

Biomechanische Entwicklungen des Startsprungs im Leistungsschwimmen – Eine empirische Analyse

Jonathan Ben Shlomo

ISBN: 978-3-86692-189-4

© Copyright 2012 WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr
Hohbergweg 15-17
77933 Lahr
info@whl-lahr.de
www.whl-lahr.de

Alle Rechte vorbehalten

**Biomechanische Entwicklungen
des Startsprungs im
Leistungsschwimmen – Eine
empirische Analyse**

Jonathan Ben Shlomo

Schriften der Wissenschaftlichen Hochschule Lahr

Herausgeber: Prof. Dr. Michael Klebl
JProf. Dr. Jörg Lindenmeier
Prof. Dr. Tristan Nguyen
Prof. Dr. Markus Pütz
Prof. Dr. Martin Reckenfelderbäumer
Prof. Dr. Bernd Remmele
Prof. Dr. Stephan Schöning

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Abstract.....	8
1 Einführung	9
1.1 Gliederung	10
1.2 Zielsetzung	12
2 Die Entwicklungen verschiedener Starttechniken	13
2.1 Parallelstart.....	13
2.2 Schrittstart	14
2.2.1 Front-weighted Schrittstart	14
2.2.2 Rear-weighted Schrittstart.....	15
2.3 Armschwung Start	16
2.3.1 Vergleich Parallelstart – Armschwung Start	17
2.3.2 Armschwung Start bei Staffeln	18
2.3.3 Zwischenfazit	20
2.4 Handle Start.....	21
2.4.1 Handle Start vs. Parallelstart.....	22
2.4.2 Zwischenfazit	23

3	Die Absprung-, Flug- und Eintauchphase	25
3.1	Flacher vs. steiler Start	25
3.2	Empirische Befunde zum Kriterium der Flug- und Eintauchphase.....	26
3.2.1	Studie mit elf Kraulsprintern	27
3.2.2	Vergleichsstudie mit fünf Kraulsprintern	31
3.2.3	Studie mit zwölf College Schwimmern	33
3.2.4	Weitere Studien.....	34
3.3	Zwischenfazit.....	34
4	Schrittstart vs. Parallelstart	37
4.1	Befund der Olympischen Spiele 2000 in Sydney – Schritt vs. Parallelstart.....	37
4.1.1.1	Zusammenfassung:	42
4.2	Parallel-, front- und rear-weighted Schrittstart	42
4.2.1.1	Zusammenfassung	46
4.3	Verschiedene ausgewählte Studien	46
4.3.1	Studie mit deutschen Kaderathletinnen.....	47
4.3.2	Studie mit serbischen Jugendlichen	48
4.3.3	Studie mit US-College Studenten.....	50
4.3.3.1	Zusammenfassung	51
4.4	Literaturüberblick	51

5	Effekt des Starttrainings.....	54
5.1	Untersuchung des Startsprungtrainings beim Parallel-, Schritt- und Handle Start.....	54
5.1.1	Startleistung	55
5.1.2	Korrelationen	56
5.1.3	Reaktionszeit.....	57
5.1.4	Blockzeit.....	57
5.1.5	Flugzeit und Flugweite	58
5.1.6	Körperschwerpunkt	59
5.2	Der Effekt von Feedback beim Startsprungtraining	60
5.3	Sprungkraftorientiertes Krafttraining im Schwimmen.....	61
5.3.1	Deutsche Studie zu den Auswirkungen eines startsprungorientierten Sprungkrafttrainings	61
5.3.2	weitere Studien	62
5.3.3	Kraftentwicklung beim Schrittstart	64
5.4	Zwischenfazit.....	65
6	Der neue Startblock OSB 11.....	67
6.1	Studienvergleich: Schrittstart vs. Kickstart auf dem neuen OSB 11 Startblock	68
6.2	Japanische Studie zum Kickstart.....	72

6.3 Vergleich Schrittstart vs Parallelstart auf dem neuen OSB 11 Startblock	74
6.4 Zwischenfazit.....	77
7 Fazit und Schlussbemerkung.....	79
Literaturverzeichnis	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Parallelstart.....	13
Abbildung 2: Front-weighted Schrittstart.....	14
Abbildung 3: Rear-weighted Schrittstart	15
Abbildung 4: Startposition beim Armschwung Start (Arme vorne).....	16
Abbildung 5: Startposition beim Armschwung Start (Arme hinten)	16
Abbildung 6: Varianten des Staffelstarts.....	19
Abbildung 7: Handle Start.....	22
Abbildung 8: Vergleich flacher vs. steiler Start	25
Abbildung 9: Volkov Start	27
Abbildung 10: Blockzeit bei den Olympischen Spielen in Sydney – Männer	39
Abbildung 11: Blockzeit bei den Olympischen Spielen in Sydney – Frauen	39
Abbildung 12: Startleistung bei den Olympischen Spielen in Sydney – Männer	40
Abbildung 13: Startleistung bei den Olympischen Spielen in Sydney – Frauen	41
Abbildung 14: Trainingseffekt der Startleistung	56
Abbildung 15: Durchschnittlicher Trainingseffekt eines gezielten Starttrainings	58
Abbildung 16: Der neue OSB 11 Startblock.....	67
Abbildung 17: Vergleich alter vs. neuer Startblock	71
Abbildung 18: Biomechanische Determinanten beim Kickstart.....	73
Abbildung 19: Vergleich alter vs. neuer Startblock nach bevorzugter Technik	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Staffelstarts im Vergleich	20
Tabelle 2: Vergleich Parallelstart vs. Handle Start bei Jugendlichen.....	23
Tabelle 3: Vergleich unterschiedlicher Startkriterien beim Absprung, Flug und in der Eintauchphase	28
Tabelle 4: Vergleich der Startkriterien: Flach / Steil / Volkov	31
Tabelle 5: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart mit flacher und steiler Eintauchphase	33
Tabelle 6: Vergleich Schrittstart vs. Parallelstart im Wettkampf – Befunde der Olympischen Spiele 2000 in Sydney	38
Tabelle 7: Erfahrung mit den drei verschiedenen Starttechniken	43
Tabelle 8: Subjektive vs. objektive Einschätzung der Startgeschwindigkeit bei 5 Meter.....	44
Tabelle 9: Vergleich der Startleistung bei drei verschiedenen Starttechniken: Parallelstart, Front-weighted- und Rear- weighted Schrittstart	44
Tabelle 10: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei deutschen Freistil- Sprinterinnen	47
Tabelle 11: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei 15-jährigen Leistungsschwimmern	49
Tabelle 12: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei US-College Schwimmern.....	50
Tabelle 13: Literaturüberblick Parallelstart vs. Schrittstart.....	52
Tabelle 14: Vergleich verschiedener Starttechniken vor und nach Training	55
Tabelle 15: Vergleich der Startperformance vor und nach Training.....	60
Tabelle 16: Deutsche und australische Studie im Vergleich.....	69

Tabelle 17: Vergleich Startblock ohne und mit Abdruckfläche.....72

Tabelle 18: Vergleich Starter nach ihrer ursprünglich bevorzugten
Starttechnik auf dem alten Startblock und dem neuen OSB 11
Startblock.....75

Abstract

Die Entwicklung neuer Weltrekorde im Schwimmen hat seit den Olympischen Spielen 2000 in Sydney mit rasantem Tempo zugenommen. Jedes Jahr wurden bei internationalen Schwimmmeisterschaften neue Rekorde aufgestellt und die teilweise nur wenige Wochen gültigen Traummarken erneut unterboten. Folgt man der öffentlichen Diskussion, wurde die Rekordflut der letzten Jahre fast ausschließlich auf die Entwicklung der neuen „Wunderanzüge“ zurückgeführt, die im Jahr 2009 jedoch von der FINA verboten wurden. Obwohl die Materialschlacht um die High-tech Anzüge viele Rekorde begünstigte, greift diese Betrachtungsweise zu kurz. Neben Veränderungen in den einzelnen Schwimmdisziplinen sind es vor allem disziplinübergreifende Fortschritte, die einen bedeutenden Einfluss auf die Schwimmzeiten haben. Dazu zählt insbesondere die Startleistung, die beim Wettkampfschwimmen eine immer wichtigere Rolle spielt. Entscheidend ist die Startleistung vor allem auf den kurzen Strecken, da die Absprunggeschwindigkeit als limitierender Faktor für die Gesamtleistung gilt.

Ziel der Arbeit ist es, basierend auf differierenden wissenschaftlichen Studien eine umfassende Analyse des Startsprungs beim Schwimmen vorzunehmen. Dabei soll ein fundierter Überblick in die biomechanischen Komponenten des Schwimmstarts beim Leistungsschwimmen gegeben werden, um für Trainer und Schwimmer mögliche Rückschlüsse für eine optimale Startleistung zu ziehen.

1 Einführung

Die Entwicklung neuer Weltrekorde im Schwimmen hat seit den Olympischen Spielen 2000 in Sydney mit rasantem Tempo zugenommen. Jedes Jahr wurden bei internationalen Schwimmmeisterschaften neue Rekorde aufgestellt und die teilweise nur wenige Wochen gültigen Traummarken erneut unterboten. Folgt man der öffentlichen Diskussion, wurde die Rekordflut der letzten Jahre fast ausschließlich auf die Entwicklung der neuen „Wunderanzüge“ zurückgeführt, die im Jahr 2009 jedoch von der FINA verboten wurden. Obwohl die Materialschlacht um die High-tech Anzüge viele Rekorde begünstigte, greift diese Betrachtungsweise zu kurz und vernachlässigt eine Fülle anderer Aspekte. Neben Veränderungen in den einzelnen Schwimmdisziplinen sind es vor allem disziplinübergreifende Fortschritte, die einen bedeutenden Einfluss auf die Schwimmzeiten haben. Dazu zählt insbesondere die Startleistung, die beim Wettkampfschwimmen eine immer wichtigere Rolle spielt. Entscheidend ist die Startleistung vor allem auf den kurzen Strecken, da die Absprunggeschwindigkeit als limitierender Faktor für die Gesamtleistung gilt (vgl. Wiedner/Pfeiffer, 2006; Kibele et al., 2006).

Der Einfluss der Startleistung auf die gesamte Schwimm-Performance wurde von Arellano et al. (1994) in den Sprintdisziplinen der Freistilstrecken (50, 100, 200 Meter) bei den Olympischen Spielen 1992 in Barcelona gemessen. Dabei wurde eine signifikant positive Korrelation zwischen Startleistung und der Gesamtzeit festgestellt. Mason/Cossor (2000) konnten diesen Zusammenhang für die Pan Pacific Championchips 1999 in Sydney übergreifend für fast alle Schwimmstrecken bestätigen. Eine Analyse der Startleistung bei den Olympischen Spielen 2000 in Sydney von Cossor/Mason (2001) zeigte, dass die Start-Performance bei der 15 Meter Kopfdurchgangszeit 26,1% der 50 Meter Freistil-Gesamtzeit beträgt. Maglisco (2003) misst dem Start bei einem 50 Meter Rennen etwa 10% der Gesamtzeit zu, während

es bei 100 Meter immerhin noch 5% sind. Lyttle/Benjanuvatra (2004) messen der Startperformance bei Sprintdisziplinen sogar bis zu 30% der Gesamtzeit zu. Diese Befunde geben Anlass dazu, die Startperformance genauer zu untersuchen und die Entwicklung des Startsprungs in den Mittelpunkt dieser Arbeit zu stellen.

Anders als beim 100 Meter Sprint in der Leichtathletik, in der die Geschwindigkeit in der ersten Hälfte des Rennens (bis zu ca. 40 Meter) beschleunigt wird, erzielt der Schwimmer beim Startsprung die höchste Geschwindigkeit. Deshalb gilt es, die Startgeschwindigkeit zu maximieren, den Geschwindigkeitsverlust beim Eintauchen so gering wie möglich zu halten und danach so lange wie möglich zu konservieren, um eine optimale Gesamtschwimmzeit zu erzielen.

Einerseits ist es also wichtig, den Startblock mit einer möglichst hohen Geschwindigkeit zu verlassen, andererseits sollte die Beschleunigungsphase nicht zu lange dauern. Ein langer Beschleunigungsweg korreliert positiv mit der resultierenden Absprunggeschwindigkeit, was zu einem gewissen Kompromiss dieser beiden Größen führen kann. Diesen trade-off zwischen einem schnellen Verlassen des Startblocks und einer möglichst hohen Beschleunigung gilt es, anhand geeigneter Studien zu beleuchten und ist ein weiterer Bestandteil dieser Arbeit.

1.1 Gliederung

Zunächst werden verschiedenen Starttechniken und deren historischen Entwicklungen in Kapitel 2 vorgestellt. Neben den beiden gängigsten Starttechniken – dem Parallel- und Schrittstart – werden weitere Startvarianten der letzten Jahrzehnte diskutiert. Dazu zählen verschiedene Varianten des Armschwung Starts, die heute noch speziell bei Staffelstarts praktiziert werden, sowie der Handle Start, eine Abwandlung des Parallelstarts, der eine relativ kurze Blockzeit ermöglichen soll.

Im dritten Kapitel gilt die Analyse der Absprung-, Flug- und Tauchphase. Zunächst sollen die theoretischen Grundlagen des flachen und steilen

Absprungs erläutert werden, bevor die empirischen Befunde im Mittelpunkt des Kapitels stehen. Anhand verschiedener Startkriterien, wie zum Beispiel Absprungwinkel, Eintauchwinkel, Flugweite etc., werden weitere Startvarianten identifiziert und diskutiert.

In Kapitel 4 steht der Vergleich von Parallel- und Schrittstart in Bezug auf die Startleistung im Fokus der Betrachtung. Beide Starttechniken zählen zu den am häufigsten verwendeten Startsprungtechniken und gelten in der Wissenschaft als beliebtes Forschungsfeld. Nachdem im ersten Teil des vierten Kapitels die Analyse der Starts bei den Olympischen Spielen 2000 in Sydney gewidmet wird, folgen zahlreiche ausgewählte Studien, die den Parallel- und Schrittstart gegenüberstellen. Dabei werden die biomechanischen Parameter Block- und Reaktionszeit, Körperschwerpunkt, Eintauchgeschwindigkeit, horizontale und vertikale Geschwindigkeit, Abflug- und Eintauchgeschwindigkeit, Flugweite, Flugdauer, Absprungs- und Eintauchwinkel sowie die Startperformance bei 5, 7,5 bzw. 15 Meter geprüft. Bei der Diskussion verschiedener Studien kristallisiert sich heraus, dass die Wissenschaft, trotz intensiver Forschungsleistungen widersprechende Ergebnisse in Hinblick auf die Startperformance liefert. Diese werden in einem Literaturüberblick am Ende des Kapitels zusammengefasst.

Wie wichtig das Startsprungtraining ist, belegen mehrere Studien und Gegenstand der Ausführungen in Kapitel 1. Maglischo (2003) resümiert in seinem Buch „Swimming fastest“, dass ein gezieltes Starttraining mindestens 0,1 Sekunden Verbesserung der Startperformance herbeiführen kann, die gemessen an der Leistungsdichte bei internationalen Wettkampfsentscheidungen über Sieg und Niederlage entscheiden können. Des Weiteren werden in diesem Kapitel der Trainingseffekt von einem Feedback des Trainers sowie die Auswirkungen eines gezielten Sprungkrafttrainings auf die Startperformance diskutiert.

Bei den Weltmeisterschaften in Shanghai im Sommer 2011 wurde erstmal bei einem großen internationalen Großereignis von einem neu entwickelten Startblock, dem OSB 11, gestartet. Dieser ist durch eine

längere Standfläche und eine verstellbare Fußstütze charakterisiert und ermöglicht einen stärkeren Abdruck beim weiterentwickelten Schrittstart – dem Kickstart. In Kapitel 1 steht die Analyse der Startperformance des Kickstarts im Vergleich zu den herkömmlichen Starttechniken im Zentrum der Analyse. Erste Untersuchungen mit dem neuen Startblock OSB 11 deuten darauf hin, dass der Kickstart anderen Starttechniken überlegen sein könnte.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, basierend auf differierenden wissenschaftlichen Studien eine umfassende Analyse des Startsprungs beim Schwimmen vorzunehmen. Dabei soll ein fundierter Überblick in die biomechanischen Komponenten des Schwimmstarts beim Leistungsschwimmen gegeben werden, um für Trainer und Schwimmer mögliche Rückschlüsse für eine optimale Startleistung zu ziehen. Damit liefert diese Arbeit einen wichtigen Beitrag zur wissenschaftlichen Forschung.

2 Die Entwicklungen verschiedener Starttechniken

Die Entwicklung der Schwimmstarts hat mit der Einführung des klassischen Parallelstarts 1960 durch Eric Hanauer Fahrt aufgenommen. Seitdem hat sich in den letzten fünfzig Jahren vieles verändert, während manches wie beispielsweise der Parallelstart heute noch nahezu unverändert im Schwimmen vorzufinden ist. Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass in dieser Arbeit ausschließlich die Startsprünge vom Startblock diskutiert werden, die für die meisten Schwimmdisziplinen (Freistil-, Kraul- Brust- und Delphinschwimmen, ausgenommen Rückenschwimmen), relevant sind.

2.1 Parallelstart



Abbildung 1: Parallelstart
Quelle: Internet, Zugriff 30.03.2011,
<http://blog.swimator.com/2011/03/track-start-vs-grab-start-explained.html>.

Der klassische Parallelstart (engl. grab start) ist die älteste und bis heute am häufigsten angewandte Starttechnik. Er wurde bereits in den 60er Jahren von Eric Hanauer ins Leben gerufen (vgl. Maglischo, 2003). Beim Parallelstart steht der Schwimmer mit beiden Beinen parallel vorne auf dem Startblock und die Zehen greifen über den vordern Rand des Startblocks. Die Füße sind ca. 15-30 Zentimeter auseinander, die Knie leicht gebeugt und die Hüfte stark

nach vorne gebeugt. Der Schwimmer greift mit den Händen den Startblock, entweder zwischen den Füßen oder außerhalb, zieht sich mit den Armen nach unten, baut also eine Spannung in den Armen auf und

lehnt sich dabei nach vorne (vgl. Abbildung 1). Beim Startsignal verlassen die Hände den Startblock und schnellen nach vorne in die Sprungrichtung. Dabei erfolgt der Absprung mit einer explosiven Bewegung aus den Beinen (vgl. Blanksby et al. 2002). Im weiteren Verlauf der Arbeit werden biomechanische Determinanten des Parallelstarts noch ausführlich diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Startperformance mit anderen Starttechniken verglichen.

2.2 Schrittstart

Neben dem Parallelstart ist der Schrittstart eine weit verbreitete und im Laufe der Jahre immer wieder modifizierte Starttechnik. Heute werden beim Schrittstart zwei Varianten unterschieden. Zum einen der front-weighted Schrittstart zum anderen der rear-weighted Schrittstart.

2.2.1 Front-weighted Schrittstart



Abbildung 2: Front-weighted Schrittstart
Quelle: Internet, Zugriff 30.03.2011,
<http://blog.swimator.com/2011/03/track-start-vs-grab-start-explained.html>.

Der front-weighted Schrittstart (engl. track start) wurde 1973 von Fitzgerald entwickelt. Der Schrittstart, bei dem der Körperschwerpunkt nach vorne verlagert wird, ist mit dem Parallelstart vergleichbar. Der wesentliche Unterschied besteht in der Beinstellung. Wie Abbildung 2 illustriert, ist ein Bein vorne auf dem Startblock, während die Zehen den Rand umgreifen und das andere Bein hinten auf dem Startblock steht. Das Hauptgewicht lastet auf dem vorderen Bein und der

Körperschwerpunkt ist somit relativ weit nach vorne verlagert (vgl. Abbildung 2). In der englischsprachigen Literatur ist deshalb auch als

Notation „front-weighted-“ oder „forward-weighted track start“ gebräuchlich. Ayalon et al. (1975) verwenden für den Schrittstart mit dem Gewicht auf dem vorderen Bein auch den Ausdruck „bunch start“.

2.2.2 Rear-weighted Schrittstart



Abbildung 3: Rear-weighted Schrittstart
Quelle: Internet, Zugriff 30.03.2011,
<http://blog.swimator.com/2011/03/track-start-vs-grab-start-explained.html>.

Rutemiller (1995) hat den Schrittstart modifiziert, indem das Gewicht auf das hintere Bein verlagert werden soll. Das stärkere Bein – definiert er als das Bein, mit dem man gegen einen Ball treten würde – steht auf dem Startblock vorne. Der Körperschwerpunkt, der durch die Verlagerung des Gewichts auf das hintere Bein – im Gegensatz zum front-weighted track start – versetzt wird, soll nach dem Startsignal auf das vordere Bein verschoben werden.

