfür können alle möglichen Formen von Rhythmusläufen durchgeführt werden, wie beispielsweise Läufe über verschiedene Hindernisse, Reifen und Medizinbälle. Dies kann auch in Form von Staffelspielen durchgeführt werden. Um ein Gefühl für das rhythmische Laufen zwischen den Hürden zu schulen, wird mit den Abständen zwischen den Hindernissen und der Kontaktzahl, mit welcher gelaufen wird, variiert. Auch Turnmatten und/oder Bananenkartons können als Hindernisse eingesetzt werden. Der Bananenkarton kann auf einer (quer aufgelegten) Turnmatte platziert werden, beim Überlaufen von dieser Konstruktion schulen die Kinder und Jugendlichen, Abstand zur Hürde zu halten und den Abdruck vor dieser nicht zu knapp zu gestalten. Bei schon fortgeschrittenen Athleten/Athletinnen kann, um das Distanzhalten zur Hürde zu trainieren, vor einer niedrigen Hürde auch eine Markierung, beispielsweise ein Schaumstoffquader, platziert werden. Dieser dient dazu, den Bereich zu markieren, vor welchem der Abdruck vom Boden erfolgen sollte. Die diversen Übungen sollen in etwa über 20-40 m mit 2-4 Wiederholungen je Aufgabe ausgeführt werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 302).

Nachdem im Kinderalter das Rhythmusgefühl über diverse niedrige Hindernisse trainiert wurde, folgen anschließend Übungen über Hürden mit verschiedenen Abständen und Höhen.

Eine mögliche Übungsform sind Läufe im 1-Schritt-Rhythmus, welche dazu dienen, möglichst viele Hürdenschritte in einer Trainingseinheit zu vollziehen und die hürdenschrittspezifische Schnell- und Reaktivkraft zu trainieren. Ziel ist unter anderem, die Hürden möglichst wenig zu überspringen, sondern diese zu überlaufen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 306).

Dies kann auch als Variation von Schwung- und Nachziehbein durchgeführt werden. Dabei werden die Hürden auf zwei Bahnen platziert, sodass der/die Athlet/in zwischen den Bahnen so laufen kann, dass er/sie jede Hürde abwechselnd mit dem Schwungder- und dem Nachziehbein überquert. Zwischen den Hürden wird ein Schritt gelaufen. Die Übung wird in Abbildung 6 verdeutlicht. Das „lead-leg“ bezeichnet das Schwungbein, bei dem „trail-leg“ ist das Nachziehbein gemeint. Die Vorteile dieser Übung sind, dass sowohl isoliert das Schwung- und Nachziehbein, als auch die gesamte Hürdentechnik gleichzeitig trainiert werden kann. (Schiffer, 2012, S.19). Bei dieser und auch bei den folgenden Übungen wird neben der Hürdentechnik auch die Schnelligkeit und Reaktivkraft trainiert (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 304).

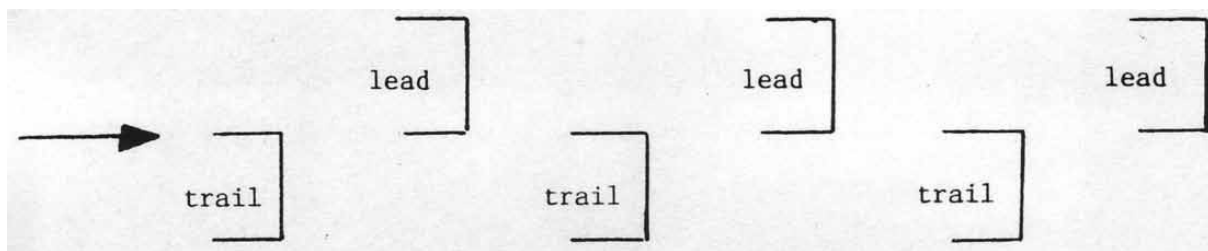


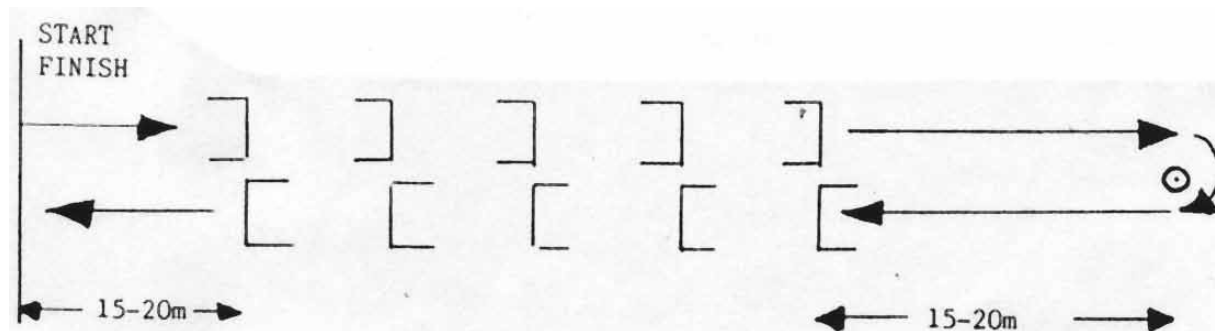
Abbildung 6: Training von Schwung- und Nachziehbein (Schiffer, 2012, S. 19)

Eine gute Übungsform, die Fertigkeit, beidseitig laufen zu können, zu trainieren, sind Läufe im 2-Schritt-Rhythmus. Die Hürden werden wie auch in Abbildung 6 aufgestellt, allerdings mit größerem Abstand, sodass zwei Schritte zwischen den Hürden gelaufen werden können. Der/Die Athlet/in läuft nun abwechselnd mit dem linken und dem rechten Schwungbein seitlich über die Hürden und macht zwei Schritte zwischen diesen (Schiffer, 2012, S. 19).

Um diese Übung abwechslungsreicher zu gestalten, kann sie auch derart adaptiert werden, dass, nachdem die Übung wie beschrieben durchgeführt wurde, an einem markierten Punkt gewendet wird und anschließend auch wieder zurück gelaufen wird. Beim Zurücklaufen wird allerdings das Nachziehbein abwechselnd verwendet (Schiffer, 2012, S. 19). Es empfiehlt sich, diese Variation nur durchzuführen, wenn Trainingshürden verfügbar sind, welche in beide Richtungen klappen. Dies ist deshalb sinnvoll, da ein Verletzungsrisiko gegeben ist, im Falle dass der/die Läufer/in beim Zurücklaufen mit dem Nachziehbein bei der Hürde hängen bleiben sollte. Der Hürdenaufbau ist in Abbildung 7 ersichtlich. Um das Nachziehbein isoliert zu schulen, kann dieselbe Übung auch derart durchgeführt werden,

Sehr gängig ist auch das Training im 3-Schritt Rhythmus. Der/Die Athlet/in überquert die Hürden ohne das Schwungbein abzuwechseln, was den Vorteil hat, dass er/sie sich gezielt auf die Seite, mit welcher gelaufen wird, konzentrieren kann. Die Schwungbeinseite sollte nach jedem Durchgang gewechselt werden. Der Trainer stoppt die Dauer der Durchgänge mit links und rechts, mit dem Ziel, dass möglichst wenig Unterschied in der Überquerungszeit zwischen linkem und rechtem Bein und zwischen erstem und letztem Durchgang liegt (Schiffer, 2012, S. 19f). Für diese Übung werden die Hürden wieder weiter auseinander und auf eine Bahn gestellt.

Eine Variation zu dem klassischen Überlaufen ist der „Swiss turnabout“ (Schiffer, 2012, S.20). Hierbei werden die Hürden auf zwei benachbarten Bahnen so positioniert, dass zuerst in eine Richtung im 4-Schritt-Rhythmus gelaufen werden kann, anschließend gewendet und dann auf der zweiten Bahn im selben Rhythmus über die Hürden zurückgelaufen wird (Schiffer, 2012, S. 20). Je nach Ziel der Trainingseinheit wird der/die Trainer/in die Anzahl der Wiederholungen und die Pause gestalten. Der Aufbau dieser Trainingsform ist in Abbildung 8 zu sehen.



26

Genauso wie beim 3-Schritt-Rhythmus kann auch mit dem 5-Schritt-Rhythmus, ohne das Schwungbein zu wechseln, gelaufen werden. Der zweit genannte erlaubt, mehr Zeit zwischen den Hürden zu haben, und sich so besser auf die technisch korrekte Ausführung zu konzentrieren. Dasselbe gilt auch für Läufe im 7-Schritt-Rhythmus (Schiffer, 2012, S. 20).

Die besprochenen Rhythmen ab dem 3-Schritt-Rhythmus und aufwärts können auch für Läufe in der Kurve angewandt werden. Dies ist sinnvoll, um, wie eingangs erwähnt, den Athleten/die Athletin, daran zu gewöhnen, in der Kurve zu laufen (Schiffer, 2012, S. 20).

Eine weitere Möglichkeit, das Laufen mit beiden Seiten als Schwungbein zu trainieren, ist, die Hürden in immer größer werdenden oder unregelmäßigen Abständen zu platzieren. Man kann beispielsweise bei einem 1-Schritt-Rhythmus starten und auf bis zu 5 Schritte zwischen den Hürden steigern oder direkt bei einem 3-Schritt-Rhythmus starten und diesen steigern (Schiffer, 2012, S. 20). Weiters kann beispielsweise die dritte Hürde der 100-m-Hürdensprint-Markierungen weggelassen werden, wodurch der/die Athlet/in von einem 3-Schritt Rhythmus auf einen 7-Schritt Rhythmus umstellen muss. Ebenso können die Hürden in völlig unregelmäßigen Abständen aufgestellt werden. Es wird hier auch die Anpassungsfähigkeit des Athleten/der Athletin, welche im 400-m-Hürdensprint zentral ist, trainiert. Diese Übungen verlangen vom Athlet/von der Athletin eine hohe „mentale Flexibilität“, da dieser/diese sich während dem Laufen auf unterschiedliche Rhythmen einstellen muss. Auch hier können die einzelnen Läufe wieder gestoppt und miteinander verglichen werden, mit dem Ziel, zwischen diesen möglichst wenig Unterschiede in der Zeit zu vermerken (Schiffer, 2012, S.20).

Im Hürdentechniktraining, vor allem im Training der 100-m- beziehungsweise 110-m-Hürden, aber auch in dem der Langhürden, werden auch maximale Hürdensprints vom 100-m-Start durchgeführt. Dies wird mit der Anzahl an zu überlaufenden Hürden, verkürzten Abständen und unterschiedlichen Hürdenhöhen variiert. Die Abstände zwischen den Hürden werden aus dem Grund verkürzt, da im Wettkampf mit höherer Intensität gelaufen wird. Er kann um bis zu 20% verkürzt werden und es wird je nach Schnelligkeitsniveau sowie aktuellem Befinden des Athleten/der Athletin der Abstand zwischen den Hürden verkürzt. Die Anzahl der zu überlaufenden Hürden kann auch nach dem Pyramidenprinzip vorgegeben werden, das bedeutet, dass beispielsweise bis zur 2., 3., 4., 5., 4., 3. und 2. Hürde gelaufen wird (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 305).

Eine Übungsform zur Schulung des Distanzgefühl, sowie der Fertigkeit, des Athleten/der Athletin, spontan ein beliebiges Bein als Schwungbein zu verwenden, sind Läufe, bei welchen dieser/diese mit dem Rücken zu einer Hürde steht. Er/Sie weiß nicht wie groß die Distanz zu dieser ist, der/die Trainer/in legt dies fest. Nun besteht die Aufgabe darin, auf Signal auf die Hürde zuzusprinten und diese möglichst ohne trippeln zu überqueren. Der

Abstand zur Hürde wird von Wiederholung zu Wiederholung variiert (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 170).

3.1.7.2 Hürdendrills

Im Folgenden werden Drills beschrieben, die dem Training von „motorischen Mustern“ und der Verbesserung der Hürdentechnik dienen (Schiffer, 2012, S. 21). Der in der englischsprachigen Literatur verwendete Begriff „Drills“ meint wiederholt durchgeführte Übungen um einen bestimmten Technikaspekt zu schulen.

Schulung des Nachziehbeins

Hierbei wird eine Hürde im Abstand von in etwa einem Meter normal zu einer Wand oder einem Zaun platziert. Der Athlet/Die Athletin stellt sich neben die Hürde und stützt sich mit den Händen an der Wand beziehungsweise dem Zaun ab. Nun wird mit dem hürdennäheren Bein im Stand die Bewegung des Nachziehbeins wiederholt ausgeführt. Es ist darauf zu achten, dass dieses flach über die Hürde geführt wird und der Oberschenkel anschließend schnell zu Boden gebracht wird (Schiffer, 2012, S. 22). Außerdem ist es wichtig, dass das Knie vollständig nach vorne gebracht wird, bis es in die Blickrichtung des Sportlers/der Sportlerin zeigt, da dies der korrekten Hürdensprinttechnik entspricht. Die Durchführung ist in Abbildung 9 rechts zu sehen. Links ist eine weitere Möglichkeit, das Nachziehbein zu schulen, abgebildet. Die Hürde ist quer zur Wand positioniert und so eingestellt, dass sie auf der Seite des Übenden/der Übenden etwas höher ist. Der/Die Athletin stützt sich an der Wand ab und zieht das Nachziehbein über die Hürde nach vorne und zurück. Diese Übung eignet sich sowohl gut als Mobilitätstraining als auch zur Technikarbeit des Nachziehbeins.

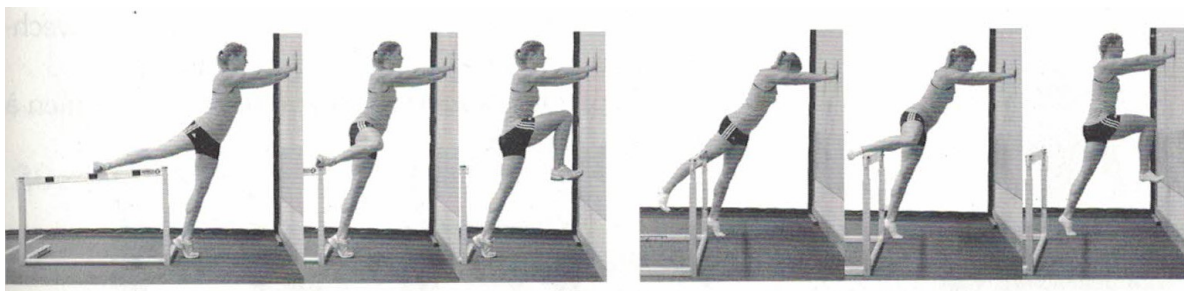


Abbildung 9: Schulung des Nachziehbeins (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 308)

Eine Übungsvariation ist die Ausführung mit einem Partner/einer Partnerin an der Stelle des Zaunes oder der Wand. Dieser/Diese zieht den Athleten/die Athletin an den Armen in dessen Bewegungsrichtung, während er/sie die Bewegung mit dem Nachziehbein vollzieht. Auf diese Weise kann der/die Sportler/in zusätzlich zur isolierten Bewegung die Beschleunigung nach vorne erfahren. Die Hüfte muss sich „durch die Hürde hindurch“ bewegen (Schiffer, 2012, S. 21).

Schulung des Schwungbeins

Eine Hürde wird wie in Abbildung 9 rechts nahe zu einer Wand aufgestellt, der/die Athlet/in befindet sich in Blickrichtung zur Wand und imitiert nun die Schwungbeinbewegung. Die Bewegung beginnt mit dem nach oben Führen des Oberschenkels bis sich dieser parallel zum Boden befindet, wobei das Knie 90 Grad angewinkelt ist. Anschließend wird „ausgekickt“, sprich das Kniegelenk gestreckt und mit der Fußsohle gegen die Wand gestützt. Der Gegenarm des Schwungbeins wird, wie auch beim Hürdenüberlaufen, zu diesem nach vorne geschwungen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 308).

Hürdenimitation am Turnkasten

Bei dieser Übung, dargestellt in Abbildung 10, werden Turnkästen hintereinander in einer dem Athleten/der Athletin angepassten Höhe aufgestellt. Die Hürdenbewegung wird nun über diese so detailgetreu wie möglich imitiert. Wichtig ist, dass die Kästen aus Sicherheitsgründen nicht überlaufen werden, sondern dass die Bewegung im Stand mit Fokus auf eine technisch korrekte Ausführung durchgeführt wird (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 307). Diese Übung ermöglicht dem Läufer/der Läuferin die Technik im langsamen Ablauf zu trainieren.

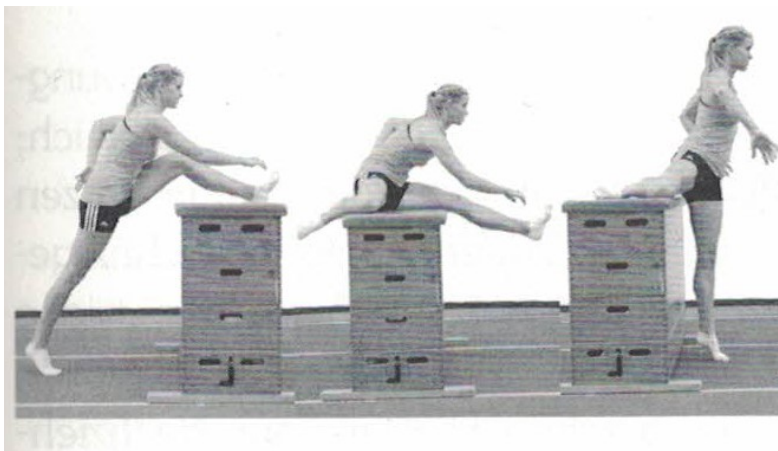


Abbildung 10: Hürdenimitation am Turnkasten (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 307)

Hürden-ABC

Bei diesen Übungen wird die Hürdenschritttechnik über niedrige Hürden imitiert. Es werden mehrere Hürden relativ eng hintereinander aufgestellt, um zwei Bodenkontakte zwischen diesen zu vollziehen. Der Oberkörper muss dabei frontal und stabil bleiben, der Rumpf wird angespannt und die Hüfte ist in einer hohen Position. Wichtig ist ein exaktes Ausführen der Bewegung sowohl mit den Beinen als auch mit den Armen. Die Hürden können sowohl im Gehen, als auch mit einem Hopser überquert werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 308). Ersteres empfiehlt sich vor allem im Anfängerbereich, da die Athleten/Athletinnen dann

die Bewegung langsamer durchführen und sich besser auf die Ausführung konzentrieren können.

Es werden, wie in Abbildung 11 zu sehen ist, 5-10 Hürden in regelmäßigen Abständen aufgestellt und es wird beidseitig trainiert, sprich die Übungen werden sowohl mit dem linken als auch mit dem rechten Bein als Schwungbein durchgeführt. Der Abstand der Hürden variiert je nach Körpergröße der Athleten/Athletinnen und soll so gewählt werden, dass genug Platz ist, zwei Kontakte zu vollziehen und eine saubere und vollständige Bewegung mit dem Nachziehbein zu machen.

Folgende Variationen sind möglich:

- Variation der Armarbeit: Vor der Brust verschränkt, zur Seite/nach oben/nach vorne gestreckt, hinter dem Rücken
- Antippen des Schwung- und Nachziehbeins am höchsten Punkt mit der jeweiligen Gegenhand
- Rückwärts
- Über eine Hürde oben drüber, unter einer Hürde unten durch
- Mit Medizinball über dem Kopf, vor dem Körper, oder seitlich
- Kontakt vor/nach der Hürde betonen
- Ein Kontakt zwischen den Hürden (die Hürden müssen hierfür näher zusammen gestellt werden)

(Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 308)

Die Übungen des Hürden-ABCs dienen dazu die Hürdenschritttechnik an sich zu trainieren und andererseits auch Aspekte wie die Körperspannung bei der Überquerung, das aktive Bodenfassen vor und hinter der Hürde, als auch die Flexibilität in der Hüfte zu schulen.

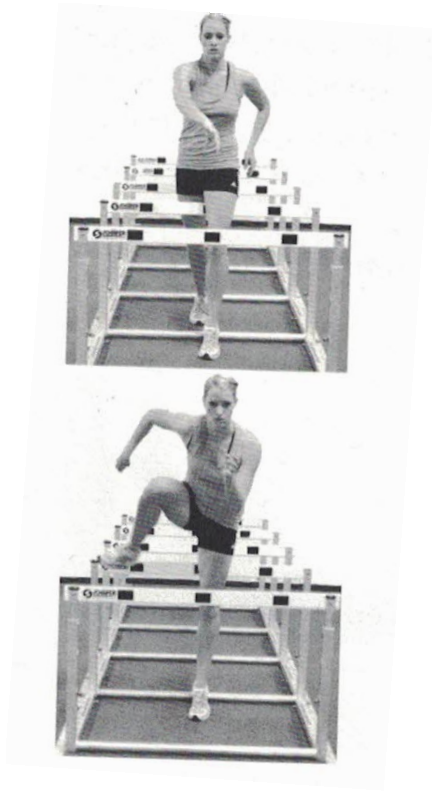


Abbildung 11: Hürden-ABC (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 308)

3.1.8 Häufige Fehler im 400-m-Hürdensprint, ihre Ursachen und Korrekturmöglichkeiten

Beim Start und dem Anlauf zur ersten Hürde, dem Überlaufen dieser, im Zwischenhürdensprint und beim Auslaufen auf der Zielgerade, gibt es einige typische Fehlerquellen, welche wiederholt auftreten. Der Deutsche Leichtathletik-Verband (2012, S. 164) ordnet diese in den Tabellen 4-7 den einzelnen Phasen des 400-m-Hürdensprints zu, nennt die Ursachen dieser und gibt Möglichkeiten zur Korrektur an. Es ist allerdings zu bedenken, dass es oft schwierig ist, einen Fehler einer konkreten Ursache zuzuweisen, da dieser oft in mehreren liegt und umgekehrt eine Ursache auch mehrere Fehler bewirkt.

Tabelle 4: Start und Anlauf zur ersten Hürde: Fehler, Ursachen, Korrekturen

Start und Anlauf zur ersten Hürde		
Fehler	Ursachen	Korrekturhinweise
Schlechte Reaktion, schwache Beschleunigung	Ungenügende Konzentration, unzureichende Sprintkraft	Starttraining, Starts mit max. Beschleunigung, Krafttraining

Abrupte Beschleunigung, kein Laufrhythmus	Kein Rhythmus- und/oder Tempogefühl, Nervosität	Steigerungsläufe in der Kurve (mit und ohne Hürden)
Trippeln oder Ziehen schon vor der ersten Hürde	Ungleichmäßige Schritte, unregelmäßige Beschleunigung	Training des Anlaufs an die erste Hürde

Quelle: adaptiert nach Deutscher Leichtathletik-Verband (2012, S. 164)

In Tabelle 4 sind die Fehler, welche häufig in der Phase des Starts und dem Anlauf zur ersten Hürde vorkommen, sowie ihre Ursachen und Korrekturhinweise angeführt.

Tabelle 5: Hürdenüberquerung: Fehler, Ursachen, Korrekturhinweise

Hürdenüberquerung		
Fehler	Ursachen	Korrekturhinweise
Zu nahes Heranlaufen an die Hürde	Unsicherheit, Respekt vor der Hürde	Training mit Hilfsgeräten, Hürdenoxer, Abstandmarkierungen
Zu hohe KSP-Flugbahn	Steiler Abflugwinkel, zu geringer Abstand zur Hürde	Lauf über niedrige Hürden, Kurzhürdentraining
Kein Ausgreifen des Schwungbeins	Falsche Bewegungsvorstellung	Schwungbeindrills, Kurzhürdentraining
Touchieren der Hürde mit dem Nachziehbein	Unzureichendes Abspreizen	Hürdendrills (insbesondere Nachziehbeinübungen)
Vorbeiziehen des Nachziehbeins, zu tiefes Nachziehbein	Nachlässigkeit, Müdigkeit, fehlende Hürdensicherheit	Im Training daneben (innen) eine zweite Hürde aufstellen
Späte Landung hinter der Hürde mit Bremswirkung	Zu geringer Abstand vor der Hürde, zu hohe Flugbahn	Kurzhürdentraining mit aktiver Landung und Weiterlaufen
Landung mit Rückenlage, Geschwindigkeitsverlust	Ziehende Schritte vor der Hürde, Abdruck schon mit Rückenlage	Rhythmustraining, Athletik-Ausbildung

Quelle: adaptiert nach Deutscher Leichtathletik-Verband (2012, S. 164)

Fehler, welche im Zuge der Hürdenüberquerung auftreten können, sind in Tabelle 5 zu finden. Auch Schiffer (2012) und Strüder, Jonath und Scholz (2013) haben sich mit der Thematik der häufigsten Fehler in den einzelnen Phasen auseinander gesetzt.

Ein gängiges Fehlerbild bei der Hürdenüberquerung, sowohl bei der Lang- als auch bei der Kurzdistanz, ist, dass der/die Athlet/in die Hürde zu hoch überquert. Für dieses Erscheinungsbild gibt es eine Vielzahl an Gründen, wie zum Beispiel, dass der/die Sportler/in den letzten Kontakt vor der Hürde zu nah an dieser setzt. Auch der zu passive Aufsatz von diesem, sowie ein zu frühes Strecken des Schleuderbeins resultieren darin, dass der/die Athlet/in beim Überqueren der Hürde zu hoch aufsteigt. Ein banaler, aber dennoch nicht zu selten auftretender Grund ist weiters die Furcht vor der Hürde, weshalb versucht wird, Distanz zu dieser zu gewinnen (Schiffer, 2012, S. 15).

Auch das „Trippeln“, also zu kurze Schritte vor der Hürde, können darin resultieren, dass der/die Athlet/in die Hürde mit einer zu hohen KSP-Flugbahn überquert. Um den richtigen Abstand zur Hürde zu trainieren ist es hilfreich, mit Abstandsmarkierungen zu arbeiten. Hürdensprints über beliebige Abstände helfen dabei, die Distanz richtig einschätzen zu lernen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 341).

