

Aimé Jäschner

Entwicklung und Erprobung eines
leistungsdiagnostischen Verfahrens zur
biomechanisch orientierten Technikanalyse
der zweiten Beschleunigungsphase im
leichtathletischen Sprint

Diplomarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Impressum:

Copyright © 2010 GRIN Verlag
ISBN: 9783640786060

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/163654>

Aimé Jäschner

Entwicklung und Erprobung eines leistungsdiagnostischen Verfahrens zur biomechanisch orientierten Technikanalyse der zweiten Beschleunigungsphase im leichtathletischen Sprint

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Fakultät für Pädagogik

Institut für Sportwissenschaft und Sport

Lehrgebiet für Trainings- und Bewegungswissenschaften

Diplomarbeit

zur Erlangung des Grades eines Diplom-Sportwissenschaftlers

**„Entwicklung und Erprobung eines leistungsdiagnostischen
Verfahrens zur biomechanisch orientierten Technikanalyse der
zweiten Beschleunigungsphase im leichtathletischen Sprint“**

Vorgelegt von:

Aimé Jäschner

2010

Vorwort

Diese Diplomarbeit entstand in einer Bearbeitungszeit von gut sieben Monaten und wurde am 22. Dezember 2010 am Institut für Sportwissenschaft und Sport der Universität der Bundeswehr München für das Lehrgebiet der Trainings- und Bewegungswissenschaften eingereicht.

Zuerst möchte ich mich bei Herrn Tobias Heller, Trainer beim TSV 1860 München im Bereich Leichtathletik, für sein enormes Engagement bedanken. Durch die Bereitstellung von Probanden und der gemeinsamen Koordinierung von Terminabsprachen wurde diese Untersuchung erst möglich. Mein Dank gilt dabei auch allen Probanden, die ausnahmslos konzentriert und motiviert an den Messungen teilnahmen. Besonderer Dank gilt außerdem dem Diplomsportlehrer Andreas Born, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Lehrgebiet Trainings- und Bewegungswissenschaften und Leiter des bewegungs- und trainingswissenschaftlichen Labors. Mit seiner intensiven Betreuung während der gesamten Bearbeitungszeit dieser Arbeit stand er mir bei Fragen und Problemen zu jeder Zeit fachkundig und kompetent zur Seite. Nicht zuletzt durch seine Bewegungsvorstellungen gab er mir im Dialog stets wertvolle Gedankenanstöße und Ideen.

Aimé Jäschner,

Neubiberg, im Dezember 2010

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis	XXI
Abkürzungsverzeichnis.....	XXIII
1 Einleitung	1
2 Problemstellung.....	3
3 Theoretische Betrachtung der Thematik	5
3.1 Aktueller Forschungsstand im Sprint	5
3.1.1 Abgrenzung der einzelnen Laufabschnitte der Sprinttechnik.....	5
3.1.2 Die Phasenstruktur des „freien“ Sprintschrittes	8
3.2 Entwicklung eines Technikleitbildes des Sprints (2. Beschleunigungsphase)	11
3.2.1 Allgemeines zur Schrittlänge und Schrittfrequenz	11
3.2.2 Stützzugphase.....	13
3.2.3 Ausschwingphase	18
3.2.4 Kniehubschwungphase	21
3.2.5 Schwungzugphase	22
3.2.6 Allgemeine Merkmale	24
3.2.6.1 Maximale KSP-Geschwindigkeit in Laufrichtung	25
3.2.6.2 Schrittlänge	25
3.2.6.3 Schrittfrequenz	26
3.2.6.4 Verlauf der Oberkörpervorlage	26
3.2.6.4 KSP-Schwankung	27
3.2.6.5 Weg-Zeit-Kurve	28
3.2.7 Zusammenfassung des Technikleitbildes	29
4 Untersuchung der Bewegungskinematik	31
4.1 Methodik	31
4.1.1 Untersuchungsgut	31
4.1.2 Räumliche Gegebenheiten	32
4.1.3 Materielle Gegebenheiten	32