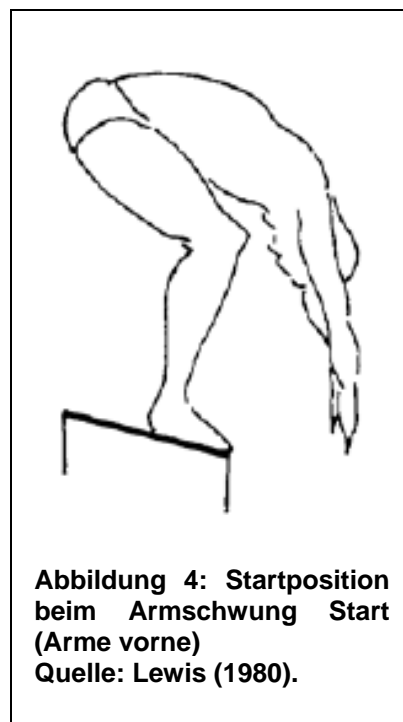
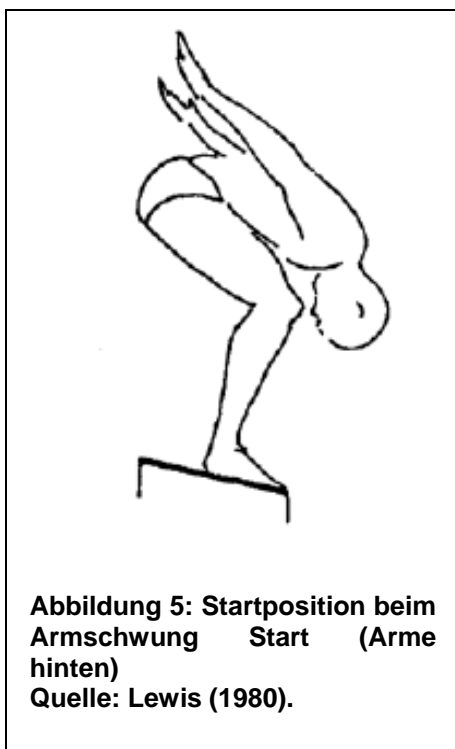
Die Armhaltung ist mit dem Schrittstart nach Fitzgerald vergleichbar, mit dem Unterschied, dass die Arme – durch die Veränderung des Körperschwerpunkts nach hinten – durchgestreckt sind und eine hohe Muskelspannung erkennen lassen (vgl. Abbildung 3). Der Schwimmer sollte beim Startkommando „Auf die Plätze“ sein Gewicht auf das hintere Bein verlagern und dabei eine möglichst große Körperspannung aufbauen. Beim Ertönen des Startsignals wird dem Schwimmer ein verlängerter Beschleunigungsweg ermöglicht, den es positiv zu nutzen gilt. Deshalb wird der rear-weighted Schrittstart in der englischsprachigen Literatur auch als „Slingshot“ also Schleuder- oder Katapultstart

bezeichnet (vgl. Sanders et al., 2008; Lyttle/Benjanuvatra, 2004; Seifert et al., 2011). Diese Schleuderbewegung geschieht, indem sich der Schwimmer mit den Armen kräftig am Startblock nach vorne zieht, das Gewicht vom hinteren auf das vordere Bein verlagert und dann mit dem starken vorderen Bein kraftvoll abspringt (vgl. Blanksby et al., 2002).

2.3 Armschwung Start

Während die beiden vorgestellten Starttechniken – Parallel- und Schrittstart – inzwischen die gängigsten Starttechniken sind, wurden verschiedene Startvarianten des Armschwung Starts viele Jahre lang praktiziert. Obwohl der Armschwung Start bei Einzelrennen von effizienteren Starttechniken abgelöst wurde, erfahren Variationen dieser Starttechnik bei Staffelrennen heute noch Anwendung. Bevor jedoch auf die Armschwung Starts bei Staffelrennen eingegangen wird, soll der Armschwung Start in seinen Grundzügen vorgestellt werden.

Zunächst wurden die Arme bei der Startposition nach hinten oben gestreckt, um beim Startsignal die Arme mit einer Schwungbewegung nach vorne schnellen zu lassen (vgl. Abbildung 5).



Eine Optimierung dieser Starttechnik ist der Armschwung Start, wobei die Arme in der Startposition vorne sind (engl. straight backswing, vgl. Abbildung 4). Diese Variante ermöglicht es beim Startsignal zuerst die Arme mit einer Ausholbewegung im Uhrzeigersinn nach hinten zu schwingen, um sie anschließend in Sprungrichtung nach vorne zu beschleunigen (vgl. Lewis, 1980; Maglischo, 2003). Vorteil dieser Technik ist der längere Beschleunigungsweg, der durch die Ausholbewegung entsteht und eine höhere Absprunggeschwindigkeit ermöglichen soll. Der straight backswing Start wurde durch den schnelleren kreisförmigen Schwungstart (engl. circular backswing start) ersetzt. Während die Startposition beim circular backswing Start gleich aussieht wie beim straight backswing Start, differiert die Armbewegung nach dem Startsignal. Aus der nach vorne hängenden Armposition werden die Arme kreisförmig nach oben hinten und dann nach unten und nach vorne beschleunigt. Diese Starttechnik ermöglicht es, den Körperschwerpunkt beim Schwingen der Arme nach oben hinten zunächst nach hinten zu verlagern, um anschließend, ohne Gegenbewegung, sondern in einer Kreisbewegung die Arme nach vorne zu schwingen und damit den Körper maximal zu beschleunigen (vgl. Lewis, 1980; Maglischo, 2003). Alle drei Armschwungstechniken wurden aufgrund der langen Schwungzeiten, welche erst nach dem Startsignal eingeleitet werden können und dadurch mit Zeitverlusten verbunden sind, weitestgehend durch die Parallelstarttechnik und den Schrittstart ersetzt.

2.3.1 Vergleich Parallelstart – Armschwung Start

Bereits in den 70er Jahren untersuchten Wissenschaftler die Unterschiede der Startleistung zwischen Parallelstart und Varianten des Armschwung Starts. Studien von Bloom et al. (1978), Bowers/Cavanagh (1975), Cavanagh et al. (1975), Jorgenson (1971), Michaels (1973), Roffer/Nelson (1972), Thorsen (1975), Van Slooten (1973) sowie bereits Winters (1968) und Hanauer (1967) bescheinigen dem Parallelstart eine Überlegenheit gegenüber dem konventionellen Armschwung Start. Hauptverantwortlich für die schnelleren Startzeiten des Parallelstarts ist die kurze Blockzeit

aufgrund der fehlenden Auftaktbewegungen beim Armschwung. Die Übertragung des Vorteils der kürzen Blockzeit auf eine insgesamt schnellere Startleistung belegt Thorsen (1975). Obwohl der kreisförmige Schwungstart eine höhere Absprunggeschwindigkeit ermöglicht, erreichten die Parallelstarter ca. 0,1 Sekunden schneller das Wasser als die Armschwung Starter. Bowers/Cavanagh (1975) bekräftigen die Überlegenheit des Parallelstarts gegenüber dem Armschwung Start, indem sie einen Startvorteil beim Parallelstart von 0,17 Sekunden nach 10 Yards (ca. 9,1 Meter) feststellen. Auch Person et al. (1998) sieht den Parallelstart gegenüber dem Armschwung Start im Vorteil, da die Hüfte und damit der Körperschwerpunkt beim Parallelstart weiter vorne liegt. Diesen Befund bestätigen Ayalon et al. (1975), Bloom et al. (1978), Gibson/Hold (1976), Guimaraes/Hay (1985), Lewis (1980) sowie Wilson/Marino (1983).

2.3.2 Armschwung Start bei Staffeln

Obwohl die Armschwungtechnik bei Einzelrennen seit Jahren nicht mehr praktiziert wird, ist die Bedeutung für Staffelwettkämpfe nach wie vor sehr beliebt. Die Popularität des Armschwung Starts bei Staffelwettkämpfen resultiert insbesondere daraus, dass der Armschwung des Startenden beim Anschwimmen des ankommenden Schwimmers vorbereitet werden kann. Der Nachteil der längeren Blockphase beim Armschwung Start kann durch gezieltes Staffelwechseltraining optimiert werden, so dass er anderen Starttechniken in Staffeln überlegen ist. Ein perfekter Staffelwechsel ist dadurch charakterisiert, dass der startende Schwimmer beim Anschlag des ankommenden Schwimmers bereits die Startbewegung begonnen hat und mit den Füßen gerade noch den Startblock berührt. Um diesen optimalen Staffelwechsel zu erzielen, ist ein gutes Timing notwendig. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass in Finalläufen bei großen internationalen Schwimmwettkämpfen wie Weltmeisterschaften oder den Olympischen Spielen durchschnittlich ein bis zwei Staffeln aufgrund eines Fehlstarts (der startende Schwimmer hat bereits den Startblock verlassen, bevor der ankommende Schwimmer

angeschlagen hat) disqualifiziert wurde. Ein optimales Timing ist Voraussetzung für einen perfekten Staffelwechsel, der gezielt trainiert werden sollte.

Der Frage, welcher Staffelstart der effektivste ist, gingen Takeda et al. (2010) nach. Sie untersuchten drei verschiedene Staffelstartvarianten auf ihre Startperformance. Dabei unterschieden sie den „No-step“, „Single-step“ sowie den „Double-step“ Start“, die alle drei in Abbildung 6 veranschaulicht sind. Teilnehmer der Studie waren acht gut trainierte männliche College-Schwimmer im Alter von $20 \pm 1,2$ Jahren mit einer durchschnittlichen Körpergröße von 1,78 Meter und einem Körpergewicht von 73,1 kg. Jeder Teilnehmer absolvierte von jeder Startvariante sechs Durchgänge. Dabei bestand jeder Durchgang aus einem ankommenden- und startenden Schwimmer. Gemessen wurden die horizontale Absprunggeschwindigkeit, die horizontale Geschwindigkeit beim

Absenken der Beine, der Absprungwinkel sowie die Staffelwechselzeit.

Letztere ist die Zeit, die vom Anschlag des ankommenden Schwimmers bis zum Verlassen des Startblocks des startenden Schwimmers vergeht.

Die Ergebnisse der Studie sind in Tabelle 1 dargestellt. Die

No-step start



Single-step start



Double-step start



Abbildung 6: Varianten des Staffelstarts
Quelle: Takeda et al. (2010).

horizontale Absprunggeschwindigkeit sowie der Absprungwinkel sind bei allen drei Startvarianten fast identisch. McLean et al. (2000) konnte im Gegensatz dazu eine signifikant höhere Absprunggeschwindigkeit beim Double-step Start im Vergleich zum No-step messen. Bei der Studie Takeda et al. (2010) ergaben die Geschwindigkeitsmessungen beim Absenken der Beine sowie die Staffelwechselzeit signifikante Unterschiede (vgl. Tabelle 1). Der No-step Start konnte sowohl eine höhere Geschwindigkeit beim Absenken der Beine (3,5 m/s) als auch eine kürzere Startzeit (0,02 Sekunden) gegenüber den Starts mit Schrittaufakt erzielen.

Staffelstarts im Vergleich			
Staffelstart Variante	No-step	Single-step	Double-Step
horizontale Absprunggeschwindigkeit (m/s)	4,09	4,09	4,13
horizontale Geschwindigkeit beim Absenken der Beine (m/s)	3,50	3,28	3,22
Absprungwinkel (°)	-11,92	-13,18	-13,70
Staffelwechselzeit (s)	0,02	0,05	0,09

Tabelle 1: Staffelstarts im Vergleich
Quelle: Takeda et al. (2010).

Neben den Resultaten, die aus Tabelle 1 hervorgehen, weisen die Autoren der Studie Takeda et al. (2010) darauf hin, dass sich bei den beiden Starts mit Auftaktschritten (Single-step und Double-step) die Fußstellung nicht optimal war. Des Weiteren wurden beim Single-Step und Double-step Start insgesamt acht Fehlstarts verursacht. Dieses Resultat ist ein Hinweis auf die Komplexität der Starts mit Auftaktschritt(en).

2.3.3 Zwischenfazit

Aus den Ergebnissen der Studie Takeda et al. (2010) bleibt festzuhalten, dass die Vorteile des No-step Starts überwiegen. Das gilt sowohl für die kürzere Staffelwechselzeit als auch für die Konstanz der Staffelwechsel. Andere Autoren wie zum Beispiel McLean et al. (2000) weisen darauf hin,

dass mit dem Double-step Start eine größere Absprunggeschwindigkeit gegenüber dem No-step Start erzielt werden kann. Diese werden durch die Resultate der Olympischen Spiele 2008 bestätigt. Hier praktizierten viele Spitzenschwimmer den Single-step bzw. Double-step Start erfolgreich.

Dem Fazit der Autoren Takeda et al. (2010), eine generelle Empfehlung für den No-step Start auszusprechen, stehe ich kritisch gegenüber. Für Anfänger bzw. Schwimmer, die keine bzw. wenig Zeit für Staffelwechseltraining investieren, mag die Empfehlung zwar stimmen, da der No-step Start einfacher im Timing ist und deshalb mehr Sicherheit bietet. Für Spitzenschwimmer sollte dieses Urteil jedoch noch einmal kritisch geprüft werden, da es durch ein gezieltes Staffelwechseltraining möglich sein sollte – auch mit den Auftaktschritten – die Wechselzeit auf ein Minimum zu reduzieren. Die Auftaktschritte könnten demnach gezielt zur Beschleunigung eingesetzt werden. Insgesamt könnte daraus eine höhere Absprunggeschwindigkeit resultieren, die den Staffelstart optimieren könnte.

2.4 Handle Start

Der Handle Start erfolgt auf einem speziellen Startblock (Anti Wave Olympic 2000 Start Block), der bei den Olympischen Spielen 2000 in Sydney eingeführt wurde. Das augenscheinliche Hauptmerkmal besteht aus den beiden Handgriffen, die seitlich am Startblock angebracht sind. Zu Studienzwecken haben Pearson et al. (1998) eine wasserfeste Kistler Kraftmessplattform sowie Dehnungsmessstreifen an den Startblock integriert. Dadurch konnten Signale mithilfe eines Programms (Ariel Performance Analysis System) ausgelesen, digitalisiert und ausgewertet werden.

Der Handle Start kann als modifizierter Parallelstart bezeichnet werden. In der Startposition wird das Nach-vorne Fallen verhindert, indem das Körpergewicht durch die Arme aufgefangen wird. Der Körperschwerpunkt wird, wie aus der Abbildung 7 ersichtlich

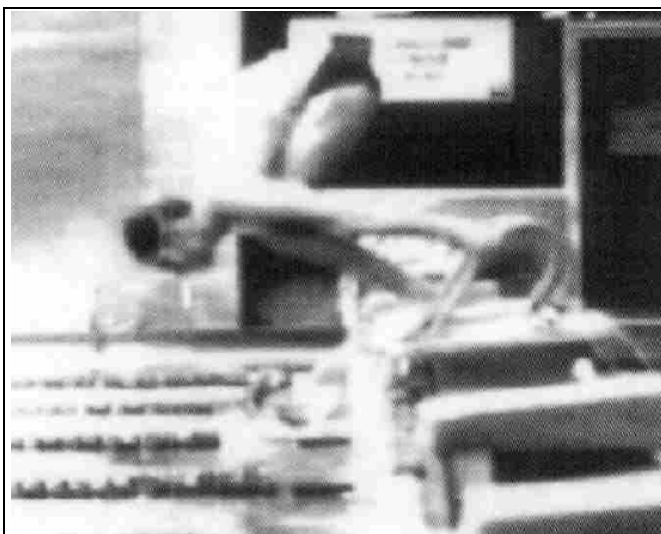


Abbildung 7: Handle Start
Quelle: Blanksby et al. (2002).

ist, nach vorne verlagert. Nach dem Startsignal soll der Schwimmer die Startgriffe loslassen und nach vorne überfallen. Die Arme sollten dann schnellstmöglich nach vorne geschwungen werden, während der Start durch einen kraftvollen Absprung mit beiden Beinen erfolgt. Obwohl der Handle Start aufgrund der weit nach vorne verlagerten Körperposition Vorteile in der Blockzeit vorweisen kann (vgl. Blanksby et al., 2002), hat sich diese Startvariante nicht gegen die beiden klassischen Starttechniken durchsetzen können.

2.4.1 Handle Start vs. Parallelstart

Wie bereits beschrieben, erfolgt der Handle Start auf einem auf einem speziellen Startblock, der bei den Olympischen Spielen 2000 in Sydney eingeführt wurde. Die seitlichen Griffe am Startblock sollen einen nach vorne verlagerten Körperschwerpunkt ermöglichen, der sich in einer kürzeren Blockzeit niederschlagen soll. Pearson et al. (1998) untersuchten diese neue Starttechnik im Vergleich zu der bis dato häufigsten verwendeten – dem Parallelstart. Zu diesem Zweck wurden 18 Jahrgangsschwimmer im Alter von $14,8 \pm 3,5$ Jahren, die auf nationaler Ebene starteten, getestet. Sie absolvierten jeweils zwei traditionelle Parallelstarts und zwei Handle Starts (vgl. Pearson et al., 1998).

Vergleich des traditionellen Parallelstarts mit dem Handle Start bei jugendlichen Leistungsschwimmern		
Starttechnik	Parallelstart	Handle Start
7m Durchgangszeit (s)	3,33	3,36
Blockzeit (s)	0,87	0,83
Flugzeit (s)	0,36	0,37
Flugweite (m)	2,91	2,85
Hüftposition horizontal (m)	-0,30	-0,10
horizontale Abfluggeschwindigkeit (m/s)	2,81	2,93

Tabelle 2: Vergleich Parallelstart vs. Handle Start bei Jugendlichen
Eigene Darstellung, Quelle: Pearson et al. (1998).

Für die Studie wurden der Startblock mit einer wasserfesten Kistler Kraftmessplattform sowie Dehnungsmessstreifen präpariert. Dadurch konnten die Signale mithilfe eines Programms (Ariel Performance Analysis System) ausgelesen und digitalisiert werden (vgl. Pearson et al., 1998).

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die Blockzeit mithilfe der Handle Starttechnik um 0,04 Sekunden signifikant schneller ist. Die kürzere Blockzeit ist durch die weit nach vorne verlagerte Hüftposition beim Start zu erklären, die beim Handle Start den Körperschwerpunkt signifikant um 0,2 Meter weiter nach vorne versetzt – verglichen mit dem Parallelstart. Die anderen getesteten Parameter weisen keine signifikanten Unterschiede in den beiden getesteten Starttechniken auf (vgl. Pearson et al., 1998).

2.4.2 Zwischenfazit

Zur Studie Pearson et al. (1998) ist anzumerken, dass, obwohl die Stichprobe relativ groß ist, Störfaktoren einen sensiblen Einfluss auf die Ergebnisse der Studie haben können. Das liegt zum einen an dem durchschnittlich relativ geringen Alter der Jugendlichen und zum anderen an dem kurzen Eingewöhnen an die neue Handle Starttechnik.

Insbesondere der Trainingsfaktor spielt bei der Veränderung der Startleistung eine große Rolle, wie in Kapitel 1 noch näher erläutert wird.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass der Handle Start, trotz eines signifikant nach vorne verschobenen Körperschwerpunkts und damit einer relativ kurzen Blockzeit, keine schnellere Startleistung im Vergleich zum Parallelstart erzielen konnte. Dies könnte ein ausschlaggebender Beweggrund sein, warum sich der Handle Start nicht gegenüber den klassischen Starttechniken etablierte.

3 Die Absprung-, Flug- und Eintauchphase

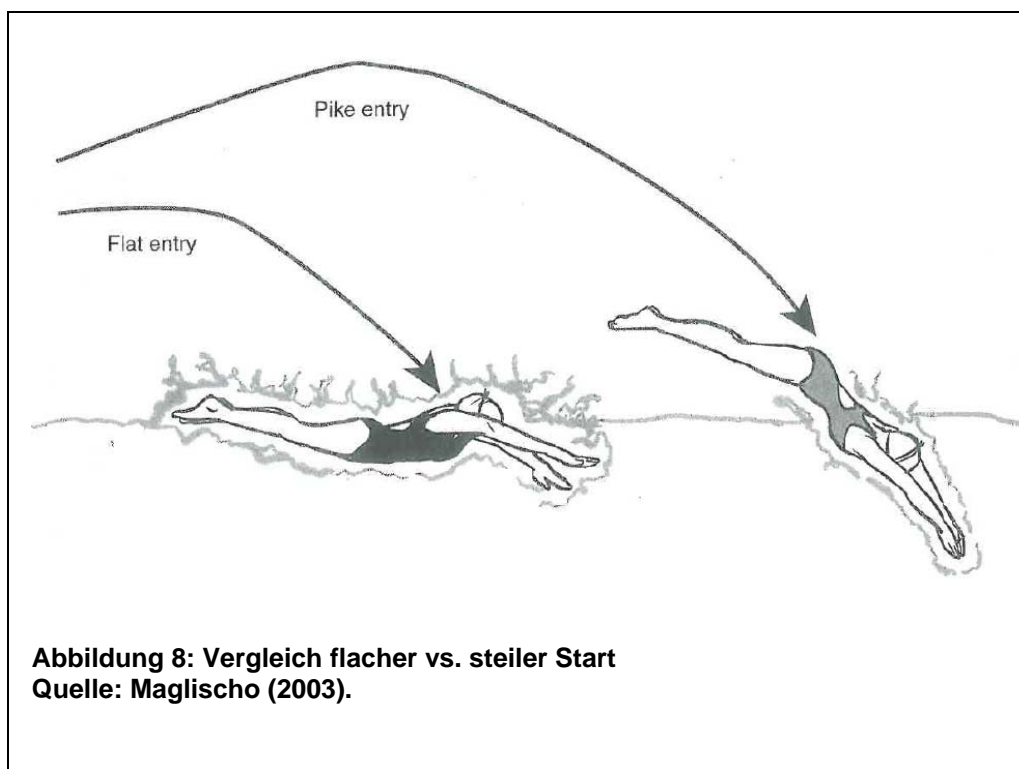
Nachdem im vorherigen Kapitel die Entwicklung der verschiedenen Starttechniken vorgestellt wurde, kann der Startsprung nach weiteren Kriterien differenziert werden. Merkmale dabei sind der Absprung, der Flug sowie die Eintauchphase.

3.1 Flacher vs. steiler Start

In der Literatur wird insbesondere unterschieden in:

- Der flache Start (engl. „flat start“)
- Der steile Start (engl. „pike“, „scoop“, „whip“ oder „hole start“)

Der flache Start ist durch fast vollständig gestreckte obere Extremitäten charakterisiert, die als Impulsgeber für die Blockphase dienen. Der Startsprung erfolgt mit einem flachen Absprungswinkel, einer flachen, meist relativ kurzen Flugphase – und einer relativ waagerechten Eintauchphase (vgl. Abbildung 8).



Merkmal der flachen Eintauchphase sind mehrere Berührungspunkte des Körpers mit dem Wasser (siehe Abbildung 8), welche ein Abbremsen der horizontalen und vertikalen Geschwindigkeit zur Folge haben. Außerdem ist ein flaches Eintauchen mit einer geringeren Tauchtiefe verbunden, welche ungünstigere Gleitbewegungen unter Wasser bewirken (vgl. Kibele et al., 2006; Lyttle et al., 1998).