Um den Fehler, dass zu hoch über die Hürde gelaufen wird, zu beheben, ist es außerdem wichtig, an einer aufrechten und stabilen Haltung des Läufers/der Läuferin zu arbeiten. Dies erleichtert, den Kontakt vor der Hürde aktiver zu setzen, was wiederum das eben beschriebene Fehlerbild verhindert. Auch die Aktion mit dem Schwungbein muss trainiert werden, dieses wird aktiv und möglichst nah über die Hürde geführt. Ist der letzte Kontakt vor der Hürde am ganzen Fuß, so wird das Schwungbein zu früh gestreckt werden. Um zu verhindern, dass Athleten/Athletinnen aus Angst vor der Hürde zu hoch über diese laufen, ist es hilfreich, Trainingshürden zu verwenden. Diese können beispielsweise gepolstert sein und bei Berührung nach vorne klappen. Hat der/die Sportler/in die notwendige Sicherheit, so kann er die Hürde „attackieren“ und flach über diese laufen (Schiffer, 2012, S. 15).

Nach Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 326) ist es allerdings auch wichtig, zu bedenken, dass das höhere Überlaufen der Hürde auch Vorteile bringen kann. Es ermöglicht dem Athleten/der Athletin, das Schwung- und Nachziehbein weniger anheben, den Oberkörper weniger nach vorne zu lehnen und das Schwungbein weniger strecken zu müssen, was dazu führt, eine ökonomischere Hürdenüberquerung zu vollziehen und somit Energie zu sparen.

Weiters kommt es vor, dass der/die Athlet/in mit dem Knie des Nachziehbeins gegen die Hürde schlägt. Auch hierfür kann ein zu passiver Kontakt vor der Hürde der Grund sein, da dies bedingt, dass „durch die Hürde gesprungen“ wird (Schiffer, 2012, S. 15). Hier ist es wieder wichtig, im Training den letzten Kontakt vor der Hürde zu fokussieren, sowie zu verinnerlichen, dass das Nachziehbein nicht zu früh nach vorne geführt werden darf, nämlich erst, wenn das Schwungbein die Hürde überquert (Schiffer, 2012, S. 15). In der Tabelle 4 (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 164) ist außerdem ersichtlich, dass ein Grund

für das Touchieren der Hürde auch ein zu geringes Abspreizen des Nachziehbeins sein kann.

Häufig passiert es, dass der/die Hürdenläufer/in nachdem er/sie die Hürde überquert hat aus dem Gleichgewicht kommt. Gründe hierfür sind einerseits, dass das Schwungbein sowie der Arm der Gegenseite nicht parallel zur Laufrichtung geführt werden, sondern nach innen oder zur Seite „abdriften“. Andererseits kann erneut das zu frühe Strecken des Schwungbeins das Ungleichgewicht verursachen. Im Training ist es wichtig, die Schwungbeinarbeit zu trainieren, um zu verhindern, dass die Laufrichtung verlassen wird. Bezüglich der Armarbeit gilt zu sagen, dass diese in Richtung der Hürde erfolgen muss, anstatt sie quer oder vom Körper entfernt zu vollziehen (Schiffer, 2012, S. 15).

Ein weiterer Grund für dieses Fehlerbild könnte sein, dass der/die Athlet/in zu nahe an der Hürde ist, demzufolge zu hoch aufsteigt und anschließend Probleme hat, beim Kontakt mit dem Boden das Gleichgewicht zu bewahren. Wie bereits erwähnt, ist es zentral, im Training zu automatisieren, dass das Schwungbein nicht sofort gestreckt über die Hürde geführt wird, sondern solange im Knie gebeugt bleibt, bis der Oberschenkel parallel zum Boden ist (Schiffer, 2012, S. 15).

Beobachtet man ein 400-m-Hürden-Rennen, fällt auf, dass oft die letzten Hürden vor dem Ziel touchiert werden. Ein Grund dafür kann sein, dass der/die Athlet/in seinen/ihren Laufrhythmus verloren hat und deshalb in einem ungewohnten Abstand die Hürde erreicht, welche er/sie im ermüdeten Zustand nicht mehr bewältigen kann. Weiters ist, ebenso bedingt durch die vorherrschende Ermüdung, ein Verlust der Konzentration eine Ursache dafür, genauso wie, dass der/die Sportler/in sich vor der Hürdenüberquerung zu nah zu dieser befindet. Der/Die Athlet/in schafft es in diesem Zustand nicht mehr, aufrecht und mit gestreckter Hüfte zu laufen. Um an diesem Problem zu arbeiten ist es wichtig, die Konzentrationsfähigkeit im ermüdeten Zustand zu trainieren. Bereits 15 m vor der Hürde sollte diese fokussiert werden und beschleunigt gelaufen werden, um diese aggressiv zu attackieren. Die mentale Komponente ist bei dieser Disziplin wichtig, der/die Sportler/in sollte stets auf sich und seinen/ihren eigenen Rhythmus fokussiert sein und sich möglichst wenig durch Konkurrent/innen und Umweltfaktoren beeinflussen lassen (Schiffer, 2012, S. 16).

Tabelle 6: Zwischenhürdensprint: Fehler, Ursachen, Korrekturhinweise

Zwischenhürdensprint		
Fehler	Ursachen	Korrekturhinweise

Ungleichmäßiger Rhythmus, starkes Trippeln vor der Hürde	Zu später Rhythmuswechsel, Unerfahrenheit	Vielseitige Koordination, variables Rhythmus training
Zu viele kleine Schritte	Unsicherheit, mangelndes Selbstvertrauen	Läufe über niedrige Hürden oder Bodenmarkierungen
Ziehen vor der Hürde	Zu später Rhythmuswechsel, zu kleine Schritte hinter der letzten Hürde	Training unter Betonung gleichmäßiger Schrittlängen

Quelle: adaptiert nach Deutscher Leichtathletik-Verband (2012, S. 165)

Auch mit den Fehlern, Ursachen und Korrekturhinweisen beim Zwischenhürdensprint, welche in Tabelle 6 zu sehen sind, haben sich verschiedene Autoren auseinandergesetzt.

Nach Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 340) resultiert ein „Trippeln“ vor der Hürde daraus, dass der/die Athlet/in zu viele Schritte vor der Hürde geplant hat und diese nun nicht zwischen die beiden Hürden passen. Es muss nicht zwangsläufig sein, dass dies an einer Fehlplanung liegt, sondern kann auch beispielsweise daran liegen, dass unerwartet Rückenwind auftritt. Weiters kann dies auch daher rühren, dass die schlechtere Schwungbeinseite nicht ausreichend geschult ist und der/die Sportlerin vor der Hürde einen weiteren Schritt hinzufügt, um das präferierte Bein verwenden zu können. Um diesen Fehler zu beheben, müssen Läufe zur Rhythmusschulung absolviert und eventuell die Renntaktik angepasst werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 340).

Im Gegensatz zu dem vorher beschriebenen Fehler kommt der „Sprunglauf“, also zu lange Schritte, vor der Hürde vor. Beides führt zu einem Geschwindigkeitsverlust. Ein möglicher Grund für das genannte Fehlerbild ist, dass zu wenige Schritte zwischen den Hürden geplant wurden und dass der/die Athlet/in nun Probleme hat, die nächste Hürde zu erreichen. Auch das mangelhaft geschulte schwächere Bein kann wieder ein Grund dafür sein. Der/die Sportlerin zieht die Schritte in die Länge, um mit dem besser trainierten Bein über die Hürde zu kommen. Korrigiert wird dieses Problem ebenso wie das vorher beschriebene (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 340) sowie durch ein Training der gleichmäßigen Schrittlänge mit Technikprints (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 165).

Wenn ein Athlet/eine Athletin, den letzten Kontakt vor der Hürde zu weit von dieser entfernt setzt, kann das mehrere Ursachen haben. Dies kann daran liegen, dass der/die Sportler/in zwar den richtigen Rhythmus gewählt, aber die Distanz zur nächsten Hürde falsch eingeschätzt hat und zu kleine Schritte zwischen den Hürden beziehungsweise zwischen Startmaschine und erster Hürde macht. Auch mangelnde Armarbeit kann ein Grund dafür sein. Korrekturmöglichkeiten hierbei wären zum einen das Beschleunigen zur Hürde zu üben und zum anderen auch an einer größeren Amplitude der Armarbeit zu arbeiten (Schiffer,

Tabelle 7: Auslauf auf der Zielgerade: Fehler, Ursachen, Korrekturhinweise

Auslauf auf der Zielgerade		
Fehler	Ursachen	Korrekturhinweise
Geschwindigkeitsverlust über/hinter der letzten Hürde	Passiver Aufsatz nach der letzten Hürde, Ermüdung	Schnelligkeitsausdauer mit Hürden auf den letzten 100 Metern trainieren
Geschwindigkeitsverlust im Zielbereich	Zu frühe Zielvorlage, Erschöpfung	Zielannahme mit Videokontrolle trainieren, Schnelligkeitsausdauer/Ausdauer generell erhöhen

Quelle: adaptiert nach Deutscher Leichtathletik-Verband (2012, S. 165)

In Tabelle 7 sind Fehler, ihre Ursachen und Korrekturmöglichkeiten bezüglich dem Auslauf auf der Zielgerade zu finden.

Neben dem Touchieren der Hürden ist oft auch ein extremer Geschwindigkeitsverlust auf der Zielgerade bemerkbar. Das kann ihre Gründe in der Renneinteilung haben, nämlich, dass der/die Athlet/in die erste Rennhälfte zu schnell angegangen ist und nun keine Kräfte mehr für den letzten Teil hat. Ein Weiterer Grund liegt in der Wahl von zu kleinen Schrittrhythmen, denn auch dies kostet dem/der Sportler/in Kraft. Um diese Fehler zu beheben muss die Renntaktik analysiert und eventuell angepasst werden. Natürlich kann es auch sein, dass das Schnelligkeitsausdauerniveau nicht ausreichend ausgeprägt ist, in welchem Fall in diesem Bereich intensiver trainiert werden muss (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 341).

Auch das Gegenteil kommt vor, nämlich dass kaum Geschwindigkeitsverluste auf der Zielgerade bemerkbar sind. Dies bedeutet, dass der/die Athlet/in das Rennen zu langsam angegangen ist und die Taktik von diesem evaluiert werden muss (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 341).

3.2 Taktische Anforderungen und Renneinteilung

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel beschrieben wurde, ist die Wahl des Schrittrhythmus und somit der Renntaktik ein zentrales Thema des 400-m-Hürdenlaufs. Es gibt einige typische Taktiken, mit welchen der/die Sprinter/in das Rennen absolviert, allerdings ist anzumerken, dass dies von Athlet/in zu Athlet/in sehr unterschiedlich ausfallen kann. Im Folgenden sollen nun solche typischen Taktiken und weitere Aspekte der Renntaktik diskutiert werden.

Der/Die Athlet/in startet meist mit einem ungeraden Schrittrhythmus, bei welchem er/sie das Schwungbein nicht wechseln muss. Zu Beginn muss mit höherer Schrittfrequenz gelaufen werden, damit der Schrittrhythmus zwischen die Hürden passt. Später wird er/sie mit seiner/ihrer „normalen“ Schrittlänge laufen. Nach dieser Phase muss der/die Athlet/in dann abwägen, ob er/sie diesen Rhythmus durch ziehende Schritte noch länger aufrechterhält, oder ob es im Sinne der Ökonomie wäre, zu einem höheren Schrittrhythmus zu greifen. Hält der/die Läufer/in den Rhythmus mit großen und ziehenden Schritten zu lange bei, besteht die Gefahr, dass er/sie nach der Hürdenüberquerung in Rücklage landet und somit an Geschwindigkeit verliert (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 159).

Im 400-m-Hürdensprint kann zwischen dem „Sprinttyp“ und dem „ausdauernden Langhürdler“ unterschieden werden (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 158). Je nachdem, welcher Typ der/die Athlet/in ist, fällt auch die Wahl der Taktik, also des Schrittrhythmus, unterschiedlich aus. Der Sprinttyp wählt zu Beginn eher niedrigere Rhythmen, läuft also schneller, kann diesen aber nicht lange halten. Der ausdauernde Typ wird bereits mit einem höheren Rhythmus starten und diesen dann auch länger beibehalten (Deutscher Leichtathletik-Verband, S. 158).

Guex (2012) und Schiffer (2012) führen einige dieser typischen Taktiken an.

Eine Taktik, welche eher selten durchgeführt wird, nennt sich die „n“ Taktik, bei dieser wird ein und derselbe Schrittrhythmus bis zum Ziel durchgezogen (Guex, 2012, S. 42).

Bei der „n+1“ Taktik wird zu der Anzahl an Schritten, mit welcher zuvor gelaufen wurde, einmalig ein Schritt hinzugefügt um diese Anzahl bis zum Ziel beibehalten (Guex, 2012, S. 42). Dies bedeutet, dass ein/e Hürdenläufer/in, welcher zuvor im 13-Schritt-Rhythmus gelaufen ist, ab einem gewissen Zeitpunkt einen Schritt mehr läuft und demzufolge mit 14 Schritten zwischen den Hürden bis ins Ziel läuft. Nach Guex (2012, S. 42) wurde diese Taktik bei den internationalen Hauptwettkämpfen zwischen 1978 und 1999 von 33% der weiblichen Finalistinnen durchgezogen.

Die dritte Taktik ist „n+1+1“, bei welcher zwei Mal jeweils ein Schritt hinzugefügt wird, also im Falle des Beispiels des 13-Schritt-Rhythmus zuerst auf 14 Schritte und dann 15 Schritte zwischen Hürden umgestellt wird. Diese Taktik wurde bei den wichtigsten Wettkämpfen zwischen 1978 und 1999 von 35% der Finalistinnen durchgeführt (Guex, 2012, S. 42).

Bei der letzten Taktik, welche Guex (2012, S. 42) anführt, wird auf einmal um zwei Schritte mehr gelaufen, also „n+2“. Der/Die Athlet/in würde also, wenn er/sie zuvor 13 Schritte zwischen den Hürden gelaufen ist, den Rest des Rennens mit 15 Schritten vollenden. Diese Taktik wurde innerhalb der zuvor genannten Gruppe von 20% der Athleten/Athletinnen durchgeführt und wird meist von denjenigen genutzt, welche nicht mit beiden Beinen als

Schwungbein laufen können. Sie laufen dann immer eine ungerade Anzahl an Schritten, um das Bein nicht wechseln zu müssen (Guex, 2012, S. 43). Der Nachteil von dieser Methode ist allerdings, dass die Schrittlänge, aufgrund der zwei hinzugefügten Schritte, erheblich verkürzt werden muss. Aus diesem Grund ist es wichtig, im Training von Beginn an die Fertigkeit, beide Seiten als Schwungbein im ermüdeten Zustand verwenden zu können, zu trainieren (Schiffer, 2012, S. 16).

Eine weitere Möglichkeit ist es, nach Schiffer (2012, S. 16), im Falle des Beispiels der 13 Schritte, zwei Mal hintereinander auf 14 Schritte umzustellen und anschließend wieder auf den zu Beginn gewählten Rhythmus zurückzugreifen. Dies ermöglicht, dass der/die Athlet/in, den Rest des Rennens mit dem präferierten Schwungbein zu Ende laufen kann.

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 327) analysierten die verwendeten Schrittzahlen der männlichen Teilnehmer des 400-m-Hürdenlaufs der Olympischen Spielen 2000 in Sydney in Abbildung 12:

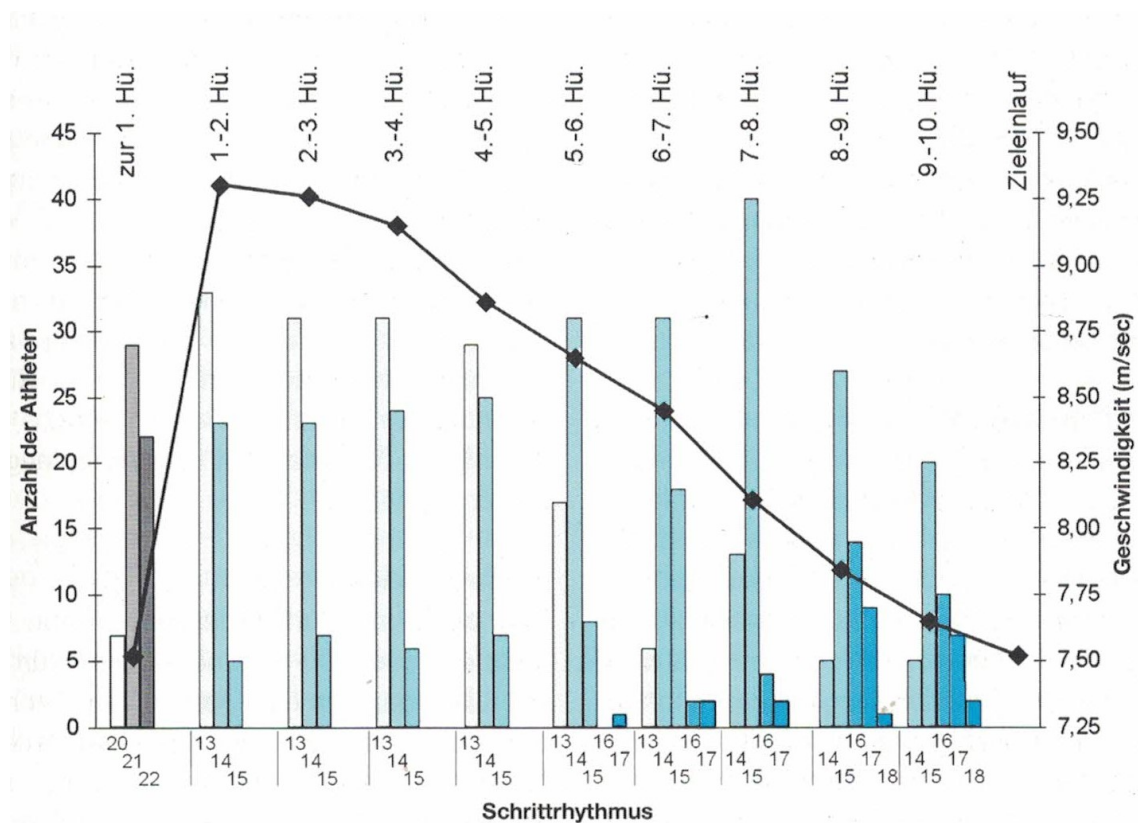


Abbildung 12: Schrittrhythmen zwischen den Hürden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 325)

Es ist zu sehen, dass die Taktik n+1+1 am häufigsten angewandt wurde. Die männlichen Athleten liefen bis zur fünften oder sechsten Hürde im 13-Schritt-Rhythmus, anschließend stellten sie bis zur siebten auf 14 Schritte um und zogen schlussendlich 15 Schritte bis ins Ziel durch. Viele Athleten haben sich aber auch dafür entschieden, von Beginn an einen 14-Schritt-Rhythmus zwischen den Hürden zu laufen, welcher dann länger als derjenige mit

einem Schritt weniger gehalten werden konnte. Wichtig ist auch zu wissen, dass bei gleichem Rhythmus die Schrittlänge von Läufer/in zu Läufer/in variiert, da jeder/jede aufgrund seiner/ihrer anthropometrischen und konditionellen Voraussetzungen seinen/ihren Schritt anders gestaltet (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 327).

Grundsätzlich wird der/die Athlet/in zu Beginn kürzere Schritte machen und mit höherer Frequenz laufen, gegen Ende des Rennens, wenn er/sie bereits ermüdet ist, oder vor einer Rhythmusänderung, wird er/sie die Schritte dann eher in die Länge ziehen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 327).

Bei Frauen wird meist mit einem 15-Schritt-Rhythmus begonnen und gegen Ende des Rennens auf 16 und 17 Schritte umgestellt. Große Weltklasseathletinnen beginnen häufig auch mit 14 Schritten zwischen den Hürden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 327).

Um die Thematik der Wahl der Schrittzahl zwischen den Hürden mit einem aktuellen Großereignis in Verbindung zu bringen, habe ich den gewählten Schrittrhythmus der Siegerin des 400-m-Hürdenlaufs der Europameisterschaft 2018 in Berlin und die des Siegers bei der Weltmeisterschaft 2017 in London analysiert. Als Quelle haben Videos von www.youtube.com gedient.

Bei der EM 2018 gewann die 400-m-Hürden der Frauen eine schweizer Athletin mit einer Zeit von 54,33 Sekunden. Sie ist mit dem rechten Bein an vorderer Position aus der Startmaschine gelaufen und hat bis zur ersten Hürde, welche sie dann mit dem rechten Bein als Schwungbein überquert hat, 21 Schritte zurückgelegt. Anschließend ist sie bis zur fünften Hürde im 14-Schritt-Rhythmus gelaufen, hat also bei jeder Hürde das Schwungbein gewechselt. Ab der fünften und bis zur letzten Hürde hat sie zwischen den Hürden einen Schritt hinzugefügt und hatte somit für den Rest des Rennens das rechte Bein als Schwungbein. Vor dem Hintergrund der zuvor diskutierten Aspekte der Taktik, kann die von der Siegerin der EM 2018 gewählte Taktik wohl als relativ unübliche Variante bezeichnet werden (Sportschau, 2018).

Die 400-m-Hürden der Männer bei der WM 2017 hat ein norwegischer Athlet mit einer Zeit von 47,64 Sekunden gewonnen. Er ist mit dem rechten Bein an vorderer Position aus der Startmaschine gelaufen, hat anschließend 20 Schritte bis zur ersten Hürde absolviert und somit diese mit dem linken Schwungbein überquert. Bis zur achten Hürden hat er dann einen 13-Schritt-Rhythmus aufrecht halten können. Ab dieser ist er dann zwischen den Hürden immer um zwei Schritte mehr gelaufen. Der Sieger der WM 2017 gilt als Beispiel für einen Athleten, welcher das gesamte Rennen mit demselben Bein als Schwungbein zurückgelegt hat (IAAF Athletics, 2017).

Zusammenfassend kann nun gesagt werden, dass die Wahl der Schritte zwischen den Hürden auf Basis der folgenden Überlegungen erfolgt:

- Der Laufgeschwindigkeit: Je schneller der/die Athlet/in läuft, desto länger sind seine/ihre Schritte und desto weniger Schritte macht er/sie zwischen den Hürden.
- Dem präferierten Schwungbein, beziehungsweise der Fertigkeit, beide Beine als solches zu benutzen: Hat der/die Läufer/in große Schwierigkeiten, beide Seiten als Schwungbein zu benutzen, wird ein Rhythmus gewählt werden, welcher dies möglichst vermeidet.
- Der Abnahme der Geschwindigkeit mit fortschreitendem Rennen: Der/Die Athlet/in läuft mit zunehmend langsamerer Geschwindigkeit, demzufolge muss die Schrittzahl erhöht werden.

(Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 157).

Wichtig ist zu bedenken, dass die Wahl der Schritte zur ersten Hürde und zwischen den Hürden einem ständigen Wandel unterliegt, da sich sowohl die konditionellen Voraussetzungen, als auch die Hürdentechnik des Läufers/der Läuferin verbessern. Aus diesem Grund muss die Renntaktik immer wieder revidiert und angepasst werden (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 157).

Um nun die vom Athleten/von der Athletin gewählte Taktik evaluieren zu können, sowie um die individuell auf den Hürdenläufer/die Hürdenläuferin abgestimmte Taktik zu entwickeln, ist es wichtig, sich mit der Zwischenzeit der ersten Rennhälfte sowie mit Zeiten zwischen den einzelnen Hürden auseinanderzusetzen.

Die Analyse des 400-m-Hürdenlaufs der Männer (Vorläufe, Semifinale und Finale) bei den Olympischen Spielen 2000 in Sydney von Ditroilo und Marini (2001) führte unter anderem zu der Erkenntnis, dass die Athleten in etwa bei der 2. oder 3. Hürde ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Anschließend fällt diese zunehmend ab, je nach Niveau des Athleten mehr oder weniger (Ditroilo, Marini, 2001, S. 16).

Ebenso wurde ein Zusammenhang zwischen den Platzierungen nach der 5. und 8. Hürde und dem Endergebnis festgestellt. Auch die Hürdenzwischenzeiten wurden analysiert, wobei herauskam, dass der Unterschied von schnellster und langsamster Hürdenzwischenzeit eines Athleten mit dem Leistungsniveau des Läufers/der Läuferin zusammenhängt. Je schneller die Gesamtzeit des Athleten/der Athletin, desto geringer ist die Differenz zwischen den beiden Werten, in anderen Worten, desto konstanter ist der/die Sportler/in gelaufen. Sowohl in den Semifinalen, als auch im Finale der Olympischen Spiele 2000 betrugen alle Differenzwerte unter einer Sekunde. Des Weiteren besteht auch ein Zusammenhang bei dem Zeitunterschied zwischen erster und zweiter Rennhälfte und dem Endergebnis. Je

weniger Differenz zwischen den ersten und den zweiten 200 m war, desto besser war die Leistung des Athleten (Ditroilo, Marini, 2001, S. 16).

Iskra, Pietrzak und Paruzel-Dyja (2015) haben in ihrer Studie die Taktiken von männlichen 400-m-Hürdenläufern vor und nach 2000 analysiert und verglichen. Sie fanden heraus, dass sich in den letzten 15 Jahren in der Taktik der Hürdensprinter Änderungen, welche sowohl den Schrittrhythmus, als auch die Laufgeschwindigkeit betreffen, ergeben haben. Es ist festzustellen, dass die Läufer heutzutage, im Vergleich zu vor dem Jahr 2000, das Rennen tendenziell eher schneller starten und gegen Ende der Runde langsamer werden. Weiters werden heutzutage die Schrittrhythmen schneller verlängert, häufig bereits schon ab der 4. Hürde (Iskra, Pietrzak, Paruzel-Dyja, 2015, S. 32).