4.1.4	Messgeräte.....	32
4.1.4.1	Motion Analysis	33
4.1.4.2	Cortex Software 1.1.4.368.....	34
4.1.4.3	SIMI Motion 7.5	35
4.1.4.4	Videokamera	36
4.1.4.5	Startblock	37
4.1.5	Untersuchungsdesign.....	38
4.1.6	Untersuchungsdurchführung	38
4.1.6.1	Vorbereitungen der Aufnahmen.....	39
4.1.6.2	Durchführung der Aufnahmen	43
4.1.7	Bearbeitung der Aufnahmen.....	44
4.1.7.1	Zuordnung der Marker.....	44
4.1.7.2	Glätten.....	45
4.1.7.3	Schneiden	46
4.1.7.4	Bestimmung des besten Laufes	47
4.1.7.5	Virtuelle Marker	48
4.1.7.6	KSP-Berechnung.....	49
4.1.8	Auswertung der Daten.....	51
4.1.8.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	51
4.1.8.2	Messungen der Merkmale in der Stützzugphase	58
4.1.8.3	Messungen der Merkmale in der Ausschwingphase	61
4.1.8.4	Messungen der Merkmale in der Kniehubschwungphase	65
4.1.8.5	Messungen der Merkmale in der Schwungzugphase.....	66
4.1.8.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	68
4.2	Darstellung und Bewertung der Ergebnisse	69
4.2.1	Proband 1	69
4.2.1.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale.....	70
4.2.1.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	73
4.2.1.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	76
4.2.1.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	78
4.2.1.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase.....	80
4.2.1.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	83
4.2.2	Proband 2.....	86

4.2.2.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	86
4.2.2.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	89
4.2.2.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	92
4.2.2.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	94
4.2.2.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	96
4.2.2.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	99
4.2.3	Proband 3	102
4.2.3.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	102
4.2.3.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	106
4.2.3.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	108
4.2.3.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	111
4.2.3.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	112
4.2.3.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	115
4.2.4	Proband 4	118
4.2.4.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	118
4.2.4.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	122
4.2.4.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	124
4.2.4.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	127
4.2.4.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	129
4.2.4.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	132
4.2.5	Proband 5	134
4.2.5.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	134
4.2.5.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	138
4.2.5.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	141
4.2.5.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	143
4.2.5.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	145
4.2.5.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	148
4.2.6	Proband 6	150
4.2.6.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	150
4.2.6.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	154
4.2.6.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	157
4.2.6.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	160
4.2.6.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	162

4.2.6.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	165
4.2.7	Proband 7	167
4.2.7.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	167
4.2.7.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	171
4.2.7.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	173
4.2.7.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	176
4.2.7.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	178
4.2.7.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	181
4.2.8	Proband 8	183
4.2.8.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	184
4.2.8.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	188
4.2.8.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	190
4.2.8.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	193
4.2.8.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	195
4.2.8.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	198
4.2.9	Proband 9	201
4.2.9.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	201
4.2.9.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	205
4.2.9.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	207
4.2.9.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	210
4.2.9.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	212
4.2.9.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	215
4.2.10	Proband 10	217
4.2.10.1	Berechnung der allgemeinen Merkmale	218
4.2.10.2	Untersuchung der Merkmale zur Stützzugphase	221
4.2.10.3	Untersuchung der Merkmale zur Ausschwingphase	224
4.2.10.4	Untersuchung der Merkmale zur Kniehubschwungphase	226
4.2.10.5	Untersuchung der Merkmale zur Schwungzugphase	228
4.2.10.6	Zusammenfassung aller Schrittphasen	231
4.3	Diskussion der Ergebnisse	233
4.3.1	Methodenkritik	234
4.3.1.1	Untersuchungsgut	234
4.3.1.2	Aufnahme und Messgeräte	235

4.3.1.3	Auswertung	237
4.3.2	Interpretation der Ergebnisse	238
4.3.3	Ergebnisse der allgemeinen Merkmale	239
4.3.4	Ergebnisse der Stützzugphase.....	240
4.3.5	Ergebnisse der Ausschwingphase	241
4.3.6	Ergebnisse der Kniehubschwungphase	243
4.3.7	Ergebnisse der Schwungzugphase	243
4.3.8	Exemplarischer Vergleich zweier Probanden	245
4.4	Schlussfolgerungen	249
5	Ausblick.....	253
6	Zusammenfassung	255
7	Literaturverzeichnis.....	259
8	Anhang	263