Der steile Start zeichnet sich durch eine starke Armbewegung mit großem Absprung- und Eintauchwinkel aus. Die Flugkurve des Schwimmers beschreibt eine bogenförmige Flugbewegung, wie Abbildung 8 veranschaulicht. Die optimale Eintauchphase sollte so steil erfolgen, dass die Arme zuerst ins Wasser eintauchen und der Körper in diesem gebildeten Wasserloch nachfolgt (siehe Abbildung 8 rechts). Die im Vergleich zum flachen Start geringe Kontaktfläche mit der Wasseroberfläche soll es ermöglichen, den Bremsvorgang beim Eintauchen so gering wie möglich zu halten. Somit kann die Unterwasserphase mit einer hohen Geschwindigkeit erfolgen (vgl. Maglischo, 2003). Für die Vorwärtsbewegung kann ein steiles Eintauchen einerseits zu einer unvorteilhaften Tauchtiefe führen, andererseits kann es eine vortriebswirksame Beinarbeit ermöglichen (Kibele et al., 2006; Clothier et al., 2000). Welche Tiefe beim Eintauchen erreicht werden soll, um eine optimale Unterwasserphase zu erzielen, ist in der Fachliteratur umstritten. Während Ungerechts (1978) eine Wassertiefe von 1- 1,2 Meter für optimal hielt, ergeben neuere Erkenntnisse ein optimale Eintauchtiefe von 0,5- 0,7 Meter (vgl. Lyttle et al., 1998; Vennell et al., 2006).

3.2 Empirische Befunde zum Kriterium der Flug- und Eintauchphase

Inwiefern die theoretischen Überlegungen aus Kapitel 3.1 zum Eintauchverhalten in der Praxis optimale Ergebnisse erzielen, soll nun anhand einiger empirischer Studien diskutiert werden.

3.2.1 Studie mit elf Kraulsprintern

In einer aktuellen Studie analysierten Seifert et al. (2010) die Kinematik der Startsprungbewegung von elf männlichen Spitzenschwimmern. Ihre durchschnittliche 100 Meter Freistilzeit im 50 Meter Becken betrug $50,7 \pm 1,1$ Sekunden, ihr Durchschnittsalter war $23,4 \pm 3,6$ Jahre bei einer Körpergröße von $189,2 \pm 6,6$ Zentimeter und einem Gewicht von $80 \pm 9,3$ kg. Alle hatten den Kraul Sprint als Paradedisziplin und präferierten den Parallelstart. In der Untersuchung absolvierten alle Teilnehmer drei Startdurchgänge, so dass insgesamt 33 Starts in der Analyse getestet wurden. Ziel der Studie war es, die Starts aufgrund bestimmter Merkmale zu unterscheiden und zu überprüfen, ob eine der Starttechniken eine andere bezogen auf die 15 Meter-Durchgangszeit dominiert. Mittels einer

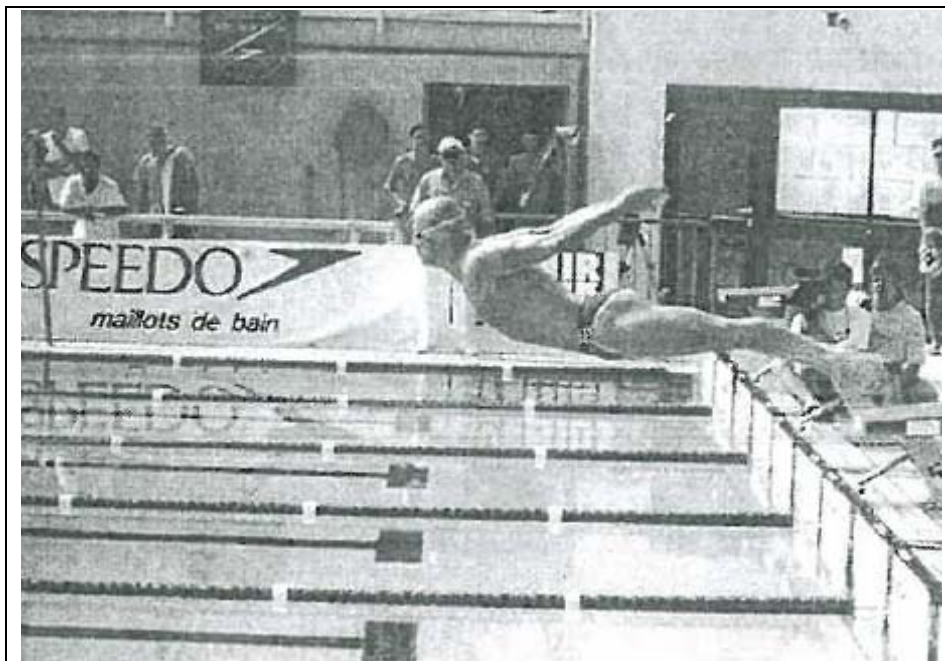


Abbildung 9: Volkov Start
Quelle: Seifert et al. (2010).

Clusteranalyse konnten die Starts in vier unterschiedliche Startvarianten des Parallelstarts aufgespaltet werden. Neben den oben bereits vorgestellten flachen und steilen Starts wurde der Volkov Start und der Flugstart identifiziert.

Der Volkov Start ist nach dem gleichnamigen Spitzenschwimmer Dimitri Volkov benannt. Volkov war über die kurzen Bruststrecken mit seiner besonderen Technik seinen Konkurrenten Ende der 80er Jahre überlegen (vgl. McCauley, 2001). Merkmal des Volkov Starts ist eine weit nach oben und gleichzeitig vorne gerichtete Flugkurve, die durch einen ausgeprägten Schulterimpuls ausgelöst wird (siehe Abbildung 9).

Schließlich kann der Flugstart (engl. „flight start“) definiert werden. Den Flugstart zeichnet eine kurze Blockphase mit einer langen Flugphase aus. Möglich wird diese Startvariante durch eine besonders stark ausgeprägte Beinmuskulatur.

Alle vier Startmerkmale zeigen in einigen Untersuchungskriterien, welche in Tabelle 3 dargestellt sind, einerseits signifikante Korrelationen auf andererseits weisen sie auch interindividuelle Schwankungen auf.

Vergleich unterschiedlicher Startkriterien beim Absprung, Flug und in der Eintauchphase				
Startkriterium	Flach	Steil	Flug	Volkov
Durchgangszeit 15m (s)	6,58	6,33	6,07	6,47
Blockzeit (s)	0,86	0,86	0,81	0,76
Blockzeit (%)	13,1	13,5	13,3	11,7
Flugzeit (s)	0,27	0,34	0,39	0,32
Flugzeit (%)	4,2	5,5	6,5	4,9
Distanz bis zum Eintauchen der Hand (m)	3,80	3,80	4,00	3,60
Geschwindigkeit beim Eintauchen (m/s)	5,59	6,48	5,40	5,64
Winkel beim Absprung Hüfte/Schulter (°)	150,9	154,0	153,1	155,4
Winkel beim Absprung Schulter/Hand (°)	145,7	132,9	81,8	22,3
Winkel beim Eintauchen der Hand (°)	34,3	39,7	36,7	37,0
Winkel beim Eintauchen Hüfte (°)	36,7	41,2	37,9	37,7

Tabelle 3: Vergleich unterschiedlicher Startkriterien beim Absprung, Flug und in der Eintauchphase
Eigene Darstellung, Quelle: Seifert et al. (2010).

Nach der Clusteranalyse kann der flache Start bei fünf, der steile Start bei vier sowie der Flug- und Volkov Start bei jeweils einem Schwimmer identifiziert werden.

Die Merkmale des flachen Starts können aus Tabelle 3 entnommen werden. Dazu zählt neben dem flachen Absprungswinkel der oberen Extremitäten in Hüfte/Schulter (151°) und Schulter/Hand (146°) auch der flache Eintauchwinkel von unter 40° . Der Körper ist während der kompletten Flugphase annähernd gestreckt. Diese Variante bedingt eine kurze Flugzeit (0,27 Sekunden) mit einer durchschnittlichen Flugweite (3,8 Meter). Dabei ist die zurückgelegte Flugstrecke aufgrund der flachen Flugkurve verglichen mit den steileren Starts kürzer. Der Blick auf die prozentuale Verteilung der Startleistung des flachen Starts zeigt, dass Block- und Flugphase mit 13,1% bzw. 4,2% den kleinsten Anteil der gesamten Startleistung im Vergleich zu den anderen Startvarianten ausmacht. Die gesamte Startleistung, gemessen nach 15 Meter, schneidet mit 6,58 Sekunden im Verhältnis zu den anderen Starts am schlechtesten ab. Das Signifikanzniveau von $p = 0,05$ wird allerdings nicht erreicht (vgl. Seifert et al., 2010).

Der steile Start erfolgt mit einem größeren Absprungswinkel (154°) als der flache Start und führt zu einem größeren Eintauchwinkel ($41,2^\circ$), der an der Hüfte gemessen wird. Der größere Eintauchwinkel (40° - 50°) ist in Abbildung 8 visualisiert und wird durch verschiedene Studien (Wilson/Marino, 1983; Counsilman et al., 1988; Lyttle/Benjanuvatra, 2004 sowie Kirner et al., 1989) bestätigt. Aufgrund der größeren Flugkurve, die durch den ausgeprägten Armschwung begünstigt wird, sind die Starter des steileren Absprungs mit 0,34 Sekunden und einem prozentualen Anteil von 5,5% der Startleistung länger in der Luft. Die Blockzeit, welche mit 0,86 Sekunden gleich lang wie beim flachen Start ausfällt, macht, gemessen an der gesamten Startleistung mit 13,5% einen großen Anteil aus. Die Flugweite misst wie beim flachen Start 3,8 Meter. Die Eintauchgeschwindigkeit fällt mit 6,48 m/s bei der steilen Startvariante am schnellsten aus und reflektiert die gute Startleistung nach 15 Metern.

Der Flugstart ist durch die absolut längste Flugzeit (0,39 Sekunden) sowie durch eine große relative Flugleistung (6,5%) der Gesamtstartleistung charakterisiert. Ebenso erzielt der Flugstarter mit 6,07 Sekunden die beste Startleistung bei 15 Meter. Diese Ergebnisse spiegeln im Wesentlichen die individuellen Qualitäten des Schwimmers, insbesondere seine hervorragende Sprungkraft mit einer Flugweite von 4 Metern wider. Die Eintaucheigenschaften können im Hinblick auf die Winkel im Bereich, zwischen flacher und steiler Startvariante eingeordnet werden. Die relativ geringe Eintauchgeschwindigkeit von 5,4 m/s scheint auf den ersten Blick ein Widerspruch zu der guten Startleistung zu sein, welche jedoch aufgrund des langen Flugs und der damit verbundenen schlechteren Eintaucheigenschaften zusammenhängen könnten. Darüber hinaus ist es wahrscheinlich, dass die beste Startleistung Resultat einer exzellenten Unterwasserphase ist, die wiederum durch die ausgeprägte Beinkraft ermöglicht wird.

Schließlich kann die Volkov Technik identifiziert werden. Diese Startvariante zeichnet sich durch den niedrigen Winkel beim Absprung der Schulter/Hand (22°) aus, welche auf das nach hinten oben ziehen der Schultern und Arme zurückzuführen ist. Das Resultat ist die kurze Blockzeit von 0,76 Sekunden, die mit 11,7 Sekunden auch prozentual sehr klein ist. Die Flugphase wird in Abbildung 9 visualisiert und zeichnet sich durch eine angespannte Körperhaltung aus, die durch das nach hinten ziehen der Arme und Schultern ein individuelles Merkmal aufweist.

Es bleibt festzuhalten, dass eine gute Gesamtstartleistung erstens aus einer kurzen Blockzeit und zweitens einer hohen Absprunggeschwindigkeit besteht. Eine etwas längere Blockzeit – und damit ein längerer Beschleunigungsweg – kann dazu genutzt werden eine höhere Absprunggeschwindigkeit zu erzielen. Dieser Befund kann als trade-off zwischen flachen und steilen Start interpretiert werden. Zum einen führt der steile Start zu einer längeren Flugzeit mit größerer Flugstrecke und damit zu einer effizienteren (weil steiler und mit weniger Widerstand) Eintauchphase, die sich in geringeren

Geschwindigkeitsverlusten im Wasser niederschlägt. Alternativ kann zum anderen mit dem flachen Start eine kürzere Blockzeit und zugleich eine kurze Flugzeit erzielt werden. Die flache Startvariante resultiert zwar einerseits in einer schnelleren Zeit bis zum Eintauchen, ist andererseits jedoch aufgrund der flachen Eintauchphase mit mehreren Körperteilen mit einem großen Bremswiderstand verbunden, was zu einer geringeren Geschwindigkeit im Wasser führt (vgl. Seifert et al., 2010; Maglischo, 2003). Seifert et al. (2010) folgern, dass bevor eine bestimmte Starttechnik gewählt wird, interindividuelle Schwankungen jeder Technik im Vergleich zur Startleistung zu berücksichtigen sind.

3.2.2 Vergleichsstudie mit fünf Kraulsprintern

Vantorre et al. (2010) untersuchten in einem weiteren Test mit ähnlichem Studiendesign wie in der Studie Seifert et al. (2010), fünf männliche Schwimmer (Alter: 22 ± 2 Jahre, Größe: $180 \pm 0,1$ cm, Gewicht: $74,7 \pm 7,9$ kg sowie einer 100 Meter Freistil Bestzeit im 50 Meter Becken von $53,6 \pm 1,8$ Sekunden). Dabei absolvierten alle Teilnehmer drei Startdurchgänge mit dem Parallelstart. Die Ergebnisse werden in Tabelle 4 illustriert.

Vergleich der Startkriterien: Flach / Steil / Volkov			
Startkriterium	Flach	Steil	Volkov
Durchgangszeit 15m (s)	6,5	6,6	6,6
Blockzeit (s)	0,95	0,94	0,89
Blockzeit (%)	14,6	14,2	13,5
Flugzeit (s)	0,26	0,32	0,38
Flugzeit (%)	4,0	4,8	5,8
Distanz bis zum Eintauchen der Hand (m)	3,00	3,20	3,20
Winkel beim Absprung (°)	19,0	26,8	27,8
Körperwinkel Hand/Schulter/Hüfte (°)	145,3	27,1	-55,4
Winkel beim Eintauchen der Hand (°)	34,3	39,7	37,0

Tabelle 4: Vergleich der Startkriterien: Flach / Steil / Volkov
Eigene Darstellung und Berechnung, Quelle: Vantorre et al. (2010).

Die Analyse der fünf Starter konnte drei verschiedene Startkriterien identifizieren. Dabei starteten drei Schwimmer mit dem flachen Start (flat start), sowie jeweils ein Teilnehmer mit dem steilen Start (pike start) und einer mit dem Volkov Start. Wie zuvor bereits erläutert, zeichnete sich der flache Start durch einen niedrigen Absprungwinkel (19°), einer nahezu gestreckten Körperposition (Winkel zwischen Hand/Schulter/Hüfte = $145,3^\circ$) und einem geringen Eintauchwinkel ($34,3^\circ$) aus. Ebenso ist die Flugzeit mit 0,26 Sekunden, die nur einen Anteil von 4% der Startleistung bis 15 Meter misst, sehr kurz. Im Gegensatz dazu charakterisiert den steilen Start einen größeren Absprungwinkel ($26,8^\circ$), eine gebogene Körperposition (Winkel Hand/Schulter/Hüfte = $27,1^\circ$) sowie einen steileren Eintauchwinkel ($39,7^\circ$). Sowohl die relative (4,8%) als auch die absolute Flugzeit (0,32 Sekunden) ist beim steilen länger als beim flachen Start.

Den Volkov Starter kennzeichnet insbesondere der negative Körperwinkel in Hand/Schulter/Hüfte ($-55,4^\circ$), der durch die nach hinten gestreckten Arme (Abbildung 9) zustande kommt. (Es ist anzumerken, dass der Körperwinkel Hand/Schulter/Hüfte ($22,3^\circ$) bei Seifert et al., 2010 von der 0° -Position, also mit angelegten Armen nach hinten, gemessen wurde. Vantorre et al., 2010 kennzeichnen den Winkel mit einem „Minus“, um die Armführung nach hinten hervorzuheben.)

Die beiden Schwimmer des steilen und des Volkov Starts erzielen eine längere Flugweite (3,2 Meter) gegenüber den flachen Startern (3 Meter). Die größere Flugdistanz mit längerer Flugdauer resultiert vor allem durch den Armeinsatz. Der steile Startsprung erfolgt mit einem Armschwung vorwärts (niedriger Hand/Schulter/Hüft-Winkel von $27,1^\circ$), der Volkov Start mit einer Armrotation, die zuerst nach hinten und dann nach vorne führt (negativer Hand/Schulter/Hüft-Winkel). Verglichen mit der Studie Seifert et al. (2010) ist die Flugweite sowie die Blockzeit bei allen fünf Startern sowohl relativ (ca. 14%) als auch absolut (ca. 0,94 Sekunden) länger, was auf die etwas geringere Leistungsstärke zurückzuführen ist. Verglichen mit den beiden genannten Startvarianten schneidet der Volkov Starter mit einer Zeit von 0,89 Sekunden hier am besten ab.

3.2.3 Studie mit zwölf College Schwimmern

Kirner et al. (1989) untersuchten in einer Studie mit 12 männlichen Wettkampfschwimmern Unterschiede zwischen Parallel- und Schrittstart. Dabei differenzierten sie die beiden vorgestellten Techniken mit flacher (flat entry) und steiler Eintauchphase (hole entry). Den Start mit flacher Eintauchphase charakterisieren Kirner et al. (1989) durch eine nach unten gerichtete Hüftneigung mit direktem Absprung in Richtung Wasseroberfläche. Dagegen ist die steile Eintauchphase durch einen Absprung nach oben, einen steilen Eintauchwinkel nahe 45° sowie einer nach oben gerichteten Hüftneigung beim Absprung gekennzeichnet. Gemessen wurde die Zeit bis zum Eintauchen, der Eintauchwinkel sowie als Kriterium für die gesamte Startleistung die Durchgangszeit bei 8 Meter. Zwischen Parallel- und Schrittstart konnten für die Durchgangszeit bei 8 Meter keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, obwohl die Schrittstarter für die ersten 8 Meter durchschnittlich 3,22 Sekunden und die Parallelstarter 3,29 Sekunden benötigten (vgl. Tabelle 5). Die Zeit bis zum Eintauchen war beim Schrittstart (1,21 Sekunden) gegenüber dem Parallelstart (1,26 Sekunden) jedoch signifikant schneller. Ebenso konnten signifikant schnellere Zeiten für den Start mit einer flachen Eintauchphase (Eintauchwinkel ca. 36°) gegenüber dem Start mit einer steilen Eintauchphase (Eintauchwinkel ca. 44°) sowohl beim Parallel- als auch beim Schrittstart ermittelt werden (vgl. Tabelle 5).

Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart mit flacher und steiler Eintauchphase				
Starttechnik	Parallelstart		Schrittstart	
Durchgangszeit 8m (s)	3,29		3,22	
Startzeit bis zum Eintauchen (s)	1,26		1,21	
Eintauchphase	flach	steil	flach	steil
Durchgangszeit 8m (s)	3,23	3,36	3,21	3,28
Startzeit bis zum Eintauchen (s)	1,22	1,29	1,17	1,26
Eintauchwinkel ($^\circ$)	35,70	44,70	36,20	43,7

Tabelle 5: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart mit flacher und steiler Eintauchphase
Eigene Darstellung, Quelle: Kirner et al. (1989).

Im Ergebnis folgern Kirner et al. (1989), dass der flache Absprung zu bevorzugen ist, da er einen schnelleren und sichereren Startsprung gegenüber dem steileren Absprung ermöglicht. Insgesamt gibt es zwischen Parallel- und Schrittstart bezogen auf die Startleistung nur marginale Unterschiede. Deshalb empfehlen die Autoren, beide Starts zu üben und nach persönlichen Präferenzen zu entscheiden, welcher für einen individuell besser geeignet ist (vgl. Kirner et al., 1989).

3.2.4 Weitere Studien

Counsilman et al. (1988) führten mit Jugendlichen zwischen zehn und 17 Jahren eine ähnliche Studie durch und konnten ebenfalls eine kürzere Startzeit für den flachen Start gegenüber dem steileren Start feststellen. Wie bei Maglischo (2003) und anderen erreicht der steile Startsprung einen größeren Absprung- und Eintauchwinkel als der flache Start. Die Distanz bis zum Eintauchen ist für den steilen Start kürzer im Vergleich zum flachen Start (vgl. Counsilman et al., 1988).

Im Gegensatz dazu konnten Wilson/Marino (1983) in einer Studie mit Spitzenschwimmern eine schnellere Startleistung (10 Meter-Durchgangszeit) für den steileren Start feststellen. Der steile Start erzielte konform zu allen anderen Studien einen größeren Eintauchwinkel und eine geringere Eintauchweite im Vergleich zum flachen Start (vgl. Wilson/Marino, 1983).

3.3 Zwischenfazit

Neben den beiden klassischen Startkriterien – flach und steil – konnten Mischformen aus den beiden, sowie speziell Flug- und Volkov Start identifiziert werden. Dabei können die theoretischen Überlegungen aus Kapitel 3.1 zum Flug- und Eintauchverhalten durch die empirischen Befunde teilweise bestätigt werden. Obwohl Maglischo (2003) den steilen Start wegen des geringeren Widerstands – der einen niedrigeren Geschwindigkeitsverlust beim Eintauchen verursacht – empfiehlt, dokumentieren die Ergebnisse der Studien Kirner et al. (1989) sowie Counsilman et al. (1988) die Vorteilhaftigkeit des flachen Starts. Konform

mit der Widerstandshypothese beim Eintauchen gehen die Ergebnisse der Studien Seifert et al. (2010) sowie Wilson/Marino (1983) einher, die dem steilen Startsprung eine bessere Startperformance bescheinigen. Insbesondere die ausführlich beschriebene Studie Seifert et al. (2010) zeigt jedoch, dass es schwierig ist, eine Empfehlung zugunsten einer bestimmten Startvariante auszusprechen, da die Unterschiede in der gesamten Startleistung bis 15 Meter nicht signifikant sind. Auch die Ergebnisse der Studie Vantorre et al. (2010) lassen keine eindeutige Aussage für einen der untersuchten Startkriterien zu.