In der taktischen Analyse des 400-m-Hürdensprints wurde in den letzten Jahren der zweiten Hälfte des Rennens eine immer größere Wichtigkeit zugesprochen. Sowohl in der zuvor beschriebenen Studie von Ditroilo und Marini (2001), als auch in der von Iskra (2012), wurde die größte Korrelation zwischen dem Endergebnis und einer Teilstrecke des 400-m-Hürdenlaufs mit dem Abschnitt zwischen der fünften und achten Hürde gefunden. Bei diesem Teil beginnt eine Abnahme der Laufgeschwindigkeit. Genau in diesem eben genannten Rennabschnitt werden auch die größten Änderungen im Schrittrhythmus von den erfolgreichen Athleten vor dem Jahr 2000 vorgenommen. Bei den Läufern nach 2000 geschah dies bereits vor der zweiten Kurve (Iskra, Pietrzak und Paruzel-Dyja, 2015, S. 32).

Die durchschnittliche 200 m Durchgangszeit beträgt im Langhürdensprint zwei Sekunden mehr als die persönliche Bestleistung auf der flachen Distanz der ersten Rennhälfte. Das bedeutet, dass eine 400-m-Hürdensprinterin mit einer 200-m-Bestzeit von 24,00 Sekunden und einer 400-m-Bestzeit von 52,00 Sekunden die erste Rennhälfte in etwa 26 Sekunden angehen sollte. Würde sie dann die zweite Hälfte drei Sekunden langsamer, also in 29,00 Sekunden laufen, würde sie eine Endzeit von 55,00 Sekunden erreichen, was einer Differenz von drei Sekunden gegenüber der Bestzeit der Flachstrecke entspricht. Laut Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 334) ergibt das einen guten Taktikindex. Generell werden drei Sekunden Differenz zwischen den Bestleistungen eines Athleten/einer Athletin im Langhürdensprint und Langsprint als Richtwert angegeben.

Hinsichtlich der Wahl des Schrittrhythmus, heben Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 334) hervor, dass das „optimale Verhältnis aus Ökonomie und Schnelligkeit“ als Entscheidungsgrundlage dienen sollte. Bei Anfänger/innen ist es ökonomischer, das Rennen so zu planen, dass die Hürden möglichst mit der besser geschulten Seite überlaufen werden. Bei Fortgeschrittenen hängt die Planung davon ab, mit welchem Schrittrhythmus am ehesten

mit einer Lauftechnik gelaufen kann, welche 400-m-Flachsprints gleicht (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 334).

In Tabelle 8 sind durchschnittliche Hürdenzwischenzeiten gemäß der Endzeiten bei Männern und Frauen angegeben. Die Kenntnis von diesen ist auch für das Training hilfreich, da man, abgestimmt auf die angesteuerte Zielzeit, ein Gefühl für das Renntempo entwickeln, sowie dieses automatisieren kann. Die Hürdenzwischenzeiten die im Training gelaufen werden und der Vergleich mit denen in Tabelle 8, geben eine gute Rückmeldung über die gewählte Renntaktik, sowie eine Prognose für den Wettkampf. Im Training werden die Hürdenzwischenzeiten immer auf den „Touch down“ gestoppt, also dann, wenn der/die Athlet/in den ersten Kontakt hinter der Hürde macht. Um die Zeit vom Start weg zu messen, wird vom ersten Kontakt nach der Startmaschine an gestoppt.

Tabelle 8: Hürdenzwischenzeiten

Männer (Zeit in Sekunden)				
1.H.	5,97	6,10	6,15	6,23
2.H.	9,73 (3,8)	9,92 (3,8)	10,00 (3,9)	10,16 (3,9)
3.H.	13,55 (3,8)	13,82 (3,9)	14,00 (4,0)	14,24 (4,1)
4.H.	17,45 (3,9)	17,80 (4,0)	18,10 (4,1)	18,50 (4,3)
5.H.	21,44 (4,0)	21,88 (4,1)	22,30 (4,2)	22,94 (4,4)
6.H.	25,54 (4,1)	26,06 (4,2)	26,60 (4,3)	27,52 (4,6)
7.H.	29,77 (4,2)	30,37 (4,3)	31,00 (4,4)	32,31 (4,8)
8.H.	34,12 (4,4)	34,81 (4,4)	35,60 (4,6)	37,17 (4,9)
9.H.	38,62 (4,5)	39,40 (4,6)	40,44 (4,8)	42,13 (5,0)
10.H.	43,28 (4,7)	44,15 (4,8)	45,52 (5,1)	47,29 (5,2)
<i>Ziel</i>	<i>48,50 (5,2)</i>	<i>49,50 (5,4)</i>	<i>51,00 (5,5)</i>	<i>53,00 (5,7)</i>
Frauen (Zeit in Sekunden)				
1.H.	6,50	6,61	6,90	7,10
2.H.	10,69 (4,2)	10,80 (4,2)	11,20 (4,3)	11,64 (4,5)
3.H.	14,93 (4,2)	15,04 (4,2)	15,65 (4,5)	16,48 (4,8)
4.H.	19,25 (3,3)	19,37 (4,3)	20,30 (4,7)	21,50 (5,0)
5.H.	23,69 (4,4)	23,85 (4,5)	25,05 (4,8)	26,55 (5,1)
6.H.	28,25 (4,6)	28,46 (4,6)	30,04 (5,0)	31,70 (5,2)
7.H.	32,93 (4,7)	33,23 (4,8)	35,10 (5,1)	37,05 (5,4)
8.H.	37,70 (4,8)	38,23 (5,0)	40,30 (5,2)	42,50 (5,5)
9.H.	42,64 (4,9)	43,36 (5,1)	45,60 (5,3)	48,10 (5,6)
10.H.	47,70 (5,1)	48,68 (5,3)	51,10 (5,5)	53,90 (5,8)

Ziel	53,20 (5,5)	54,50 (5,8)	57,50 (6,4)	60,60 (6,7)
------	-------------	-------------	-------------	-------------

Quelle: adaptiert nach Strüder, Jonath, Scholz (2013, S. 335)

Außerdem sind in Tabelle 9 die Zubringerleistungen des 400-m-Hürdenlaufs der Frauen und Männer angegeben. Hier ist, gemäß der Zielzeit des Langhürdensprints, abzulesen, welche Zeiten der/die Athlet/in auf 100 m, 200 m, 300 m und 400 m flach erreichen sollte. Gravierende Abweichungen von diesen Empfehlungen geben dem Trainer/der Trainerin Hinweis darauf, in welchem Bereich der/die Hürdenläufer/in Defizite aufweist (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 340).

Tabelle 9: Zubringerleistungen für den 400-m-Hürdensprint

400-m-Hürden-Zielzeit	Frauen			Männer		
	60,60	57,20	54,50	53,00	51,00	49,50
100 m	12,60	12,30	12,00	11,45	11,10	10,85
200 m	25,00	24,50	24,00	22,75	21,90	21,45
300 m	40,00	39,0-39,9	38,0-39,0	35,7-36,5	33,9-34,8	32,9-33,5
400 m	56,8-57,5	53,7-54,7	51,5-52,5	49,5-50,5	47,5-48,5	46,0-47,0

Quelle: adaptiert nach Strüder, Jonath, Scholz (2013, S. 340)

3.2.1 Geschwindigkeitsverläufe

Ebenso wie die Analyse der Hürdenzwischenzeiten, ist es auch sinnvoll, sich die Geschwindigkeitsverläufe anzusehen, um daraus auf wichtige Aussagen für das Training schließen zu können.

Es erweist sich als hilfreich, die Hürdenzwischenzeiten zu stoppen und aus diesen die mittleren Geschwindigkeiten für die einzelnen Abschnitte zu ermitteln. Dadurch kann die gewählte Renntaktik evaluiert und mit den Werten anderer Läufer/innen beziehungsweise mit Normwerten verglichen werden. Aus diesen Informationen, sowie den 200 m Durchgangszeiten kann folgenden wichtigen Fragen zur Bewertung der Renntaktik nachgegangen werden:

- Wurde die erste Rennhälfte nicht zu schnell, beziehungsweise nicht zu langsam angegangen?
- Kam es zu Störungen im Rhythmus und wenn ja, in welchen Hürdenabschnitten?
- In welchen Abschnitten liegen die Stärken beziehungsweise Schwächen des Athleten/der Athletin?

(Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 157)

Wenn es zu Rhythmusstörungen oder hohen Schwankungen der Geschwindigkeiten kommt, kann dies sowohl konditionelle als auch technische Gründe haben.

In Abbildung 13 sind solche Geschwindigkeitsverläufe von männlichen und weiblichen U18 Läufern/Läuferinnen schematisch dargestellt (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 156). Es ist festzustellen, dass bis zur 2. Hürde beschleunigt wird, und anschließend die Geschwindigkeit kontinuierlich abnimmt. Von der 10. Hürde bis ins Ziel wird die Geschwindigkeit häufig wieder etwas angehoben.

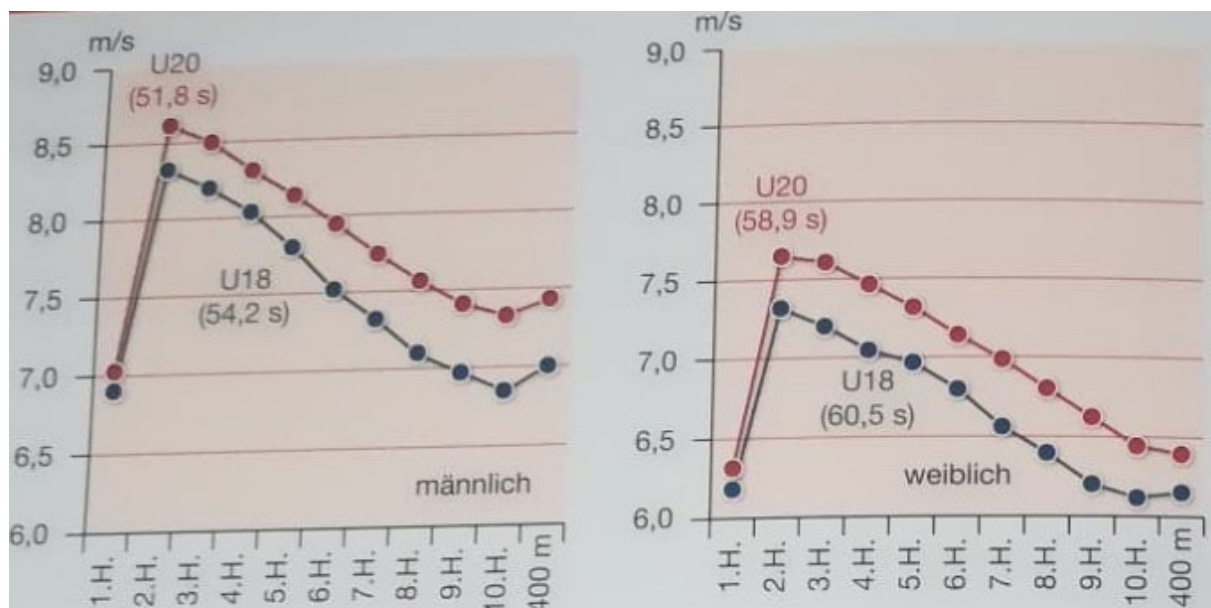


Abbildung 13: Geschwindigkeitsverläufe von männlichen und weiblichen U18 Läufern/Läuferinnen (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 156)

In Abbildung 12 unter Punkt 3.2 sind neben den gewählten Schrittrhythmen der männlichen Teilnehmer der Olympischen Spiele 2000 auch die Geschwindigkeitsverläufe von diesen abzulesen. Es gilt anzumerken, dass 400-m-Hürdenläufer/innen die höchste mittlere Geschwindigkeit vermutlich bereits vor der ersten Hürde erreichen. Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist allerdings aus dem Grund zu Beginn niedriger, da der/die Athlet/in mit der Geschwindigkeit 0 beginnt. Die höchste Durchschnittsgeschwindigkeit ist sowohl bei den U18 Läufern/Läuferinnen, als auch bei den erwachsenen Athleten und Athletinnen zwischen erster und zweiter Hürde am höchsten.

Professionelle Athleten/Athletinnen der Langhürdenstrecke erreichen eine höhere mittlere Geschwindigkeit, als die der 100-m- beziehungsweise 110-m-Distanz. Beispielsweise erreichte Kevin Young 1992 bei seinem Weltrekord und einer Zeit von 46,78 Sekunden eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 8,55 m/sec, wohingegen Colin Jackson bei seinem Weltrekord von 12,91 Sekunden auf einen Wert von 8,51 m/sec kam (Schiffer, 2012, S. 12). Dies ist laut Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 325) darauf zurückzuführen, dass die weiten Hürdenabstände den Sprint weniger stören. Frauen erreichen Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 8,5 m/s, Männer 9,5 m/s (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 325).

3.3 Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer im 400-m-Hürdensprint

Nachdem nun die technischen und taktischen Anforderungen des Langhürdensprints geklärt wurden, soll im Folgenden nun auf die Belastungen im Bereich der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer, sowie das Training davon, eingegangen werden.

3.3.1 Bedeutung der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer im Langhürdensprint

Häufig werden 400-m-Hürden-Rennen auf den letzten 150-100 m entschieden. Iskra (1991, S. 43) gibt an, dass dabei das Niveau der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit des Läufers/der Läuferin eine zentrale Rolle spielt, nämlich in dem Sinn, dass die Effekte von Laktat in der Muskulatur, das durch die anaerobe laktazide Energiebereitstellung entstanden ist, minimiert werden, wenn der/die Athlet/in über eine gut ausgeprägte Ausdauer verfügt. Dies ermöglicht somit, einen optimalen Schrittrhythmus und eine hohe Geschwindigkeit möglichst bis ins Ziel halten zu können. Wichtig ist daher im Training, die anaerobe Energiebereitstellung zu stimulieren, da diese Form eine große Rolle im Wettkampf spielt. Grundlagen der Energiebereitstellungssysteme sind unter Punkt 4.1 zu finden.

Auch Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 329) führen an, dass die anaerobe Ausdauer, genauer die Schnelligkeitsausdauer, der am relevanteste Einflussfaktor auf die Leistung in dieser Disziplin ist. Sie ist diejenige Fähigkeit, welche garantiert, die Maximalgeschwindigkeit möglichst lange aufrechterhalten zu können und die Geschwindigkeitsverluste möglichst gering zu halten. Die aerobe Ausdauer ist insofern wichtig, als dass sie die Funktion der „Energiebereitstellung im Lauf“ hat und als „Grundlage für das Training“ dient (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 229). Je besser die aerobe Ausdauer des Athleten/der Athletin ist, desto besser regeneriert der/die Athletin nach dem Training. Ebenso ermöglicht sie ihm/ihr, im Techniktraining länger eine saubere Technik aufrechterhalten, sowie im Allgemeinen eine höhere Belastbarkeit aufweisen zu können.

Bezüglich des Trainings der Ausdauer- und Schnelligkeitsausdauer im 400-m-Hürdenlauf gibt es in der Literatur viele verschiedene Ansätze, welche aber in der Grundstruktur auf denselben Prinzipien basieren. Festzuhalten ist, dass aus allen Werken herausgeht, dass das Training der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer das Um und Auf im Langhürdensprint ist.

3.3.2 Grundlagen des Ausdauertrainings

Die Ausdauer lässt sich als „die Fähigkeit, über längere Zeit physisch und psychisch einer ermüdenden Belastung zu widerstehen und sich nach der Belastung schnell zu erholen“ (Apolin, Redl, 2010, S. 26) definieren.

Bevor näher auf das Ausdauer- und insbesondere das Schnelligkeitsausdauertraining im 400-m-Hürdensprint eingegangen wird, soll zunächst charakterisiert werden, welche Methoden im Ausdauertraining zum Einsatz kommen und wie diese angewandt werden.

Die Dauermethode lässt sich als ein Laufen ohne Pause, also, wie in der Bezeichnung steckt, ein dauerhaftes Laufen, beschreiben. Die Intensität ist hierbei niedrig, der Umfang, also die zu laufende Strecke und die Belastungsdauer, sind hoch. Die Dauerläufe können nochmals in „lange ruhige, kurze schnelle und kurze langsame“ Formen unterteilt werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 86). Diese Form des aeroben Ausdauertrainings wird vorwiegend in der Vorbereitungsphase und im ganzen Trainingsjahr als regenerative Trainingsmaßnahme verwendet.

Die Intervallmethode kann sowohl in extensiver als auch in intensiver Form angewandt werden. Bei erst genannter ist die Intensität niedriger gehalten, die Umfänge sind höher und die Pausenlänge ist kürzer. Bei den intensiven Intervallen ist die Intensität höher und die Pausendauer länger angesetzt. Die Umfänge sind niedriger und die Ermüdung nach dieser Trainingsform ist höher als nach den extensiven Intervallen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 86). Zum besseren Verständnis dieser Methode ist diese in Abbildung 14 schematisch dargestellt. „S“ steht für Serie und „SP“ für Serienpause.

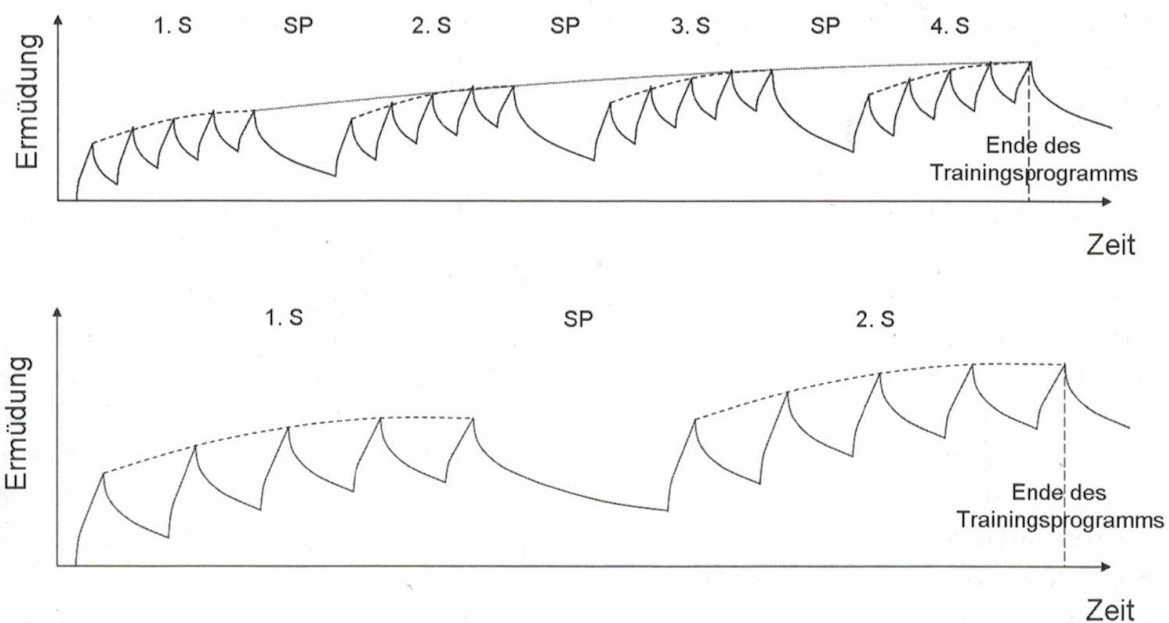


Abbildung 14: Schematische Darstellung der extensiven und intensiven Intervallmethode (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 87)

Bei der Wiederholungsmethode werden keine Serien durchgeführt, dieselbe oder variierende Streckenlängen werden wiederholt durchgeführt, die Pause kann immer dieselbe, oder der Streckenlänge angepasst sein. Diese Methode ist als sehr intensiv zu charakterisieren, dementsprechend ist die Wiederholungsanzahl niedriger angesetzt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 86).

Belastungen mit höchsten Intensitäten werden bei der Wettkampfmethode durchgeführt. Hier werden die Disziplinen im echten Wettkampf oder auch in einem Trainingswettkampf durchgeführt. Es ist wichtig, anzumerken, dass auch Wettkämpfe und Tests „den Organismus belasten und einen Trainingseffekt haben“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 86). Neben dem physiologischen, hat diese Methode auch einen psychologischen Effekt. Der/Die Athlet/in wird auf die „psychologischen Anforderungen“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 86) der Wettkampfdisziplin vorbereitet. Für das Selbstvertrauen des Sportlers/der Sportlerin ist es hilfreich, sich durch die Teilnahme an vielen Wettkämpfen an die Anforderungen von diesen und das dort gängige Prozedere zu gewöhnen. Dies hilft dem Athleten/der Athletin, zu lernen, mit seiner/ihrer Nervosität umzugehen, und eine Routine zu entwickeln.

Die Dauermethode und die extensiven Intervalle dienen vorrangig dem aeroben alaktaziden Ausdauertraining. Bei extensiven Intervallen kommt es zwar auch bereits zum Laktatanstieg, allerdings ist der Schwerpunkt dabei dennoch eindeutig der aerobe Stoffwechsel (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 86).

Die intensive Intervallmethode, die Wiederholungsmethode und die Wettkampfmethode dienen dem Training der anaeroben Schnelligkeitsausdauer. Sie sind mit höheren Intensitäten und längeren Pausen, als auch mit höheren Laktatausschüttungen verbunden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 86).

Die Intensität des Schnelligkeitsausdauertrainings lässt sich in vier Bereiche einteilen. Die niedrige Intensität (nI), welche 50-75 % der Maximalgeschwindigkeit entspricht, die Intensität 3 (I3) mit 75-90 % der Maximalgeschwindigkeit, die Intensität 2 (I2) mit 91-95 % und die Intensität 1 (I1), wo mit 96-100 % der Maximalgeschwindigkeit gelaufen wird (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 87).

3.3.3 Training der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer

Der Energiebereitstellungsmechanismus, der beim 400-m-Hürdenlauf die größte Bedeutung hat, ist der anaerobe Laktazide. Die anaerobe alaktazide Energiebereitstellung kann den Muskel für 5-8 Sekunden mit ATP versorgen. Wenn diese Form der Energiebereitstellung nicht mehr ausreicht, kommt das anaerobe Laktazide System ins Spiel. Hier wird Glukose abgebaut und es entsteht Milchsäure. Es kommt zur Ausschüttung von Wasserstoffionen, welche den limitierenden Charakter beim 300-800 m Lauf, also somit auch beim 400-m-Hürdensprint, darstellen (Wiens, o.D., S. 1).

Das Ziel im Training des Langhürdensprints ist also, das Energiebereitstellungssystem zu verbessern, welches dafür verantwortlich ist, ATP bereitzustellen, damit der Muskel arbeiten und regenerieren kann. Es wird darauf abgezielt, die Laktattoleranzschwelle zu verschieben, sodass der/die Athlet/in Belastungen auf höherem Niveau länger ausführen kann. Zu diesem Zweck werden intensive und extensive Tempoläufe eingesetzt, bei welchen Distanzen zwischen 100 und 600 m zum Einsatz kommen, wobei die zu laufenden Streckenzeiten ausgehend von den jeweiligen 200-m- und 400-m-Bestleistungen des Athleten/der Athletin kalkuliert werden (Wiens, o.D., S. 2). Hier ist auf die Tempotabellen von Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 234ff) hinzuweisen, bei welcher, ausgehend von den Bestleistungen im 100-m-, 200-m- und 400-m-Sprint die Trainingszeiten für Tempoläufe abgelesen werden können. Der/Die Trainer/in legt, je nach Saisonzeitpunkt und Trainingsziel die zu laufenden Prozent der Maximalgeschwindigkeit, Streckenlänge und Pausenzeiten fest. Die zu laufenden Zeiten bestimmt er/sie mittels solcher Tempotabellen oder berechnet diese auch selbst.

Der/Die 400-m-Hürdenläufer/in trainiert im Grunde im Ausdauer- und Schnelligkeitsausdauertraining gleich wie ein/eine Athlet/in über die Flachstrecke, allerdings kommen noch Trainingsformen mit Hürden hinzu (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 338).

Wenn mit Hürden gelaufen wird, werden zu den in der Tempotabelle angegebenen Zeiten 0,3 Sekunden pro Hürde addiert. Die Abstände zwischen den Hürden werden auf den Rhythmus, mit welchem man trainieren möchte und auf denjenigen, welcher im Wettkampf gelaufen wird, angepasst. Auf Seite 339 bei Strüder, Jonath und Scholz (2013) sind die zu wählenden Hürdenabstände für die Trainingsrhythmen, angepasst auf den Zielrhythmus im Wettkampf, zu finden. Läuft ein Athlet/eine Athletin beispielsweise im Wettkampf einen 14er-Rhythmus und möchte im Training einen 5-Schritt-Rhythmus üben, so kann aus der angeführten Tabelle entnommen werden, dass dieser/diese einen Abstand von 14,30 m zwischen den Hürden wählen sollte. Die auf den Zielrhythmus angepassten Trainingsrhythmen haben den Sinn und Zweck, dass der/die Läufer/in hierbei die Schrittlänge schult, mit welcher er/sie auch im Wettkampf laufen wird.

Extensive Intervalle kommen zum Einsatz, um den Athleten/die Athletin, darauf zu konditionieren, mit größeren Trainingsumfängen umgehen und schneller zwischen den Wiederholungen und Serien regenerieren zu können. Sie dienen auch als Vorbereitung auf das im Trainingsjahr folgende Training. Bei den intensiven Intervallen hingegen, ist die Intensität höher, die Pausen länger und das aerobe und anaerobe Energiebereitstellungssystem kommen gemischt zum Einsatz. Die Laktattoleranz des Athleten/der Athletin wird verbessert, der Körper des Athleten/der Athletin lernt, das durch die andauernde Belastung angesammelte Laktat besser abzubauen und mit der Anhäufung von diesem besser umzugehen (Wiens, o.D., S. 2). Bei extensiven Intervallläufen können beispielsweise 2 x 5 x 300 m, mit 30 Sekunden Pause zwischen den Wiederholungen und 1,5 Minuten zwischen den Serien, zum Einsatz kommen. Gelaufen wird mit 60 % der Maximalgeschwindigkeit. Bei den intensiven Intervallen könnten zum Beispiel 2 x 6 x 100 m mit 2 und 10 Minuten Pause und 80 % der Maximalgeschwindigkeit am Programm stehen (Iskra, 1991, S. 43).