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Phasenstruktur des Sprintschrittes – orthodoxer Ansatz	8
Abb. 2:	Phasenstruktur Sprint: hintere & vordere Schwung- und Stützphase	9
Abb. 3:	Phasenstruktur des Sprintschrittes – funktionaler Ansatz	10
Abb. 4:	Strukturierung des Sprintlaufs nach Tidow & Wiemann (1994, S. 19)	10
Abb. 5:	Impact – Beginn der Stützzugphase	13
Abb. 6:	Bild 1 – Guter Fußaufsatz (Ballen); Bild 2 – Schlechter Fußaufsatz (Ferse)	14
Abb. 7:	Geschwindigkeitsänderungen im KSP	16
Abb. 8:	Darstellung der Vektoren der Impulsänderung (Schritt 11 & 15 hier zu hoch)	17
Abb. 9:	Kontaktzeit der Stützzugphase während der zweiten Beschleunigungsphase ...	18
Abb. 10:	Altes (links) und neues Ende der Ausschwingphase (rechts)	19
Abb. 11:	Messpunkte der Hüftstreckung	20
Abb. 12:	Hüftstreckung bei Beginn (rechts) & Ende der Beschleunigungsphase (links) ...	21
Abb. 13:	Ende der Kniehubschwungphase mit gemessenen Winkel	22
Abb. 14:	Ende der Schwungzugphase	23
Abb. 15:	Hüftwinkelgeschwindigkeit	24
Abb. 16:	Verlauf der KSP-Geschwindigkeit in Laufrichtung	25
Abb. 17:	Verlauf der Oberkörpervorlage	27
Abb. 18:	Verlauf der Oberkörpervorlage eines rhythmischen Läufers	27
Abb. 19:	Betrachtung der KSP-Schwankung	28
Abb. 20:	Weg-Zeit-Kurve zweier Athleten	28
Abb. 21:	Infrarotkamera Typ Eagle	33
Abb. 22:	Cortex 1.1.4.368 der Firma Motion Analysis	35
Abb. 23:	SIMI Motion 7.5	36
Abb. 24:	Digitalkamera zur Aufnahme der Referenzvideos	37
Abb. 25:	Startblock - Typ Dynamic	37
Abb. 26:	Kameraaufstellungen mit jeweiligem Aufnahmebereich	40
Abb. 27:	Untersuchungsaufbau	41
Abb. 28:	Markerpositionen	42
Abb. 29:	Zuordnung der einzelnen Markerpunkte	45
Abb. 30:	Zuschneiden der Trackfiles	46

Abb. 31: Vergleich von zwei Läufen	48
Abb. 32: Berechnung der virtuellen Marker	49
Abb. 33: KSP-Berechnung in Cortex	50
Abb. 34: aY(KSP) zur Ermittlung von Impact, Abdruck und Take-Off	52
Abb. 35: Schrittlängenbestimmung	53
Abb. 36: Bestimmung der Beinlänge	54
Abb. 37: Verlauf der KSP-Geschwindigkeit in Laufrichtung (Beispiel)	54
Abb. 38: Winkel zur Bestimmung der Oberkörpervorlage	55
Abb. 39: Laden des TRC-Files in SIMI Motion	56
Abb. 40: Darstellung der Oberkörpervorlage in SIMI	56
Abb. 41: vertikale KSP-Schwankung	57
Abb. 42: Weg-Zeit-Kurve	58
Abb. 43: Unterschiedlicher Verlauf der KSP- Beschleunigungskurve	59
Abb. 44: Unterschiedlicher Verlauf der KSP- Beschleunigungskurve	60
Abb. 45: Bestimmung des Kniewinkels in Cortex	61
Abb. 46: Bestimmung Phasenende Ausschwingphase	62
Abb. 47: Darstellung Hüftwinkel in Cortex (oben) und SIMI Motion (unten)	64
Abb. 48: korrekte Winkelberechnung für Hüftstreckung in SIMI Motion	65
Abb. 49: Darstellung der Hüftwinkelgeschwindigkeit in SIMI Motion	67
Abb. 50: Punktdiagramm der Hüftwinkelgeschwindigkeit	67
Abb. 51: Balkendiagramm zur vertikalen Distanz zwischen Sprunggelenk und Hüfte	68
Abb. 52: Balkendiagramm zur Zusammenfassung der Schrittphasen	69
Abb. 53: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 1	70
Abb. 54: Screenshot vY(KSP), Proband 1	71
Abb. 55: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 1	71
Abb. 56: Schrittfrequenz, Proband 1	72
Abb. 57: Verlauf Körpervorlage, Proband 1	72
Abb. 58: vertikale KSP-Schwankung, Proband 1	73
Abb. 59: Weg-Zeit-Kurve, Proband 1	73
Abb. 60: Bodenkontaktzeit, Proband 1	74
Abb. 61: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 1	74
Abb. 62: Impulsänderung, Proband 1	75
Abb. 63: Wege im Kniegelenk, Proband 1	76