Es lässt sich insgesamt festhalten, dass sich manche Schwimmer bewusst für die flache Startvariante entscheiden. Dieser ist durch einen flachen Absprung- und Eintauchwinkel charakterisiert und ermöglicht tendenziell ein schnelles Eintauchen ins Wasser, eine kurze Block- und Flugzeit sowie eine geringe Eintauchgeschwindigkeit. Andere Schwimmer bevorzugen den steilen Start, der durch einen steilen Absprung- und Eintauchwinkel charakterisiert ist. Weitere Merkmale sind in der Regel eine längere Blockzeit, eine längere Flugzeit, eine weitere Flugdistanz, die mit einem ausgeprägten Armschwung verbunden ist und eine höhere Eintauchgeschwindigkeit verursacht.

Die Befunde der diskutierten Studien zeigen, dass zwischen den beiden Startkriterien ein trade-off besteht. Dieser kann grob in zwei Teile untergliedert werden. Zum einen die Startzeit bis zum Eintauchen, zum anderen die gesamte Startleistung bis 15 Meter. Während der flache Start im ersten Abschnitt bis zum Eintauchen in den meisten Studien besser abschneidet, können die Probanden, die den steilen Start praktizieren, danach aufholen und bis 15 Metern eine gleich schnelle Zeit erzielen.

Resümierend kann aufgrund der diskutierten Studien keine eindeutige Empfehlung zugunsten einer der Startkriterien ausgesprochen werden. Wie im weiteren Verlauf der Arbeit jedoch noch ausführlich zur Diskussion steht, ist es ratsam, diejenige Technik, für die man sich entschieden hat, intensiv zu trainieren. Beispielsweise ist der Flugstart zu empfehlen, wenn

der Schwimmer über eine ausgeprägte Sprungkraft verfügt, da die Voraussetzungen für einen weiten Flug bereits gegeben sind.

Bei der Entscheidung zugunsten des flachen Starts sollten die guten Voraussetzungen für eine schnelle Startzeit bis zum Eintauchen genutzt werden. Dagegen sollten Schwimmer die den steilen Start praktizieren, den Armeinsatz und das steile Eintauchen optimieren, um die dadurch erzielte hohe Geschwindigkeit ins Wasser zu übertragen.

4 Schrittstart vs. Parallelstart

In diesem Kapitel steht der Vergleich von Parallel- und Schrittstart im Mittelpunkt. Beide Starttechniken zählen zu den am häufigsten verwendeten Startsprungtechniken und gelten in der wissenschaftlichen Forschung deshalb als beliebter Untersuchungsgegenstand. Zunächst wird in Kapitel 4.1 eine Startsprunganalyse bei den Olympischen Spielen 2000 in Sydney vorgenommen. Im weiteren Verlauf werden verschiedene Studien diskutiert, dabei kristallisiert sich heraus, dass die Wissenschaft, trotz intensiver Forschungsleistungen widersprechende Ergebnisse in Hinblick auf die Startperformance liefert. Diese werden in einem Literaturüberblick am Ende des Kapitels zusammengefasst.

4.1 Befund der Olympischen Spiele 2000 in Sydney – Schritt vs. Parallelstart

Die vorhandenen Daten über die Startleistung bei den Finalläufen der Olympischen Spiele 2000 in Sydney sind aufgrund der Wettkampfsituation und des Weltklasseniveaus der Schwimmer besonders wertvoll. Dabei starteten Spitzenschwimmer im Halbfinale und Finale ausschließlich mit dem Schritt- oder Parallelstart. Issurin/Verbitsky (2003) werteten die Ergebnisse aller Halbfinal und Finalläufe bezogen auf die Startleistung (15 Meter Kopfdurchgangszeit) und die Blockzeit sowohl bei Männern als auch bei Frauen aus. Die Rückenstrecken wurden ausgespart, weil der Start nicht vom Startblock erfolgt und deshalb nicht vergleichbar ist.

Die Anzahl der in Tabelle 6 untersuchten Starts hängt davon ab, ob es in den jeweiligen Disziplinen ein Halbfinale oder direkt Finalläufe gegeben hat. Da auf der 50 Meter Freistil-Strecke sowie auf allen 100 Meter und 200 Meter Strecken ein Halbfinale stattfand, wurden sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen jeweils 16 Starts durchgeführt. Im Gegensatz dazu qualifizierten sich bei den längeren Freistilstrecken sowie den 400 Meter Lagen direkt die acht schnellsten Schwimmer/-innen aus den Vorläufen für die Finalläufe. Die Anzahl der 16 bzw. 8 Schwimmer/-

innen, die einen Parallelstart bzw. Schrittstart durchführten schwankte je nach Schwimmdisziplin. Während sich bei den 50 Meter und 100 Meter Freistilstrecken jeweils die Hälfte der Männer (8 Schwimmer) als auch etwa die Hälfte der Frauen (7-9 Schwimmerinnen) für einen der beiden Starttechniken entschieden, bevorzugten die Brustschwimmer/-innen sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen den Parallelstart (12), während nur vier mit der Schrittstarttechnik starteten. In allen andern Disziplinen hielten sich die Anzahl der Starter/innen mit Parallel- und Schrittstart in etwa die Waage. Die Wettkampfergebnisse wurden alle mit dem statistischen T-Test ausgewertet. Um Unterschiede der beiden Starttechniken zu überprüfen, wurden Korrelationen zwischen der Blockzeit und der Startleistung mithilfe des Korrelationskoeffizienten (R^2) ermittelt. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ festgelegt (vgl. Issurin/Verbitsky 2003).

Vergleich Schrittstart vs. Parallelstart im Wettkampf - Befunde der Olympischen Spiele 2000 in Sydney								
Geschlecht	Männer				Frauen			
Starttechnik	Parallelstart		Schrittstart		Parallelstart		Schrittstart	
Blockzeit / 15m Kopfdurchgangszeit	Block (s)	15m (s)	Block (s)	15m (s)	Block (s)	15m (s)	Block (s)	15m (s)
50m Freistil	0,81	5,84	0,71	5,78	0,82	6,74	0,74	6,71
100m Freistil	0,82	5,98	0,76	5,98	0,82	6,85	0,73	6,73
200m Freistil	0,82	6,28	0,75	6,24	0,83	7,23	0,79	7,20
400m Freistil	0,87	6,86	0,80	6,55	0,89	7,54	0,83	7,48
1500m Freistil	0,89	6,97	0,79	6,74	0,90	7,83	0,82	7,51
100m Brust	0,79	7,06	0,72	6,90	0,84	8,25	0,78	7,90
200m Brust	0,83	7,38	0,75	7,35	0,83	8,45	0,75	8,27
100m Delphin	0,81	6,13	0,75	5,96	0,83	7,11	0,77	6,81
200m Delphin	0,80	6,34	0,75	6,53	0,84	7,62	0,78	7,25
200m Lagen	0,80	6,54	0,73	6,49	0,82	7,43	0,79	7,38
400m Lagen	0,84	6,85	0,72	6,63	0,87	7,50	0,82	7,72

Tabelle 6: Vergleich Schrittstart vs. Parallelstart im Wettkampf – Befunde der Olympischen Spiele 2000 in Sydney
Eigene Darstellung, Quelle: Issurin/Verbitsky (2003).

Die Blockzeiten für die verschiedenen Disziplinen werden in Abbildung 10 für Männer sowie Abbildung 11 für Frauen illustriert. Es ist ersichtlich, dass der Schrittstart für beide Geschlechter in allen Disziplinen dem Parallelstart überlegen ist. Das Signifikanzniveau wurde bei den Männern mit Ausnahme der 1500 Meter Freistil und 200 Meter Lagen bei allen

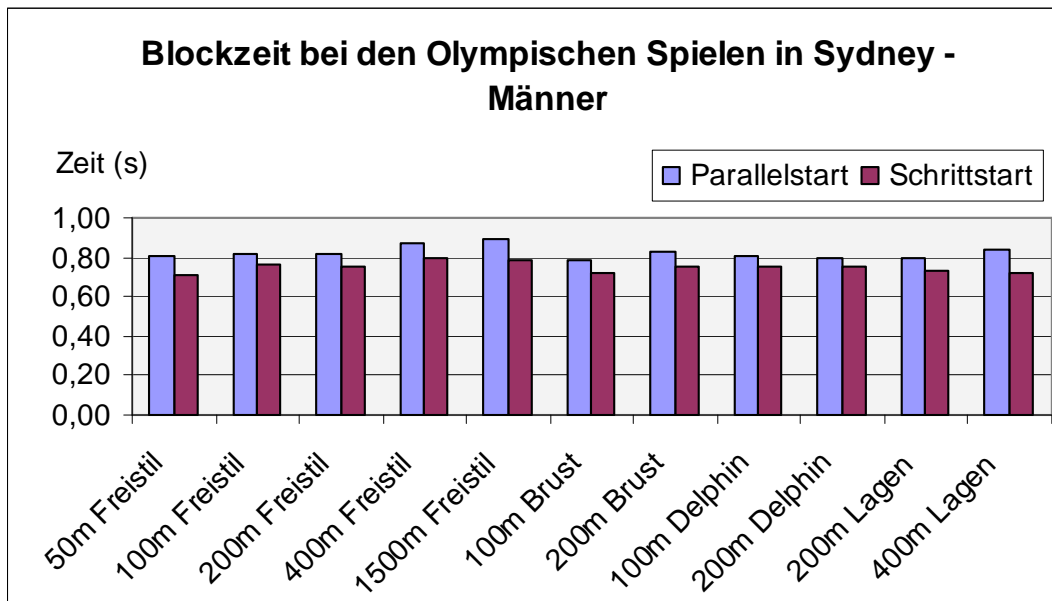


Abbildung 10: Blockzeit bei den Olympischen Spielen in Sydney – Männer
Eigene Darstellung, Quelle: Issurin/Verbitsky (2003).

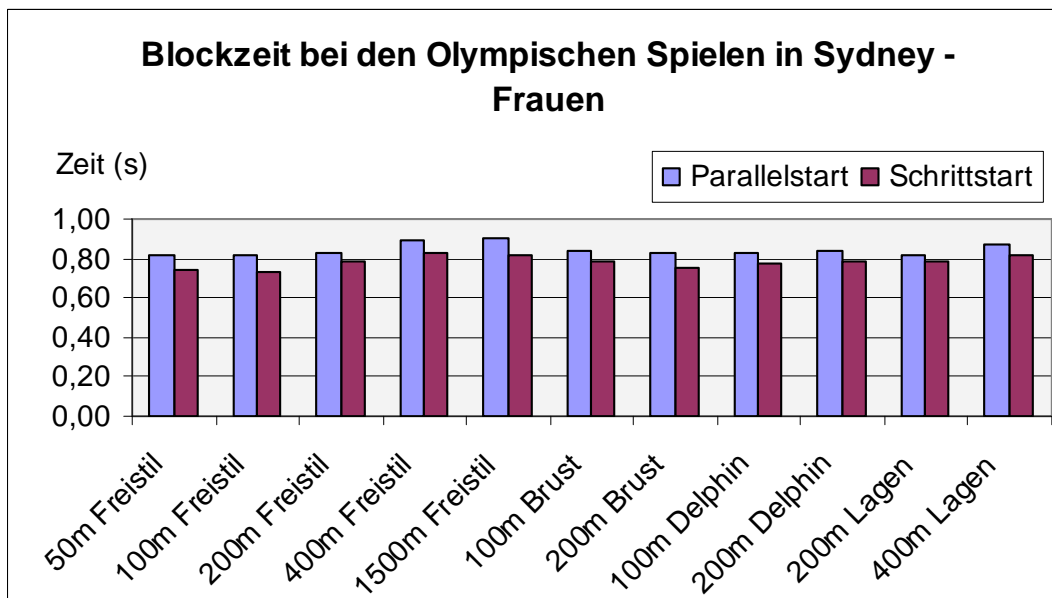


Abbildung 11: Blockzeit bei den Olympischen Spielen in Sydney – Frauen
Eigene Darstellung, Quelle: Issurin/Verbitsky (2003).

anderen Strecken erreicht. Obwohl auch die Blockzeiten der Schrittstarterinnen alle kürzer waren als bei den Parallelstarterinnen (Abbildung 11), wurde das Signifikanzniveau bei den Frauen in fünf Mittelstrecken-Disziplinen nicht erreicht (200 Meter Freistil, 400 Meter Freistil, 200 Meter Delphin, 200 Meter und 400 Meter Lagen, vgl. Issurin/Verbitsky, 2003). Die Unterschiede der gesamten Startleistung sind in Abbildung 12 für Männer sowie in Abbildung 13 für Frauen veranschaulicht. Im Vergleich zur Blockzeit zeigt sich bei der Startleistung (15 Meter Kopfdurchgangszeit) ein etwas anderes Bild. Obwohl sich eine kürzere Blockzeit auf die gesamte Startleistung auswirken sollte, konnte diese beim Schrittstart nicht immer auf eine schnellere Startleistung übertragen werden. So erreichte bei den Männern keine Starttechnik eine signifikant schnellere Startleistung, obwohl die Schrittstarter bis auf 100 Meter Freistil und 200 Meter Delphin (vgl. Abbildung 12) eine kürzere Kopfdurchgangszeit nach 15 Meter erzielten.

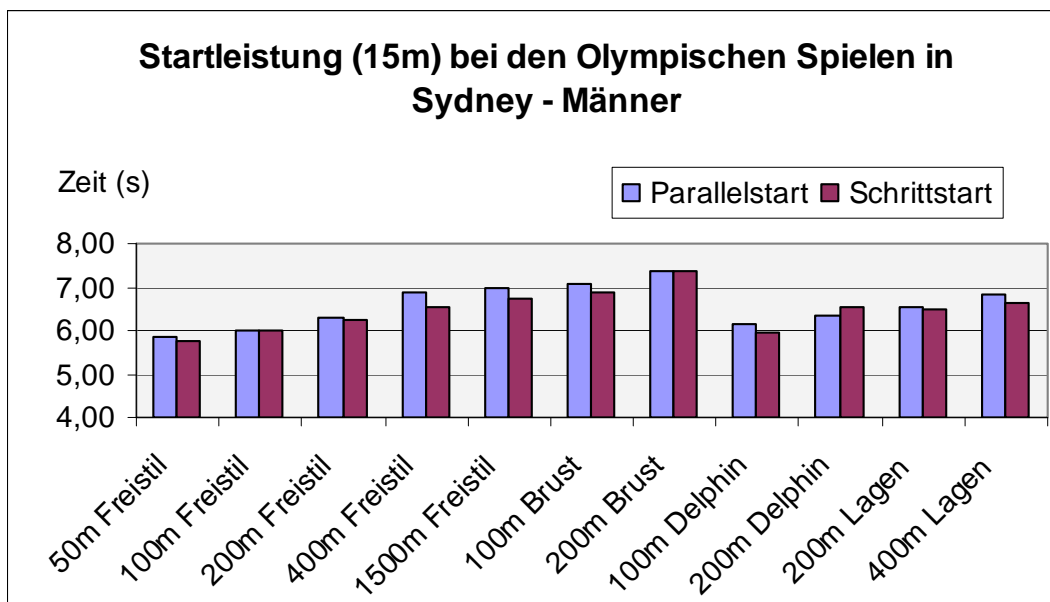


Abbildung 12: Startleistung bei den Olympischen Spielen in Sydney – Männer
Eigene Darstellung, Quelle: Issurin/Verbitsky (2003).

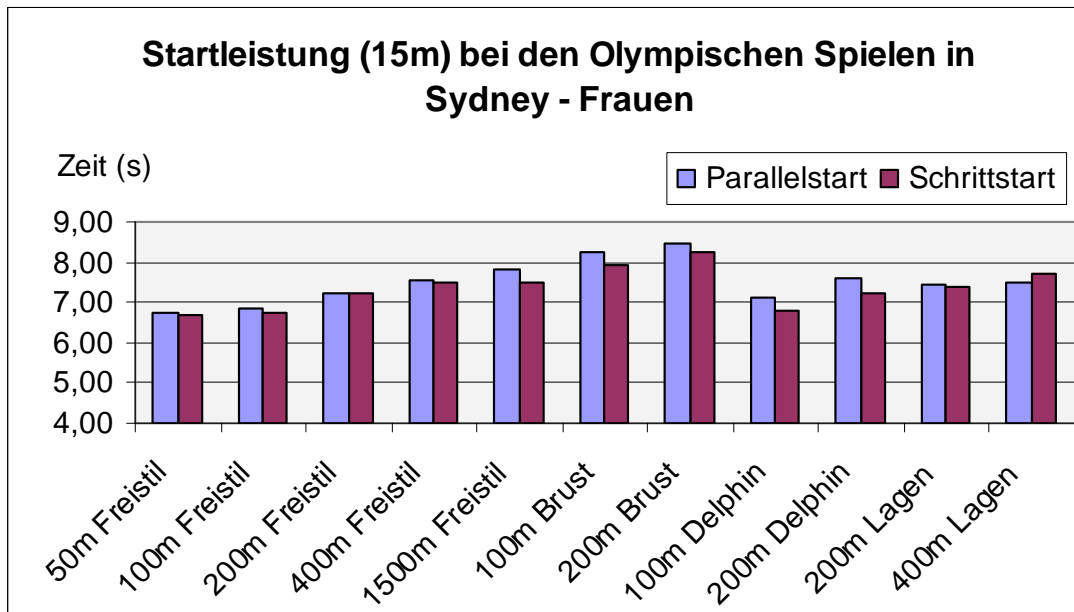


Abbildung 13: Startleistung bei den Olympischen Spielen in Sydney – Frauen
Eigene Darstellung, Quelle: Issurin/Verbitsky (2003).

Die Frauen erbrachten mit dem Schrittstart in allen Disziplinen, mit Ausnahme der 400 Meter Lagen (Abbildung 13), eine schnellere Startleistung. Diese Überlegenheit des Schrittstarts gegenüber dem Parallelstart konnte teilweise statistisch belegt werden. Eine signifikant schnellere Startleistung erbrachten die Schrittstarterinnen auf den Sprintstrecken 50 Meter und 100 Meter Freistil, 100 Meter Delphin, 100 Meter Brust sowie 200 Meter Brust (vgl. Issurin/Verbitsky 2003).

Der Befund von einem positiven Verhältnis zwischen Blockzeit und Startleistung in den Freistildisziplinen kann für beide Geschlechter und beide Starttechniken festgehalten werden (vgl. Issurin/Verbitsky 2003). Betrachtet wurden zunächst die Freistildisziplinen, aufgeteilt in drei Kategorien – erstens 50 Meter Sprint, zweitens 100 Meter und 200 Meter Freistil sowie drittens 400 Meter und 800 Meter bzw. 1500 Meter Freistil.

Bei der Ermittlung für den Korrelationskoeffizienten ergaben sich, getrennt in die drei Kategorien, ausschließlich positive Werte, welche einen positiven Zusammenhang zwischen Blockzeit und Startleistung demonstrieren. Signifikant ($R^2 > 0,2$) war die Korrelation für 50 Meter Freistil der Frauen. Fasst man alle Freistilstrecken in eine Kategorie zusammen, ergibt sich ein größeres R^2 sowie für beide Geschlechter und

Starttechniken eine signifikante Korrelation zwischen Blockzeit und der gesamten Startleistung (vgl. Issurin/Verbitsky 2003).

4.1.1.1 Zusammenfassung:

Die Ergebnisse der Startanalyse der Finalläufe der Olympischen Spiele 2000 in Sydney demonstrieren klare Vorteile in der Blockzeit bei der Schrittstarttechnik gegenüber dem Parallelstart. Für die gesamte Startleistung ist der Unterschied zwischen den beiden Starttechniken weniger ausgeprägt. Trotzdem ergibt die Startanalyse in fünf Disziplinen bei den Frauen eine signifikant schnellere Startleistung für die Schrittstarterinnen. Wie zu erwarten, weisen die Korrelationen zwischen der Blockzeit und der Startleistung einen positiven Zusammenhang auf, der je nach Disziplin mehr oder weniger stark ausgeprägt ist.

Insgesamt lassen die Befunde der Olympischen Spiele 2000 in Sydney eine Tendenz erkennen, die für eine Ausweitung des Schrittstarts sprechen.

4.2 Parallel-, front- und rear-weighted Schrittstart

In einer US-amerikanischen Studie untersuchten Welcher et al. (2008) die Startleistung von drei verschiedenen Starttechniken: Parallelstart, front-weighted Schrittstart sowie rear-weighted Schrittstart. Die Teilnehmer der Studie waren 20 weibliche US-College Schwimmerinnen, mit einem Durchschnittsalter von $20,4 \pm 1,4$ Jahren, welche alle Mitglieder der „Division I des US National Collegiate Athletic Association (NCAA)“ waren. Alle Probanden absolvierten je drei Starts in allen drei Starttechniken, wobei die Reihenfolge zufällig bestimmt wurde. Alle drei Starts einer Starttechnik wurden hintereinander ausgeführt (vgl. Welcher et al. 2008).

Erfahrung mit den drei verschiedenen Starttechniken			
Starttechnik	keine oder wenig Erfahrung	mäßige Erfahrung	regelmäßige Erfahrung
Parallelstart	3	7	10
Rear-weighted Schrittstart	13	3	4
Front-weighted Schrittstart	3	8	9

Tabelle 7: Erfahrung mit den drei verschiedenen Starttechniken
Eigene Darstellung, Quelle: Welcher et al. (2008).

Die Erfahrung der Schwimmerinnen mit den drei getesteten Starttechniken ist sehr unterschiedlich und wird in Tabelle 7 illustriert. Es ist ersichtlich, dass die große Mehrheit der Probanden im Parallelstart oder front-weighted Schrittstart geübt waren, während 13 Teilnehmerinnen keine oder nur wenig Erfahrung mit dem rear-weighted Schrittstart vorweisen konnten.

Bevor die einzelnen Determinanten der Studie betrachtet werden, soll zunächst die Diskrepanz zwischen subjektiver Einschätzung und objektiver Geschwindigkeitsmessung der Startleistung nach 5 Meter diskutiert werden.

Wie bereits geschildert und aus Tabelle 8 hervorgeht, bevorzugen nur 20% der Teilnehmerinnen den rear-weighted Schrittstart. Ebenso wenige haben die subjektive Einschätzung, dass dieser am besten ist. Die Große Mehrheit (80%) bevorzugt dagegen den Parallel- oder front-weighted Schrittstart bzw. schätzen diese Techniken am besten ein (75%). Die Startresultate der Studie zeigen jedoch ein anderes Bild. Während nur 45% der Probanden mit dem Parallelstart oder dem front-weighted Schrittstart die schnellste Geschwindigkeit nach 5 Meter erzielen, erreichen 55% der Teilnehmer – die zum Teil keine oder wenig Erfahrung mit dem rear-weighted Schrittstart hatten – die höchste Geschwindigkeit mit der nach hinten verlagerten Starttechnik.