Eine weitere Form von Intervallen, welche das ganze Jahr über zum Einsatz kommen können, sind Hügelläufe. Zu Beginn des Trainingsjahres werden längere Distanzen gewählt, später werden dann kürzere und steilere, in etwa 30 m lange, oder etwas längere flachere Abschnitte (in etwa 50 m) angewandt. Dadurch wird es dem Athleten/der Athletin ermöglicht, gegen Widerstand zu arbeiten und dennoch in einem Laufstil zu laufen, welchem dem Sprintstil ähnelt. Nach Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 196) dienen Hügelläufe auch zum Training der „konzentrischen Kraft der Streckschlinge“ und der „Technik des drückenden Sprintens“. Je nachdem, wie die Anzahl der Wiederholungen, die Streckenlänge, die Steigung und die Pausenlänge gestaltet werden, können sie als Schnelligkeits-, Schnellkraft-, und Schnelligkeitsausdauertraining ausgelegt werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 196).

Eine weitere Möglichkeit, die Hügelläufe zu gestalten, besteht darin, einen sanft ansteigenden Hügel mit einer Länge von in etwa 300 m und nach dem Gipfel eine abfallende Strecke von in etwa 50 m zu wählen. Der/Die Athlet/in läuft bergauf, ist nach dem Anstieg ermüdet und läuft dann bergab mit erhöhtem Schrittrhythmus (Robertson, 1990, S. 32). Nach Robertson (1990, S. 32) gibt das dem Läufer/der Läuferin eine verbesserte „Beingeschwindigkeit“ nach der letzten Hürde im Rennen.

Bei nI-Läufen wird sehr viel variiert, es kann auf unterschiedlichen Untergründen, wie auf der Bahn, im Wald, am Rasen, barfuß auf der Wiese, oder auch in Staffelform gelaufen werden. Beispielsweise können hier 2-3 Serien zu 6-10 Rasendiagonalen mit 30-45 Sekunden Pause zwischen den Diagonalen gelaufen werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 231).

I3-Läufe werden häufig bereits in Spikes gelaufen, können aber zur Schonung der Fußgelenke auch in Laufschuhen gelaufen werden. Eine typische Laufserie wären 2 Serien zu je 4-5 Mal 150 m mit einer Gehpause von 4-5 Minuten.

Bei I2-Läufen kann zum Beispiel dieselbe Serie zum Einsatz kommen, allerdings werden die Wiederholungen reduziert und die Pausen verlängert, da mit höherer Intensität gelaufen wird.

Die Wettkampf- oder Wiederholungsmethode, also hochintensive Belastungen mit wenigen Wiederholungen, werden bei I1-Tempoläufen angewandt. Eine beispielhafte Laufserie ist, dass 150/150/300 m mit 15 Minuten Gehpause dazwischen, gelaufen werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 233).

Laut Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 337) sollte unmittelbar vor und in der Wettkampfperiode nur mehr im Wettkampftempo gelaufen werden, um den richtigen Schrittrhythmus zu trainieren. Damit dies möglich ist, müssen relativ kurze Laufstrecken mit langen Pausen und geringer Wiederholungszahl gewählt werden.

3.3.4 Tempoläufe über Hürden

Wie zuvor erwähnt, werden zusätzlich zu den Ausdauer- und Schnelligkeitsausdauerläufen ohne Hürden auch Trainingsformen mit diesen durchgeführt. Dies ist deshalb wichtig, damit der/di Athlet/in das Rhythmusgefühl trainiert und seinen/ihren idealen Schrittrhythmus entwickelt, automatisiert oder anpasst. Weiters wird auch trainiert, Hürden im ermüdeten Zustand zu überlaufen. Es gibt eine Vielzahl an unterschiedlichen Läufen über Hürden, welche je nach Trainingsphase und -ziel eingesetzt werden.

Der wichtigste Bestandteil des 400-m-Hürdentrainings sollten laut dem Deutschen-Leichtathletikverband „Läufe über Teile der Wettkampfstrecke“ (2012, S. 174) sein. Ob vom Start bis zur ersten, zweiten, dritten, vierten, fünften, sechsten oder selten auch bis zur

siebenten Hürde gelaufen wird, solche Läufe sollten im Training einen hohen Stellenwert haben. Sie helfen dem Athleten/der Athletin, Sicherheit auf der Wettkampfstrecke zu erlangen, sowie den auf die individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten abgestimmten Rhythmus zu finden und zu trainieren. Der/Die Trainer/in sollte bei solchen Läufen vorrangig Feedback und Korrekturen zum Schrittrhythmus geben und nur zweitrangig die Hürdentechnik bewerten (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 175). Diese Läufe können zum Beispiel in Form einer Pyramide gelaufen werden, also dass der/die Läufer/in zwei Läufe bis zur dritten, zwei Läufe bis zur fünften und abschließend wieder zwei Läufe bis zur dritten Hürde absolviert. Je weiter gelaufen wird, desto längere Pausen müssen eingehalten werden. Dieses Training gilt als sehr wettkampfnah Form (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 338).

Im hürdenspezifischen Ausdauer- und Schnelligkeitsausdauertraining kommen unter anderem im Prinzip dieselben oder ähnliche Trainingsformen wie die des Rhythmus- und Techniktrainings, welche unter Punkt 3.1.7 beschrieben wurden, zum Einsatz. Wenn der/die Athlet/in die hürdenspezifische Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer trainiert, schult er gleichzeitig auch seine/ihre Hürdentechnik und das Rhythmusgefühl. Allerdings wird, je nachdem welches Ziel in der jeweiligen Trainingseinheit verfolgt wird, die Dosierung differenziert gestaltet. Der/Die Trainer/in legt demnach, abgestimmt auf das Ziel des Trainings, den Umfang und die Intensität fest und steuert sie über die Streckenlänge, das Lauftempo, die Pausenlängen, die Hürdenanzahl, den Hürdenabstand, sowie die Wiederholungsanzahl. Soll an der Hürdentechnik gearbeitet werden, wird der/die Trainer/in die Umfänge und Intensitäten geringer halten, damit die Qualität der Ausführung nicht durch die eintretende Ermüdung abnimmt.

Eine Möglichkeit, um gleichzeitig das Rhythmusgefühl und die Schnelligkeitsausdauer des Athleten/der Athletin zu trainieren, ist, die Hürden, wie in Kapitel 3.1.7 beschrieben, in unregelmäßigen, oder in immer größer werdenden Abständen aufzustellen, so dass er/sie den Schrittrhythmus zwischen jeder Hürde ändern beziehungsweise anpassen muss.

Bei Läufen mit ansteigenden Rhythmen kann beispielsweise im 4er-Rhythmus gestartet werden und anschließend bei jeder Hürde um zwei Schritte hinzugefügt werden, bis die letzte Hürde im 10er-Rhythmus überquert wird. Dasselbe Prinzip kann auch mit ungeraden Rhythmen umgesetzt werden, um den Wechsel des Schwungbeins zu trainieren. Werden Läufe mit beliebigen Abständen, um das Rhythmusgefühl und die Umstellungsfähigkeit zu schulen, gewählt, sollte die Aufstellung der Hürden nach drei Läufen gewechselt werden, damit der Gewöhnungseffekt ausgeschaltet wird (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 336).

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 336) beschreiben weitere hürdenspezifische Trainingsformen der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer:

Verfolgungsjagd über Hürden

Es werden Hürden auf zwei Bahnen so aufgebaut, dass auf einer Bahn hinauf, an einem markierten Punkt gewendet und auf der anderen hinunter gelaufen werden kann. Die Hürdenabstände können nach all den zuvor genannten Prinzipien variiert werden. Je ein Athlet/eine Athletin startet an einem der beiden Wendepunkte, nach einem Startsignal soll versucht werden, den anderen/die anderen einzuholen. Belastet wird maximal eine Minute (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 336). Das Prinzip dieses Aufbaus ist dasselbe wie das des „Swiss turnabout“ unter 3.7.1.

Frinolli Läufe

Bei diesem Laufprogramm handelt es sich um nl-Läufe. Es werden drei Hürden entweder jeweils auf den beiden Geraden oder in den beiden Kurven aufgestellt, der Hürdenabstand beträgt 15-17 m. Gelaufen wird auf dem Rasen mit verringerter Hürdenhöhe. Die Pausen werden hierbei als kurze Gehpausen gestaltet, die Anzahl der gelaufenen Runden kann zwischen ein und drei Runden variiert werden. Die Wiederholungs- und Serienanzahl wird dem/der Athlet/in angepasst, beispielsweise können 4 Serien zu je 6 Wiederholungen gelaufen werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 337).

Eine Alternative zu dieser Variante ist, die Frinolli Läufe auf der Rundbahn durchzuführen. Hierfür werden die Hürden in der Kurve auf die Wettkampfmarkierungen gestellt, also je Kurve drei Hürden. Die zu laufende Distanz und die Wiederholungen können variiert werden. Es können beispielsweise 500 m, also vom 100 m Start ausgehend, gelaufen werden, wobei 3 Minuten Pause und 3-5 Wiederholungen gemacht werden. Gelaufen wird auch hier wieder im nl-Tempo (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 337).

Läufe mit kürzeren Rhythmen

Läufe mit kürzeren Schrittrhythmen als im Wettkampf dienen der „rhythmusspezifische Schrittlängenschulung“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 338). Aus der bereits erwähnten Tabelle auf Seite 339 sind die Hürdenabstände gemäß dem Zielrhythmus für beispielsweise einen 7er- oder 8er-Rhythmus im Training abzulesen. Es sollten nicht weniger als vier Hürden aufgestellt und eine Distanz bis zu 150 m gewählt werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 337).

Flach- plus Hürdenstrecke

Wie auch bei den Frinolli Läufen wird hier zwischen Flach- und Hürdenstrecke variiert. Als sehr intensive Form kann zum Beispiel 500 m, beginnend beim 100 m Start, gelaufen

werden. Es werden zuerst 200 m flach gelaufen und anschließend die 3. bis 10. Hürde, welche auf der Wettkampfmarkierung platziert sind, überquert (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 337).

Schiffer (2012, S. 20) schlägt als Trainingsläufe auch vor, Läufe über die 200-m-Distanz mit 5-6 Hürden zu absolvieren und als Pause das Zurückgehen festzulegen. Die Wiederholungsanzahl soll dem Niveau des Athleten/der Athletin angepasst werden.

3.3.5 Periodisierung des Ausdauertrainings im 400-m-Hürdenlauf

In der Literatur werden unterschiedliche Möglichkeiten angeführt, wie das Ausdauertraining periodisiert werden kann. Iskra (1991) teilt in fünf Phasen ein und führt für diejenigen Inhalte an, welche in den jeweiligen Phasen fokussiert werden sollten. Die einzelnen Phasen dauern ein bis drei Monate.

In der englischsprachigen Literatur und so auch bei Iskra (1991), werden die Begriffe „capacity“ und „power“ verwendet. Heck und Schulz (2002, S. 202) definieren die Kapazität des Energiestoffwechsels als „die Summe aller Arbeitsbeträge, die aus chemisch gespeicherter Energie gewonnen werden können“ und die Leistungsfähigkeit als „die Summe der maximalen Umsatzraten (Arbeitsbeträge/Zeit) der einzelnen energieliefernden Systeme“. Bei Chamari, Chaouachi und Racinais (2010) wird die Kapazität des Energiebereitstellungssystems als die Summe der Arbeit, die aus der chemisch gespeicherten Energie gewonnen werden kann, definiert. Power ist die maximale Energieflussrate der energieliefernden Systeme. Im Folgenden werden die deutschen Begriffe Kapazität und Leistungsfähigkeit verwendet.

Die erste Phase der fünf Phasen ist die „Introduction Phase“, sie findet im November statt. Hier wird hauptsächlich im aeroben alaktaziden Bereich trainiert, wobei vorwiegend extensive Intervalle und Dauerlaufvariationen zum Einsatz kommen. Es wird noch nicht die anaerobe Leistungsfähigkeit fokussiert und nur wenig über Hürden trainiert. Die Kraftausdauer ist Teil der Inhalte. In dieser Phase kommen außerdem nl-Läufe zum Einsatz. In einem Training können mehrere Ausdauerschwerpunkte durchgeführt werden (Iskra, 1991, S. 46).

Bei der zweiten Phase handelt es sich um die „General Preparation“, sie findet im Dezember, Jänner und Februar statt, die Trainingsumfänge werden erhöht. Im Fokus stehen die Verbesserung der anaeroben laktaziden Kapazität durch Tempoläufe, intensive Intervalle und Kraftausdauer. Läufe über Hürden werden vermehrt eingesetzt. Der Einsatz von aeroben Einheiten bleibt unverändert. Es wird bereits an der anaeroben laktaziden Leistungsfähigkeit trainiert, jedoch noch in geringerem Ausmaß (Iskra, 1991, S. 46).

Die nächste Phase ist die „Specific Preparation Phase“, die wohl als wichtigster aber auch härtester Abschnitt charakterisiert werden kann. Sie findet im März und April statt, die Trainingsumfänge werden reduziert und die Intensitäten erhöht. Läufe mit Hürden beanspruchen nun 30 % der Trainingszeit, die aerobe Ausdauer hat untergeordneten Stellenwert. Die Arbeit an der anaeroben Kapazität wird immer weniger, es wird die anaerobe Leistungsfähigkeit fokussiert (Iskra, 1991, S. 50).

Die vierte Phase ist die „Precompetition Phase“ und findet im Mai und Anfang Juni statt. Der hauptsächliche Inhalt hier ist nun sehr wettkampfnahes Training mit hohen Intensitäten und geringeren Umfängen. Läufe über Hürden nehmen nun einen wichtigen Platz im Training ein. Das Ziel ist nun „shaping power“ (Iskra, 1991, S. 50), was bedeutet, dass das bisher erarbeitete in Wettkampfvorbereitung umgewandelt wird (Iskra, 1991, S. 50). Die Wettkampfmethode kommt unter anderem in dieser Phase zum Einsatz.

Die letzte Phase ist die Wettkampfphase und findet in der zweiten Junihälfte, Juli und August statt. Es werden nun hauptsächlich Hürdenläufe mit maximalen Intensitäten durchgeführt. Die Anzahl der Trainingseinheiten ist nun stark reduziert, regenerative Einheiten im aeroben Bereich können eingebaut werden um von den intensiven Hürdenläufen zu regenerieren. Die hohen Belastungen der Wettkämpfe und demzufolge die Notwendigkeit von ausreichender Regeneration muss bei der Trainingsplanung berücksichtigt werden.

3.4 Schnelligkeit im Langhürdensprint

Die Schnelligkeitsfähigkeit zählt zu einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Leistung im 400-m-Hürdenlauf und wird als „die Fähigkeit des Sprinters, sich mit höchstmöglicher Geschwindigkeit fortzubewegen und diese Geschwindigkeit möglichst lange beizubehalten“ definiert (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 95).

Insbesondere die zyklische Schnelligkeit ist hier relevant, aber auch die azyklische ist beim Start, der Hürdenüberquerung und der Zielannahme von Bedeutung. Der Sprint ist eine typische Form der zyklischen Schnelligkeit, azyklische „Schnelligkeitsleistungen“ sind Bewegungen, die nur einmal durchgeführt werden, wie zum Beispiel ein Sprung, Wurf, oder eben die Hürdenüberquerung (Apolin, Redl, 2010, S. 36).

Sowohl der/die Langsprinter/in, als auch der/die Langhürdensprinter/in, muss, zusätzlich zu dem spezifischen Schnelligkeitsausdauertraining auch sein/ihr Level im Kurz sprint verbessern (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 174).

Zur Verbesserung der Sprintfähigkeit ist das Beschleunigungs- und Schnelligkeitstraining zentral. Um die Beschleunigungsfähigkeit zu verbessern, werden der maximale und der submaximale Beschleunigungslauf im Training eingesetzt. Bei maximalen

Beschleunigungsläufen wird, entweder aus dem Tief- oder Hochstart, von Anfang an maximal beschleunigt. Es werden hier die „Abdruckfähigkeit und damit die Schrittlänge“ (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 95) trainiert. Sie werden im Training mit der Wiederholungsmethode, und auf einer Strecke bis zu 60 m durchgeführt. Die Pause sollte ausreichend lange sein (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 95).

Die submaximalen Beschleunigungsläufe dienen unter anderem dem Training der Sprinttechnik. Hier werden sowohl die Streckenlänge, als auch die Wiederholungsanzahl, höher angesetzt. Gerade für den Langsprinter ist es wichtig, den ziehenden und greifenden Fußaufsatz, der für einen ökonomischen Sprintschritt zentral ist, zu trainieren. (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 95).

Im reinen Schnelligkeitstraining werden maximalen Sprints eingesetzt, welche, um einen trainingswirksamen Reiz zu erzielen, über 20 bis 30 m ausgeführt werden müssen. Es bieten sich zu diesem Zweck besonders fliegende Sprints, also solche, wo der/die Athlet/in über beispielsweise 20 m beschleunigt und anschließend 30 m mit maximaler Geschwindigkeit läuft, an. Damit der/die Athlet/in nicht im laktaziden Bereich trainiert, muss auf die entsprechende Wahl der Streckenlänge geachtet werden, welche je nach Alter und Trainingszustand des Läufers/der Läuferin gewählt wird (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 95).

Um die disziplinspezifische Schnelligkeit zu trainieren, sind Sprints vom 400-m-Start bis zur ersten oder zweiten Hürde geeignet. Um die Sprintfähigkeit zu verbessern, sollte über dem Wettkampftempo gelaufen werden, die Hürden können um ein bis zwei Fußlängen verkürzt werden. Damit bei dem Anlauf auf die erste Hürde nicht zu viel Energie verloren wird, kann dieser um die Hälfte, also auf 22,5 m, verkürzt werden (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 174).

Da das Training des 400-m-Hürdenläufers/der 400-m-Hürdenläuferin sowohl Ähnlichkeiten mit dem des 110-m- beziehungsweise 100-m-Hürdenlaufs, als auch mit dem des 400-m-Sprints aufweist, werden Inhalte aus diesen verwandten Disziplinen übernommen. Im Kurzhürdentraining werden zur Schulung der Hürdentechnik und zur Verbesserung der Schnelligkeit, diverse Sprints über Hürden und Hindernisse zum Einsatz gebracht (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 302).

Es können zu diesem Zweck Sprints über verschiedenste Hindernisse, wie kniehohe Übungshürden, Hütchen, Reifen, Matten und so weiter durchgeführt werden. Als Streckenlänge werden 30-40 m gewählt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 302).

Dem disziplinspezifischen Schnelligkeitstraining dienen weiters Läufe über Hürden mit kurzen Rhythmen, wie zum Beispiel dem 3er-, 4er-, oder 5er-Rhythmus, wie sie unter dem

Punkt 3.1.7 angeführt wurden. Durch die entsprechende Wahl der Streckenlänge und der Pausenlänge können die Inhalte, welche im Schnelligkeitsausdauer- und Rhythmusbeziehungsweise Techniktraining zum Einsatz kommen, auch als reines Schnelligkeitstraining durchgeführt werden. Es werden beispielsweise maximale Sprints über 50 m mit vier Hürden, welche im Abstand von 10 m aufgestellt sind, gelaufen. Der Abstand ist auf einen 4er-Rhythmus ausgerichtet, also so, dass bei jeder Hürde das Bein gewechselt wird. Vor und nach der Hürde sind zehn Meter An- beziehungsweise Auslauf vorgesehen. Die Pausenlänge wird im Sprinttraining üblicherweise so gewählt, dass pro gelaufenen zehn Metern eine Minute Pause gemacht wird. In diesem Fall wären das also 5 Minuten nach jedem Lauf. Je nach Alter und Leistungsniveau wird bei dieser Art von Läufen nun die Streckenlänge, Laufrhythmus, Pausenlänge und Wiederholungsanzahl gewählt. Die Abstände zwischen den Hürden sind, gemäß dem Zielrhythmus, der bereits erwähnten Tabelle von Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 339) zu entnehmen.

Wichtig ist es auch, Sprints und Starts, sowohl mit, als auch ohne Hürden, in der Kurve zu trainieren, damit sich der/die Athlet/in an das Sprinten in der Kurve gewöhnen kann.

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 343) führen Wochenplanungen des Hochleistungstraining für den zweiten und vierten Mesozyklus an, welche hier unter Punkt 5 zu finden. Aus diesen geht heraus, dass im zweiten Mesozyklus vor allem Steigerungsläufe, Sprint-ABC, Abläufe, Tiefstarts und Techniksprints zum Einsatz kommen. Bei den Techniksprints werden 60-80 m zurückgelegt und der Fokus dabei auf verschiedene Elemente der korrekten Sprinttechnik, wie zum Beispiel der Armarbeit, der Schrittlänge, oder dem greifenden und ziehen Fußaufsatz, gelegt. Die Tiefstarts werden in der Kurve und über 20-60 m durchgeführt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 344).

Im vierten Mesozyklus ist der Umfang des Schnelligkeitstrainings geringer, jedoch wird mit höchsten Intensitäten gearbeitet. Es kommen Steigerungsläufe, Tiefstarts und fliegende Sprints zum Einsatz. Die Streckenlänge bei den Tiefstarts kann auch in Pyramidenform durchgeführt werden, es werden beispielsweise 20, 30, 40, 30 und 20 m gelaufen. Um den Wettkampfcharakter im Training mit einzubringen, werden die Tiefstarts auch gegeneinander durchgeführt. Die fliegenden Sprints kommen ebenso wie im zweiten Mesozyklus zum Einsatz, beim Sprint-ABC werden in dieser Trainingsphase weniger Wiederholungen als zuvor gelaufen. Abläufe werden in vorliegender Planung zwei Mal pro Woche, und ebenfalls gegeneinander durchgeführt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 345).

3.4.1 Der 400-m-Hürdensprint als Sprintdisziplin

Der 400-m-Hürdenlauf kann aus zwei Perspektiven betrachtet werden: Zum einen als eine ausdauerorientierte Disziplin, zum anderen als eine Sprintdisziplin. Robertson (1990, S. 29)

argumentiert für die Behandlung des Langhürdensprints als einen Sprintbewerb. Er ist der Ansicht, dass die spezielle Ausdauer, welche für diese Disziplin notwendig ist, über das Sprinttraining erworben wird, und deshalb vorwiegend innerhalb der anaeroben Schwelle gearbeitet werden sollte.

Laut Robertson (1990, S. 29) wird im Training die Schnelligkeit und die Schnelligkeitsausdauer das ganze Trainingsjahr über, sowohl im Sommer, als auch im Winter, fokussiert. Eine hohe Grundschnelligkeit soll der Schlüssel zum Erfolg des Langhürdensprints sein. Ein weiteres Argument für diese Auslegung ist, dass Weltklasseläufer/innen im Wettkampf nach 200 m sehr hohe Durchgangszeiten haben, woraus zu schließen ist, dass diese Athleten/Athletinnen über ein hohes Schnelligkeitsniveau verfügen (Robertson, 1990, S. 31).

Robertson (1990, S. 29) vertritt den Ansatz, dass das Schnelligkeitstraining nicht erst gegen die Wettkampfphase hin, nachdem das Ausdauer- und Schnelligkeitsausdauertraining verstärkt stattgefunden hatte, forciert werden sollte, sondern, dass die spezielle Ausdauer, die für diese Disziplin benötigt wird, auch durch das Schnelligkeitstraining entwickelt wird. Inhalte wie Hügelläufe, plyometrische Sprünge (siehe Punkt 3.5.2), Gewichtstraining und Zirkel sollten nicht vernachlässigt werden (Robertson, 1990, S. 29).

In der Kinderleichtathletik werden verschiedenste Sportarten und leichtathletische Disziplinen im Training integriert, das breite Feld an Aktivitäten soll bereits eine Grundlagenausdauer und Basiskoordination schulen. Nach Robertson (1990, S. 30) muss, sobald sich der/die Athlet/in auf die 400-m-Hürden spezialisiert hat, meist in etwa im Alter von 16 Jahren, Kraft aufgebaut werden, um diese anschließend in Schnelligkeit umzuwandeln. Damit diese dann über die gesamte Runde gehalten werden kann, muss die Schnelligkeitsausdauer trainiert werden. Die Grundlagenausdauer, welche in den jüngeren Jahren aufgebaut wurde, kann zu Beginn des Trainingsjahres, also im Herbst, nochmals ausgebaut werden. Anschließend soll bis in etwa Weihnachten die Schnelligkeitsausdauer forciert werden, wobei Unterdistanzläufe mit kürzeren Pausen durchgeführt werden. Es werden unter anderem aus dem Grund keine Überdistanzläufe gewählt, da bei diesen mit kleinerer Amplitude des Armeinsatzes und niedrigerem Kniehub gearbeitet wird, was nicht dem Schritt der Zieldisziplin entspricht. Früher trainierte der/die 400-m-Hürdenläufer/in mit Überdistanzläufen und eher wie ein/eine 800-m-Läufer/in (Robertson, 1990, S. 30).

Nach Weihnachten liegt der Fokus dann auf dem Schnelligkeitsaspekt der Schnelligkeitsausdauer. Zu diesem Zweck wird die Erholungszeit zwischen den Wiederholungen innerhalb einer Serie erhöht, während die Wiederholungsanzahl dieselbe

bleibt. Dies wird bis zur Wettkampfphase beibehalten, wo dann das reine Schnelligkeitstraining zum Einsatz kommt (Robertson, 1990, S. 31).