Abb. 64: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 1	76
Abb. 65: Hüftstreckung, Proband 1	77
Abb. 66: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 1	78
Abb. 67: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 1	78
Abb. 68: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 1	79
Abb. 69: Winkel max. Kniehub, Proband 1	79
Abb. 70: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 1	80
Abb. 71: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 1	80
Abb. 72: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 1	81
Abb. 73: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 1	82
Abb. 74: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 1	83
Abb. 75: Phasendauer Gesamt, Proband 1	84
Abb. 76: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 2	86
Abb. 77: Screenshot v _Y (KSP), Proband 2	87
Abb. 78: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 2	87
Abb. 79: Schrittfrequenz, Proband 2	88
Abb. 80: Verlauf Körpervorlage, Proband 2	88
Abb. 81: vertikale KSP-Schwankung, Proband 2	89
Abb. 82: Weg-Zeit-Kurve, Proband 2	89
Abb. 83: Bodenkontaktzeit, Proband 2	90
Abb. 84: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 2	90
Abb. 85: Impulsänderung, Proband 2	91
Abb. 86: Wege im Kniegelenk, Proband 2	91
Abb. 87: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 2	92
Abb. 88: Hüftstreckung, Proband 2	92
Abb. 89: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 2	93
Abb. 90: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 2	94
Abb. 91: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 2	94
Abb. 92: Winkel max. Kniehub, Proband 2	95
Abb. 93: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 2	96
Abb. 94: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 2	96
Abb. 95: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 2	97
Abb. 96: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 2	98

Abb. 97: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 2.....	99
Abb. 98: Phasendauer Gesamt, Proband 2	100
Abb. 99: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 3.....	103
Abb. 100: Screenshot vY(KSP), Proband 3	103
Abb. 101: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 3.....	104
Abb. 102: Schrittfrequenz, Proband 3	104
Abb. 103: Verlauf Körpervorlage, Proband 3	105
Abb. 104: vertikale KSP-Schwankung, Proband 3.....	105
Abb. 105: Weg-Zeit-Kurve, Proband 3	106
Abb. 106: Bodenkontaktzeit, Proband 3.....	106
Abb. 107: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 3.....	107
Abb. 108: Impulsänderung, Proband 3	107
Abb. 109: Wege im Kniegelenk, Proband 3	108
Abb. 110: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 3	108
Abb. 111: Hüftstreckung, Proband 3	109
Abb. 112: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 3.....	110
Abb. 113: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 3	110
Abb. 114: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 3.....	111
Abb. 115: Winkel max. Kniehub, Proband 3.....	111
Abb. 116: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 3	112
Abb. 117: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 3.....	113
Abb. 118: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 3	113
Abb. 119: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 3.....	114
Abb. 120: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 3.....	115
Abb. 121: Phasendauer Gesamt, Proband 3	116
Abb. 122: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 4	119
Abb. 123: Screenshot vY(KSP), Proband 4	119
Abb. 124: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 4.....	120
Abb. 125: Schrittfrequenz, Proband 4	120
Abb. 126: Verlauf Körpervorlage, Proband 4	121
Abb. 127: vertikale KSP-Schwankung, Proband 4.....	121
Abb. 128: Weg-Zeit-Kurve, Proband 4	122
Abb. 129: Bodenkontaktzeit, Proband 4.....	122