Subjektive vs. Objektive Einschätzung der Startgeschwindigkeit bei 5 Meter					
Starttechnik	1. schnellste	2. schnellste	meiste Erfahrung	bevorzugt	am besten eingeschätzt
Parallelstart	20%	45%	40%	30%	25%
Rear-weighted Schrittstart	55%	35%	15%	20%	20%
Front-weighted Schrittstart	25%	20%	40%	50%	50%

Tabelle 8: Subjektive vs. objektive Einschätzung der Startgeschwindigkeit bei 5 Meter
Eigene Darstellung, Quelle: Welcher et al. (2008).

Die Diskrepanz zwischen subjektiver Einschätzung und der objektiv am schnellsten gemessener Geschwindigkeit drückt sich in der niedrigen Korrelation ($r = 0,24$) dieser Variablen aus. Im Gegensatz dazu weisen alle anderen gemessenen Korrelationskoeffizienten deutlich höhere Werte auf (z. B. bevorzugte Starttechnik vs. Starttechnik mit größter Erfahrung, $r = 0,59$ oder bevorzugte Starttechnik vs. am besten eingeschätzte Starttechnik, $r = 1$, vgl. Welcher et al., 2008).

Vergleich der Startleistung bei drei verschiedenen Starttechniken: Parallelstart, Front-weighted- und Rear-weighted Schrittstart			
Starttechnik	Parallelstart	Rear-weighted Schrittstart	Front-weighted Schrittstart
Blockzeit (s)	0,87	0,87	0,80
Startzeit bis zum Eintauchen (s)	1,21	1,20	1,11
5m Durchgangszeit Kopf (s)	1,87	1,85	1,81
5m Durchgangszeit Hüfte (s)	2,24	2,21	2,19
7,5m Durchgangszeit Kopf (s)	3,18	3,14	3,17
horizontale Geschwindigkeit beim Absprung (m/s)	3,88	3,99	3,90
horizontale Geschwindigkeit bei 5m (m/s)	2,21	2,25	2,18

Tabelle 9: Vergleich der Startleistung bei drei verschiedenen Starttechniken: Parallelstart, Front-weighted- und Rear-weighted Schrittstart
Eigene Darstellung, Quelle: Welcher et al. (2008).

Neben der horizontalen Geschwindigkeit (beim Absprung und nach 5 Meter) wurden die Blockzeit, die Startzeit bis zum Eintauchen, die Startzeit bis 5 Meter (Kopfdurchgangszeit und Durchgangszeit Hüfte) sowie die 7,5 Meter-Kopfdurchgangszeit gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 abgebildet.

Die Schwimmerinnen erzielten mit dem front-weighted Schrittstart die schnellste Blockzeit (0,8 Sekunden), während Parallelstarterinnen und rear-weighted Schrittstarterinnen mit 0,87 Sekunden gleich abschnitten. Diesen Vorsprung konnten die Schrittstarterinnen mit nach vorne verlagertem Körpergewicht auch bei der Startzeit bis zum Eintauchen verteidigen. Die Probanden erreichten hier nach 1,11 Sekunden das Wasser, während die Starterinnen der anderen beiden Starttechniken etwa 0,1 Sekunden langsamer waren. Wie aus Tabelle 9 ersichtlich ist, schmolz der Startvorsprung des front-weighted Schrittstarts gegenüber den beiden anderen Starttechniken deutlich bis zur 5 Meter Zwischenzeit. Bei der 7,5 Meter-Durchgangszeit konnten die rear-weighted Schrittstarterinnen (3,14 Sekunden) die schnellste Startleistung erzielen, während die Parallelstarterinnen (3,18 Sekunden) sowie die front-weighted Schrittstarterinnen (3,17 Sekunden) ungefähr gleichauf lagen. Betrachtet man die horizontale Absprunggeschwindigkeit, wird deutlich, dass die etwas längere Blockzeit beim rear-weighted Schrittstart dazu benötigt wird, eine höhere Absprunggeschwindigkeit zu erreichen. Die Daten in Tabelle 9 zeigen, dass die Absprunggeschwindigkeit im Wasser zwar schnell nachlässt, jedoch der Geschwindigkeitsvorsprung des rear-weighted Schrittstarts beim Absprung (3,99 m/s) in die Schwimmlage übertragen werden kann. Folglich erzielt der rear-weighted Schrittstart auch die höchste horizontale Schwimmgeschwindigkeit (2,25 m/s) nach 5 Meter.

Es ist festzuhalten, dass der front-weighted Schrittstart aufgrund des weit nach vorne gerichteten Körperschwerpunkts eine schnelle Blockzeit ermöglicht wird. Die längere Beschleunigungsphase, vor allem beim rear-weighted Schrittstart, resultiert zum einen in einer etwas längeren

Blockzeit, zum anderen in einer signifikant höheren horizontalen Absprunggeschwindigkeit, die ins Wasser übertragen werden kann. Der Nachteil des rear-weighted Schrittstarts durch eine etwas längere Blockzeit dreht sich aufgrund der höheren Absprunggeschwindigkeit nach 7,5 Meter in einen Vorteil um. Dieser Befund wird durch Blanksby et al. (2002) sowie Vilas-Boas et al. (2003) gestützt.

Obwohl der Vorteil der Startleistung des rear-weighted Schrittstarts nach 7,5m nur wenige Hundertstel Sekunden ausmacht, ist dieser zu bevorzugen. Welcher et al. (2008) resümieren: „If a swimmer can reach a given distance in the same amount of time with two different starts, but has a higher instantaneous velocity at that point with one of them, the higher velocity start is clearly the better start.“ Die Autoren unterstützen die These, dass die horizontale Absprunggeschwindigkeit als ein wesentliches Kriterium der Startleistung angesehen wird. Henry (1952) und Guimaraes/Hay (1985) weisen darauf hin, dass sowohl die Zeit als auch die Geschwindigkeit wichtig ist, um eine optimale Startleistung zu erzielen.

4.2.1.1 Zusammenfassung

Bei der Startleistung ist eine Differenzierung in Startzeit und Startgeschwindigkeit notwendig. Während der front-weighted Schrittsrat aufgrund der kurzen Blockzeit die schnellste Startleistung bis 5 Meter behaupten kann, dominiert die höhere Absprunggeschwindigkeit des rear-weighted Schrittstarts danach die Startleistung. Der Vorteil der höheren Absprunggeschwindigkeit überkompensiert den Nachteil der länger andauernden Startbewegung ab 7,5 Meter. Dabei gilt es zu beachten, dass die meisten Schwimmerinnen im rear-weighted Schrittsart ungeübt waren, ein Umstand, der den Vorteil des rear-weighted Schrittstarts unterstreicht.

4.3 Verschiedene ausgewählte Studien

Im folgenden Abschnitt werden einige ausgewählte Studien vorgestellt, die den Parallelstart mit dem Schrittstart vergleichen. Die kontroversen

Ergebnisse der Untersuchungen sollen die Schwierigkeit einer Empfehlung zugunsten einer der beiden Techniken demonstrieren.

4.3.1 Studie mit deutschen Kaderathletinnen

Krüger et al. (2003) analysierten die Performance zwischen der Parallel- und Schrittstarttechnik. Die sieben Teilnehmerinnen der Studie gehörten alle dem A-, B-, oder C- Kader an und gaben als ihre Hauptdisziplin den Freistilsprint an. Die persönlichen 100 Meter-Bestzeiten lagen zwischen 55,12 – 58,75 Sekunden (50 Meter Bahn). Die Teilnehmerinnen der Studie, von denen fünf den Parallelstart und zwei den Schrittstart präferierten, absolvierten alle je zwei Parallel- und Schrittstarts, dabei wurde nur der jeweils beste Versuch gewertet. Gegenstand der Messung waren die Variablen Startleistung, gemessen als 7,5 Meter-Durchgangszeit, Blockzeit, Eintauchwinkel gemessen an der Hüfte, Absprunggeschwindigkeit sowie Flugzeit. Die Daten wurden mithilfe einer mobilen Kistler-Druckmessplatte und Hochgeschwindigkeitskameras gemessen und mittels einer speziellen Software ausgewertet (vgl. Krüger et al. 2003).

Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei deutschen Freistil Sprinterinnen		
Starttechnik	Parallelstart	Schrittstart
7,5m Durchgangszeit (s)	3,36	3,56
Blockzeit (s)	0,91	0,91
Flugzeit (s)	0,33	0,34

Tabelle 10: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei deutschen Freistil-Sprinterinnen
Eigene Darstellung, Quelle: Krüger et al. (2003).

Die Ergebnisse der Studie werden für die drei Variablen Durchgangszeit, Blockzeit und Flugzeit in Tabelle 10 dargestellt. Um 0,2 Sekunden und damit signifikant ($p < 0,05$) schneller konnte im Durchschnitt der Parallelstart (3,36 Sekunden) gegenüber dem Schrittstart (3,56 Sekunden) abschneiden. Dabei ist anzumerken, dass keine einzige

Studienteilnehmerin mit dem Schrittstart eine schnellere Startleistung erzielen konnte. Die Blockzeit betrug für beide Starttechniken 0,91 Sekunden. Hier ist jedoch zu konstatieren, dass sechs Schwimmerinnen eine kürzere Blockzeit beim Schrittstart hatten als beim Parallelstart. Dass die Blockzeit trotzdem für beide Starttechniken gleich ausfiel, lag an einer Probandin, die beim Parallelstart mit 0,69 Sekunden eine extrem kurze Blockzeit aufwies, die das Ergebnis entscheidend beeinflusste. Die Messung der Flugzeit ergab für beide Starttechniken keine relevanten Unterschiede (vgl. Krüger et al. 2003.)

4.3.2 Studie mit serbischen Jugendlichen

Jorgic et al. (2010) untersuchten bei sechs 15-jährigen Leistungsschwimmern die Effektivität des Parallel- und Schrittstarts. Die Studie bestand aus mehreren Durchgängen, wobei der beste Versuch gewertet wurde. Drei Jugendliche konzentrierten sich auf den Parallelstart, während die drei anderen den (front-weighted) Schrittstart ausführten. Die acht gemessenen Variablen sind Flugweite, Flugzeit, Absprungwinkel, Eintauchwinkel, sowie die Absprunggeschwindigkeit, die getrennt jeweils an Körperschwerpunkt, Kopf, Hand und Hüfte ermittelt wurde (vgl. Jorgic et al., 2010).

Die Ergebnisse der Vergleichsstudie von Jorgic et al. (2010) werden in Tabelle 11 dargestellt. Daraus ist zu entnehmen, dass die Teilnehmer beim Parallelstart eine größere Flugweite erzielten als die Schrittstarter und entsprechend auch eine etwas längere Flugzeit hatten.

Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei 15-jährigen Leistungsschwimmern		
Starttechnik	Parallelstart	Schrittstart
Flugweite (m)	3,21	2,98
Flugzeit (s)	0,33	0,23
Absprungwinkel (°)	33,70	23,30
Eintauchwinkel (°)	33,30	29,30
Absprunggeschwindigkeit Körperschwerpunkt (m/s)	4,01	3,80
Absprunggeschwindigkeit Kopf (m/s)	4,65	4,32
Absprunggeschwindigkeit Hand (m/s)	4,57	5,17
Absprunggeschwindigkeit Hüfte (m/s)	4,89	5,06

Tabelle 11: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei 15-jährigen Leistungsschwimmern
Eigene Darstellung, Quelle: Jorgic et al. (2010).

Diese Ergebnisse stimmen mit den Untersuchungen von Takeda et al. (2006), Blanksby et al. (2002), Chen et al. (2005) sowie Miller et al. (2003) überein. Das Signifikanzniveau ($p < 0,05$) wurde für beide Variablen in dieser Studie jedoch nicht erreicht. Statistische Signifikanz konnte bei dieser Studie allein für den Absprungwinkel erzielt werden. Dabei war der Absprungwinkel bei den Schrittstartern flacher ($23,3^\circ$) als bei den Parallelstartern ($33,7^\circ$). Analog dazu bestätigt Maglisco (2003) den flacheren Winkel beim Abflug, der mit einer entsprechend flacheren Flugkurve einhergeht. Wie aus Tabelle 11 hervorgeht, war die Absprunggeschwindigkeit an Körperschwerpunkt und Kopf beim Parallelstart schneller als bei den Schrittstartern, während Hand und Hüfte beim Verlassen der Füße vom Startblock beim Schrittstart schneller beschleunigt wurden, als beim Parallelstart. Das Signifikanzniveau konnte jedoch bei allen vier Geschwindigkeitsmessungen nicht erreicht werden (vgl. Jorgic et al. 2010).

4.3.3 Studie mit US-College Studenten

Miller et al. (2003) führten mit insgesamt 15 Probanden (8 weiblich und 7 männlich) der National Collegiate Athletic Association (NCAA) eine ähnliche Studie durch. Die Teilnehmer absolvierten alle jeweils 15 Parallel- und 15 Schrittstarts. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 abgebildet.

Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei US-College Schwimmern		
Starttechnik	Parallelstart	Schrittstart
Blockzeit (S)	0,95	0,94
Flugzeit (s)	0,25	0,25
Absprungwinkel (°)	6,23	7,04
Eintauchwinkel (°)	39,54	41,47
Flugweite (m)	3,31	3,17
Vertikaler Impuls (N)	1107	885

Tabelle 12: Vergleich Parallelstart vs. Schrittstart bei US-College Schwimmern
Eigene Darstellung, Quelle: Miller et al. (2003).

Insgesamt sind die Resultate von Miller et al. (2003) mit denjenigen von Jorgic et al. (2010) vergleichbar. Während die Parallelstarter in beiden Studien eine weitere Flugweite erzielen, konstatiert die Studie Miller et al. (2003) mit 0,25 Sekunden die gleiche Flugweite für Parallel- und Schrittstart. Daraus resultieren Unterschiede bei den Absprung- und Eintauchwinkeln, die beim Schrittstart geringfügig größer ausfielen. Mithilfe einer Kraftmessplatte am Startblock wurden auch kinetische Größen untersucht. Konform mit der theoretischen Annahme, dass der Parallelstart eine größere Flugkurve aufweist als der flachere Schrittstart, werden bei der Messung des vertikalen Impulses beim Parallelstart größere Kraftentwicklungen (1107 Newton) gemessen als beim Schrittstart mit 885 Newton. Die horizontale Kraftentwicklung wurde beispielsweise bei Juergens (1995) gemessen, der in seinen Untersuchungen für den Schrittstart eine größere horizontale Kraftentwicklung feststellen konnte. Dieser Befund wird von Holthe/McLean (2001) bestätigt, die in ihren Forschungen dem Schrittstart durchschnittlich eine 10 Zentimeter größere

Flugweite zuschreiben. Obwohl die horizontalen Impulse in den beiden diskutierten Studien nicht gemessen wurden, deuten die geringeren Flugweiten beim Schrittstart auf geringere horizontale Kräfte hin.

4.3.3.1 Zusammenfassung

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Schwimmerinnen der Studie Krüger et al. (2003) eine signifikant schnellere Startleistung mit dem Parallelstart gegenüber dem Schrittstart erzielen konnten. Im Gegensatz dazu ergeben die Befunde der Studien Jorgic et al. (2010) und Miller et al. (2003), dass keiner der beiden Starttechniken – Parallelstart und Schrittstart – der andern überlegen ist. Einzig beim Absprungwinkel konnte in der Studie Jorgic et al. (2010) ein signifikanter Unterschied zwischen Parallelstart und Schrittstart erzielt werden, der in der Studie Miller et al. (2003) jedoch nicht bestätigt werden konnte. Die Studie Miller et al. (2003) konnte die größere vertikale Kraftentwicklung beim Parallelstart, die sich aus den Überlegungen zur Flugphase aus Kapitel 1 und Abbildung 8 ergeben, bekräftigen.

4.4 Literaturüberblick

Es gibt zahlreiche Studien, die Parallel- und Schrittstart vergleichen. Einige ausgewählte Studien wurden in diesem Kapitel vorgestellt und kritisch beleuchtet. Abschließend soll die Übersicht in Tabelle 13 die wichtigsten Erkenntnisse zum Parallel- und Schrittstart zusammenfassen. Wie die Analyse der Ergebnisse dieses Kapitels und die Datenlage aus Tabelle 13 verdeutlichen, kann keine eindeutige Empfehlung zugunsten einer der beiden Starttechniken gegeben werden.

Die in Kapitel 4.1 ausführlich diskutierten Befunde der Olympischen Spiele 2000 konstatieren einen leichten Vorteil des Schrittstarts gegenüber dem Parallelstart. Diesen Vorteil des Schrittstarts bestätigt die in Kapitel 4.2 ausführlich diskutierte Studie mit weiblichen Probanden von Welcher et al. (2008), die leichte Vorteile für den rear-weighted Schrittstart feststellen konnten. Ebenso folgern Holthe/McLean (2001): „Track starts offered

performance advantages over the grab start by improving entry characteristics of the start.”

Im Gegensatz dazu ergab die in Kapitel 4.3.1 vorgestellte Studie Krüger et al. (2003), die ebenfalls mit Frauen durchgeführt wurden, klare Vorteile des Parallelstarts. Diese Ergebnisse werden von den Studien Counsilman et al. (1988) sowie Zatsiorsky et al. (1979) unterstützt.

Die in Kapitel 4.3.2 und 4.3.3 vorgestellten Studien von Jorgic et al. (2010) und Miller et al. (2003) weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen Parallel- und Schrittstart auf. Dieser Befund wird auch durch die bereits in Kapitel 3.2 diskutierte Studie Kirner et al. (1989) sowie durch die Studien Vilas-Boas et al. (2003) und Benjanuvatra et al. (2004) bestätigt. Eine weitere Studie von Blanksby et al. (2002), die in Kapitel 5.1 Gegenstand eines gezielten Startsprungtrainings ist, bestätigt, dass es keine Unterschiede in der Startperformance zwischen Parallel- und Schrittstart gibt.

Literaturüberblick Parallelstart vs. Schrittstart				
Autoren	Kurzbeschreibung	Vorteil Parallelstart	keine Unterschiede	Vorteil Schrittstart
Issurin/Verbitsky (2003)	Befund der Finalläufe der Olympische Spiele 2000			x
Welcher et al. (2008)	Studie mit 20 US-College Schwimmerinnen			x
Holthe/McLean (2001)	Studie mit 10 College Schwimmern			x
Krüger et al. (2003)	Studie mit 7 deutschen Kader Schwimmerinnen	x		
Counsilman et al. (1988)	Studie mit 37 College- und 121 Jugendlichen	x		
Zatsiorsky et al. (1979)	Studie	x		
Miller et al. (2003)	Studie mit 15 NCAA Probanden (8 weibl./7		x	
Jorgic et al. (2010)	Studie mit 6 Jugendlichen		x	
Blanksby et al. (2002)	Studie mit 12 Probanden (7 weibl./5 männl.)		x	
Vilas-Boas et al. (2003)	Studie mit 11 portugiesischen		x	
Kirner et al. (1989)	Studie mit 12 mexikanischen		x	
Benjanuvatra et al. (2004)	Studie		x	

Tabelle 13: Literaturüberblick Parallelstart vs. Schrittstart
Eigene Darstellung.

Aufgrund der vielen widersprüchlichen Resultate kann keine eindeutige Empfehlung zugunsten einer der beiden untersuchten Starttechniken abgegeben werden. Der Schwimmer sollte sich vielmehr eine Starttechnik gemäß seiner persönlichen Vorlieben auswählen und diese gezielt trainieren, wie im folgenden Kapitel noch spezifiziert wird.

5 Effekt des Starttrainings

In diesem Kapitel wird der Effekt des Starttrainings anhand ausführlicher Untersuchungen von Blanksby et al. (2002) diskutiert. Die Resultate erbringen den Nachweis, dass sich ein gezieltes Starttraining positiv auf die Schwimmleistung auswirkt. In einem weiteren Teil werden der Effekt von Feedback beim Training sowie Auswirkungen eines gezielten Sprungkrafttrainings auf die Startperformance diskutiert.

5.1 Untersuchung des Startsprungtrainings beim Parallel-, Schritt- und Handle Start

Blanksby et al. (2002) untersuchten die Startleistung von insgesamt 12 Schwimmer/-innen, von denen fünf männlich und sieben weiblich waren. Alle Teilnehmer gaben den Parallelstart als ihre bevorzugte Starttechnik an. Ziel der Studie war einerseits die Messung des Trainingseffekts auf die Startleistung, andererseits die Starttechniken – Parallelstart, Schrittstart (rear-weighted) sowie den Handle Start – mithilfe von verschiedenen biomechanischen Größen zu untersuchen. Die Probanden wurden in zwei Gruppen eingeteilt und absolvierten 14 ± 2 Trainingseinheiten, wobei das wöchentliche Training 2-4 Einheiten umfasste. Es bestand für die erste Gruppe aus fünf Parallelstarts und zehn Schrittstarts sowie für die zweite Gruppe aus fünf Parallelstarts und zehn Handle Starts. Die Studie bestand aus zwei Testdurchgängen, einer Eingangsmessung vor der ca. 4-wöchigen Trainingsphase und einer Ausgangsmessung nach der Trainingsperiode. Dabei absolvierten alle zwölf Teilnehmer jeweils zwei Starts, die erste Gruppe je einen Parallelstart und einen Schrittstart, die zweite Gruppe je einen Parallelstart und einen Handle Start. Für die Bestimmungsgröße der Startleistung wurde die 10 Meter-Durchgangszeit festgesetzt. Weitere Kriterien, die gemessen wurden, waren die Reaktions- und Bewegungszeit auf dem Startblock (zusammen die Blockzeit), die Flugweite und Flugzeit sowie die Position des Körperschwerpunkts vor dem Startsignal (vgl. Blanksby et al., 2002).