Wird auf diese Art und Weise trainiert, kann nach Robertson (1990, S. 31) das ganze Trainingsjahr über das Schnelligkeitsniveau erhalten bleiben. Genau aus diesem Grund ist die Doppelperiodisierung so erfolgreich, die Schnelligkeit wird schon früher entwickelt und wird das ganze Jahr über auf einem hohen Niveau gehalten. Möglich ist dies, da viele Athleten und Athletinnen in den kalten Jahreszeiten Trainingslager in wärmeren Regionen verbringen und auch die Trainingsmöglichkeiten in Hallen immer häufiger vorhanden sind.

Auch Wiens (o.D., S. 1) ist der Ansicht, dass das Schnelligkeitstraining bereits so früh wie möglich fokussiert werden sollte.

3.5 Kraft im 400-m-Hürdenlauf

3.5.1 Bedeutung des Krafttrainings für den Langhürdensprint

Nach Apolin und Redl (2010, S. 45) kann die Kraft als „die Fähigkeit des Nerven-Muskel-Systems, durch Muskeltätigkeit Widerstände zu überwinden, ihnen entgegenzuwirken oder sie zu halten“ definiert werden.

Das Kraftniveau des Athleten/der Athletin ist ebenfalls ein Faktor, welcher für die Leistung im 400-m-Hürdenlauf eine Rolle spielt. Die Muskulatur, welche in dieser Disziplin beansprucht wird, ist nach Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 329) die folgende:

- Streckschlinge (Glutaeus, Quadriceps, Triceps surae, Erector spinae), Iliopsoas und Ischiocruralis
- Ab- und Adduktoren des Nachziehbeins und der Bauchmuskulatur
- Schulter- und Oberarmmuskulatur

Innerhalb den verschiedenen Arten der Kraft kommt der Reaktivkraft beim Langhürdensprint die größte Bedeutung zu. Nach Apolin und Redl (2010, S. 45) wird sie als „die Fähigkeit des Nerven-Muskel-Systems, einen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus in der kürzest möglichen Zeit durchzuführen“ definiert. Innerhalb eines Zyklus kommt es zuerst zur exzentrischen (nachgebenden) Belastung, bei welcher die Muskulatur gedehnt wird, und anschließend zur konzentrischen (überwindenden), bei welcher sich die Muskulatur verkürzt. Dadurch, dass während der exzentrischen Phase Energie in den „elastischen Strukturen“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 27) gespeichert wird, kann in der anschließenden konzentrischen Phase eine höhere Kraft erzeugt werden. Solche Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen sind „Reaktivkraft-Belastungen“ und kommen sowohl bei Sprüngen, als auch im Sprint vor. Diese Art von Kraft

spielt also beim 400-m-Hürdensprint gleich in mehreren Phasen, nämlich sowohl beim Sprint zwischen den Hürden, als auch bei der Hürdenüberquerung, eine Rolle.

Des Weiteren ist die Maximalkraft „während der Startbeschleunigung sowie als Grundlage“ von Bedeutung (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 329). Die Maximalkraft ist nach Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 27) die „höchstmögliche Kraft, die das Nerv-Muskel-System willkürlich erzeugen kann“.

Das Krafttraining ist im Langhürdensprint außerdem hilfreich, um Verletzungen vorzubeugen, denn die Gefahr, sich beim Überqueren der Hürden im stark ermüdeten Zustand zu verletzen, ist nicht zu unterschätzen. Eine gute Ausbildung der „schrägen Rumpfmuskulatur, sowie der Hüft-, Oberschenkel, und Fuß-/sprunggelenksmuskulatur“ (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 174), ist deshalb als Verletzungsprophylaxe zentral. Zu diesem Zweck sollen laut dem Deutschen Leichtathletik-Verband (2012, S. 174) die folgenden Inhalte zum Einsatz kommen:

- Ein- und beidbeinige kleine Sprünge mit Drehung zur Stabilisierung des Sprunggelenks
- Kräftigung des Nachziehbeins an Zugseilen

3.5.2 Methoden des Krafttrainings im 400-m-Hürdensprint

Trainingsmethoden, welche im Langhürdensprint nach Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 342) vorkommen, sind das Kraftausdauertraining, das hypertrophie- und bindegewebsorientiertes Maximal- und Reaktivkrafttraining, sowie das Training der intramuskulären Koordination. Als Form des Maximalkrafttrainings wird auch die maximal-exzentrische Methode verwendet.

Beim hypertrophieorientierten Krafttraining wird der Muskelaufbau trainiert und 3-5 Sätze zu je 8-12 Wiederholungen mit 70-85 % des Einwiederholungsmaximums durchgeführt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 82).

Das Training der intramuskulären Koordination umfasst Sprünge und Würfe, aber auch das Training mit Freihanteln oder an Geräten. Hierbei werden meist 3-5 Sätze zu 1-5 Wiederholungen, mit einer sehr hohen Belastungsintensität von 90-100 % des Einwiederholungsmaximums, durchgeführt. Bei dieser Methode ist die Geschwindigkeit in der exzentrischen Phase eher gering, im Umkehrpunkt soll dann in der konzentrischen Phase ein explosiver Krafteinsatz erfolgen (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 82).

Der Vorteil des exzentrischen Krafttrainings liegt darin, dass sich bei dieser Art von Belastung die Maximalkraft schneller, als im konzentrischen Bereich anzupassen scheint. Aus diesem Grund eignet sich dieses Training gut zur Vorbereitung auf das

Reaktivkrafttraining. Weitere Vorteile des exzentrischen Krafttrainings sind, dass es „einen exzellenten Reiz auf die elastische Komponente“ darstellt und dadurch die „Energiespeicherung“ verbessert und die „Verletzungsanfälligkeit“ reduziert (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 83).

Das bislang in der Leichtathletik relativ wenig verbreitete maximal-exzentrische Krafttraining, ist ein Training mit Widerständen, welche „in Bezug auf die statische und konzentrische Maximalkraft supramaximal sind“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 83). Das bedeutet, dass Widerstände so gewählt werden, dass das Gewicht zwar in der exzentrischen Phase kontrolliert abgesenkt, anschließend aber nicht gehalten werden kann und der/die Athlet/in in der konzentrischen Phase unterstützt werden muss. Das kann in der Praxis beispielsweise so durchgeführt werden, dass einbeinige Kniebeugen gemacht werden, wo der/die Athlet/in das Gewicht so wählt, dass er seinen Körperschwerpunkt kontrolliert nach unten bewegen kann (exzentrische Phase), es aber nicht mehr schaffen würde, das Gewicht von selbst nach oben zu führen, weshalb dann die konzentrische Phase mit dem zweiten Bein unterstützt wird. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die exzentrische Phase mit „manuellen Widerständen“ erschwert, und die konzentrische erleichtert wird. Das Training wird mit 1-3 Sätzen zu 1-8 Wiederholungen durchgeführt, wobei sich der/die Athlet/in in der exzentrischen Phase „maximal gegen einen übermächtigen äußeren Widerstand“ wehrt, und in der konzentrischen Phase unterstützt wird (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 84).

Beim Training der Reaktivkraft kann entweder „reines Reaktivkrafttraining/Plyometrie“, oder die „reaktive Kraftausdauer“ trainiert werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 84). Bei der erstgenannten Form werden Inhalte, wie Absprünge und Niedersprünge, „hoch intensive Mehrfachsprünge“ über 20-40 m mit langer Pause, oder solche über 100-200 m mit relativ kurzer Pause durchgeführt. Die reaktive Kraftausdauer wird an Geräten oder mit Freihanteln durchgeführt, wobei geringe Widerstände mit hoher Geschwindigkeit bewegt werden. Dadurch wird in den zuvor beschriebenen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen gearbeitet.

3.5.3 Inhalte des Krafttrainings

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 344) geben die Trainingsinhalte einer Woche eines Hochleistungstrainings des zweiten und vierten Mesozyklus an, diese sind hier tabellarisch unter Punkt 5 dargestellt. Im Folgenden sollen diese bezüglich der Inhalte des Krafttrainings betrachtet werden.

An den sechs Trainingstagen des zweiten Mesozyklus findet an drei dieser Tage eine Kraftsequenz statt. Neben der Rumpfstabilisation kommt auch ein hypertrophieorientiertes Maximalkrafttraining der Beine und des Rumpfes zum Einsatz. Der Fokus liegt dabei auf der ischiocruralen Muskulatur, dem Quadriceps, dem Hüftbeuger und –strecker, sowie auf den

Ab- und Adduktoren. Zusätzlich dazu wird einmal ein Kraftausdauerzirkel für die Rumpf- und Beinkraft, kombiniert mit einem Sprung- und Sprint-ABC, durchgeführt. Der Zirkel wird so organisiert, dass der Abstand zwischen den Übungen für dieselbe Muskelgruppe möglichst groß gehalten wird. Die Übungsauswahl wird meist vorwiegend auf Ganzkörperübungen mit und ohne Geräte und mit Freihanteln fallen. Auch Stabilisationsübungen kommen zum Einsatz. Belastet wird hier mit drei bis vier Durchgängen und 45 Sekunden Belastungsdauer je Übung. Die Pause ist ebenfalls 45 Sekunden lang. Im Bereich der Reaktivkraft werden Sprungläufe, Anhocksprünge über Hürden, Fußgelenkssprünge, Hopserläufe und Rhythmussprünge eingesetzt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 344).

Im vierten Mesozklus finden fünf Einheiten pro Woche statt. Im Gegensatz zum zweiten Mesozyklus, in welchem drei Einheiten dem Maximalkrafttraining galten, kommt dieses im vierten nur mehr einmal pro Woche zur Anwendung. Zusätzlich zu diesem wird das Training der intramuskulären Koordination eingesetzt. Die Kraftübung Reißen, welches in den Mesozyklen zuvor vorbereitet wurde, sowie die $\frac{1}{4}$ - Schrittkniebeuge, werden mit höchsten Intensitäten durchgeführt. Weiters werden Anhocksprünge, Rhythmussprünge und Tiefsprünge (von Kasten zu Kasten) zur Anwendung gebracht, wobei der Umfang hier reduziert wird (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 345).

Begleitend zu den eben beschriebenen Inhalten, ist, wie eingangs bereits erwähnt wurde, eine Stabilisierung des Knie- und Fußgelenkes als Verletzungsprophylaxe wichtig. Hierfür können dem Athleten/der Athletin Aufgaben gestellt werden, bei welcher er/sie sich im Einbeinstand befindet, und einen zugeworfenen Ball fangen muss. Dies kann mit zusätzlichen Anforderungen und unterschiedlichen Untergründen variiert werden (Jonath, Strüder, Scholz, 2013, S. 82).

In Abbildung 15 ist eine Übung zu sehen, mit welcher das Nachziehbein mit Zugwiderstand trainiert werden kann, sie dient der hürdenspezifischen Kräftigung. Der/Die Athletin befindet sich im aufrechten, einbeinigen Stand. Ein Bein ist von hinten in einem Terraband oder bei dem Kabelzug eingehakt und imitiert nun mit diesem Widerstand die Nachziehbeinbewegung. Diese Übung kann auch mit Gewichtsmanschetten durchgeführt werden. Der/Die Athlet/in hält sich, je nachdem wie gut sein/ihr Gleichgewicht ist, entweder an der Wand an fest, oder führt die Übung ohne dieser durch (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311).

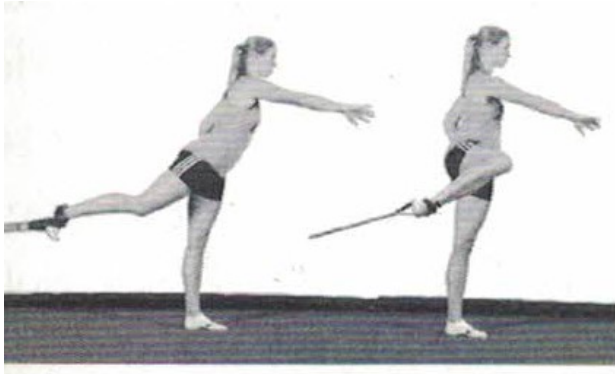


Abbildung 15: Kräftigung des Nachziehbeins (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311)

3.6 Beweglichkeit im 400-m-Hürdenlauf

Da das Überlaufen der Hürden, insbesondere bei den hohen Männerhürden, eine gewisse Beweglichkeit erfordert, ist das Training dieser ebenso ein Bestandteil der Trainingsroutine des Langhürdensprinters/der Langhürdensprinterin. Im Vergleich zu den anderen leistungsbestimmenden Faktoren spielt die Beweglichkeit im 400-m-Hürdensprint allerdings eine untergeordnete Rolle.

Im Flexibilitätstraining wird grundsätzlich zwischen dem statischen und dynamischen Dehnen unterschieden. Beim aktiv-statischen Dehnen wird der Muskel so gedehnt, dass der Antagonist von diesem angespannt wird. Hier wird nur eine leichte Dehnung bewirkt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 79).

Das passiv-statische Dehnen bringt keine akute Leistungssteigerung und wird deshalb nicht im Aufwärmen, sondern nach der Trainingseinheit verwendet, da die Befürchtung besteht, dass diese Art des Dehnens die Reaktivkraft negativ beeinflusst. Bei dieser Dehnmethode wird der Muskel in etwa 20 bis 30 Sekunden ununterbrochen gedehnt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 79).

Beim dynamischen Dehnen kommen wippende Bewegungen zum Einsatz, es wird mit größerem Bewegungsumfang als beim aktiv-statischen Dehnen gearbeitet. Die „schnelle Verbindung von Dehnung und Verkürzung“ gleicht dem Verhalten bei sportlicher Bewegung, aus diesem Grund wird diese Methode auch im Aufwärmen eingesetzt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 79).

Bei der Betrachtung der bereits erwähnten Wochenplanungen des zweiten und vierten Mesozyklus in Kapitel 5, kann festgestellt werden, dass die Anspannungs-Entspannungs-Methode häufig zum Einsatz kommt. Es handelt sich dabei um eine Kombination aus passiv-statischer Dehnung und einer maximalen-statischen Kontraktion. Nach Strüder, Jonath und

Scholz (2013, S. 79) wird durch diese Kontraktion „ein inverser Dehnungsreflex ausgelöst, der den Entspannungseffekt durch die Ermüdung der Muskelspindel noch verstärkt“. Hier wird beispielsweise der Brustmuskel gegen einen Widerstand maximal angespannt, anschließend kurz entspannt und dann statisch gedehnt. Diese Dehnmethode gilt innerhalb des Flexibilitätstrainings als diejenige, welche den größten Effekt hat.

Zusätzlich zu den klassischen Dehnmethoden, gibt es noch spezielle Übungen für den/die 400-m-Hürdenläufer/in.

Ziele dieser Übungen sind das dynamische Flexibilitätstraining, die hürdenspezifische Kräftigung und die Imitation der Hürdenbewegung. Außerdem erfolgt hier auch eine Mobilisation der Hüfte. Folgende Varianten sind möglich:

Bei der Hürdensitzvariation in Abbildung 16 ist das Schwungbein im Kniegelenk 90 Grad abgewinkelt und das Nachziehbein abgespreizt. Der/Die Übende führt dieses nun nach vorne, streckt es und führt dieses wieder zurück. Die Übung wird auf beiden Seiten 10 Mal durchgeführt.



Abbildung 16: Hürdensitzvariation 1 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)

Bei der nächsten Übung startet der/die Athlet/in im Langsitz, die Arme sind nach vorne gestreckt. Anschließend wird ein Bein wie das Nachziehbein nach hinten geführt, der Gegenarm zum Schwungbein bleibt vorne, der andere wird ebenfalls nach hinten geführt. Die Übung wird auf beiden Seiten 10 Mal durchgeführt und ist in Abbildung 17 zu sehen.



Abbildung 17: Hürdensitzvariation 2 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)

Eine weitere Hürdensitzvariation ist in Abbildung 18 zu sehen. Hier wird mit gestreckten Beinen nach hinten gerollt, im nach vorne Rollen wird ein Bein als Nachziehbein nach hinten gestreckt. Die Armarbeit wird wie in der vorangegangenen Übung ausgeführt, 10 Wiederholungen auf beiden Seiten werden durchgeführt.

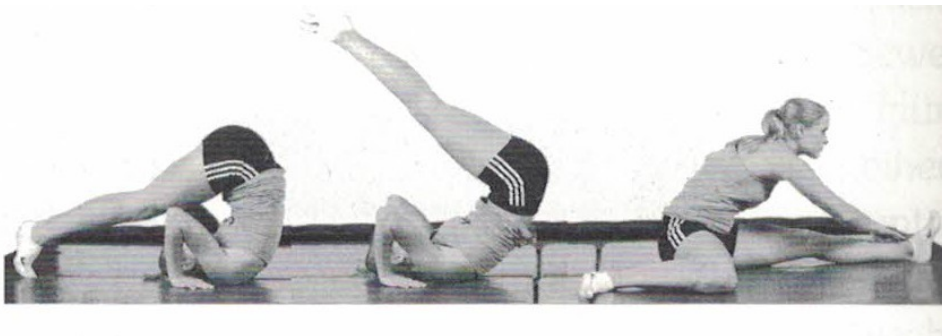


Abbildung 18: Hürdensitzvariation 3 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)

Eine dynamischere Übung, welche für Anfänger/innen auch koordinativ anspruchsvoll sein kann, ist in Abbildung 19 dargestellt. Das Nachziehbein wird über das Schwungbein geführt, der/die Athlet/in dreht sich auf den Bauch, und führt dann im Aufrichten das Bein, das eben noch das Schwungbein war, in die Nachziehbeinposition. Die Übung wird 10 Mal pro Seite mit korrekter Armführung durchgeführt.



Abbildung 19: Hürdensitzvariation 4 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)

Eine Möglichkeit, um die Beweglichkeit des Schwungbeins und der Hüfte zu trainieren, ist in Abbildung 20 zu sehen. Es werden 10 Wiederholungen pro Seite durchgeführt.



Abbildung 20: Hürdenübung im Liegen 1 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311)

Eine weitere Übung ist, dass der/die Athlet/in sich wie in Abbildung 21 in Bauchlage mit zur Seite gestreckten Armen befindet und nun der rechte Fuß zur linken Hand, wieder zurück in die Mitte und anschließend zur rechten Hand geführt wird. Die Übung wird auf beiden Seiten ausgeführt. Hier wird neben den zuvor beschriebenen Zielen auch eine Mobilisation der Wirbelsäule bewirkt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311).

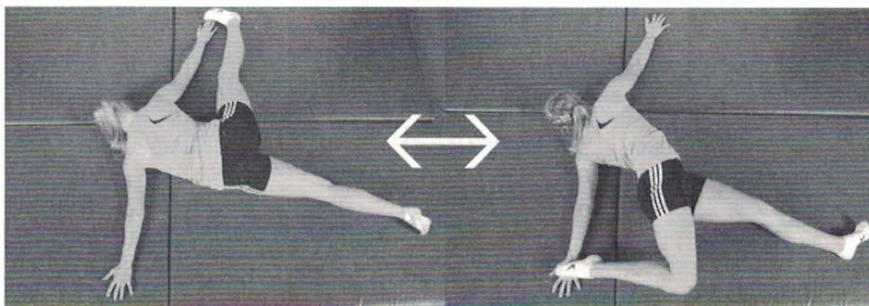


Abbildung 21: Hürdenübung im Liegen 2 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311)

Die Schwunggymnastik wird sehr häufig auch im spezifischen Aufwärmen eingebaut, da hier das bereits erläuterte dynamische Dehnen angewandt wird. Der/Die Sportler/in steht seitlich zu einer Wand und schwingt nun das wandnähere Bein in großer Amplitude vor- und rückwärts. Anschließend stellt er/sie sich mit dem Blick zur Wand und das Bein wird seitlich vor dem Körper geschwungen. Selbstverständlich wird auch hier beidseitig gearbeitet (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311).

3.7 Psychische und kognitive Fähigkeiten

Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 329) geben an, dass die psychischen und kognitiven Fähigkeiten die mitunter bedeutendsten Faktoren für die Leistung im 400-m-Hürdensprint an.

Die psychische Prädisposition des Athleten/der Athletin, also zum Beispiel sein/ihr Wille zu riskieren, oder auch wie mutig er/sie das Rennen angeht, spielt im Langhürdensprint eine große Rolle (Iskra, Pietrzak und Paruzel-Dyja, 2015, S. 37).

400-m-Hürdenläufer/innen sind sehr wettkampforientierte Typen, und weisen ein hohes „leistungssportliches Denken und Verhalten“ auf (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 329). Athlet/innen dieser Disziplin müssen eine stark ausgeprägte Konzentrationsfähigkeit besitzen, und sehr willensstark sein.

Im Langhürdensprint kommt es, wie auch im 400-m-Flachsprint zu bedeutenden Ausschüttungen an Laktat. Daraus ergibt sich, dass der/die Läufer/in dazu fähig sein muss, mit hohen Laktatwerten umzugehen, sowie diese bewusst einzugehen.

Der Deutsche Leichtathletik-Verband (2012, S. 164) führt typische Fehler, welche beim 400-m-Hürdensprint vorkommen, an und beschreibt auch die Ursachen von diesen. Bei der Betrachtung dieser Ursachen fällt auf, dass sie häufig solche sind, welche mit den psychischen Fähigkeiten des Athleten/der Athletin in Verbindung gebracht werden können. Ursachen für Fehler bei der Hürdenüberquerung oder beim Überlaufen der Hürde können beispielsweise fehlende Konzentration, Unsicherheit, Respekt vor der Hürde und mangelndes Selbstvertrauen sein. Athlet/innen welche als sehr fokussierte, selbstbewusste und mutige Typen charakterisiert werden können, liegen demnach bei dieser Disziplin klar im Vorteil.

Anders als bei den Sprintdisziplinen ohne Hürden, müssen, wie in Kapitel 3.2 dargelegt, beim 400-m-Hürdensprint sehr viele taktische Überlegungen angestellt werden. Der/Die Athlet/in muss darüber entscheiden, welchen Geschwindigkeitsverlauf er/sie wählt, welchen Schrittrhythmus er/sie vollziehen wird, sowie wann und wie er/sie diesen anpasst. Es ist entscheidend, dass der/die Athlet/in ein Gefühl für das Tempo und den Schrittrhythmus hat, sowie dafür, die richtige Taktik zu wählen. Für die Taktikwahl ist es auch bedeutend, ob es sich beispielsweise um ein Semifinale oder ein Finale handelt, da der/die Athlet/in das Rennen dann dementsprechend mehr oder weniger mutig angeht (Iskra, Pietrzak und Paruzel-Dyja, 2015, S. 37).

Zwar geschieht die Wahl der Schrittrhythmen planmäßig und nach einer im Training eingeübten Taktik, allerdings kommt es häufig vor, dass der/die Läufer/in während dem Rennen aufgrund äußerer Bedingungen, wie zum Beispiel wechselndem Wind, seine

Schrittzahl zwischen den Hürden ändern muss. Auch die Bahn, auf welcher der/die Läufer/in startet kann bedeutet sein, da diese unterschiedlich stark gekrümmt sind. Hinzu kommt, wie auch in den anderen Laufdisziplinen, die mögliche Ablenkung durch die Gegner/innen und deren Tempowahl. Der/Die Athlet/in muss demnach fähig sein, sich auf all diese Faktoren einstellen zu können (Iskra, Pietrzak und Paruzel-Dyja, 2015, S. 36).

Die eben diskutierten Aspekte sind Hinweise darauf, dass der/die Athlet/in hohe kognitive und psychische Fähigkeiten aufweisen muss.

4 Beanspruchungsprofil

Die Beanspruchung kann als die „Inanspruchnahme der organismischen Funktionssysteme (Herz-Kreislauf-System, Stoffwechselsystem u.a.)“ (Hottenrott, 2017, S. 55) definiert werden, und wird durch die gesetzten Belastungen ausgelöst. Nachdem nun die im Langhürdensprint auf den Athleten/die Athletin wirkenden Belastungen ausführlich diskutiert wurden, soll nun beschrieben werden, zu welchen Beanspruchungen es in Folge dessen kommt.

Zu diesem Zweck wird zunächst die wichtigsten Grundprinzipien, wie die Energiebereitstellungssysteme, die Bedeutung von Laktat und die aerobe und anaerobe Schwelle, eingegangen.

4.1 Energiebereitstellungsmechanismen, Laktat und die aerobe/anaerobe Schwelle

4.1.1 Grundlagen der Energiebereitstellung

Zur Energiebereitstellung im Muskel wird das Molekül ATP gespalten. Der Vorrat im Muskel davon ist aber gering und reicht nur für drei bis vier maximale Zuckungen, aus diesem Grund muss das ATP stetig resynthetisiert werden. Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die erste ist die Abspaltung des Phosphats von Kreatinphosphat. Dies läuft ohne Sauerstoff und ohne die Bildung von Milchsäure ab, es handelt sich um die anaerobe alaktazide Energiebereitstellung. Diese erfolgt sehr schnell, allerdings reicht der Speicher nur für 6-10 Sekunden aus (Apolin, Redl, 2010, S. 17).

Bei der zweiten Möglichkeit handelt es sich um die anaerobe laktazide Energiebereitstellung, bei welcher Glucose abgebaut wird und Milchsäure entsteht. Die Begriffe Laktat und Milchsäure werden häufig miteinander gleichgesetzt, wobei es sich beim Laktat um das Salz in der Milchsäure handelt. Das Problem bei dieser Form der Energiegewinnung ist, dass der

Körper das Laktat ab einem gewissen Wert nicht mehr abbauen kann und es zur Übersäuerung kommt, was auch bedeutet, dass der pH-Wert absinkt. Dafür verantwortlich ist die Freisetzung von Wasserstoffionen im Zuge der Energiegewinnung. Die Leistungsfähigkeit ist dadurch herabgesetzt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 36).

Die Laktatwerte, welche Sportler tolerieren können, sind individuell verschieden. Weltklasseathleten/Weltklasseathletinnen können Blutlaktatwerte von über 20 mmol/l im Blut aufweisen. Die anaerobe laktazide Energiebereitstellung spielt beim 400-m-Hürdensprint eine große Rolle und muss dementsprechend in die Überlegungen zur Trainingsplanung miteinbezogen werden (Apolin, Redl, 2010, S. 18).