Abb. 130: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 4.....	123
Abb. 131: Impulsänderung, Proband 4	124
Abb. 132: Wege im Kniegelenk, Proband 4	124
Abb. 133: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 4	125
Abb. 134: Hüftstreckung, Proband 4	126
Abb. 135: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 4	126
Abb. 136: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 4	127
Abb. 137: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 4	127
Abb. 138: Winkel max. Kniehub, Proband 4	128
Abb. 139: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 4	129
Abb. 140: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 4	130
Abb. 141: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 4	130
Abb. 142: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 4	131
Abb. 143: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 4.....	132
Abb. 144: Phasendauer Gesamt, Proband 4	133
Abb. 145: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 5.....	135
Abb. 146: Screenshot vY(KSP), Proband 5	136
Abb. 147: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 5.....	136
Abb. 148: Schrittfrequenz, Proband 5	137
Abb. 149: Verlauf Körpervorlage, Proband 5	137
Abb. 150: vertikale KSP-Schwankung, Proband 5.....	138
Abb. 151: Weg-Zeit-Kurve, Proband 5	138
Abb. 152: Bodenkontaktzeit, Proband 5.....	139
Abb. 153: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 5.....	139
Abb. 154: Impulsänderung, Proband 5	140
Abb. 155: Wege im Kniegelenk, Proband 5	141
Abb. 156: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 5	141
Abb. 157: Hüftstreckung, Proband 5	142
Abb. 158: Kniegeschwindigkeit bei Ende der Ausschwingphase, Proband 5.....	142
Abb. 159: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 5	143
Abb. 160: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 5.....	144
Abb. 161: Winkel max. Kniehub, Proband 5	144
Abb. 162: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 5.....	145

Abb. 163: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 5	146
Abb. 164: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 5	146
Abb. 165: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 5	147
Abb. 166: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 5.....	148
Abb. 167: Phasendauer Gesamt, Proband 5	149
Abb. 168: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 6	151
Abb. 169: Screenshot vY(KSP), Proband 6	152
Abb. 170: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 6.....	152
Abb. 171: Schrittfrequenz, Proband 6	153
Abb. 172: Verlauf Körpervorlage, Proband 6	153
Abb. 173: vertikale KSP-Schwankung, Proband 6.....	154
Abb. 174: Weg-Zeit-Kurve, Proband 6	154
Abb. 175: Bodenkontaktzeit, Proband 6.....	155
Abb. 176: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 6.....	156
Abb. 177: Impulsänderung, Proband 6	156
Abb. 178: Wege im Kniegelenk, Proband 6	157
Abb. 179: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 6.....	158
Abb. 180: Hüftstreckung, Proband 6	158
Abb. 181: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 6	159
Abb. 182: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 6	160
Abb. 183: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 6.....	160
Abb. 184: Winkel max. Kniehub, Proband 6	161
Abb. 185: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 6.....	162
Abb. 186: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 6	162
Abb. 187: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 6	163
Abb. 188: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 6	164
Abb. 189: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 6.....	164
Abb. 190: Phasendauer Gesamt, Proband 6	165
Abb. 191: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 7	168
Abb. 192: Screenshot vY(KSP), Proband 7	168
Abb. 193: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 7.....	169
Abb. 194: Schrittfrequenz, Proband 7	169
Abb. 195: Verlauf Körpervorlage, Proband 7	170