5.1.1 Startleistung

Die Startleistung – als 10 Meter-Durchgangszeit definiert – konnte bei allen Starttechniken nach dem 14-maligen Training signifikant verbessert werden (vgl. Abbildung 14). Dieses Ergebnis steht in Einklang mit Rutemiller (1995), der darauf hinweist, dass ein regelmäßiges Starttraining einen positiven Einfluss auf die Startleistung hat.

Vergleich verschiedener Starttechniken bei der Eingangsmessung (vor einer 14-maligen Trainingsperiode) und Ausgangsmessung (nach der Trainingsperiode)						
Starttechnik	Parallel-start	Parallel-start	Handle Start	Handle Start	Schritt-start	Schritt-start
Messung vor bzw. nach Trainingsperiode	vor	nach	vor	nach	vor	nach
10m Durchgangszeit (s)	4,62	4,52	4,67	4,46	4,67	4,57
Reaktionszeit (s)	0,21	0,20	0,22	0,19	0,23	0,19
Bewegungszeit (s)	0,65	0,63	0,63	0,50	0,64	0,66
Blockzeit (s)	0,86	0,82	0,85	0,69	0,88	0,85
Flugzeit (s)	0,32	0,30	0,24	0,24	0,30	0,29
Flugweite (m)	3,23	3,27	3,01	2,99	2,73	3,28
Körperschwerpunkt horizontal (m)	-0,29	-0,26	-0,05	0,15	-0,58	-0,68

Tabelle 14: Vergleich verschiedener Starttechniken vor und nach Training
Eigene Darstellung, Quelle: Blanksby et al. (2002).

Tabelle 14 zeigt die verschiedenen Determinanten des Starts. Der positive Trainingseffekt ist insbesondere für den Parallelstart hervorzuheben, da der Parallelstart bereits vor der Studie von allen Teilnehmern präferiert wurde. Signifikant – bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ – ist die Verbesserung der Startleistung bei 10 Meter für den Parallelstart (0,1 Sekunden, bzw. 2,2%) und den Handle Start (0,21 Sekunden, bzw. 4,5%). Obwohl die Schritstarter sich im Durchschnitt um 0,1 Sekunden (2,1%) verbesserten, wurde hier das Signifikanzniveau von $p < 0,05$ nicht erreicht.

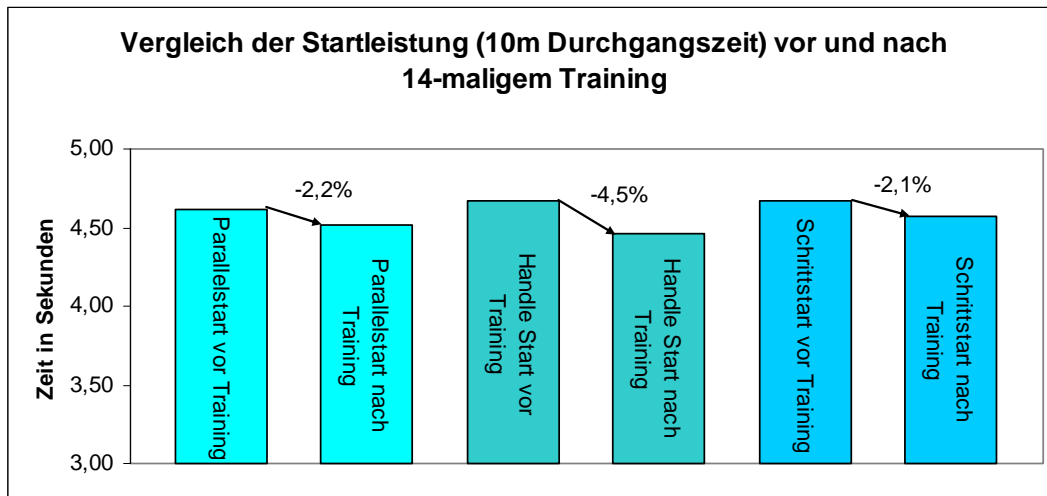


Abbildung 14: Trainingseffekt der Startleistung
Eigene Darstellung, Quelle: Blanksby et al. (2002).

Ein signifikanter Unterschied zwischen den drei verschiedenen Starttechniken wurde für die 10 Meter-Durchgangszeit weder bei der Eingangsmessung vor der Trainingsperiode noch bei der Ausgangsmessung danach erzielt. Dieses Ergebnis wird durch Pearson et al. (1998) bestätigt, bei der für Parallelstart und Handle Start keine signifikanten Unterschiede in der Startleistung (bis 7 Meter) festgestellt wurde. Die Steigerung der Startleistung um 0,25 Sekunden nach der Trainingsperiode im Vergleich zur Eingangsmessung demonstriert zum einen den positiven Trainingseffekt, zum anderen deutet der starke Anstieg, der vorher nicht praktizierten Starttechnik darauf hin, dass weiteres Potenzial für den Handle Start vorhanden sein könnte.

5.1.2 Korrelationen

Signifikante Korrelationen konnten Blanksby et al. (2002) zwischen den betrachteten Kriterien feststellen. Signifikant positiv korreliert die 10 Meter-Durchgangszeit mit der Bewegungszeit auf dem Startblock und der gesamten Blockzeit. Dies gilt für beide Messdurchgänge. Eine signifikant negative Korrelation konnte zwischen der Flugzeit und der Position des Körperschwerpunkts ausgemacht werden. Demnach resultiert eine Verlagerung des Körperschwerpunkts nach vorne in einer kürzeren Flugzeit. Eine signifikant positive Wechselwirkung offenbarte die Flugzeit

mit der Flugweite; umso länger der Proband in der Luft war, desto weiter flog er auch. Schließlich korrelierte die Position des Körperschwerpunkts signifikant negativ mit der Bewegungs- und Blockzeit. Isoliert von den anderen Kriterien betrachtet, spräche dieser Befund für die Vermutung, dass der (rear-weighted) Schrittstart einen Nachteil gegenüber allen anderen Starttechniken habe.

5.1.3 Reaktionszeit

Die Reaktionszeit (RZ) wurde durch die Wahl der Starttechnik nicht beeinflusst. Allerdings konnte die Reaktionszeit durch das Training durchschnittlich um 0,03 Sekunden verbessert werden (vgl. Abbildung 15). Einen positiven Einfluss eines gezielten Starttrainings auf die Reaktionszeit könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich der Schwimmer besser auf das Startsignal konzentrieren kann, wenn der Bewegungsablauf des Starts automatisiert wird. Auf diesen Zusammenhang weisen bereits Henry/Rogers (1960) und Maglischo (1982) hin und vermuten, dass eine schnellere Reaktionszeit dann erfolgt, wenn der Schwimmer weniger über den Startablauf nachdenken muss (vgl. Blanksby et al., 2002).

5.1.4 Blockzeit

Die Blockzeit (BZ) auf dem Startblock setzt sich aus der Reaktionszeit und der Bewegungszeit (BeZ) zusammen. Es zeigt sich, dass sich eine schnellere Bewegungszeit positiv auf die Blockzeit auswirkt (vgl. Tabelle 14). Dabei konnte insbesondere die Blockzeit beim Handle Start signifikant von 0,85 Sekunden auf 0,69 Sekunden durch gezieltes Training gesteigert werden. Diese Verbesserung ist größtenteils aus der kürzeren Bewegungszeit, von 0,63 Sekunden vor dem Training, auf 0,5 Sekunden nach dem Training zurückzuführen. Die durchschnittliche Blockzeit der drei verschiedenen Starttechniken konnte zwischen der Eingangsmessung und der Ausgangsmessung von 0,86 auf 0,8 Sekunden verkürzt werden (vgl. Abbildung 15). Dieser Befund bekräftigt den Trainingseffekt eines gezielten Starttrainings.

Auffällig ist die leicht verlängerte Bewegungszeit auf dem Startblock beim (rear-weighted) Schrittstart bei der Ausgangsmessung. Durch das Starttraining verschieben die Probanden ihren Körperschwerpunkt weiter nach hinten, um einen längeren Beschleunigungsweg zu erzielen.

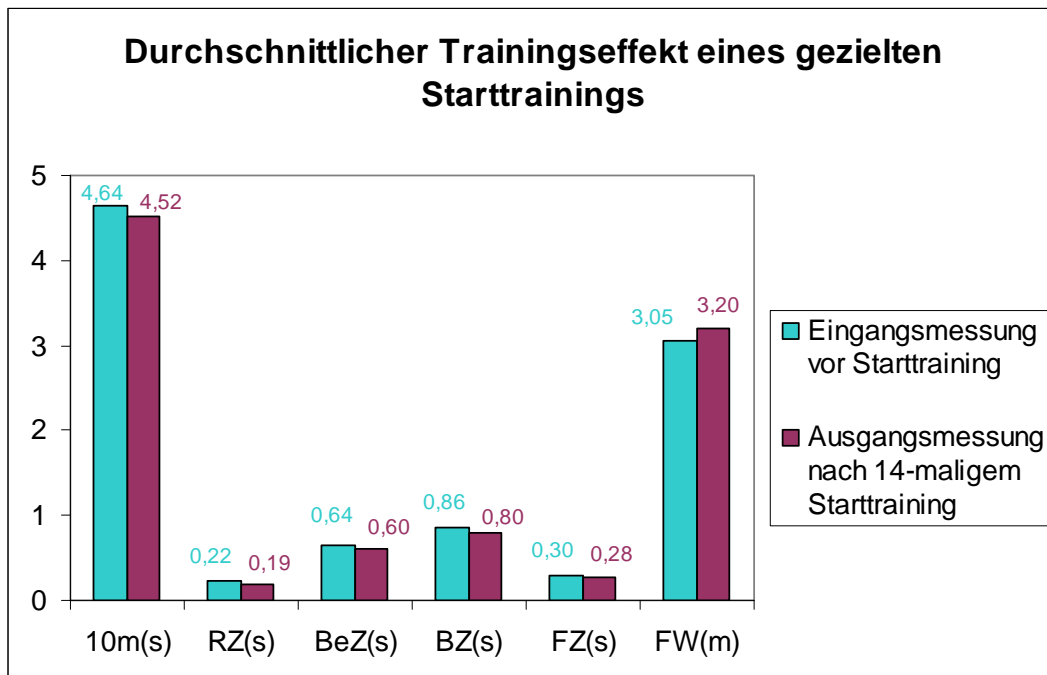


Abbildung 15: Durchschnittlicher Trainingseffekt eines gezielten Starttrainings
Eigene Darstellung, Quelle: Blanksby et al. (2002).

5.1.5 Flugzeit und Flugweite

Wie in Abbildung 15 veranschaulicht wird, konnte die Flugzeit (FZ) durch Training signifikant verkürzt werden, während die Flugweite (FW) durchschnittlich verlängert wurde. Allerdings zeigen die Ergebnisse der Flugweite bei Betrachtung der einzelnen Starttechniken große Unterschiede (vgl. Tabelle 14). Demnach konnte das Training einen großen Effekt bei den (rear-weighted) Schrittstartern auf die Flugweite erwirken. Betrug die Flugweite vor dem Training 2,73 Meter, konnten die Probanden diese auf 3,28 Meter nach dem Training steigern. Betrachtet man die die Flugweite der Schrittstarter im Kontext mit den Kriterien Flugzeit, welche von 0,3 Sekunden auf 0,29 Sekunden leicht verkürzt wurde und der Position des Körperschwerpunkts relativ zum Startblock, der durch Training von -0,58 Meter auf -0,68 Meter weiter nach hinten

verlagert werden konnte, wird der Trainingseffekt deutlich. Die verlängerte Flugweite ist ein Resultat der höheren Absprunggeschwindigkeit, welche in der Studie Blanksby et al. (2002) zwar nicht gemessen wurde, aber aus den genannten Größen hervorgeht. Insbesondere der weit nach hinten verlagerte Körperschwerpunkt, der eine höhere Körperspannung zur Folge hat, zeigt, dass sich der verlängerte Beschleunigungsweg positiv auf die Absprunggeschwindigkeit und die Flugweite auswirkt (vgl. Blanksby et al., 2002; Costill et al., 1992). Darüber hinaus konnte durch die Armspannung eine niedrigere und flachere Absprungposition erzielt werden (vgl. Ayalon et al., 1975; Nelson/Pike, 1978; Welcher et al., 1999).

5.1.6 Körperschwerpunkt

Die Position des Körperschwerpunkts, der relativ zur Startblockposition gemessen wurde, war bei allen drei Starttechniken unterschiedlich und konnte durch Training beim Handle Start sowie beim Schrittstart signifikant verändert werden. Demnach konnten die Probanden ihren Körperschwerpunkt im Vergleich zur Eingangsmessung beim Handle Start um 0,2 Meter nach vorne verlagern, während sie ihr Gewicht beim (rear-weighted) Schrittstart um 0,1 Meter weiter nach hinten verschoben (vgl. Tabelle 14). Beide Trainingsanpassungen sind als Optimierung des Startverhaltens zu werten.

Ziel des Handle Starts ist es, den Körperschwerpunkt so weit wie möglich nach vorne zu verlagern, um die Blockzeit zu reduzieren (vgl. Tabelle 14) und eine schnellere Startleistung zu erreichen. Diesen Befund belegt die signifikant negative Korrelation zwischen der Position des Körperschwerpunkts und der Blockzeit. Den Vorteil eines weit nach vorne verlagerten Körperschwerpunkts hoben bereits Ayalon et al. (1975), Bloom et al. (1978), Fitzgerald (1973), Gibson/Holt (1976), Maglisco (1982), Lewis (1980), Hanauer (1967) sowie Wilson/Marino (1983) beim Parallelstart hervor.

Dem entgegen steht der Gedanke, beim (rear-weighted) Schrittstart den Körperschwerpunkt weit nach hinten zu verlagern. Durch die Verlagerung

des Körperschwerpunkts auf das hintere Bein kann die Armspannung aufgebaut werden, der Beschleunigungsweg verlängert und die horizontale Absprunggeschwindigkeit erhöht werden. Wie oben bereits erwähnt, stieg die Bewegungszeit auf dem Startblock zwischen Eingangsmessung und Ausgangsmessung beim Schrittstart etwas an. Dieses Ergebnis begründet sich aus dem weiter nach hinten verlagerten Körperschwerpunkt, der einen längeren Beschleunigungsweg ermöglicht, um die Absprunggeschwindigkeit zu erhöhen (vgl. Welcher et al., 2008).

5.2 Der Effekt von Feedback beim Startsprungtraining

Fuente/Arellano (2010) untersuchten den Effekt des Startsprungtrainings mit 42 Teilnehmern. Davon waren 31 männliche Schwimmer und 11 weibliche Schwimmerinnen, die alle entweder regionale Leistungsschwimmer oder Sportstudenten mit Wettkampferfahrung waren. Die Probanden wurden in zwei Gruppen zu je 21 Personen in eine Kontrollgruppe und eine Versuchsgruppe aufgeteilt. Alle Teilnehmer absolvierten jeweils 60 Starts, die sich über zehn Trainingseinheiten erstreckten. Die Startleistung bestand nach dem Startsprung entweder aus einer Gleitphase, Unterwasser-Delphinkicks oder einem Freistilsprint. Die Zeit wurde je nach gemessenem Kriterium nach 10 oder 15 Metern gestoppt (vgl. Tabelle 15). Der Ablauf der Probanden von Kontroll- und Versuchsgruppe war bis auf das anschließende Feedback identisch. Das Feedback erhielten die Probanden der Versuchsgruppe in Form von detaillierten Informationen zum Startverhalten direkt im Anschluss nach jedem Versuch (vgl. Fuente/Arellano, 2010).

Vergleich der Startperformance vor und nach Training				
Gruppe	Versuchsgruppe		Kontrollgruppe	
	Vor	Nach	Vor	Nach
Messung vor bzw. nach Trainingsperiode				
15m Freistil (s)	8,02	7,87	8,17	8,07
10m Delphinkicks (s)	5,68	5,38	5,84	5,73
10m Freistil (s)	4,84	4,58	4,95	4,84
10m Gleiten (s)	7,18	7,04	7,41	7,31

Tabelle 15: Vergleich der Startperformance vor und nach Training
Eigene Darstellung, Quelle: Fuente/Arellano (2010).

Die Ergebnisse des gezielten Starttrainings sind in Tabelle 15 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich alle Teilnehmer, unabhängig davon, ob sie der Versuchs- oder Kontrollgruppe angehörten, nach den zehn Trainingseinheiten signifikant verbesserten. Dabei lag die durchschnittliche Verbesserung beim 15 Meter-Sprint in der Versuchsgruppe bei 0,15 Sekunden, während die Probanden der Kontrollgruppe nach den Trainingseinheiten 0,1 Sekunden schneller waren als bei der Eingangsmessung. Bei den Delphinkicks bewirkte das Feedback in der Versuchsgruppe mit 0,3 Sekunden Verbesserung den größten Trainingseffekt.

Vergleicht man die Verbesserungen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe, ist festzustellen, dass sich die Probanden der Versuchsgruppe um 5,2% und die Probanden der Kontrollgruppe um 2,2% steigern konnten. Obwohl der Zuwachs der Versuchsgruppe verglichen mit der Kontrollgruppe mehr als doppelt so groß ist, kann dem zusätzlichen Feedback keine signifikante Verbesserung nachgewiesen werden.

5.3 Sprungkraftorientiertes Krafttraining im Schwimmen

Allgemeines Krafttraining spielt in der Praxis von Leistungsschwimmern eine wichtige Rolle. Inwiefern gezieltes Sprungkrafttraining jedoch Auswirkungen auf die Startperformance hat, wird in der Fachliteratur kontrovers diskutiert. Die folgenden Studien sollen einen Überblick über das sprungkraftorientierte Krafttraining im Schwimmen geben.

5.3.1 Deutsche Studie zu den Auswirkungen eines startsprungorientierten Sprungkrafttrainings

Zu den Auswirkungen eines startsprungorientierten Sprungkrafttrainings auf die Startsprungleistung im Schwimmen wurde an der Universität Bayreuth mit sieben deutschen Kaderathleten eine Studie durchgeführt. Hohmann et al. (2010) untersuchten bei fünf männlichen und zwei weiblichen Probanden, wie sich ein gezieltes vierwöchiges Training, bestehend aus Schnellkrafttraining, Maximal- und Explosivkrafttraining

sowie Techniktraining auf die Startleistung beim Schwimmen auswirkt. Ziel der Studie war es zu prüfen, inwieweit das gezielte Kombinationstraining Auswirkungen auf die folgenden vier Fragestellungen hat (vgl. Hohmann et al., 2010):

1. Führt ein gezieltes Training zu einer Verbesserung in den leistungsrelevanten Sprungkraftparametern?
2. Führt ein gezieltes Training zu einer Verbesserung in den leistungsrelevanten kinematischen Startsprungleistungen?
3. Führt ein gezieltes Training zu einer Verbesserung in den leistungsrelevanten dynamischen Startsprungparametern?
4. Führen Verbesserungen in den kinematischen und dynamischen Parametern in Folge auch zu besseren komplexen Startleistungen?

Fragestellung 1 konnte positiv beantwortet werden. Allerdings ging ein höherer maximaler horizontaler Kraftwert nicht automatisch mit einem größeren horizontalen Impuls einher. Die Fragen 2 und 3 konnten nicht eindeutig positiv beantwortet werden, da am Startblock intraindividuell gemessene Kraftwerte nicht systematisch zu verbesserten Startzeiten bei 7,5 Metern führten. Frage 4 konnte mittelfristig positiv beantwortet werden (vgl. Hohmann et al., 2010).

5.3.2 weitere Studien

Fuente et al. (2003) untersuchten in einer Studie mit 44 männlichen und 21 weiblichen Studenten, ob es zwischen den Sprungeigenschaften an Land (CMJ Counter Movement Jump) und dem Startsprung beim Schwimmen Zusammenhänge gibt. Die Ergebnisse der Studie ergaben dabei keine signifikanten Korrelationen. Vielmehr lassen sich die Unterschiede auf spezifische Bewegungseigenschaften zurückführen. Dieser Befund wird von Breed/Young (2003) gestützt. Breed/Young (2003) testeten die Auswirkungen eines neunwöchigen gezielten Krafttrainings auf die Startperformance und konnte in Bezug auf die gesamte Startleistung keine Verbesserungen feststellen, obwohl die Teilnehmer der Studie eine größere Flugweite erzielen konnten. Auch Miyashita et al.

(1992), Pearson et al. (1998) sowie Zatsiorsky et al. (1979) stellten in ihren Studien zwar Zusammenhänge zwischen Beinmuskulatur und der Startleistung beim Startsprung fest, konnten jedoch nicht den Nachweis erbringen, dass eine ausgeprägte Sprungkraft an Land auch Ursache für eine bessere Startperformance im Wasser ist.

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass der Transfer von Krafttraining bzw. speziellen Sprungeigenschaften nicht oder zumindest nicht ausschließlich auf eine Verbesserung der Startleistung beim Schwimmen zurückzuführen ist. Vielmehr komme es auf die motorischen und koordinativen Fähigkeiten an, wie Hohmann et al. (2010), Fuente/Arellano (2010) und Bobbert/Soest (1994) festhalten. Hohmann et al. (2010) argumentieren, dass die schwierige koordinative Umsetzung in der Absprungphase nicht allein auf die Krafteigenschaften zurückzuführen sind. Außerdem ist darauf zu verweisen, dass die Startleistung immer auch die Eintauch- und Unterwasserphase beinhaltet, die ebenfalls hohe Anforderungen an die motorischen Fähigkeiten erfordern und einen nicht unerheblichen Anteil an der gesamten Startleistung haben (vgl. Elipot et al., 2009; Cossor/Mason, 2001; Bonnar, 2001; Shin/Groppel, 1986 sowie Guimaraes/Hay, 1985).

Im Gegensatz dazu konnten West et al. (2011) erstmal eine negative Korrelation zwischen Unterkörpermuskulatur und der Startleistung bei 15 Metern feststellen. In einer aktuellen Studie testeten die Autoren elf britische Spitzensprinter im Alter von $21,3 \pm 1,7$ Jahren, einem Gewicht von $78,1 \pm 11,2$ kg und einer Körpergröße von $1,8 \pm 0,1$ Metern. Die Studie bestand erstens aus einer Kraftmessung an Land, die anhand von Kniebeugen mit maximalem Gewicht sowie CMJs durchgeführt wurde (für beide Tests hatten die Probanden drei Versuche) und zweitens aus einer 15 Meter-Startsprung-Performance im Schwimmbecken (hier hatten die Probanden zwei Versuche). Anhand der beiden Kraftmessungen an Land wurden die Maximalkraft und die maximale Sprunghöhe ermittelt.