Für länger andauernde Belastungen und für solche, mit geringeren Intensitäten, wird die aerobe Energiebereitstellung herangezogen. Hierbei werden Glucose oder Fettsäuren mit Hilfe von Sauerstoff abgebaut. Es handelt sich hierbei um den größten Speicher (Apolin, Redl, 2010, S. 19). Auch bei länger andauernden Ausdauerbelastungen im aeroben Bereich wird Laktat produziert, dieses wird jedoch „über das Blut in andere unbelastete Muskeln, Organe oder Gewebe transportiert und dort oxidiert“. Dadurch kann die aerobe Energiebereitstellung aufrechterhalten werden (Péronnet, 2010, S. 212).

4.1.2 Laktat

Die Kenntnis des Laktatlevels im Blut gibt Aufschluss darüber, wie hoch die Beanspruchung des gesetzten Trainings- oder Wettkampfreizes ist (Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 181). Die Laktatkonzentration im Blut ist von Faktoren wie Geschlecht, Alter und Tagesablauf abhängig. Auch Lebererkrankungen, Alkoholfuhr und Hypoxie können eine erhöhte Konzentration im Blut bedingen (Scherbaum, Martin, 2006, in Sucec 2018).

Der Bestimmung des Laktats kommt auch deshalb eine gewisse Bedeutung zu, da es Aussagekraft bei der Ermittlung des Übergangs vom anaeroben zum aeroben Stoffwechsel hat. Es ist leicht im kapillaren Blut, zum Beispiel am Ohrläppchen oder an der Fingerkuppe, zu bestimmen. In etwa 1 mmol/l an Laktat gilt als diejenige Konzentration, welche immer im Blut vorhanden ist. Bei ansteigender Belastung steigt auch der Laktatspiegel in den Muskeln und im Blut (Dickhuth, 2000, S. 204).

Zur Beurteilung der Ausdauerleistung erweisen sich Laktattests als sinnvoll. Mit den ermittelten Werten kann auf das aktuelle Leistungsniveau geschlossen, die Wettkampfleistung vorhergesagt werden, sowie eine Hilfestellung zur Planung der Intensitäten im Training gewonnen werden. Rückschluss auf Verbesserungen der Ausdauerleistungsfähigkeit bei einem Athleten/einer Athletin kann gezogen werden, wenn niedrigere Laktatwerte bei der gleichen Belastung wie bei der letzten Testung gemessen werden (Maassen, Schneider, 2011).

Die Laktatkonzentration im Blut nach einer maximalen Belastung ist von der Streckenlänge abhängig. Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 152) führen gemessene Werte nach unterschiedlichen Disziplinen an, diese können allerdings nur als Richtwert gesehen werden, da die Werte individuell sehr verschieden ausfallen. Nach dem 100-m-Lauf liegt der Laktatspiegel den genannten Autoren zufolge bei in etwa 10 mmol/l, nach 200 m bei 20 mmol/l und nach 400 m bereits bei knapp unter 25 mmol/l. Beim 1500-m-Lauf können Werte um in etwa 18 mmol/l, beim 10000-m-Lauf um in etwa 8 mmol/l gemessen werden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 152).

4.1.3 Aerobe und anaerobe Schwelle

Wichtige Begriffe für das Training sind auch die aerobe und die anaerobe Schwelle. Bei Belastungen unterhalb der aeroben Schwelle befindet man sich überwiegend im Fettstoffwechsel. Die aerobe Schwelle liegt, je nach Trainingszustand des Athleten/der Athleten in etwa bei 2 mmol/l. Oberhalb dieser, bis hin zur anaeroben Schwelle befindet man sich im Übergangsbereich. Hier findet ein gemischter Stoffwechsel statt, die Energiegewinnung erfolgt nicht mehr rein aerob. Laktatbildung und Laktatabbau stehen allerdings noch im Gleichgewicht. Bei in etwa 4 mmol/l befindet sich die anaerobe Schwelle, hier liegt das maximale Laktatgleichgewicht, die sogenannte steady state. Das bedeutet, dass das produzierte Laktat gerade noch abgebaut werden kann. Bei Laktatwerten über dieser Schwelle ist dann die Produktion größer als der Abbau, es kommt allmählich zur Übersäuerung (Apolin, Redl, 2010, S. 28).

4.1.4 Laktatwerte im Training

Beim 400-m-Hürdenlauf kommt es zu hohen Werten an Laktat, da vorwiegend die anaerobe laktazide Energiebereitstellung eine Rolle spielt. Das Laktat ist ein limitierender Faktor in dieser Disziplin. Das Training hierfür muss unter anderem darauf ausgerichtet sein, die Laktattoleranz der Athleten und Athletinnen zu erhöhen.

Wichtig ist auch die Kenntnis darüber, mit welchen Laktatwerten im Training gearbeitet wird. Dies kann insbesondere dann hilfreich sein, wenn Veränderungen der Umweltbedingungen auftreten oder Umstellungen im Training vorgenommen werden. Die Laktatmessung im Training macht zum Beispiel bei Höhentrainingslagern, Verletzungen und Krankheit, sozialen Problemen des Athleten/der Athletin, Leistungsstagnation oder bei einer Umstrukturierung des Trainings Sinn. Unter solchen und ähnlichen Umständen ist es nützlich, die Intensität und Belastung nicht nur mittels Herzfrequenz und Laufgeschwindigkeit zu kontrollieren, sondern die Kenntnis der erreichten Laktatwerte heranzuziehen (Fabian, Eisenkolb, Sauermann, 1997, S. 14).

Fabian, Eisenkolb und Sauermann (1997, S. 14) führen an, welche Laktatwerte in etwa bei welchem Intensitätsbereich auftreten. Dies ist in Tabelle 10 ersichtlich. Die angegebenen Bereiche sind diejenigen, mit welchen im Schnelligkeitsausdauertraining gearbeitet wird.

Tabelle 10: Laktatwerte nach Intensitätsbereichen

Intensitätsbereich	B-Laktatrichtwert
NI (<80 Prozent)	7-9 mmol/l
I3 (80-90 Prozent)	9-14 mmol/l
I2 (90-95 Prozent)	14-18 mmol/l
I1 (95-100 Prozent)	18-22 mmol/l
DL (30-70 min)	1,5-5 mmol/l

Quelle: adaptiert nach Fabian, Eisenkolb, Sauermann (1997, S. 14)

Es gilt erneut darauf hinzuweisen, dass die erreichten Werte von Athlet/in zu Athlet/in sehr unterschiedlich ausfallen und dass die Tabelle deshalb nur als Richtwerte gesehen werden kann. Aus den angegebenen Werten ist herauszulesen, dass beim Dauerlauf noch unterhalb der anaeroben Schwelle gelaufen wird, was bedeutet, dass hier das produzierte Laktat noch abgebaut werden kann und dass eine Mischform aus aerober und anaerober Energiebereitstellung vorherrscht. Bei den übrigen Intensitätsbereichen der Schnelligkeitsausdauer befindet sich der/die Athlet/in bereits oberhalb der anaeroben Schwelle, es kommt zur Übersäuerung. Je intensiver gearbeitet wird, desto höhere Laktatwerte werden produziert.

4.2 Erreichte Laktatwerte und Herzfrequenzen beim 400-m- und 400-m-Hürdensprint

Bei einer Studie von Gupta, Goswami und Mukhopadhyay (1999, S. 361) wurden acht männliche Langsprinter getestet, um deren Herzfrequenzen und Laktatwerte zu ermitteln und einen Vergleich diesbezüglich zwischen dem 400-m und dem 400-m-Hürdensprint zu erstellen.

Die durchschnittlichen Zeiten, welche die Athleten im Zuge der Studie erreichten, betrugen über die Flachstrecke $51,65 \pm 1,51$ Sekunden, die Hürdendistanz wurde durchschnittlich in $58,27 \pm 1,97$ Sekunden bewältigt. Es handelte sich, den Zeiten nach zu urteilen, also um keine Profisportler (Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999, S. 361).

Die Ergebnisse der Studien werden nun im Folgendendendisutiert.

192 ± 5 Schläge pro Minute betrug die maximale Herzfrequenz während des Rennens durchschnittlich bei den 400-m-Sprintern, 194 ± 4 waren es bei den Hürdenläufern. Die durchschnittlichen Herzfrequenzen nach dem Rennen von Flach- und Langhürdensprintern waren 174 ± 23 und 177 ± 20 Schläge pro Minute. Die Messung der Blutlaktatwerte drei Minuten nach dem Rennen ergab bei den 400-m-Läufern höhere Werte als bei den 400-m-Hürdenläufern und zwar durchschnittlich 18,8 ± 1,6 mmol/l gegenüber 16,1 ± 2,0 mmol/l. Die untersuchten Athleten waren alle in etwa gleich groß, alt und schwer, sowie gleichermaßen erfahren auf der Flach- und Hürdenstrecke (Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999, S. 361).

Bezüglich der Herzfrequenz wurde herausgefunden, dass zwar sowohl die maximal erreichte Herzfrequenz, als auch der Durchschnitt bei den Hürdenläufern höher war, der Unterschied aber nicht signifikant ist ($P < 0,05$). Der Grund für die leicht höhere Herzfrequenz trotz der etwas niedrigeren Geschwindigkeit bei der Hürdenstrecke könnte das Bewältigen eben dieser sein (Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999, S. 364).

Auch die Herzfrequenz unmittelbar vor dem Start wies keinen bedeutenden Unterschied zwischen den Disziplinen auf. Die durchschnittliche Herzfrequenz vor dem Start betrug bei den 400-m-Hürdenläufern in etwa 128 Schläge pro Minute. In Abbildung 22 ist der Verlauf der erreichten Herzfrequenzen während des Rennens abzulesen. Bei der strichlierten Kurve handelt es sich um die der Hürdenstrecke (Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999, S. 362)

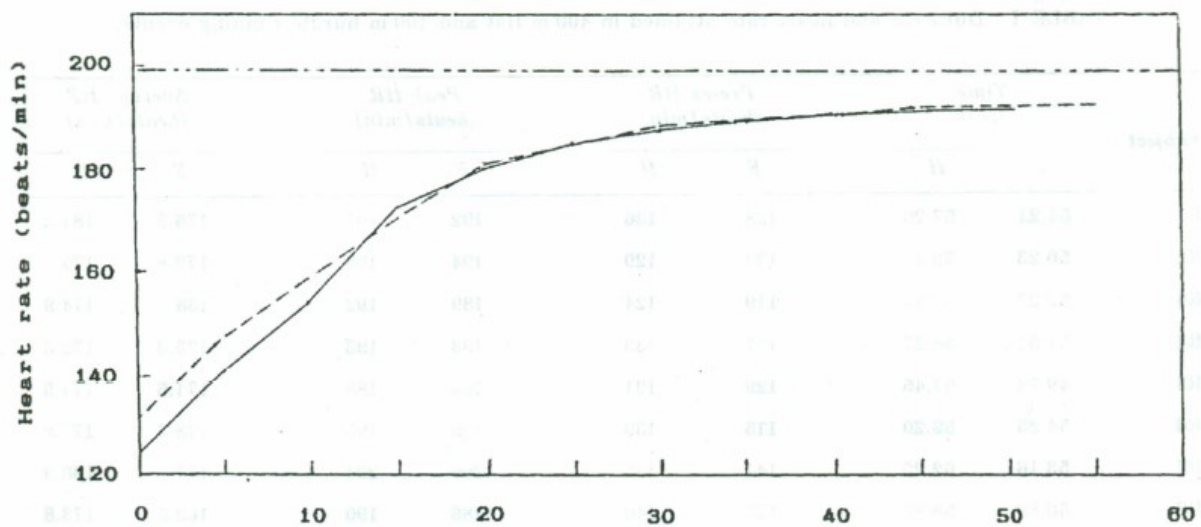


Abbildung 22: Herzfrequenz beim 400-m- und 400-m-Hürdenlauf (Gupta, Goswami und Mukhopadhyay, 1999, S. 364)

Es ist zu sehen, dass die Herzfrequenzen beim 400-m- und 400-m-Hürdenlauf bis in etwa 20 Sekunden nach dem Start stark angestiegen sind, und nach 30 Sekunden relativ flach weiter verlaufen sind. Die Maximalwerte wurden gegen Ende des Rennens erreicht.

Die Messung der Blutlaktatwerte drei Minuten nach dem Lauf ergab bei den 400-m-Läufern signifikant höhere Werte. Bei der Hürdenstrecke war der höchste gemessene Laktatwert bei einem der Athleten 19,9 mmol/l und der niedrigste 14,1 mmol/l, was auf hohe Schwankungen zwischen den Athleten hinweist. Die Werte nach dem Aufwärmen betrugen im Durchschnitt 4,0 mmol/l. Die Höhe der Laktatwerte, die erreicht werden, hängt, wie bereits zuvor diskutiert, davon ab, welche Intensität und welche Dauer die Belastung hat. Die höheren Laktatwerte bei der Flachstrecke können dadurch erklärt werden, dass durch die höhere Geschwindigkeit eine schnellere Erschöpfung des Glykogenspeichers erreicht wird und es dadurch zu vermehrter Laktatproduktion kommt. Die erhöhten Laktatwerte bei der Flach- gegenüber der Hürdenstrecke konnten auch beim 100-m-Lauf im Vergleich zum 110-m-Hürdensprint festgestellt werden (Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999, S. 363).

Die vor dem Start gegenüber der Ruheherzfrequenz deutlich höheren Werte lassen sich zum einen psychologisch erklären, da die Athleten sich vor dem Bewältigen der anspruchsvollen Disziplinen in einem nervösen und angespannten Zustand befanden. Zum anderen können diese und ebenso die Laktatwerte vor dem Start natürlich auf das zuvor absolvierte Aufwärmen zurückgeführt werden. Der Vorteil davon, mit bereits erhöhter Herzfrequenz an den Start zu gehen, ist, dass die Differenz zu dem während des Rennens benötigten „Sauerstoffverbrauchlevels“ geringer ist, da die „körperlichen Reserven“ bereits aktiviert sind (Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999, S. 364).

Bezüglich der durchschnittlich erreichten Geschwindigkeiten während des Rennens konnten Unterschiede zwischen den beiden Disziplinen ermittelt werden. Die Läufer der Hürdenstrecke erreichten durchschnittlich 6,87 m/s, die der Flachstrecke 7,75 m/s. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Athleten durch die Hürden gezwungen sind, ihre Geschwindigkeit zu reduzieren (Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999, S. 362).

Die aktuellere Studie von Zouhal et al. (2010) hat ebenfalls die Blutlaktatwerte und Herzfrequenzen beim 400-m- und 400-m-Hürdenlauf erhoben und verglichen. Zusätzlich dazu wurden die Verteilung von aerobem und anaerobem Energiestoffwechsel und die $VO_2\text{max}$ bei diesen Disziplinen ermittelt. Die Studie ergab sehr ähnliche, aber dennoch leicht unterschiedliche Ergebnisse wie die von Gupta, Goswami und Mukhopadhyay (1999).

Zouhal et al (2010) testeten sechs in Frankreich auf nationaler Ebene erfolgreiche männliche Athleten, welche im Rahmen der Studie über 400-m-Hürden durchschnittlich eine Zeit von $61,71 \pm 1,16$ und über 400-m durchschnittlich $54,95 \pm 0,72$ Sekunden erreichten. Mit diesen Leistungen kamen die Athleten auf der Strecke ohne Hürden relativ knapp an ihre Bestleistungen heran, auf der Hürdenstrecke liefen sie deutlich langsamer als bei ihren persönlichen Rekorden (nämlich durchschnittlich 55,69) (Zouhal et al., 2010).

Bei dieser Studie ergab die Laktatmessung drei Minuten nach dem Rennen, im Gegensatz zur erst genannten Studie, keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Disziplinen. Die Athleten wiesen nach der Hürdenstrecke durchschnittlich $18,4 \pm 2,5$ mmol/l und auf der Flachstrecke durchschnittlich $17,3 \pm 1,5$ mmol/l Laktat im Blut auf.

Auch bezüglich der maximalen Herzfrequenzen unterscheiden sich die Ergebnisse. Bei Zouhal et al. (2010) war sie mit 198 ± 5 Schlägen pro Minute beim 400-m-Lauf signifikant höher als beim 400-m-Hürdenlauf mit 189 ± 5 .

Um einen besseren Überblick über die Ergebnisse von Gupta, Goswami und Mukhopadhyay (1999) und Zouhal et al. (2010) zu bekommen, sind sie einander im direkten Vergleich in Tabelle 11 gegenüber gestellt.

Tabelle 11: Vergleich der beiden Studien

	Gupta, Goswami,Mukhopadhyay (1999)	Zouhal et al. (2010)
Durchschnittliches Ergebnis, 400-m (s)	$51,65 \pm 1,51$	$54,95 \pm 0,72$
Durchschnittliches Ergebnis, 400-m-Hürden (s)	$58,27 \pm 1,97$	$61,71 \pm 1,16$
Durchschnittliche maximale HF, 400-m (bpm)	192 ± 5	198 ± 5
Durchschnittliche maximale HF, 400-m-Hürden (bpm)	193 ± 4	189 ± 5
Durchschnittliche HF auf das gesamte Rennen bezogen, 400-m (bpm)	174 ± 23	-
Durchschnittliche HF auf das gesamte Rennen bezogen, 400-m-Hürden (bpm)	177 ± 20	-
Durchschnittliche maximale Laktatwerte nach dem Rennen, 400-m (mmol/l)	$18,8 \pm 1,6$	$17,3 \pm 1,5$
Durchschnittliche maximale Laktatwerte nach dem Rennen, 400-m-Hürden (mmol/l)	$16,1 \pm 2,0$	$18,4 \pm 2,5$
Durchschnittliche HF nach dem Aufwärmen, 400-m-Hürden (bpm)	128	-
Durchschnittliches Laktatlevel vor dem Start, 400-m-Hürden (mmol/l)	$4,0 \pm 0,5$	$8,4 \pm 2,4$

Quelle: Gupta, Goswami,Mukhopadhyay (1999), Zouhal et al. (2010)

Bei der Studie von Zouhal et al. (2010) wurden Testungen zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt. Die Abstände zwischen diesen betrugen, ebenso wie bei Gupta, Goswami und Mukhopadhyay (1999), in etwa 7 Tage. Bei beiden Studien wurden die Herzfrequenzen mit einem Gerät von Polar (Sport Tester S 610i bei erst genannter und Sporttester PE-3000 bei zweit genannter Studie) ermittelt. Die durchschnittlichen maximalen Herzfrequenzen der beiden Disziplinen unterscheiden sich bei der älteren Studie nicht

signifikant, wohingegen dies bei der aktuelleren der Fall war. Ein Erklärungsansatz für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte das zum Zeitpunkt der zweiten Studie bereits besser entwickelte und vermutlich auch genauere Gerät sein. Als möglicher Grund dafür, wieso die durchschnittliche maximale Herzfrequenz bei der zweiten Studie im 400-m-Hürdenlauf niedriger ist, könnte die niedrigere Laufgeschwindigkeit genannt werden.

Der Umstand, dass die Laktatwerte vor dem Start bei Zouhal et al. (2010) deutlich höher als bei der anderen Studie sind, kann darauf zurück geführt werden, dass hier bereits eine Minute nach dem Aufwärmen gemessen wurde. Bei Gupta, Goswami und Mukhopadhyay (1999) hingegen geschah dies 3 Minuten nach dem warm-up.

Die Ergebnisse bei der Laktatmessung in der ersten Studie sind nicht signifikant, die der zweiten allerdings schon. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Teilnehmer der zweiten Studie, welche die Hürdendistanz deutlich langsamer absolvierten als die der ersten, über eine schlechtere Laktattoleranz verfügen. Ebenso sind die Werte vor dem Start hier bereits doppelt so hoch wie bei der anderen Studie, auch wenn, wie bereits erwähnt, nicht zum selben Zeitpunkt gemessen wurde. Nach Gupta, Goswami und Mukhopadhyay (1999) wurden bei der Flachstrecke deshalb höhere Werte ermittelt, weil hier mit höherer Geschwindigkeit gelaufen wurde als bei der Hürdenstrecke.

Ein weiterer Einflussfaktor auf die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den beiden Studien kann auch die leicht unterschiedliche Gruppengröße der Testpersonen sein ($n=8$ und $n=6$) und die unterschiedlichen physiologischen Merkmale der Probanden. Die Athleten der aktuelleren Studie sind im Durchschnitt größer und schwerer als die der älteren.

Des Weiteren wurde bei der Studie von Zouhal et al. (2010) ein standardisiertes Aufwärmen durchgeführt, was bei der anderen Studie nicht der Fall war, oder zumindest nicht angeführt worden ist und dadurch eine geringere Vergleichbarkeit der Ergebnisse vorliegt.

Die Studie von Zouhal et al. wurde 2010 durchgeführt, die von Gupta, Goswami und Mukhopadhyay 1999. Wie auch bei den verwendeten Pulsmessgeräten ist anzunehmen, dass bei erst genannten auch bei den anderen Messungen neuere Technologien verwendet wurden.

Des Weiteren gilt festzuhalten, dass bei beiden Studien die Differenzen der Zeiten zwischen Hürden- und Flachstrecke relativ groß sind. Bei beiden wurde die Runde ohne Hürden um fast sieben Sekunden schneller bewältigt. Bei Zouhal et al. (2010) sind neben den Testzeiten auch die durchschnittlichen Bestleistungen der Athleten angegeben. Betrachtet man diese, ist keine so hohe Differenz zwischen 400-m- und 400-m-Hürden, sondern die in der Literatur beschriebenen zwei bis drei Sekunden, zu vermerken. Dies kann daran liegen, dass der 400-

m-Hürdenlauf äußerst anspruchsvoll ist und beispielsweise Probleme im Schrittrhythmus gleich zu einer deutlich langsameren Endzeit führen können.

4.3 Laktatlevel und Kreatinkinase Aktivität im Kurz- und Langhürdensprint

In einer Studie von Krysciak, Podgorski und Eichler (2015) wurden die biochemischen Reaktionen nach einem 110-m- und einem 400-m-Hürdenlauf ermittelt und ein Vergleich zwischen den beiden Disziplinen erstellt. Dazu wurden acht männliche Athleten in beiden Disziplinen getestet, und deren kapillares Blut der Fingerspitzen vor und nach dem Aufwärmen, sowie drei Minuten nach der Belastung abgenommen, um die Laktatkonzentration und die Kreatinkinase (CK) Aktivität zu ermitteln. Das Kreatinkinase Level wurde herangezogen, um die muskuläre Ermüdung zu quantifizieren. Der CK-Anstieg ist einerseits vom Geschlecht abhängig, andererseits können die erreichten Werte bei gleicher Belastung von Sportler/in zu Sportler/in unterschiedlich ausfallen. Selbst nach einmaliger Belastung ist noch mehrere Wochen lang eine „muskuläre Adaptation“ nachzuweisen (Urhausen, Kindermann, 2000, S. 229). Aufgrund dieses hohen interindividuellen Unterschieds des Anstiegs des CK-Levels erscheint es schwierig, dieses als vergleichbaren Parameter für die verschiedenen Disziplinen heranzuziehen. Weiters gibt es auch sogenannte „Non-Responder“ (Kindermann., 2016, S. 344), welche wenig bis gar nicht mit einem CK-Anstieg auf sportliche Belastung reagieren. In Ausnahmefällen sind allerdings CK-Werte über 1000 U/L möglich (Kindermann, 2016, S. 344).

Zusätzlich zu den Laktat- und Kreatinkinasewerten wurden die erreichten Zeiten und Herzfrequenzwerte ermittelt. Ergebnisse der Studie sind, dass die Laktatkonzentration und die CK-Aktivität nach beiden Disziplinen und nach dem Aufwärmen erhöht waren, deutlicher war dies nach dem 400-m-Hürdenlauf ausgeprägt (Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 179).

Wie auch schon in den vorangegangenen Studien festgestellt wurde, halten Krysciak, Podgorski und Eichler (2015, S. 180) fest, dass bei maximalen Belastungen um eine Minute also bei solchen wie dem 400-m- und 400-m-Hürdensprint die anaerobe Abspaltung von Glykogen zum Einsatz kommt, gleichzeitig aber auch die aerobe Energiebereitstellung eine Rolle spielt. Beim 100-m- beziehungsweise 110-m-Hürdensprint ist die anaerobe Energiebereitstellung mit der Abspaltung von Kreatinphosphat dominant. Belastungen um eine Minute führen zu erhöhten Ansammlungen von Laktat, Kreatin und Wasserstoffionen. Die Studie von Krysciak, Podgorski und Eichler (2015) hatte es zum Ziel, einen Vergleich dieser Stoffwechselprodukte zwischen dem Kurzhürdensprint und dem 400-m-Hürdensprint zu ziehen.

Die getesteten Athleten waren durchschnittlich rund 23 Jahre alt, 1,82 m groß und wogen durchschnittlich in etwa 75 kg. Unter den Athleten befanden sich vier Spezialisten des 110-m- und vier des 400-m-Hürdensprints. Die Tests wurden, nach einem standardisierten Aufwärmen, an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt, zuerst die kürzere, dann die längere Distanz. Die Herzfrequenz von den Athleten wurde mit einem Gerät von Polar gemessen (Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 180).

Bei der Diskussion der Ergebnisse führen Krysciak, Podgorski und Eichler (2015, S. 181) an, dass die getesteten Athleten hinsichtlich ihrer anthropologischen Merkmale eine sehr heterogene Gruppe repräsentieren. Allerdings konnten unter den Weltklasseläufern ähnliche Unterschiede hinsichtlich Körpergröße und Gewicht festgestellt werden, sie stellen demnach ebenfalls keine homogene Gruppe dar. Die getesteten Athleten unterscheiden sich somit nicht signifikant von den Hürdenläufern der internationalen Spitze.