Abb. 196: vertikale KSP-Schwankung, Proband 7	170
Abb. 197: Weg-Zeit-Kurve, Proband 7	171
Abb. 198: Bodenkontaktzeit, Proband 7.....	171
Abb. 199: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 7.....	172
Abb. 200: Impulsänderung, Proband 7	173
Abb. 201: Wege im Kniegelenk, Proband 7	173
Abb. 202: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 7	174
Abb. 203: Hüftstreckung, Proband 7	174
Abb. 204: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 7	175
Abb. 205: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 7	176
Abb. 206: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 7.....	177
Abb. 207: Winkel max. Kniehub, Proband 7	177
Abb. 208: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 7.....	178
Abb. 209: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 7	179
Abb. 210: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 7	179
Abb. 211: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 7.....	180
Abb. 212: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 7.....	181
Abb. 213: Phasendauer Gesamt, Proband 7	182
Abb. 214: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 8.....	184
Abb. 215: Screenshot vY(KSP), Proband 8	185
Abb. 216: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 8.....	185
Abb. 217: Schrittfrequenz, Proband 8	186
Abb. 218: Verlauf Körpervorlage, Proband 8	186
Abb. 219: vertikale KSP-Schwankung, Proband 8.....	187
Abb. 220: Weg-Zeit-Kurve, Proband 8	187
Abb. 221: Bodenkontaktzeit, Proband 8.....	188
Abb. 222: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 8.....	189
Abb. 223: Impulsänderung, Proband 8	189
Abb. 224: Wege im Kniegelenk, Proband 8	190
Abb. 225: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 8.....	190
Abb. 226: Hüftstreckung, Proband 8	191
Abb. 227: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 8	192
Abb. 228: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 8	193

Abb. 229: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 8.....	194
Abb. 230: Winkel max. Kniehub, Proband 8	194
Abb. 231: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 8.....	195
Abb. 232: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 8	196
Abb. 233: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 8	196
Abb. 234: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 8	197
Abb. 235: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 8.....	198
Abb. 236: Phasendauer Gesamt, Proband 8	199
Abb. 237: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 9	202
Abb. 238: Screenshot vY(KSP), Proband 9	202
Abb. 239: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 9.....	202
Abb. 240: Schrittfrequenz, Proband 9	203
Abb. 241: Verlauf Körpervorlage, Proband 9	204
Abb. 242: vertikale KSP-Schwankung, Proband 9.....	204
Abb. 243: Weg-Zeit-Kurve, Proband 9	205
Abb. 244: Bodenkontaktzeit, Proband 9.....	205
Abb. 245: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 9.....	206
Abb. 246: Impulsänderung, Proband 9	207
Abb. 247: Wege im Kniegelenk, Proband 9	207
Abb. 248: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 9	208
Abb. 249: Hüftstreckung, Proband 9	209
Abb. 250: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 9	209
Abb. 251: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 9	210
Abb. 252: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 9.....	210
Abb. 253: Winkel max. Kniehub, Proband 9	211
Abb. 254: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 9.....	212
Abb. 255: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 9	213
Abb. 256: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 9	213
Abb. 257: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 9	214
Abb. 258: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 9.....	215
Abb. 259: Phasendauer Gesamt, Proband 9	216
Abb. 260: max. KSP-Geschwindigkeiten, Proband 10.....	218
Abb. 261: Screenshot vY(KSP), Proband 10	219

Abb. 262: Untersuchung der Schrittlänge, Proband 10.....	219
Abb. 263: Schrittfrequenz, Proband 10.....	220
Abb. 264: Verlauf Körpervorlage, Proband 10	220
Abb. 265: vertikale KSP-Schwankung, Proband 10.....	221
Abb. 266: Weg-Zeit-Kurve, Proband 10.....	221
Abb. 267: Bodenkontaktzeit, Proband 10.....	222
Abb. 268: Geschwindigkeitsänderungen im KSP, Proband 10.....	222
Abb. 269: Impulsänderung, Proband 10	223
Abb. 270: Wege im Kniegelenk, Proband 10	223
Abb. 271: Phasendauer Ausschwingphase, Proband 10	224
Abb. 272: Hüftstreckung, Proband 2	224
Abb. 273: Kniegeschwindigkeit am Ende der Ausschwingphase, Proband 10	225
Abb. 274: Screenshots, Ende Ausschwingphase; Proband 10	226
Abb. 275: Phasendauer Kniehubschwungphase, Proband 10.....	227
Abb. 276: Winkel max. Kniehub, Proband 10	227
Abb. 277: Screenshots, Ende Kniehubschwungphase; Proband 10.....	228
Abb. 278: Phasendauer Schwungzugphase, Proband 10	229
Abb. 279: Hüftwinkelgeschwindigkeit, Proband 10	229
Abb. 280: Horizontale Distanz Sprunggelenk – Hüfte, Proband 10	230
Abb. 281: Screenshots, Ende Schwungzugphase; Proband 10.....	231
Abb. 282: Phasendauer Gesamt, Proband 10	232