Das Ergebnis der Studie weist auf eine negative Korrelation zwischen Maximalkraft und der 15 Meter-Startleistung hin. Ebenso kann eine

signifikante Korrelation zwischen Sprunghöhe und 15 Meter-Startleistung festgestellt werden. Damit erbringen West et al. (2011) erstmals den Nachweis, dass sich eine ausgeprägte Beinmuskulatur positiv auf die Startleistung beim Schwimmen auswirkt.

5.3.3 Kraftentwicklung beim Schrittstart

Spielt es eine Rolle, welches Bein der Schwimmer beim Schrittstart vorne bzw. hinten hat? Auf diese Frage ist die gängige Meinung in der Fachliteratur, dass das stärkere Bein beim Schrittstart vorne sein sollte, da die dominante Kraftentwicklung beim Start vom vorderen Bein ausgehe (vgl. Ayalon et al., 1975; Benjanuvatra et al., 2004 sowie Breed/McElroy, 2000). Inwiefern die Schrittstellung beim Schrittstart eine Rolle spielt und welches Bein nun nach vorne gestellt werden sollte gingen in einer jüngst veröffentlichten Studie Hardt et al. (2009) nach. Dazu untersuchten sie 22 australische Schwimmer/-innen, davon jeweils elf männliche und elf weibliche. Dabei präferierten alle Probanden (bis auf drei, die jedoch den Schrittstart vor der Studie trainierten) den Schrittstart als bevorzugte Starttechnik. In der Untersuchung absolvierte jeder Teilnehmer jeweils fünf Schrittstarts mit dem rechten Bein vorne und fünf mit dem linken Bein vorne. Das Körpergewicht sollte auf dem vorderen Bein platziert werden, was dem front-weighted Schrittstart entspricht. Als Messkriterium der Startleistung diente die 5 Meter-Startzeit. Um die Sprungkraftentwicklung an Land zu messen, erfolgte für jeden Proband eine Kraftmessung, die anhand einbeiniger CMJs (jeder Proband hatte 10 Versuche) im Labor durchgeführt wurde.

Die Ergebnisse demonstrieren keine signifikanten Korrelationen zwischen der Startleistung beim Schwimmen und der ausgewählten Beinstellung beim Schrittstart. Obwohl die Kraftmessung an Land für einigen Probanden Asymmetrien zwischen beiden Beinen identifizieren konnte, hatten diese ebenfalls keine signifikanten Auswirkungen auf die Startleistung beim Schwimmen.

5.4 Zwischenfazit

Es kann festgehalten werden, dass ein gezieltes Starttraining einen signifikant positiven Effekt auf die Startleistung hat. Die Startleistung bei der 10 Meter-Durchgangszeit konnte bei der Studie Blanksby et al. (2002) für alle untersuchten Starttechniken verbessert werden. Dabei zeigte sich, dass der Effekt beim Handle Start am größten war. Dieser Befund kann auf die signifikant verkürzte Blockzeit und den weit nach vorne verlagerten Körperschwerpunkt im Vergleich zu den beiden anderen Starttechniken zurückgeführt werden. Der Trainingseffekt beim (rear-weighted) Schrittstart ergab eine Verschiebung des Körperschwerpunkts nach hinten. Der dadurch verlängere Beschleunigungsweg konnte die etwas verlängerte Bewegungszeit auf dem Startblock überkompensieren, so dass die Startleistung hier ebenfalls verbessert wurde. Schließlich konnten die Probanden selbst bei ihrer präferierten Starttechnik – dem Parallelstart – durch zusätzliches Starttraining eine Verbesserung der Startleistung in allen untersuchten Kriterien erzielen.

Eine signifikante Verbesserung der Startperformance nach einem gezielten Starttraining kann durch Fuente/Arellano (2010) bestätigt werden. Hier konnten Verbesserungen von bis zu 0,3 Sekunden für das Starttraining mit Feedback erzielt werden.

Die Resultate eines sprungkraftorientierten Krafttrainings weisen differierende Ergebnisse auf. Obwohl West et al. (2011) sowie Hohmann et al. (2010) Zusammenhänge zwischen der Sprungkraft und der Startleistung messen konnten, gelang dies den meisten Wissenschaftlern zuvor nicht. Nach derzeitigem Forschungsstand kann deshalb keine eindeutige Aussage zugunsten eines sprungkraftorientierten Krafttrainings zur Erzielung einer besseren Startperformance gemacht werden. Ein allgemeines und besonders ein schwimmspezifisches Krafttraining, in Kombination mit dem Wassertraining, ist dennoch zu empfehlen, wie die Autoren Neuffer et al. (1987), Crowe et al., (1999) sowie Tanaka et al., (1993) in ihren Studien bestätigen.

Gleichwohl geben die diskutierten Befunde Anlass dazu, sowohl für leistungsorientierte Wettkampfschwimmer als auch für Trainer, ein gezieltes und vor allem funktionales Starttraining in den wöchentlichen Trainingsplan zu integrieren. Dabei sollte der Schwerpunkt eines funktionalen Startsprungtrainings auf dem Automatisieren des Bewegungsablaufs und der Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten liegen, indem überwiegend der Startsprung vom Startblock ins Wasser trainiert wird. Dabei ist es nicht unwesentlich, den Schwimmern ein Feedback sowohl über die erzielte Zeit als auch über den Bewegungsablauf, zum Beispiel beim Eintauchverhalten zu geben. Welche Starttechnik gewählt wird, ist eher zweitrangig, wie die diskutierten Befunde aus Kapitel 1 ergeben und sollte der individuellen Präferenz des Schwimmers überlassen bleiben.

6 Der neue Startblock OSB 11

2008 wurde das neue Startblockmodell OSB 11 entwickelt, das seit dem Frühjahr 2010 vom internationalen Schwimmverband FINA in das Regelwerk aufgenommen wurde. Bei den Weltmeisterschaften 2011 in Shanghai hatte der neue Startblock Premiere bei einem internationalen Großereignis und 2012 in London erstmals bei Olympia zum Einsatz kommen. Der neue Startblock OSB 11 ist in der Grafik (Abbildung 16) illustriert.



Hauptmerkmal des neuen Startblocks sind eine verlängerte Standfläche (74 cm) mit einer leichten Neigung nach vorne (Anstellwinkel 9°) sowie eine verstellbare Fußstütze mit einer Abdruckfläche für das hintere Bein. Durch die verlängerte Standfläche und die verstellbare Abdruckfläche (vergleichbar mit einem Leichtathletik-Start) kann dem Sportler ein

Startvorteil gegenüber den bisherigen Startblöcken verschafft werden. Begünstigt werden sollen insbesondere Schrittstarter mit der Körperschwerpunktverlagerung auf dem hinteren Bein, da ein kräftiger Abdruck ermöglicht wird. Diese neue Starttechnik wird in der englischsprachigen Literatur bereits als „Kickstart“ bezeichnet.

Ziel des neuen Kickstarts mithilfe des OSB 11 Startblocks ist es, einen effektiveren Start zu gewährleisten, der speziell auf den kurzen Schwimmdistanzen zu schnelleren Zeiten führen kann. Um die Effektivität des neuen Startblocks und der neuen Starttechnik zu messen, wurden bereits erste Studien durchgeführt, die in diesem Kapitel Gegenstand einer kritischen Prüfung sind.

6.1 Studienvergleich: Schrittstart vs. Kickstart auf dem neuen OSB 11 Startblock

Im Folgenden werden das Studiendesign einer deutschen sowie einer australischen Studie vorgestellt und anschließend die Ergebnisse für die Startleistung (Kopfdurchgangszeit bei 7,5 Meter, Blockzeit und horizontale Abfluggeschwindigkeit) miteinander verglichen. Dabei wird zunächst der Schrittstart auf einem herkömmlichen Startblock mit dem Kickstart auf dem neuen OSB 11 Startblock gegeneinander abgewogen, bevor auf Unterschiede zwischen den bevorzugten Starttechniken der Schwimmer eingegangen wird.

In Deutschland haben Biel et al. (2010) in einer Querschnittsstudie die Startleistung von sieben männlichen Schwimmern des Bundesleistungsstützpunkts Warendorf auf einem herkömmlichen Startblock (Oberfläche 50 x 50 Zentimeter, Anstellwinkel von 5°) mit dem neuen Startblock OSB 11 (Oberfläche 74 Zentimeter lang, Anstellwinkel 9° und Fußstütze) verglichen. Die Schwimmer waren im Durchschnitt 22 ± 2 Jahre alt und sind mit 810 ± 40 DSV-Punkten als nationale Spitzenschwimmer einzuordnen. Die bevorzugte Starttechnik war bei vier Schwimmern der Schrittstart, während die anderen drei den Parallelstart bevorzugten. Die folgenden Daten bilden zunächst einen Mittelwert aller sieben Schwimmer, unabhängig ihrer bevorzugten Starttechnik. Gemessen wurde die Kopfdurchgangszeit bei 7,5 Meter, die Blockzeit (Zeitdifferenz zwischen Startsignal und Verlassen des Startblocks), die horizontale Abfluggeschwindigkeit (des Körperschwerpunkts) sowie der Abflugwinkel (vgl. Biel et al., 2010).

In Australien untersuchten Honda et al. (2010) in einer ähnlichen Vergleichsstudie 14 internationale Top-Schwimmer/-innen auf dem alten und dem neuen OSB 11 Startblock im Hinblick auf ihre Startleistung. Die Teilnehmer der Studie waren hier neun männliche Schwimmer im Alter von $20,8 \pm 3$ Jahren und fünf weibliche Schwimmerinnen im Alter von $21,4 \pm 2,8$ Jahren. Alle Studienteilnehmer erreichten Bestleistungen von durchschnittlich 850 FINA-Punkten und können damit ebenfalls der Kategorie nationaler Spitzenschwimmer zugeordnet werden. Die

gemessenen Variablen bestehen aus der Kopfdurchgangszeit bei 5 bzw. 7,5 Meter, der Blockzeit, der horizontalen Abfluggeschwindigkeit, der durchschnittlichen Geschwindigkeit bei 5 bzw. 7,5 Meter, der durchschnittlichen Horizontalkraft sowie der maximalen Horizontalkraft, die am Startblock gemessen wurden. Es ist zu anzu merken, dass die männlichen Schwimmer durchschnittlich sowohl schnellere Zeiten als auch höhere Geschwindigkeiten erzielten als die Frauen, es jedoch keine signifikanten Interdependenzen zwischen den Geschlechtern gab, weshalb die Ergebnisse für Männer und Frauen zusammengefasst wurden (vgl. Honda et al., 2010).

Um eine gezielte Vergleichbarkeit der beschriebenen Studien zu gewährleisten, sind in Tabelle 16 nur diejenigen Variablen aufgeführt, die sowohl bei der deutschen als auch bei der australischen Studie gemessen wurden (Kopfdurchgangszeit bei 7,5 Meter, Blockzeit sowie horizontale Abfluggeschwindigkeit).

Deutsche und australische Studie im Vergleich: Schrittstart auf altem Startblock vs. Kickstart auf neuem OSP11 Startblock				
Studie	Deutschland		Australien	
Starttechnik	Schrittstart	Kickstart	Schrittstart	Kickstart
7,5m Durchgangszeit (s)	2,63	2,43	2,73	2,69
Blockzeit (s)	0,78	0,74	0,8	0,77
horizontale Abfluggeschwindigkeit (m/s)	4,52	4,71	4,41	4,48

Tabelle 16: Deutsche und australische Studie im Vergleich
Eigene Darstellung, Quelle: Honda et al. (2010) sowie Biel et al. (2010).

Die Ergebnisse zeigen sowohl für die deutsche als auch für die australische Studie signifikante Verbesserungen beim Kickstart auf dem neuen OSB 11 Startblock im Vergleich zum Schrittstart auf einem herkömmlichen Startblock. Abbildung 17 veranschaulicht die Ergebnisse

im Einzelnen. In der oberen Grafik ist die Kopfdurchgangszeit bei 7,5 Meter illustriert. Während sich die deutschen Schwimmer auf dem neuen Startblock um 0,2 Sekunden (das entspricht einer Steigerung von 7,6%) verbesserten, waren es bei den australischen Teilnehmern immer noch 0,04 Sekunden. Die Blockzeit konnte bei allen Studienteilnehmern signifikant verbessert werden, wobei die Unterschiede der beiden Studien homogen waren. Während die deutschen Schwimmer mit dem Kickstart ihre Blockzeit von 0,78 auf 0,74 Sekunden (um 0,04 Sekunden) verkürzten, konnten sich die australischen Schwimmer/-innen von 0,8 auf 0,77 Sekunden (um 0,03 Sekunden) verbessern. Auch die horizontale Abfluggeschwindigkeit zeigte bei beiden Studien positive Resultate. Entsprechend konnten die deutschen Teilnehmer ihre Geschwindigkeit um 0,19 m/s steigern, während die australischen Probanden ihre Geschwindigkeit um 0,07 m/s erhöhten.

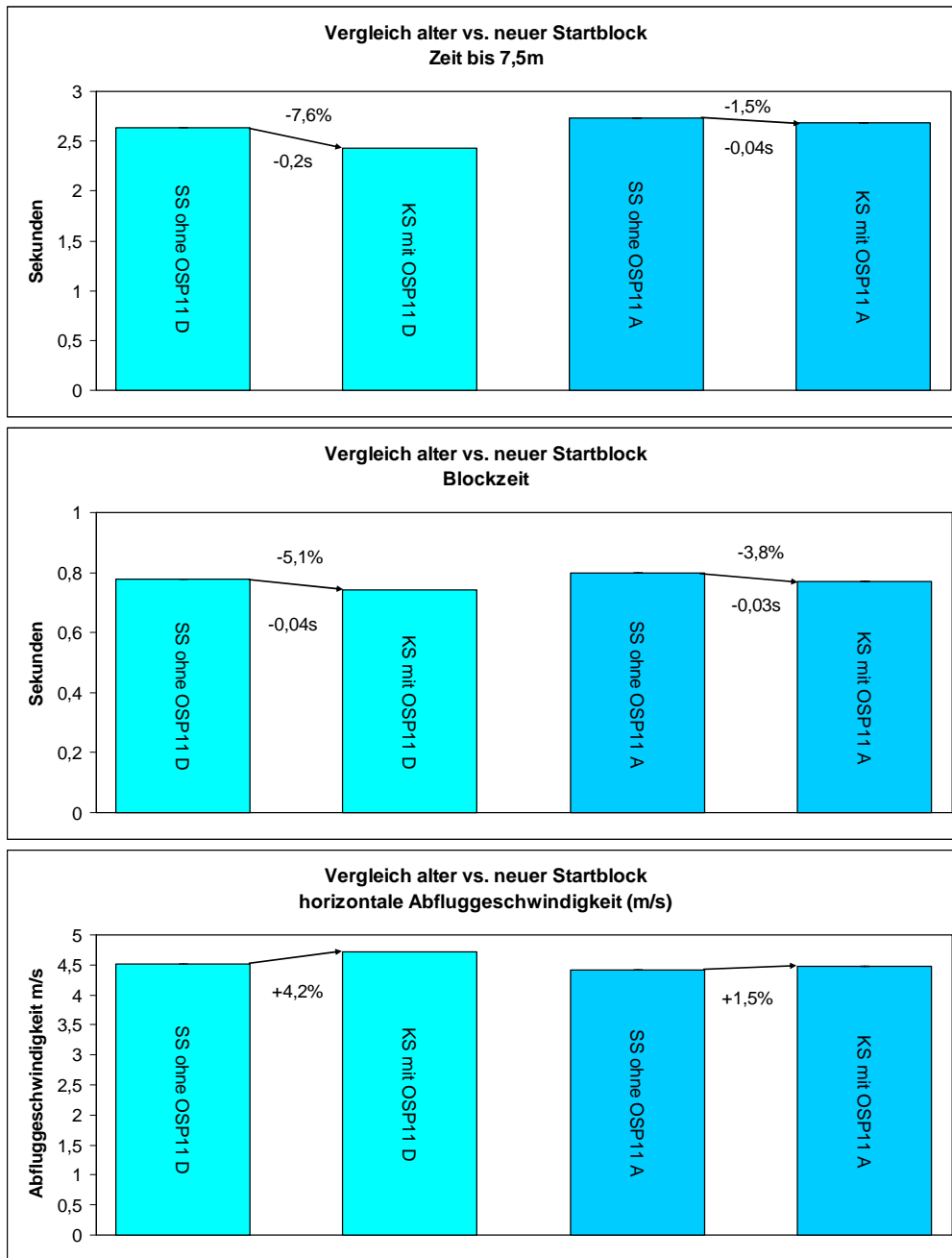


Abbildung 17: Vergleich alter vs. neuer Startblock
 Eigene Darstellung, SS = Schrittstart, KS = Kickstart, D = Studie Deutschland,
 A = Studie Australien, Quelle: Honda et al. (2010) sowie Biel et al. (2010).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass sich die deutschen Schwimmer durchschnittlich stärker verbesserten als ihre australischen Mitstreiter/-innen. Insgesamt konnten sich jedoch sowohl die deutschen als auch die australischen Schwimmer/-innen mit dem Kickstart auf dem neuen Startblock OSB 11 gegenüber dem alten Startblock in allen gemessenen Determinanten signifikant verbessern.

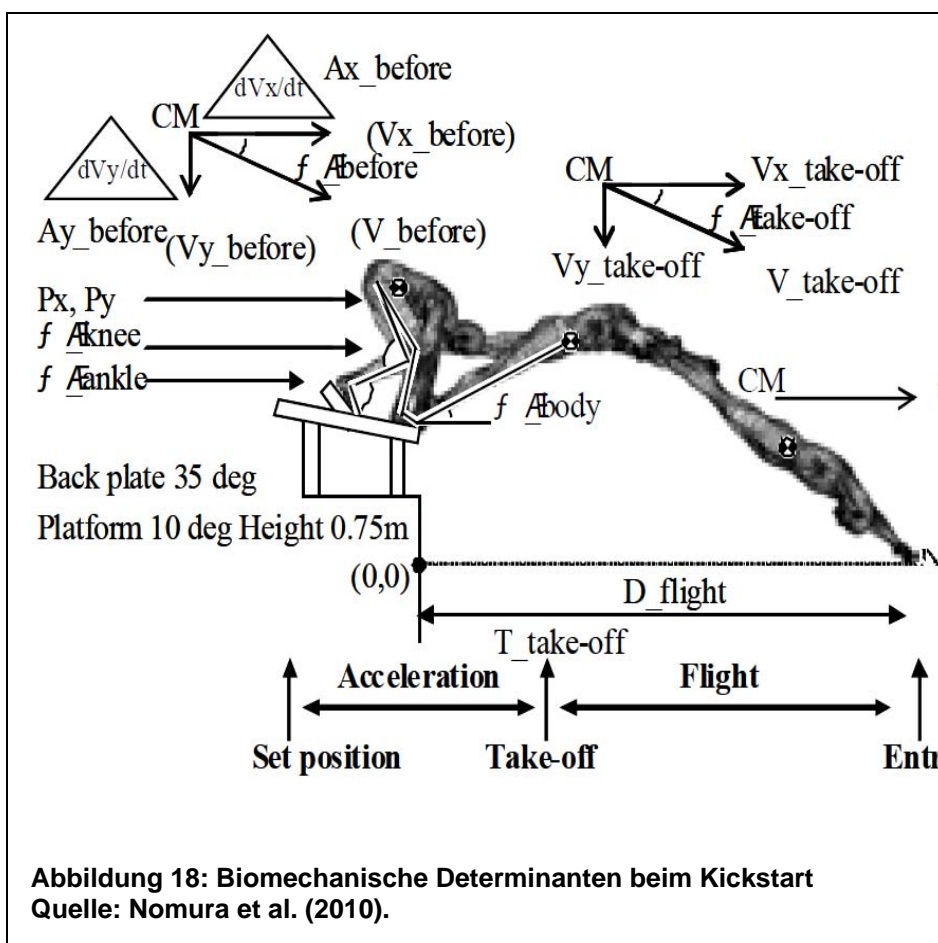
6.2 Japanische Studie zum Kickstart

Eine Überprüfung der Startleistung mit einer angebauten Abdruckplatte nahmen Nomura et al. (2010) vor. Bei dieser Studie handelte es sich nicht um den neuen OSB 11 Startblock, sondern um einen konventionellen Startblock, der um eine Fußstütze eines Leichtathletik-Startblocks am hinteren Teil des Startblocks erweitert wurde. Da die Maße dieses modifizierten Startblocks in einigen Parametern vom OSB 11 Startblock abweichen (z.B. Startblockneigung 10° , Abdrucksfläche etwas weiter vorne und anders konstruiert), wurden die Ergebnisse nicht direkt mit den Resultaten der deutschen Studie von Biel et al. (2010) und Honda et al. (2010) gegenübergestellt. Dennoch können die Resultate wichtige Erkenntnisse biomechanischer Größen liefern und werden deshalb im Folgenden kritisch begutachtet.

Vergleich Startblock ohne und mit Abdruckfläche		
Starttechnik	Schrittstart ohne Abdruckfläche (SoA)	Kickstart mit Abdruckfläche (KmA)
Körperschwerpunkt horizontal (m)	-0,205	-0,205
Körperschwerpunkt vertikal (m)	1,355	1,367
Winkel Knie vorderes Bein ($^\circ$)	145,5	140,1
Winkel Knie hinteres Bein ($^\circ$)	97,1	84,3
Winkel Sprunggelenk vorderes Bein ($^\circ$)	147,1	140,6
Winkel Sprunggelenk hinteres Bein ($^\circ$)	76,4	104,1
horizontale Beschleunigung (m/s^2)	7,96	8,76
Blockzeit (s)	0,784	0,764
horizontale Geschwindigkeit beim Verlassen des Startblocks (m/s)	4,38	4,34
horizontale Geschwindigkeit beim Eintauchen (m/s)	4,48	4,46

Tabelle 17: Vergleich Startblock ohne und mit Abdruckfläche
Eigene Darstellung, Quelle: Nomura et al. (2010).