Die Athleten liefen die Langhürdenstrecke im Vergleich zu den zuvor angeführten Studien (Zouhal et al., 2010, Gupta, Goswami, Mukhopadhyay, 1999) deutlich langsamer, die Testung der Kurzhürden ergab durchschnittlich in etwa 14,5 bis 17,30 Sekunden. Die durchschnittlichen Herzfrequenzen während des gesamten Rennens ergaben beim Kurzhürdensprint in etwa 178 bpm. Beim 400-m-Hürdenlauf waren es rund 185bpm, somit ist das Ergebnis mit den vorhergegangenen Studien nicht ident, aber vergleichbar (Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 181).

Die Konzentrationen von Laktat und Kreatinkinase betrugen nach dem Langhürdensprint in etwa 15 mmol/l und 420 U/L. Die Werte waren hier signifikant ($p < 0,01$) höher als nach dem 110-m-Hürden-Rennen. Bei beiden Distanzen waren die gemessenen Werte sowohl hinsichtlich der Laktat-, als auch der CK-Konzentration, nach der Belastung signifikant höher als vor dieser (Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 181).

Es existieren nur sehr wenige Studien, welche sich mit den Werten der Kreatinkinase des Flachsprints beschäftigt haben. Klapcińska et al. (2001, in Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 182) stellten beim 300-m-Lauf einen Anstieg von rund 50 U/L im Vergleich zu dem Werte vor und nach dem Rennen fest. Die vorliegende Studie konnte mit einem Anstieg von in etwa 50 U/L nach dem 110-m-Hürdenlauf und einem Anstieg von rund 90 U/L nach dem 400-m-Hürdenlauf ähnliche Ergebnisse vermerken.

Krysciak, Podgorski und Eichler (2015, S. 182) weisen auf Autoren hin, welche beim 100-m-Sprint, im Gegensatz zum 110-m-Hürdensprint, keinen Anstieg der Kreatinkinase Aktivität feststellten. Dies wird damit erklärt, dass die Hürdenstrecke zum einen länger ist und somit in längerer Zeit bewältigt wird, und zum anderen das Überlaufen der Hürden eine höhere

muskuläre Beanspruchung mit sich bringt. Diese Gründe bedingen ein erhöhtes CK-Level nach dem 110-m-Hürdenlauf.

Auch bei der Laktatkonzentration nach dem Rennen konnten ähnliche Ergebnisse wie bei den vorangegangenen Studien ermittelt werden. Weiters ergab der Vergleich von 110-m- und 400-m-Hürden, dass die Konzentration nach der längeren Strecke höher ist (Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 182).

Beim 100-m-Sprint werden nach dem Lauf in etwa 9 mmol/l Laktat gemessen, bei der 110-m-Hürdenstrecke sind es rund 12 mmol/l. Bezüglich der Laktatwerte nach dem Aufwärmen kamen Krysciak, Podgorski und Eichler (2015, S. 182) zu sehr ähnlichen Ergebnissen wie ihre Vorgänger. Die Tatsache, dass nach dem Aufwärmen bereits hohe Laktatwerte gemessen werden konnten, führte die Autoren zu der Aussage, dass es sich bei der Vorbereitung vor dem Wettkampf um eine hochintensive Belastung handelt (Krysciak, Podgorski, Eichler, 2015, S. 182).

Aus den Ergebnissen der Studie können nun zusammenfassend folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die Erkenntnis, dass nach dem 400-m-Hürdenlauf eine höhere Laktatkonzentration festgestellt werden kann, weist darauf hin, dass bei dieser Disziplin die anaerobe Glykolyse eine größere Rolle spielt als beim 110-m-Hürdenlauf.
- Dennoch kam es auch im Kurzhürdensprint zu signifikanten Laktatansammlungen, woraus geschlossen wird, dass auch hier die anaerobe Glykolyse bedeutend ist.
- Da die CK-Aktivität beim Langhürdensprint höher ist, ist anzunehmen, dass die muskuläre Ermüdung bei dieser Disziplin höher ist. Dies ist eine wichtige Erkenntnis für Trainer/innen, welche in die Planung der Erholungszeiten mit einbezogen werden muss.
- Die Erkenntnis, dass es nach dem Aufwärmen bereits zu hohen Laktatwerten kommt, muss ebenfalls in die Überlegungen miteinbezogen werden. Es ist darauf zu achten, die Intensität des Aufwärmens vor dem Training und Wettkampf richtig zu dosieren.

4.4 Verteilung von aerobem und anaerobem Energiestoffwechsel

Die Studie von Zouhal et al. (2010) untersuchte die Verteilung von aerobem und anaerobem Energiebereitstellungssystem beim 400-m- und 400-m-Hürdensprint. Es geht die Annahme voraus, dass beim Langhürdensprint durch die gegenüber der Flachstrecke langsamere Geschwindigkeit, die Energiebereitstellung zu einem größeren Anteil aerob geschieht, als bei der flachen Distanz.

Es wurde festgestellt, dass bei dem 400-m-Sprint ein größeres Sauerstoffdefizit auftritt als bei dem 400-m-Hürden-Sprint. Getestet wurden sechs männliche, in Frankreich auf nationaler Ebene erfolgreiche Athleten, zu drei Messzeitpunkten. Bei der ersten Messung wurden die VO_2max und die maximale aerobe Geschwindigkeit ermittelt, in der zweiten und dritten Einheit wurden 400-m- und 400-m-Hürden gelaufen, wobei die „accumulation oxygen deficit (AOD)“ Methode angewandt und das VO_2max ermittelt wurde (Zouhal et al., 2010).

Das Sauerstoffdefizit war den Ergebnissen nach mit $65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ beim 400-m-Lauf signifikant höher als bei der Hürdenstrecke mit $44,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$. Der Anteil der anaeroben Energiebereitstellung war, wie vorab angenommen, beim Langsprint mit 62,5% höher als jener beim Langhürdensprint mit 57% (Zouhal et al., 2010).

Das höhere Sauerstoffdefizit auf der Flachstrecke kann, laut Zouhal et al. (2010), dadurch erklärt werden, dass der Start und die ersten 100 m gegenüber der Hürdenstrecke schneller sind, und dass auch die durchschnittliche Geschwindigkeit eine höhere ist. Der Grund für diese Geschwindigkeitsunterschiede liegt darin, dass durch die Hürden ein gewisser Rhythmus vorgegeben ist, welcher auch die Laufgeschwindigkeit mitbestimmt.

Bei dem 400-m-Flachsprint kommt es aufgrund dieser höheren Geschwindigkeit zu einer höheren „neuronalen Rekrutierung“ und einer höheren „Feuerrate“ (Zouhal et al., 2010), was wiederum den höheren Anteil der anaeroben Glykolyse und somit auch das entstehende Sauerstoffdefizit bestimmt (Zouhal et al., 2010, S. 2313). Zusammengefasst bedeutet das also, dass eine höhere Geschwindigkeit auf einer höheren „neuronalen Rekrutierung“ und „Feuerrate“ basiert, was dann wiederum den Anteil an anaerober Energiebereitstellung bestimmt und somit auch das Sauerstoffdefizit (Zouhal et al., 2010).

Um die Verteilung von aerober und anaerober Energiebereitstellung darzulegen, kann auch der sogenannte „crossover point“ herangezogen werden (Zouhal et al., 2010). Damit ist der Zeitpunkt gemeint, wenn sich die Art der Energiebereitstellung ändert und der aerobe Weg der überwiegende wird. Außerdem wird der Verlauf der Verteilung von aerober und anaerober Energiebereitstellung dargestellt.

Beim 400-m-Hürdenlauf ist dieser Punkt in etwa zwischen der 10. und 15. Sekunde des Rennens. Zu Beginn ist die anaerobe Energiebereitstellung dominant, welche dann aber exponentiell abnimmt, während gleichzeitig der Anteil an aerober Energiebereitstellung zunimmt. Der Verlauf der Verteilung der beiden Wege ist für den 400-m-Hürdenlauf in Abbildung 23 dargestellt, das Karo steht für die anaerobe Energiebereitstellung, das Quadrat für die aerobe. (Zouhal et al., 2010).

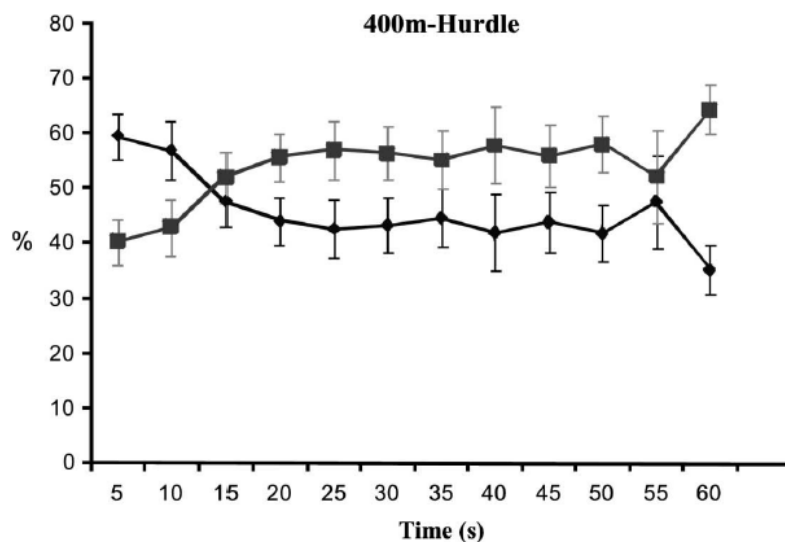


Abbildung 23: Aerobe und anaerobe Energiebereitstellung im 400-m-Hürdensprint (Zouhal et al., 2010)

Zouhal et al. (2010) treffen auf Basis ihrer Studie also die Annahme, dass die Leistungen, die über 400-m und 400-m-Hürden erbracht werden, stark im Zusammenhang mit dem Anteil an anaerober Energiegewinnung stehen. Wenn der/die Athlet/in die anaerobe Kapazität in hohem Maß nutzen kann, ist auch der Leistungs-output und damit auch die Geschwindigkeit, welche gehalten werden kann, größer.

Des Weiteren wird zusammengefasst, dass die Unterschiede zwischen Langsprint und Langhürdensprint wohl aus den unterschiedlichen „pacing strategies“ (Zouhal et al., 2010) resultieren. Das bedeutet, dass, der durch die Hürden zu haltende Rhythmus, welcher mitunter die Laufgeschwindigkeit bestimmt, diese Disziplin zu einer mehr kontrollierten und weniger explosiven macht und somit auch die aerobe Energiebereitstellung dominiert (Zouhal et al., 2010).

Die vorliegende Studie (Zouhal et al., 2010) ist die einzige, die die Anteile der Energiebereitstellungssysteme im 400-m-Hürdenlauf ermittelt hat. Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 152) haben dies für einige andere Disziplinen angegeben. Dies ist in Tabelle 12 ersichtlich.

Tabelle 12: Energiebereitstellungsanteile bei unterschiedlichen Laufstrecken

Strecke	Anaerob-alaktazid (%)	Anaerob-laktazid (%)	Aerob (%)
100 m	25	70	<5
200 m	15	60	25

400 m	12	43	45
800 m	10	30	60
1500 m	8	20	72
3000 m	5	15	80
5000 m	4	10	86
10000 m	3-2	12-8	85-90
42195 m	0	5-2	95-98

Quelle: adaptiert nach Strüder, Jonath, Scholz (2013, S. 152 nach Hartmann, 2004, in Anlehnung an Mader und Bompa)

Die vorliegenden Daten weichen bezüglich des 400-m-Laufs geringfügig von denen von Zouhal et al. (2010) ab. Hier ist der Anteil der aneroben Energiebereitstellung insgesamt bei 55%, bei der genannten Studie liegt dieser bei 62,5%.

Der aerobe Anteil beim 800-m-Lauf ist gegenüber dem beim 400-m-Lauf bereits deutlich höher, beim 100-m-Lauf ist er fast um die Hälfte niedriger. Die Kenntnis der Energiebereitstellung in der forcierten Disziplin gibt wichtige Hinweise für das Training (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 152).

5 Trainingsplanung des 400-m-Hürdensprints

5.1 Prinzipien des Trainings des Langhürdensprints

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln das Belastungs- und Beanspruchungsprofil des Langhürdensprints geklärt wurde, soll nun näher auf das Training dieser Disziplin eingegangen werden. Die wichtigsten Prinzipien des Trainings des 400-m-Hürdensprints, welche in den einzelnen Abschnitten bereits angeführt wurden, sollen hier noch einmal kurz erwähnt werden. Anschließend geben Strüder, Jonath und Scholz (2013) an, wie das Training des 400-m-Hürdensprints geplant werden soll, und wann welche Schwerpunkte zu setzen sind.

Es ist nach Iskra (2012, S. 27) schwierig, Talente in dieser Disziplin schon im jungen Alter zu identifizieren, man sollte allerdings nach großen Athleten/Athletinnen mit hoher Kraft-, Ausdauer-, Schnelligkeits- und Koordinationsfähigkeit Ausschau halten. Es ist nicht wirklich möglich, „den typischen 400-m-Hürdenläufer/die typische 400-m-Hürdenläuferin“ ausfindig

zu machen, da es in dieser Disziplin viele verschiedenen Typen gibt. Bei der Trainingsplanung des Langhürdensprints ist es deshalb besonders wichtig, die Analyse des Trainings von Athleten/Athletinnen mit möglichst ähnlichen physischen Voraussetzungen, wie die des zu trainierenden Athleten/der zu trainierenden Athletin, heranzuziehen (Iskra, 2012, S. 28).

Die Langhürden werden erst ab der U16-Klasse bei Wettkämpfen gelaufen, sie sollten aber bereits im Kindertraining Teil der Inhalte sein. In diesem sollte bereits geübt werden, mit beiden Seiten als Schwungbein und sowohl mit geraden, als auch ungeraden Rhythmen über Hindernisse und Hürden zu laufen. Auch das Überlaufen von Hürden in der Kurve sollte bereits trainiert werden. Das Training der schlechteren Seite hat auch einen Vorteil für den Kurzhürdensprint, da davon ausgegangen wird, dass das Training dieser auch die bessere Seite schult (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 336).

Ein wichtiger Begriff, wenn es um die Thematik des Überlaufens der Hürden mit beiden Beinen als Schwungbein geht, ist die funktionelle Asymmetrie des Gehirns (Iskra, Coh, 2011, S. 319), was bedeutet, dass die Hemisphären des Gehirns „funktionelle Ungleichheiten“ aufweisen (Spektrum.de, 2000). Die Lateralisation meint in diesem Zusammenhang nun, dass den Hemisphären unterschiedliche Fähigkeiten und Prozesse zuzuweisen sind (Spektrum.de, 2000). Die funktionelle Asymmetrie spielt in verschiedenen Sportarten eine Rolle, beispielsweise im Fußball oder im Basketball, wo der/die Spieler/in dazu fähig sein muss, mit beiden Beinen beziehungsweise Händen den Ball spielen zu können (Iskra, Coh, 2011, S. 319).

Beim 400-m-Hürdensprint ist das Problem der Lateralisation von Bedeutung, da es von Nachteil ist, eine besser geschulte Seite zu haben, da der/die Athlet/in häufig in die Situation kommt, die Hürde auch mit dem weniger präferierten Schwungbein überqueren zu müssen. Als das dominante Bein in dieser Disziplin gilt das linke, da beim Überlaufen in der Kurve mit diesem Bein die Auswirkungen der Zentrifugalkraft geringer gehalten werden können (Iskra, Coh, 2011, S. 319).

Die Tatsache, dass es notwendig ist, das Schwungbein während des Rennens zu wechseln, stellt eine gewisse Relevanz für das Training dar. Iskra und Coh (2011, S. 319) weisen auf Studien hin, welche zu dem Ergebnis kamen, dass Hürdenläufer/innen ihre Kraft mit dem geschulteren Schwungbein besser ausschöpfen und das schwächere beim Überlaufen der Hürde in einer anderen, wahrscheinlich weniger ökonomischen, Weise nutzen. Ebenso wie der/die Fußballspieler/in oder der/die Basketballspieler/in im Spiel fähig sein muss, sowohl mit dem linken als auch mit dem rechten Fuß, beziehungsweise der linken und der rechten Hand, zu spielen, muss demnach auch der/die 400-m-Hürdenläufer/in in der Lage sein,

während des Rennens, unter ermüdeten Bedingungen, beide Schwungbeinseiten zu benutzen. Dies gilt es, im Training zu beachten.

Bei der Trainingsplanung müssen weiters auch sowohl die individuellen Bedingungen, als auch die Umweltbedingungen miteinbezogen werden.

Als Individuelle Bedingungen sind die folgenden zu nennen:

- (Trainings-)Alter
- Leistungslevel
- Anthropometrische Parameter (Größe, Beinlänge)
- Hürdentechnik

Die Umweltbedingungen sind unter anderem:

- Wetter
- Bahn
- Ausrüstung

(Iskra, 2012, S. 30)

Das spezifische Training für den Langhürdensprint beginnt erst relativ spät, zunächst wird noch wie ein/e 400-m-Läufer/in und wie ein solcher/eine solche des Kurzhürdensprints trainiert. Erst mit fortgeschrittenerem Trainingsalter beginnt die Spezialisierung (Iskra, Coh, 2011).

Nach Iskra (1991, S. 50) ist eine gut entwickelte Ausdauer die wichtigste Komponente des 400-m-Hürdensprints. Das Training in diesem Bereich erlangt deshalb dementsprechende Bedeutung. Andere Fähigkeiten, wie die Schnelligkeit, Kraft, Beweglichkeit und Hürdentechnik dürfen aber keinen Falls außer Acht gelassen werden. Die technischen Fertigkeiten und das Level an Kraft des Athleten/der Athletin, sowie praktische Gegebenheiten wie zum Beispiel Trainingsmöglichkeiten im Umfeld des Athleten oder das verfügbare Equipment, müssen bei der Planung des Trainings miteinkalkuliert werden. Nur wenn all diesen Faktoren und Bedingungen Beachtung geschenkt wird, lässt sich das Training für den Athleten/die Athletin sinnvoll planen.

Das Training des 400-m-Hürdenlaufs stellt im Prinzip eine Mischung aus dem Lang- und dem Hürdensprint dar. Das Langsprinttraining verlangt gegenüber dem Kurzspinttraining höhere Trainingsumfänge. Sowohl in den Wochenkilometern als auch in der Trainingshäufigkeit ist das 400-m- und 400-m-Hürdenttraining umfangreicher als das des

Kurzsprints. Es wird hier mehr im aeroben und anaeroben Bereich trainiert (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 276).

5.2 Periodisierung des 400-m-Hürdentrainings

Im Abschnitt „Periodisierung des Ausdauertrainings“ wurde bereits diskutiert, wann welche Inhalte der Ausdauer und Schnelligkeitsausdauer innerhalb des Trainingsjahres durchgeführt werden. Im Folgenden wird dies nun für die gesamten Inhalte des Langhürdentrainings getan.

Die Planung von Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 343) ist in Makro-, Meso- und Mikrozyklen unterteilt. Beim Makrozyklus handelt sich um den „Formaufbau“ (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 65), ausgerichtet auf einen Saisonhöhepunkt. Dieser Zyklus dauert, je nachdem ob es sich um eine Einfach- oder Doppelperiodisierung handelt, ein halbes oder ein ganzes Jahr. Häufig wird eine Doppelperiodisierung gewählt, bei welcher die Planung auf eine Hallen- und Freiluftsaison ausgelegt wird, das entspricht zwei Makrozyklen.

Innerhalb eines Makrozyklus kann außerdem noch in Vorbereitungs- und Wettkampfperiode unterteilt werden. Die Vorbereitungsperiode der Hallensaison fällt oft umfangreicher aus als die der Freiluftsaison und wird nochmals in allgemeine und spezielle Vorbereitung unterteilt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 343).

Ein weiterer wichtiger Begriff ist die Übergangsperiode, welche sich bei der Doppelperiodisierung zwischen den beiden Makrozyklen befindet. Sie dient dazu, dass sich der/die Athlet/in sowohl psychisch als auch physisch von der Saison erholen kann. Hier werden zur Leichtathletik alternative Sportarten forciert (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 66).

Die Makrozyklen werden in Mesozyklen unterteilt. Die Dauer eines Mesozykluses wird in den Trainingsplanungen unterschiedlich ausgelegt, er dauert aber in etwa 4-7 Wochen. Bei einer Doppelperiodisierung von jeweils vier Mesozyklen werden in den ersten beiden die allgemeine und spezielle Vorbereitung durchgeführt, im vierten, und zum Teil bereits in Form von Vorbereitungswettkämpfen im dritten Mesozyklus, finden die Wettkämpfe statt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 66).

Der Mikrozyklus ist häufig der Zeitraum einer Woche, kann im Hochleistungssport aber auch nur eine halbe Woche, in der Kinderleichtathletik hingegen bis zu zwei Wochen dauern. Der letzte Mikrozyklus eines Mesozykluses wird häufig zur Regeneration und Testung genutzt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 66).

In Tabelle 13 führen Strüder, Jonath und Scholz (2013, S. 342) die Trainingsinhalte von vier Mesozyklen im Aufbau- und Hochleistungstraining des 400-m-Hürdentrainings an.

Tabelle 13: Trainingsinhalte nach Mesozyklen

	Inhalte
1. Mesozyklus	Aerobes Ausdauertraining; (teils reaktives) Kraftausdauertraining der Beine und des Rumpfes; hypertrophieorientiertes Maximalkrafttraining vor allem der Beine und des Rumpfes; grundlagenorientiertes Reaktivkrafttraining der Beine; Flexibilitätstraining; Koordinations- (Sprint-/Sprung-Abc) und langhürdenspezifisches Techniktraining
2. Mesozyklus	Aerobes Ausdauertraining; anaerobes Ausdauertraining: (reaktives) Kraft- und Schnelligkeitsausdauertraining; hypertrophie-, IK- und bindegewebsorientiertes Maximal- und Reaktivkrafttraining vor allem der Beine und des Rumpfes; hürdenspezifisches Flexibilitätstraining; spezielles Koordinationstraining: greifendes/ziehendes Sprinten und Langhürdentechnik
3. Mesozyklus	Erhalt der aeroben Ausdauer; spezielles Schnelligkeitsausdauertraining mit erhöhten Intensitäten; IK- und bindegewebsorientiertes Maximal- und Reaktivkrafttraining vor allem der Beine und des Rumpfes; Schnelligkeitstraining mit höchsten Intensitäten; Hürdentechniktraining und spezifische Rhythmusschulung
4. Mesozyklus	Wettkämpfe und entsprechende Regeneration; Schnelligkeitsausdauertraining mit höchsten Intensitäten; IK- und bindegewebsorientiertes Maximal- und Reaktivkrafttraining vor allem der Beine und des Rumpfes; Schnelligkeits- und Beschleunigungstraining mit höchsten Intensitäten, Erhaltungsreize

Quelle: adaptiert nach Strüder, Jonath, Scholz (2013, S. 342)

Das Training geht von allgemeineren Inhalten auf ein solches mit gezielten Schnelligkeitsausdauer- und Hürdentechnikeinheiten hin. Im ersten Mesozyklus kommt ausschließlich aerobes Ausdauertraining zum Einsatz. Im Krafttraining wird ein Kraftausdauer- und „hypertrophieorientiertes Maximalkrafttraining“ der Beine und des Rumpfes durchgeführt. Das Beweglichkeitstraining kommt für den gesamten Körper zum Einsatz. Auch an der Hürdentechnik wird bereits gearbeitet, genauer an dem langhürdenspezifischen Hürdenschritt (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 342).

Im zweiten Mesozyklus kommt dann das anaerobe Ausdauertraining hinzu. Beim Krafttraining liegt der Fokus vermehrt auf dem Maximal- und Reaktivkrafttraining und das

Beweglichkeitstraining nimmt hürdenspezifische Formen an (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 342).

Im dritten Mesozyklus wird das aerobe Ausdauertraining erhalten und die Intensität des Trainings der Schnelligkeitsausdauer erhöht. Das Schnelligkeitstraining wird mit maximalen Intensitäten durchgeführt. Zusätzlich zum Hürdentechniktraining kommt nun auch die Schulung des Schrittrhythmus zwischen den Hürden zum Einsatz (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 342).

Im vierten und letzten Mesozyklus finden die Wettkämpfe statt, dementsprechend wird mehr Regenerationszeit eingeplant. Die Intensitäten des Schnelligkeitsausdauertrainings sind nun maximal, ebenso wie die des Schnelligkeits- und Beschleunigungstrainings (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S.342).

Nachdem nun beschrieben wurde, welche Inhalte in den jeweiligen Mesozyklen forciert werden, sollen nun Beispiele für Mikrozyklen des zweiten und vierten Mesozyklus gegeben werden. In Tabelle 14 und 15 sind demnach konkrete Beispiele von Wochenplanungen und den darin durchgeführten Inhalten angegeben. Sie sind auf das Hochleistungstraining ausgelegt.