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Technikleitbild im Überblick	29
Tab. 2: Probandenübersicht	31
Tab. 3: Entfernungen der Kameras zum L-Frame (in Metern).....	39
Tab. 4: Markerpositionen an Gelenkpunkten.....	42
Tab. 5: Positionen der Referenzmarker.....	42
Tab. 6: Differenzen und Prozente der max. KSP-Geschwindigkeit in Laufrichtung	55
Tab. 7: Berechnung des Hüftwinkels zur Horizontalen im maximalen Kniehub.....	66
Tab. 8: Zusammenfassung, Proband 1	85
Tab. 9: Zusammenfassung, Proband 2	100
Tab. 10: Zusammenfassung, Proband 3	117
Tab. 11: Zusammenfassung, Proband 4	133
Tab. 12: Zusammenfassung, Proband 5	149
Tab. 13: Zusammenfassung, Proband 6	166
Tab. 14: Zusammenfassung, Proband 7	182
Tab. 15: Zusammenfassung, Proband 8	200
Tab. 16: Zusammenfassung, Proband 9	216
Tab. 17: Zusammenfassung, Proband 10	232
Tab. 18: Interpretation der Ergebnisse der allgemeinen Merkmale	240
Tab. 19: Interpretation der Ergebnisse der Stützzugphase	241
Tab. 20: Interpretation der Ergebnisse der Ausschwingphase	242
Tab. 21: Interpretation der Ergebnisse der Kniehubschwungphase	243
Tab. 22: Interpretation der Ergebnisse der Schwungzugphase.....	244
Tab. 23: Rangfolge nach 20m-Zeit anhand Körpergröße (Klassen).....	245
Tab. 24: Zusammenfassung der Merkmale, Proband 8 und 10	246
Tab. 25: Datenübersicht Proband 1	264
Tab. 26: Datenübersicht Proband 2	265
Tab. 27: Datenübersicht Proband 3	266
Tab. 28: Datenübersicht Proband 4	267
Tab. 29: Datenübersicht Proband 5	268
Tab. 30: Datenübersicht Proband 6	269

Tab. 31: Datenübersicht Proband 7	270
Tab. 32: Datenübersicht Proband 8	271
Tab. 33: Datenübersicht Proband 9	272
Tab. 34: Datenübersicht Proband 10	273

Abkürzungsverzeichnis

Δ	-	Differenz
A	-	Abdruck
a	-	Beschleunigung
Abb.	-	Abbildung
bzw.	-	beziehungsweise
ca.	-	circa
cm	-	Zentimeter
d.	-	des
et al.	-	et alii/aliae/alia (und andere)
f	-	und folgende (Seite)
ff	-	und folgende (Seiten)
F	-	Frequenz
Hz	-	Hertz
I	-	Impact
li	-	links
Kap.	-	Kapitel
kg	-	Kilogramm
km/h	-	Kilometer pro Stunde
KSP	-	Körperschwerpunkt
max.	-	maximal
m	-	Meter
M.	-	Musculus (der Muskel)
min.	-	minimal
Mm.	-	Musculi (die Muskeln)
mm	-	Millimeter
MS	-	Microsoft
n.a.	-	nicht angegeben
n.r.	-	nicht relevant

PC	-	Personal Computer
re	-	rechts
s	-	Strecke
S.	-	Seite
sec	-	Sekunde
SG	-	Sprunggelenk
t	-	Zeit
Tab.	-	Tabelle
tan	-	Tangenz
TO	-	Take-Off
u.a.	-	und andere
unv.	-	unvollständig
v	-	Geschwindigkeit
vgl.	-	vergleiche
z.B.	-	zum Beispiel

1 Einleitung

Es sind vor allem die Sprintdisziplinen, die bei den Olympischen Sommerspielen und Leichtathletik-Weltmeisterschaften die höchste Spannung bei den Zuschauern erzeugen. Der 100-Meter-Lauf ist nach dem 50- bzw. 60-Meter-Lauf die zweitkürzeste Laufstrecke in der Leichtathletik. Bei den Olympischen Sommerspielen ist die 100-Meter-Strecke die kürzeste Sprintdistanz. Diese ist vom 100-Yards-Lauf (91,44 m), wie er im 19. Jahrhundert in englischsprachigen Ländern durchgeführt wurde, abgeleitet. Seit Beginn der Olympischen Spiele der Neuzeit im Jahr 1896 in Athen, Griechenland, ist der 100-Meter-Sprint fester Bestandteil dieser Veranstaltung. Dabei ist bis heute eine stetige Verbesserung der Sprintleistungen zu beobachten: der Amerikaner Ralph Metcalfe stellte 1932 in Stanford mit einer Zeit von 10,64 sec den ersten elektronisch gestoppten Weltrekord auf. Bereits im Jahr 1968 gelang es Jim Hines vom Team der USA in Mexiko-Stadt erstmals mit einer Zeit von 9,95 sec die Zehn-Sekunden-Grenze zu durchbrechen. Seit 2008 ist der Jamaikaner Usain Bolt Weltrekordhalter im 100-Meter-Lauf. Seine in New York City aufgestellte Zeit von 9,72 sec verbesserte er zunächst noch im gleichen Jahr in Peking um 0,03 sec, ehe er am 16.08.2009 in Berlin einen weiteren Weltrekord mit einer Zeit von 9,58 sec aufstellte. Diese Entwicklung zeigt, dass durchaus Optimierungsmöglichkeiten im leichtathletischen Sprint bestehen, die auf die Technik zurück zu führen sind. Dennoch fällt es schwer eine allgemein gültige Idealtechnik zu beschreiben, da individuelle körperliche Merkmale der jeweiligen Sportler berücksichtigt werden müssen. In der bisherigen Geschichte des Kurzsprints wurde stets die Lauftechnik des amtierenden Weltrekordhalters als ideal anerkannt.

In der Fachliteratur findet man verschiedene Untersuchungen und Modelle zur Technikanalyse im Sprint. Hierbei ist vor allem auf die Arbeiten von BALLREICH & GABEL (1975), COH u.a. (1997), COH & TOMAZIN (2005) und MANN (2008) zu verweisen. Bei den genannten Untersuchungen handelt es sich um Bewegungsanalysen von Leistungs- und Hochleistungssportlern, die bereits über eine differenzierte Technik verfügen. Im Bereich der Nachwuchsförderung und -begleitung sind solche detaillierten Technikanalysen nur selten zu finden. Aus diesem Defizit heraus entstand die Idee, in Zusammenarbeit mit der Talentförderschule des TSV 1860 München, anhand von Athleten im Kinder- und Jugendalter ein leistungsdiagnostisches Verfahren zu entwickeln, um unter anderem Technikentwicklungen zu dokumentieren und determinierende Faktoren der

Sprinttechnik zu finden. Mit dieser Arbeit wird versucht, anhand verschiedener Quellen, leistungslimitierende Faktoren der Sprinttechnik zu finden, ein Technikleitbild zu erstellen sowie ein geeignetes Mess- und Auswerteverfahren für die Analyse des Sprints zu entwickeln. In Anlehnung an die Arbeiten von LOSCHAN (2009), JÄSCHNER & KOCHINKE (2010) und KOCHINKE (2010) befasst sich diese Diplomarbeit mit dem Abschnitt der hinteren Beschleunigungsphase (ca. 10-20 m), sodass mit Hilfe aller vier Arbeiten sowohl die Startphase, die beiden Beschleunigungsphasen als auch die Phase der maximalen Geschwindigkeit im Kurz sprint von Kindern und Jugendlichen beschrieben und leistungsdiagnostisch untersucht werden können.