Tabelle 14: Mikrozyklus im 2. Mesozyklus im Hochleistungstraining

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
V O R M I T T A G	Rumpfstabilisation und Bauchcrunches (20 min) Steigerungsläufe Krafttraining (50 min); Pyramidenprinzip; ischiocrurale Muskulatur, Quadriceps, Adduktoren, Reißen Tempowechselläufe (4 x 80 m)	nl-Läufe (10 x 60 m; Pause 15 sec) als Aufwärmen Anhocksprünge (5 x 2 Bahnen à 10 Hürden) Sprint-Abc (15-20 Bahnen) Techniksprünge (8x 60-80 m) variierende Armarbeit, Schrittlängen	Fußkräftigung (10 min) Steigerungsläufe (3 Wdh.) Kraftausdauerzirkel (3-4 Durchgänge; Belastung: 45 sec; Pause: 45 sec) Rumpfkraft, Beinkraft, Sprint-/Sprung-Abc Steigerungsläufe (4 x 80 m)	Einlaufen (6 min) Steigerungsläufe (3 Wdh.) barfuß Hürden-Abc und -imitation (20 min) Techniktraining Hürden (45 min) wöchentlich variierend, auch in Kurve, vor allem langhürden-, aber auch kurzhürdenspez	Einlaufen (6 min) Steigerungsläufe (3 Wdh.) barfuß Fußgelenkssprünge (5 x 15 Sprünge) alternativ Prellhopser Sprung-Abc (6-8 Bahnen) Hopserläufe, Steige- und Rhythmussprünge (je 4 Bahnen à 40 m)	Einlaufen (15 min) Steigerungsläufe (3 Wdh.) I3-Tempoläufe (3 Serien à 200, 300 und 500 m; Gehpause: jeweils 3, 4 und 10 min) 200 und 300 m auch mal über Hürden Auslaufen (10 Rasendiagonalen)	R U H E

		usw.		ifisch			
N A C H M I T T A G	Einlaufen (6 min) Steigerungsläufe (3 Wdh.) Fliegende Sprints (2 x 30 m, beliebiger Anlauf; Pause: 10 min) Tiefstarts (60, 50, 40, 30, 20 m; lange Pausen) in der Kurve Sprunglauf und Übersteiger (je 3 x 1 min im Wechsel; Pause: 6 min)	Einlaufen (15 min) Mobilisation (10 min) hürdenspezifisch Steigerungsläufe nl-Tempoläufe (Frinolli-Läufe: 3 x 4 x 2 Runden à ca. 240m; Pausen: 90 sec; Serienpause: 5-6 min) Anspannungs-Entspannungs-Dehnen (15 min) Auslaufen Tappings (8 x 5 sec)	Dauerlauf (45 min) Muskelaufbautraining (35 min), z.B. Bankdrücken, Latzug und 2 weitere variierende Armübungen; alternativ Boxen Rhythmus- und Frequenzkoordination (6-8 Bahnen)	Einlaufen (15 min) Steigerungsläufe (3 Wdh.) I3-Tempoläufe (2 x 5 x 150 m; Gehpause: 4-5 min; Serienpause: 10 min) auch mal mit Tempowechsel oder Fallschirm Anspannungs-Entspannungs-Dehnen (15 min) Auslaufen Abläufe (3 x 30 m)	nl-Läufe (8 x 80 m; Pause: 20 sec) Medizinballarbeit (30 min) alternativ Turnen Maximal-exzentrisches Krafttraining (40 min); ischicrurale Muskulatur, Ad- und Abduktoren, Hüftbeuger und -strecker, Bauchschläge usw. Spiel (30 min); z.B. Fußball	Dauerlauf (30 min) regenerativ; alternativ unbedingt auch Fahrradfahren, Schwimmen, Inlineskaten, Langlaufen usw. Anspannungs-Entspannungs-Dehnen (5 min) Rhythmus- und Frequenzkoordination	R U H E

Quelle: adaptiert nach Strüder, Jonath, Scholz (2013, S 344)

In diesem Mikrozyklus des zweiten Mesozyklus werden vorwiegend nl- und I3-Läufe angewandt. Die Schnelligkeitsausdauerläufe sollten sowohl mit, als auch ohne Hürden durchgeführt werden. Beim Krafttraining kommen zum einen Kraftausdauer- und zum anderen Maximalkrafttraining zum Einsatz. Die gewählten Intensitäten sind in diesem Mesozyklus noch niedriger, die Umfänge höher. Das Beweglichkeitsdehnen hat ebenfalls einen hohen Stellenwert in dieser Phase.

Tabelle 15: Mikrozyklus des 4. Mikrozyklus im Hochleistungstraining

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Einlaufen (6 min)	Einlaufen (6 min)	Dauerlauf (25 min)	Einlaufen (6 min)		Vorbereitungswettk	

min)	min)	min)	min)		ampf	
Maximal-exzentrische Krafttraining (15 min) Rumpf und Fuß	Steigerungsläufe (2 Wdh.)	Sprint-Abc (10-15 Bahnen)	Bauchschläge (2 x 5 sec)		- Einlaufen	
Steigerungsläufe	Tiefsprünge (3 x 6) von Kasten zu Kasten	Steigerungsläufe (3 Wdh.)	Krafttraining mit hoher Intensität (15 min) Reißen	R	- Anreizen der Rumpf- und Fußmuskulatur	R
Krafttraining mit hoher Intensität (20 min) ischocrurale Muskulatur und ¼-Schrittkniebeuge	Techniktraining Hürden (40 min) nach spezifischer Erwärmung: wettkampfgemäß, langhürden- oder auch mal kurzhürdenspezifisch	Rhythmusprüfung (4 x 30 m) maximal	Steigerungsläufe (2 Wdh.)	U	- 3 Steigerungsläufe	U
Tiefstarts (z.B. 20, 30, 40, 30 und 20 m; lange Pausen); 2 x alleine mit Korrektur, 3-4 x gegeneinander	I1-Tempoläufe (2 x 210 m; Pause: 15 min) aus dem Block bis zur 6. Hürde	nl-Tempoläufe (2 x 5 x 200 m; Gehpause: 90 sec; Serienpause: 5 min)	Anhocksprünge (3 x 2 Bahnen à 3 Hürden)	H	- Sprint-/Sprung-Abc	H
Fliegende Sprints (2 x 30 m, beliebiger Anlauf; Pause: 10 min)		Auslaufen (5 Rasenrunden)	Abläufe (2 Wdh.)	E	- 3 Tiefstarts	E
		Abläufe (3 x 30 m) maximal, gegeneinander	Tiefstarts (20, 30, 40, und 60 m; lange Pausen) gegeneinander		- Vorbelastung: 60 m	
					100-m-Wettkampf	
					Ggf. erneutes Aufwärmen, 4-5 Sprints aus dem Block bis zur 1.-3. Hürde	<i>Wird vor einem 400-m-Wettkampf kein Kurzstreckenwettkampf bestritten, können auf dem Aufwärmplatz 1-2 maximale 150-m-Sprints als Vorbelastung ausgeführt werden</i>
					400-m-Hürden-Wettkampf	
					Auslaufen	

Quelle: adaptiert nach Strüder, Jonath, Scholz (2013, S. 345)

Bei vorliegendem Mikrozyklus des vierten Mesozyklus werden I1-Tempoläufe, also solche mit höchster Intensität, fokussiert, aber auch das Training mit niedriger Intensität bleibt weiterhin Bestandteil, zum einen um die aerobe Ausdauer zu erhalten und zum anderen zur Förderung der Regeneration. Vor und während den Wettkampfphasen werden die Umfänge niedriger und die Intensitäten höher dosiert (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 345).

Es ist wichtig, im Wettkampf auch mal zwei Tage hintereinander ein 400-m-Hürden-Rennen zu bestreiten, um den/die Athlet/in auf das Laufen von Vor- und Endläufen in Großereignissen vorzubereiten. Wenn der/die Läufer/in noch nie zuvor zwei Rennen

innerhalb kürzester Zeit gelaufen ist, ist es sowohl von der mentalen Seite, als auch von der körperlichen Seite her eine ungewohnte Belastung. Anschließend muss ein paar Tage pausiert werden. Wenn eineinhalb und mehr Wochen kein Wettkampf stattfindet, ist es ratsam, auch wieder vermehrt im grundlagenorientierten Bereich zu trainieren (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 345).

6 Zusammenfassung

Bevor die Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel zusammengefasst werden, soll nochmals auf die eingangs formulierten Fragestellungen zurückgeblickt werden. Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit wurde auf die Beantwortung der folgenden Fragen abgezielt:

- Welche Belastungen wirken beim 400-m-Hürdensprint auf den Läufer/die Läuferin und welche Beanspruchungen lösen diese im Körper aus?
 - Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten machen einen erfolgreichen Hürdenläufer/eine erfolgreiche Hürdenläuferin aus? Welche körperlichen Voraussetzungen bringt er/sie mit?
 - Wie sollen diese Bereiche trainiert werden und welcher Stellenwert innerhalb des Trainings zur optimalen Leistung kommt den einzelnen Bereichen zu?

Zuallererst, um ein allgemeines Verständnis vom Langhürdensprint zu erlangen, wurde die Entwicklung von diesem umrissen und die Disziplin als solche charakterisiert. Im Anschluss daran wurden die nationalen und internationalen Bestenlisten der letzten sechs Jahre analysiert, um einen Überblick über die Leistungsentwicklung und –dichte zu bekommen, sowie um einen Vergleich zwischen nationalem und internationalem Niveau ziehen zu können. Aus dieser Weltstandsanalyse geht hervor, dass die Leistungsdichte im Vergleich zu dem internationalen Niveau relativ gering ist. Ebenso ist ein deutlicher Niveauunterschied zwischen den beiden betrachteten Klassen festzustellen.

Bei der Analyse der für die Leistung im 400-m-Hürdensprint relevanten Faktoren wurde gezeigt, dass sich das Belastungsprofil des Langhürdensprint als ein sehr umfangreiches charakterisieren lässt. Die Reizdauer liegt hier, je nach Geschlecht und Leistungsniveau, in der internationalen Spitze in etwa bei 47 bis 54 Sekunden und auf nationalem Topniveau zwischen 52 und 64 Sekunden.

Aus der Literatur geht eindeutig hervor, dass es sich bei der Schnelligkeitsausdauer um den wichtigsten Einflussfaktor auf die Leistung des 400-m-Hürdenlaufs handelt. Ebenso zentral sind die psychischen und kognitiven Fähigkeiten des Athleten/der Athletin, denn Läufer/innen dieser Distanz werden als sehr willensstarke, fokussierte und leistungsorientierte Typen

beschrieben. Zudem bringt der Langhürdensprint hohe technische und taktische Anforderungen mit sich. Überlegungen zur Wahl der Schrittrhythmen und zur Renneinteilung wurden erörtert und die Phasenstruktur des 400-m-Hürdensprints geschildert.

Zu dem Belastungsprofil des 400-m-Hürdenlaufs gehörend wurden außerdem die Kraftausdauer und die aerobe Ausdauer identifiziert, genauso wie die Schnelligkeit und die Reaktivkraft. Mittelmäßige bis große Athleten/Athletinnen, mit einem geringen Körperfettanteil und einem hohen Anteil an schnellen Muskelfasern werden als für diese Disziplin geeignet beschrieben, demnach spielen auch die anthropometrischen und genetisch determinierten Merkmale eine Rolle, um im Langhürdensprint erfolgreich zu sein. Außerdem müssen 400-m-Hürdenläufer/innen ein gewisses Maß an Flexibilität und Koordination aufweisen.

Nachdem das Belastungsprofil festgelegt, und das Training dieser für den Langhürdensprint relevanten Faktoren beschrieben wurde, wurden die daraus resultierenden Beanspruchungen geklärt. Dazu diente die Betrachtung der Studien von zwei Autoren. Es konnte festgestellt werden, dass es, von Autor zu Autor ein wenig abweichend, beim 400-m-Hürdensprint zu Laktatwerten um $16,1 \pm 2,0$ und $18,4 \pm 2,5$ mmol/l drei Minuten nach dem Rennen kommt. Bezüglich der Herzfrequenz kam aus der Literatur heraus, dass Langhürdensprinter/innen während des Rennens auf eine Herzfrequenz von durchschnittlich 177 ± 20 bpm kommen und dass Maximalwerte von 189 ± 5 und 193 ± 4 bpm ermittelt werden können. Ebenso konnte festgestellt werden, dass der Anteil an anaerober Energiebereitstellung während eines 400-m-Hürdenrennens bei 57% und der der aeroben bei 43 % liegt. Außerdem wurde herausgefunden, dass der aerobe Energiestoffwechsel beim Langhürdensprint mehr beansprucht wird, als beim flachen Langsprint.

Bei der Betrachtung des erhobenen Belastungs- und Beanspruchungsprofils ist nun festzustellen, dass sich der Langhürdensprint durch seine Komplexität und das breite Spektrum an Anforderungen von den übrigen Bewerben abhebt. Auch wenn dem 400-m-Hürdensprint, im Vergleich zu den anderen leichtathletischen Disziplinen, innerhalb der Literatur weniger Beachtung zukommt, kann abschließend gesagt werden, dass mit dieser die Forschungsfragen umfassend beantwortet werden konnten. Es wurde ein präzises Belastungs- und Beanspruchungsprofil erstellt, sowie Hinweise zur Gestaltung des Trainings der leistungsrelevanten Faktoren gegeben.

Literaturverzeichnis

- Apolin, M. & Redl, S. (2010): *Know-How in Sportkunde 2* (1. Aufl.). Wien: Verlag Hölder-Pichler-Tempsky
- Austrian Athletics – ölv (o.D.). Bestenliste. Zugriff am 19. September 2018 unter <https://www.oelv.at/de/statistik/bestenliste>
- Chamari, K., Chaouachi, A., Racinais, S. (2010). Anaerobic power and capacity. *Exercise Physiology: from a Cellular to an Integrative Approach*. Zugriff am 07. November 2018 unter https://www.researchgate.net/publication/229085181_Anaerobic_power_and_capacity
- Deutscher Leichtathletik-Verband (Hrsg.). (2012). *Jugend-Leichtathletik. Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für die Sprintdisziplinen im Aufbautraining*. Münster: Philippka-Sportverlag.
- Ditroilo, M., Marini, M. (2001). Analysis of the race distribution for male 400m hurdlers competing at the 2000 Sydney Olympic Games. *New Studies in Athletics*, 16(3), 15-30. Zugriff am 07. November 2018 unter http://www.hurdlecentral.com/Docs/Hurdles/300&400_Hurdles/Ditroilo&Marini_AnalysisOfTheRaceDistributionForMale400Hurdles%20.pdf
- Fabian, K., Eisenkolb, E., Sauermann, A. (1997). Praktikable Trainingssteuerung im leichtathletischen Langsprint durch Blutlaktatmessung. *Leistungssport*, 27(4), 14-16. Zugriff am 07. November 2018 unter https://www.iat.uni-leipzig.de/datenbanken/iks/open_archive/ls/lsp97_04_14_16.pdf
- Guex, K. (2012). Kinematic Analysis of the Women's 400m Hurdles. *New Studies in Athletics*, 27 (1/2), 41-51. Zugriff am 13. Oktober 2018 unter https://www.researchgate.net/publication/263026100_Kinematic_Analysis_of_the_Women%27s_400m_Hurdles
- Gupta, S., Goswami, A., Mukhopadhyay, S. (1999). Heart rate and blood lactate in 400 m flat and 400 m hurdle running: a comparative study. *Indian J Physiol Pharmacol*, 43(3), 361-366. Zugriff am 07. November 2018 unter https://www.ijpp.com/IJPP%20archives/1999_43_3/361-366.pdf
- Heck, H., Schulz, H. (2002). Methoden der anaeroben Leistungsdiagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53(7+8), 202-212. Zugriff am 07. November 2018 unter https://www.zeitschrift-sportmedizin.de/fileadmin/content/archiv2002/heft07_08/a01_78_02.pdf
- Hegner, J. (2006): *Training fundiert erklärt- Handbuch der Trainingslehre* (1. Aufl.). Magglinigen: INGOLDVerlag

Hottenrott, K., Seidel, I. (2017). *Handbuch Trainingswissenschaft – Trainingslehre*. Paderborn: Hofmann-Verlag

International Association of Athletics Federations (o.D.). 400 metres hurdles. Zugriff am 19. September 2018 unter <https://www.iaaf.org/disciplines/hurdles/400-metres-hurdles>

International Association of Athletics Federations (2017, 10. August). *WCH London 2017 Highlights - 400m Hurdles - Men - Final - Warholm wins!* [YouTube]. Abgerufen am 09. September 2018 unter <https://www.youtube.com/watch?v=bEW4nNW1CV0>

Iskra, J. (1991). Endurance in the 400 metres Hurdles. *New Studies in Athletics*, 6(2), 43-50. Zugriff am 08. November 2018 unter <https://www.iaaf.org/nsa/article/filter?&year=1991>

Iskra, J., Coh, M. (2011). Biomechanical studies on running the 400 m hurdles. *Human Movement*, 12(4), 315– 323. Zugriff am 13. Oktober 2018 unter <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/humo.2011.12.issue-4/v10038-011-0035-5/v10038-011-0035-5.pdf>

Iskra, J. (2012). Athlete Typology and Training Strategy in the 400m Hurdles. *New Studies in Athletics*, 27(1), 27-37. Zugriff am 08. November 2018 unter <https://www.iaaf.org/nsa/article/filter?&year=2012>

Iskra, J., Pietrzak, M., Paruzel-Dyja, M. (2015). The 400 meters hurdles event and the changes in the tactical race strategies in men prior and after the 2000. *Atletika 2015*, 32-38. Zugriff am 08. November 2018 unter https://www.fsport.uniba.sk/fileadmin/ftvs/kniznica/elektronicke_publicacie/zborniky/SB_ORNIK_ATLETIKA_2015.pdf#page=32

Kindermann, W. (2016). Kreatinkinase-Wert nach Sport. *Deutsches Ärzteblatt*, 113(19), 344-345. Zugriff am 08. November 2018 unter <https://www.aerzteblatt.de/pdf.asp?id=178782>

Krysciak, J., Podgorski, T., Eichler, A. (2015). Lactate concentration and creatine kinase activity after 110-m and 400-m hurdles races. *TRENDS in Sports Sciences*, 4(22), 179-184. Zugriff am 13. Oktober 2018 unter https://www.researchgate.net/profile/Tomasz_Podgorski/publication/293620401_Lactate_concentration_and_creatine_kinase_activity_after_110-m_and_400-m_hurdles_races/links/56b9d0b608ae3b658a8a2b35.pdf

Maassen, N., Schneider, G. (2011). Die kapilläre Laktatkonzentration als Maß für die Belastungsreaktion. *German Journal of Sports Medicine*, 62(4), 92-97. Zugriff am 08. November 2018 unter <https://www.germanjournalsportsmedicine.com/archiv/archiv-2011/heft-4/die-kapillaere-laktatkonzentration-als-mass-fuer-die-belastungsreaktion/>

- Péronnet, F. (2010). Lactate as an end-product and fuel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 61(5), 112-116. Zugriff am 23. September 2018 unter https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2010/heft05/10_bersicht_Peronnet_final_bg.pdf
- Robertson, M. (1990). The merits of speed-orientated as opposed to endurance-orientated training for the 400 metres Hurdles. *New Studies in Athletics*, 5(4), 29-32. Zugriff am 08. November 2018 unter <https://www.iaaf.org/nsa/article/filter?&year=1990>
- Schiffer, J. (2012). The 400m Hurdles. *New Studies in Athletics*, 27(1), 9-24. Zugriff am 08. November 2018 unter <https://www.iaaf.org/nsa/article/filter?&year=2012>
- Sportschau (2018, 10. August). *400 m Hürden Frauen: Sieg für Schweizerin Sprunger | European Championships 2018 | Sportschau* [Youtube]. Abgerufen am 09. September 2018 unter https://www.youtube.com/watch?v=arkg_t0uJpM
- Strüder H.K., Jonath U., Scholz K. (2013). *Leichtathletik. Trainings- und Bewegungswissenschaft – Theorie und Praxis aller Disziplinen*. Köln: Sportverlag Strauss
- Sucec, K. (2018). *Verhalten von Herzfrequenz, Laktatkonzentration und der subjektiven Belastungsempfindung beim vergleichenden Feldstufentest Tretroller vs. Tri-Scooter, Fahrrad vs. Swing-Bike und Laufen vs. Kangoo-Boots bei gesunden männlichen Probanden*. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Urhausen, A. Kindermann, W. (2000). Aktueller Marker für für die Diagnostik von Überlastungszuständen in der Trainingspraxis. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51(7+8), 226-232. Zugriff am 15. Oktober 2018 unter https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2000/heft07_08/a01_07800.pdf
- Ward, P. (2013, 14. Jänner). The Power-Capacity Continuum [Blog]. Zugriff am 07. November 2018 unter <http://optimumsportsperformance.com/blog/the-power-capacity-continuum/>
- Wiens, N. (o.D.). Training Considerations for the Long Hurdles. Zugriff am 08. November 2018 unter http://www.hurdlecentral.com/Docs/Hurdles/300&400_Hurdles/Wiens_Long_Hurdles.pdf
- Zouhal, H., Jabbour, G., Jacob, C., Duvigneau, D., Botcazou, M., Abderrahaman A. B., Prioux, J., Moussa, E. (2010). Anaerobic and aerobic energy system contribution to 400-m flat and 400-m hurdles track running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2309-2315. Zugriff am 08. November 2018 unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20703164>

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Tiefstart (Strüder, Jonath, Scholz, 103, S. 330).....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 2: Beschleunigung zur 1. Hürde (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 330).....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 3: Abstoß vor der Hürde (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 330).....</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 4: Hürdenüberquerung (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 331).....</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 5: Landung nach der Hürde (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 331)</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 6: Training von Schwung- und Nachziehbein (Schiffer, 2012, S. 19).....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 7: Training von linkem und rechtem Schwungbein (Schiffer, 2012, S. 19).....</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 8: Swiss turnabout (Schiffer, 2012, S. 20)</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 9: Schulung des Nachziehbeins (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 308).....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 10: Hürdenimitation am Turnkasten (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 307)</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 11: Hürden-ABC (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 308)</i>	<i>31</i>
<i>Abbildung 12: Schrittrhythmen zwischen den Hürden (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 325)</i> <i>.....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 13: Geschwindigkeitsverläufe von männlichen und weiblichen U18</i> <i>Läufern/Läuferinnen (Deutscher Leichtathletik-Verband, 2012, S. 156).....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 14: Schematische Darstellung der extensiven und intensiven Intervallmethode</i> <i>(Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 87)</i>	<i>47</i>
<i>Abbildung 15: Kräftigung des Nachziehbeins (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311)</i>	<i>62</i>
<i>Abbildung 16: Hürdensitzvariation 1 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 17: Hürdensitzvariation 2 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)</i>	<i>64</i>
<i>Abbildung 18: Hürdensitzvariation 3 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)</i>	<i>64</i>
<i>Abbildung 19: Hürdensitzvariation 4 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 310)</i>	<i>64</i>
<i>Abbildung 20: Hürdenübung im Liegen 1 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311).....</i>	<i>65</i>
<i>Abbildung 21: Hürdenübung im Liegen 2 (Strüder, Jonath, Scholz, 2013, S. 311).....</i>	<i>65</i>
<i>Abbildung 22: Herzfrequenzen beim 400-m- und 400-m-Hürdenlauf (Gupta, Goswami und</i> <i>Mukhopadhyay, 1999, S. 364).....</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 23: Aerobe und anaerobe Energiebereitstellung im 400-m-Hürdensprint (Zouhal et</i> <i>al., 2010)</i>	<i>79</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Durchschnittliche Zeiten der Ränge 1-3 und 1-8 der nationalen und internationalen Bestenliste der Männer nach Jahren</i>	<i>9</i>
<i>Tabelle 2: Durchschnittliche Zeiten der Ränge 1-3 und 1-8 der nationalen und internationalen Bestenliste der Frauen nach Jahren</i>	<i>10</i>
<i>Tabelle 3: Leistungsbestimmende Faktoren des Langhürdensprints</i>	<i>11</i>
<i>Tabelle 4: Start und Anlauf zur ersten Hürde: Fehler, Ursachen, Korrekturen</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 5: Hürdenüberquerung: Fehler, Ursachen, Korrekturhinweise.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 6: Zwischenhürdensprint: Fehler, Ursachen, Korrekturhinweise.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 7: Auslauf auf der Zielgerade: Fehler, Ursachen, Korrekturhinweise</i>	<i>36</i>
<i>Tabelle 8: Hürdenzwischenzeiten</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 9: Zubringerleistungen für den 400-m-Hürdensprint.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 10: Laktatwerte nach Intensitätsbereichen</i>	<i>70</i>
<i>Tabelle 11: Vergleich der beiden Studien</i>	<i>73</i>
<i>Tabelle 12: Energiebereitstellungsanteile bei unterschiedlichen Laufstrecken.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabelle 13: Trainingsinhalte nach Mesozyklen</i>	<i>84</i>
<i>Tabelle 14: Mikrozyklus im 2. Mesozyklus im Hochleistungstraining.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabelle 15: Mikrozyklus des 4. Mikrozyklus im Hochleistungstraining.....</i>	<i>86</i>

Lebenslauf

Anaben zur Person

Name:	Jana Flandorfer
Geburtsdatum, -ort:	14.09.1994, Wien
Familienstand:	ledig
Adresse:	Herzgasse 70/5; 1100 Wien
Telefonnummer:	0680/3031453

Ausbildung

Sept. 2017- Jan. 2018 Seit Oktober 2013	Auslandssemester (Erasmus) in Paris Lehramtsstudium Bewegung und Sport/Psychologie und Philosophie
2009-2013	BORG, Wiener Neustadt (Sportzweig) Abschluss: Reifeprüfung, 18.06.2013
2005-2009	Hauptschule, Scheiblingkirchen- Warth
2001-2005	Volksschule, Bromberg

Berufserfahrung

Seit Mai 2018	Lehrtätigkeit (Bewegung und Sport) GRG15 Auf der Schmelz
Winter 2017 und 2018	Schlehrerin auf Schulschikursen und im Robinson Club Nassfeld
Juli 2016, 2017 und 2018	ASKÖ, Obertraun; Wiener Jugenderholung Leichtathletiktrainerin; Betreuerin
Seit März 2017	Sports Monkeys, Wien; ATSV Ternitz Trainerin für Sportkurse; Leichtathletiktrainerin
2010-2016	Ferialpraktika und Geringfügigkeitsjobs

Zusatzqualifikationen

Seit November 2016 2012	Ausbildung zur Leichtathletik Instruktorin Staatlich geprüfte Fitinstruktorin Englisch: C1 Französisch: B2
----------------------------	---

Eidesstattliche Erklärung

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