Teilnehmer der Studie Nomura et al. (2010) waren zehn männliche Spitzenschwimmer mit einem Durchschnittsalter von $21,1 \pm 1,3$ Jahren, einer Körpergröße von $177,5 \pm 5,3$ Zentimeter und einem Gewicht im Mittel von $74,6 \pm 8,4$ kg. Die Leistungen der Schwimmer können, wie bei den beiden vorherigen Studien, der nationalen Spitze zugeordnet werden (vgl. Tabelle 17). Die Studie wird, wie in grafisch veranschaulicht wird, in fünf Teile gegliedert:



- Startposition (Set position),
- Beschleunigungsphase (Acceleration),
- Verlassen des Startblocks (Take-off),
- Flugphase (Flight),
- Eintauchzeitpunkt (Entry).

Die Studienteilnehmer absolvierten zunächst alle den Schrittstart auf dem Startblock ohne Abdrucksfläche danach den Kickstart mit der angebrachten Fußstütze. Einige wichtige Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt. Signifikante Unterschiede gibt es in der Startposition. Der Körperschwerpunkt liegt beim Kickstart mit Abdruckfläche (KmA) im Vergleich zum Schrittstart ohne Abdruckfläche (SoA) signifikant weiter vorne und höher, was für sich betrachtet auf einen Vorteil der Startposition hindeutet. Die Kniewinkel reduzierten sich sowohl für das vordere Bein (um 5°) als auch etwas stärker (um 13°) für das hintere Bein. Wie aus der Tabelle 17 zu entnehmen ist, liegt die Dorsalextension im vordern Sprunggelenk beim KmA um 7° niedriger als beim SoA. Deutlicher unterscheidet sich die Beugung der Sprunggelenke. Wie zu erwarten, ist die Dorsalextension im hinteren Sprunggelenk beim KmA (104°) um 28° größer im Vergleich zum SoA (76°). Hauptursache dafür dürfte die erhöhte Position der Ferse aufgrund der Abdruckplatte sein. Die Beschleunigungsphase lässt sich am besten anhand der horizontalen Beschleunigung messen. Diese ist beim KmA mit $8,76 \text{ m/s}^2$ signifikant höher als beim SoA ($7,96 \text{ m/s}^2$). Die Determinanten Blockzeit, horizontale Abfluggeschwindigkeit und horizontale Fluggeschwindigkeit ergaben bei dieser Studie keine signifikanten Unterschiede.

6.3 Vergleich Schrittstart vs Parallelstart auf dem neuen OSB 11 Startblock

Wie bereits erläutert, basieren die oben genannten Ergebnisse der deutschen Studie auf den Durchschnittswerten aller sieben Schwimmer, unabhängig davon welche Starttechnik sie ursprünglich bevorzugten. Die Resultate von Biel et al. (2010) zeigen jedoch, dass diejenigen, die bereits auf einem alten Startblock den Schrittstart praktizierten, einen Vorteil gegenüber denjenigen Startern hatten, die ursprünglich den Parallelstart bevorzugten.

Vergleich Starter nach ihrer ursprünglich bevorzugten Starttechnik auf dem alten Startblock und dem neuen OSB 11 Startblock				
bevorzugte Starttechnik	Schrittstart		Parallelstart	
Starttechnik	Schrittstart	Kickstart	Parallelstart	Kickstart
Startblock	alt	neu	alt	neu
7,5m Durchgangszeit(s)	2,55	2,37	2,75	2,5
Blockzeit (s)	0,79	0,75	0,77	0,73
horizontale Abfluggeschwindigkeit (m/s)	4,69	4,87	4,31	4,5

**Tabelle 18: Vergleich Starter nach ihrer ursprünglich bevorzugten Starttechnik auf dem alten Startblock und dem neuen OSB 11 Startblock
Eigene Darstellung, Quelle: Biel et al. (2010).**

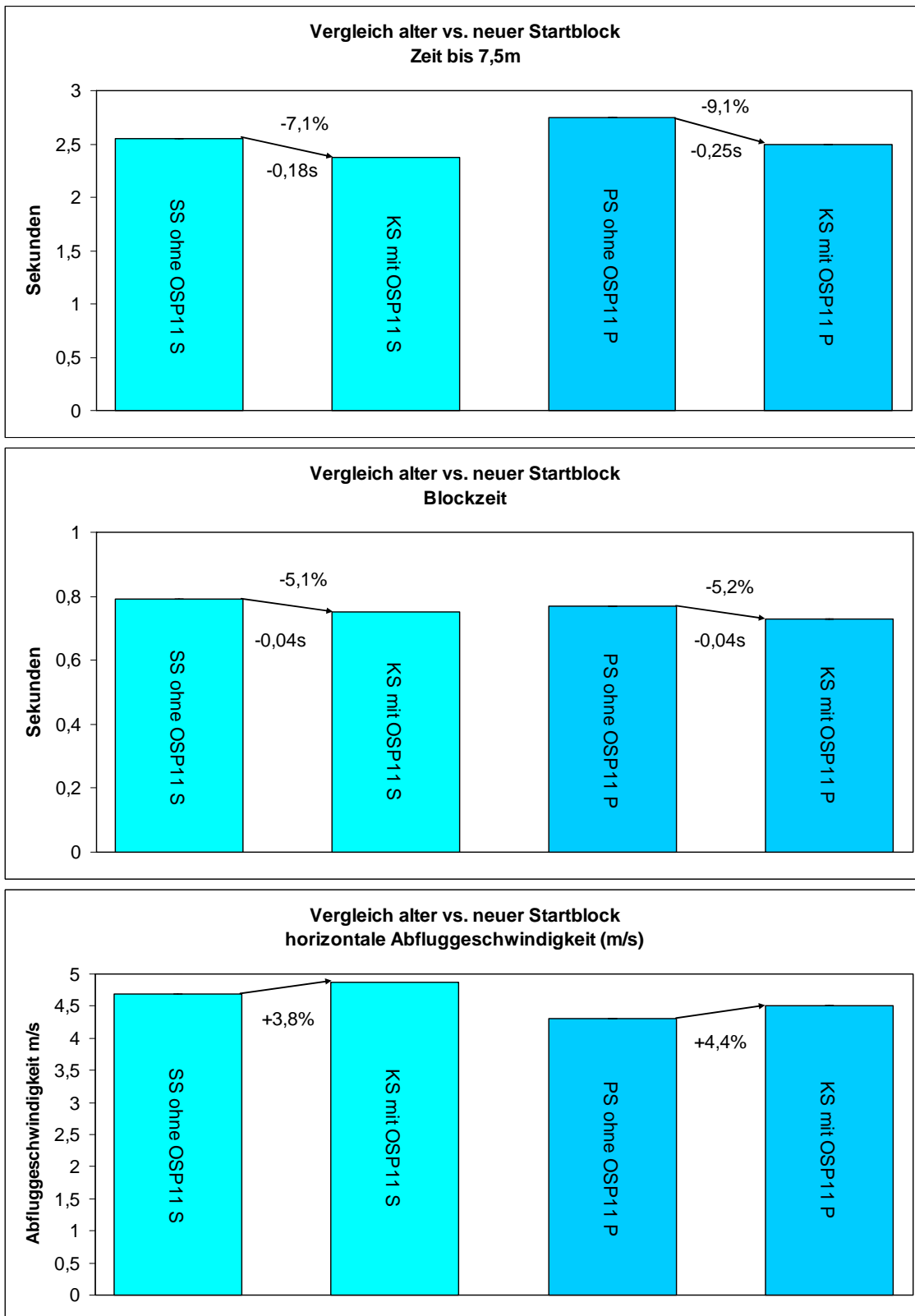


Abbildung 19: Vergleich alter vs. neuer Startblock nach bevorzugter Technik
Eigene Darstellung, SS = Schrittstart, PS = Parallelstart, KS = Kickstart, S = bevorzugte Starttechnik Schrittstart, P = bevorzugte Starttechnik Parallelstart, Quelle: Biel et al. (2010).

Deutlich wird dieser Befund anhand der Resultate, die in Tabelle 18 dargestellt sind. Die Schrittstarter, die bereits auf dem alten Startblock eine schnellere 7,5 Meter-Durchgangszeit (2,55 Sekunden) und eine höhere horizontale Abfluggeschwindigkeit erreichten (4,69 m/s) als die Parallelstarter (2,75 Sekunden respektive 4,31 m/s), können diesen Vorsprung auf dem neuen OSB 11 Startblock behaupten. Allerdings konnten die Parallelstarter beide Parameter etwas stärker verbessern als die Schrittstarter (s. Abbildung 19). Auffällig ist der Anstieg der ursprünglichen Parallelstarter beim Kickstart auf dem neuen Startblock OSB 11 für die 7,5 Meter-Durchgangszeit (Veränderung von 2,75 auf 2,5 Sekunden, das entspricht einer Verbesserung um 9,1%). Die Blockzeit konnten alle Teilnehmer auf dem neuen Startblock gegenüber dem alten um 0,04 Sekunden verkürzen.

6.4 Zwischenfazit

Erste Teststudien mit dem neuen Startblock OSB 11 und der neuen Starttechnik – dem Kickstart – zeigen eine signifikante Verbesserung der gesamten Startperformance.

Für die Vergleichstudien Honda et al. (2010) sowie Biel et al. (2010) ist festzuhalten, dass sich sowohl die deutschen als auch die australischen Schwimmer/-innen mit dem Kickstart auf dem neuen Startblock OSB 11 gegenüber dem alten Startblock in allen gemessenen Determinanten signifikant verbesserten. Dabei steigerten die deutschen Schwimmer ihre Leistung durchschnittlich stärker als ihre australischen Mitstreiter/innen.

Unabhängig der bevorzugten ursprünglichen Starttechnik können alle Teilnehmer der Studie Biel et al. (2010) mit dem Kickstart auf dem neuen OSB 11 Startblock ihre Startleistung signifikant verbessern.

Für Trainer und Schwimmer ist es aufgrund der positiven Testergebnisse zu empfehlen, den Kickstart mit in den Trainingsplan zu integrieren, um die Vorteile der neuen Starttechnik auch im Wettkampf realisieren zu können. Dabei ist es insbesondere für Schwimmer, die bisher den Parallelstart praktizierten, wichtig, sich rechtzeitig an den Schritt- bzw.

Kickstart zu gewöhnen, um den Bewegungsablauf zu optimieren. Inwieweit sich diese positiven Testergebnisse des Kickstarts auf bessere Wettkampfzeiten, insbesondere auf den Sprintdistanzen, auswirken bleibt abzuwarten.

7 Fazit und Schlussbemerkung

In dieser Arbeit wurden die wesentlichen Faktoren des Startsprungs erläutert und auf Grundlage des aktuellen wissenschaftlichen Forschungsstands diskutiert.

Obwohl die Ära der Armschwung Starttechniken aufgrund des Nachteils der zeitaufwendigen Ausholbewegung bei Einzelrennen der Vergangenheit angehört, werden die Vorteile der längeren Beschleunigungsphase bei Staffelwettbewerben nach wie vor noch genutzt. Diesen trade-off zwischen einem schnellen Verlassen des Startblocks und einer möglichst hohen Beschleunigung beschäftigt die Wissenschaft seit Jahren und wird es wohl in Zukunft auch weiterhin tun. Der Literaturüberblick in Kapitel 4.4 belegt die differierenden Resultate der Startperformance von Parallel- und Schrittstart. Während die einen den rear-weighted Schrittstart aufgrund der längeren Beschleunigungsphase, die eine hohe Absprunggeschwindigkeit ermöglicht, bevorzugen, sehen andere Vorteile in einer kürzern Blockzeit, die eine etwas geringere Abfluggeschwindigkeit zur Folge hat. Dieser Kompromiss wurde ausführlich diskutiert und zeigt die Komplexität bei der Entscheidung zwischen Parallel- und Schrittstart.

Ein trade-off konnte auch für verschiedene Startvarianten, insbesondere beim flachen und steilen Start identifiziert werden. Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich manche Schwimmer bewusst für den flachen Start entscheiden, da dieser ein schnelleres Eintauchen ins Wasser ermöglicht. Andere Schwimmer präferieren den steilen Start, der zwar tendenziell durch eine längere Block- und Flugzeit charakterisiert ist, dafür aber aufgrund des ausgeprägteren Armschwungs in einer höheren Absprunggeschwindigkeit resultiert.

Ein breiter Konsens besteht in der Wissenschaft über die Trainierbarkeit der Startperformance und auch darin, dass das Startsprungtraining im täglichen Training unterrepräsentiert ist. Die Handlungsempfehlung der in

Kapitel 5 diskutierten Befunde sollte sowohl für leistungsorientierte Wettkampfschwimmer als auch für Trainer Motivation sein, ein gezieltes und vor allem funktionales Starttraining in den wöchentlichen Trainingsplan zu integrieren. Es ist wichtiger ein funktionales Startsprungtraining durchzuführen, das den Schwerpunkt auf die Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten und dem Automatisieren des Startablaufs legt als ein sprungkraftorientiertes Krafttraining an Land. Um die Effizienz des Startsprungtrainings zu steigern, sollten Trainer ihren Schwimmern ein Feedback über das Startverhalten, den Bewegungsablauf und die erzielte Zeit geben.

Mit der Einführung des Kickstarts wurde eine neue Ära in der Geschichte des Startsprungs eingeläutet. Erste Studien belegen sowohl in Bezug auf die Absprunggeschwindigkeit als auch auf die Dauer der Beschleunigungsphase signifikante Vorteile gegenüber den bisherigen Starttechniken.

Vor dem Hintergrund der knappen Entscheidungen in den Sprintdistanzen bei Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen sowie der Erkenntnis, wie entscheidend eine gute Startperformance für eine schnelle Gesamtzeit beim Schwimmen ist, sollte das Trainieren der neuen Kickstarttechnik in einem strukturierten Trainingsplan berücksichtigt werden.

Nachdem die Vorteilhaftigkeit des neuen Kickstarts, insbesondere in der kürzeren Blockzeit und einer hohen Absprunggeschwindigkeit, in ersten Studien bereits getestet wurde, gibt es noch wenige Erkenntnisse darüber, wie die hohe Geschwindigkeit am besten ins Wasser zu übertragen ist. Weiterer Forschungsbedarf besteht meiner Meinung nach darin, gezielte Studien zum Eintauchverhalten und der Unterwasserphase, speziell den Delphinkicks, beim neuen Kickstart vorzunehmen, um die Vorteile der kurzen Blockzeit und der hohen Geschwindigkeit in Hinblick auf eine optimale Gesamtzeit auf den Sprintdistanzen zu optimieren.

Literaturverzeichnis

- Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J., Nelson, R.C. (1994), Analysis of 50-100- and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. In: *Journal of Applied Biomechanics*, Vol. 10, S. 189-199.
- Ayalon, A., Van Gheluwe, B., Kanitz, M. (1975), A comparison of four styles of racing in swimming. In: Lewille, L., Clarys, J.P. (Hrsg.), *Swimming II*, Baltimore, S. 233-240.
- Benjanuvatra, N., Lyttle, A., Blanksby, B., Larkin, D. (2004), Force development profile of the lower limbs in the grab and rack start in swimming. In: Lamontagne, M., Gordon, D., Robertson, E., Sveistrup, H. (Hrsg.), *Proceedings of the XXII International Symposium on Biomechanics in Sports*, S. 339-402.
- Biel, K., Fischer, S., Kibele, A. (2010), Zur Effektivität des neuen Startblocks (OSB 11) beim Schrittstart im Schwimmen. In: Hahn, A., Küchler, J., Oester, S., Sperling, W., Strass, D., Witt, M. (Hrsg.), *Biomechanische Leistungsdiagnostik im Schwimmen. Erfahrungen im Leistungssport und Ableitungen für die Ausbildung von Studierenden. Beiträge zum dvs-Symposium Schwimmen 10.-12.9.2009 in Leipzig*, S. 113-117.
- Blanksby, B., Nicholson, L., Elliott, B. (2002), Biomechanical Analysis of the Grab, Track and Handle Swimming Starts: An Inventory Study. In: *Sports Biomechanics*, Vol. 1, Nr. 1, S. 11-24.
- Bloom, J.A., Hosler, W.W., Disch, J.G. (1978), Differences in flight, reaction and movement time for the grab and conventional starts. In: *Swimming Technique*, Vol. 15, Nr. 2, S. 34-36.
- Bobbert, M.F., Van Soest, A.J. (1994), Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 26, S. 1012-1020.
- Bonnar, S. (2001), An analysis of selected temporal, anthropometric, and kinematic factors affecting the velocity of the grab and track starts in swimming. Honors Thesis, The University of Edinburgh, Edinburgh.
- Bowers, J.E., Cavanagh, P.R. (1975), A biomechanical comparison of the grab and conventional sprint starts in competitive swimming. In: *International Series on Sport Sciences, Swimming II*, Vol. 2, S. 225-232.
- Breed, R., McElroy, G. (2000), A biomechanical comparison of the grab, swing and track starts in swimming. In: *Journal of Human Movement Studies*, Vol. 39, Nr. 5, S. 277-293.
- Breed, R., Young, W B. (2003), The effect of a resistance raining programme on the grab, rack and swing starts in swimming. In: *Journal of Sports Science*, Vol. 21, S. 213-220.

- Cavanagh, P.R., Palmgren, J.V., Kerr, B.A. (1975), A device to measure forces at the hand during the grab start in swimming. In: International Series on Sport Sciences, Swimming II, Vol. 2, S. 43-50.
- Chen, S., Tang, W. (2005), The comparison of effectiveness between grab start and track start in competitive swimming. In: ISB XXth Congress – ASB 29th Annual Meeting, Cleveland, Ohio, S. 884.
- Clothier, P.J., McElroy, G.K., Blanksby, B., Payne, W.R. (2000), Traditional and modified exits following freestyle tumble turns by skilled swimmers. In: South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation, Vol. 22, S. 41-55.
- Cossor, J.M., Mason, B.R. (2001), Swim start performance at the Sydney 2000 Olympic Games. In: Blackwell, J., Sanders, R. (Hrsg.), Proceedings of XIX Symposium on Biomechanics in Sports, San Francisco, S. 70-74.
- Costill, D.L., Maglischo, E.W., Richardson, B.A. (1992), Handbook of Sports Medicine and Science in Swimming, Boston, Blackwell Scientific Publications, S. 111-117.
- Counsilman, J.E., Counsilman, B.E., Nomura, T., Endo, M. (1988), Three types of grab starts for competitive swimming. In: Ungerechts, B. E., Wilke, K., Reischle, K. (Hrsg.), Swimming Science V, Champaign, Illinois, Human Kinetics Publishers, S. 81-91.
- Crowe, S.E., Babington, J.P., Tanner, D.A., Stager, J.M. FACSM, (1999). The relationship of strength to dryland power, swimming power, and swim performance. In: In: Medicine & Science in Sports & Exercise, Vol. 31, Nr.5, Supplement, S. S255.
- Elipot, M., Hellard, P., Taiar, R., Boissière, E., Rey, J.L., Lecat, S., Houel, N. (2009), Analysis of swimmers' velocity during the underwater gliding motion following the grab start. In: Journal of Biomechanics, Vol. 42, Nr. 9, S. 1367-1370.
- Fitzgerald, J. (1973), The track start in swimming. In: Swimming Technique, Vol. 10, Nr. 4, S. 89-94.
- Fuente, B.D.L., Arellano, R. (2010), Effect of start time feedback on swimming start performance. In: Kjendlie, P.L. (Hrsg.), Biomechanics and medicine in swimming XI, proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, Oslo 2010, S. 249-251.
- Fuente, B.D.L., Garcia, F. Arellano, R. (2003), Are the forces applied during vertical countermovement jump related to the forces applied during the swimming start? In: Chatard, J.C. (Hrsg.), Biomechanics and Medicine in Swimming IX, proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, University of Saint-Etienne, France, 21-23 June 2002, S. 207-212.
- Gibson, G., Holt, L.E. (1976), A cinema-computer analysis of selected starting techniques. In: Swimming Technique, Vol. 13, S. 75-76.

- Guimaraes, A.C.S., Hay, J.G. (1985), A mechanical analysis of grab starting technique in swimming. In: *International Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 1, S. 25-35.
- Hanauer, E.S. (1967), The grab start. In: *Swimming World*, Vol. 8, Nr. 5, S. 42.
- Hardt, J., Benjanuvatra, N., Blanksby, B. (2009), Do footedness and strength asymmetry relate to the dominant stance in swimming track start? In: *Journal of Sports Science*, Vol. 27, Nr. 11, S. 1221-1227.
- Henry, F.M. (1952), Force-time characteristics of the sprint start. In: *Research Quarterly*, Vol. 23, S. 301-318.
- Hohmann, A., Reuß, A., Kieser, S., Straub, S., Döbler, S., Fehr, U. (2010), Auswirkungen eines startsprungorientierten Sprungkrafttrainings auf die Startsprungleistung im Schwimmen. In: *Leistungssport*, Vol. 40, Nr. 2, S. 24-31.
- Holthe, M.J., McLean, S.P. (2001), Kinematic comparison of grab and track starts in swimming. In: Blackwell, J.R., Sanders, R.H. (Hrsg.), *Proceedings of Swim Sessions, XIX International Symposium on Biomechanics in Sports*, San Francisco, University of San Francisco, S. 31-34.
- Honda, K.E., Sinclair, P.L., Mason, B., Pease, D.L. (2010), A Biomechanical Comparison of Elite Swimmers Start Performance Using the Traditional Track Start and the New Kick Start. In: Kjendlie, P.L. (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming XI, proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, Oslo 2010, S. 94-96.
- Hong, Y., Bartlett, R. (2008), *Routledge Handbook of Biomechanics and Human Movement Science*. Oxon: Routledge.
- Issurin, V., Verbitsky, O. (2003), Track start vs. Garb start: Evidence from the Sydney Olympic Games. In: Chatard, J.C. (Hrsg.) *Biomechanics and Medicine in Swimming IX, proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, University of Saint-Etienne, France, 21-23 June 2002, S. 213-218.
- Jorgenson, I.W. (1971), A cinematographical and descriptive comparison of three selected freestyle racing starts in competitive swimming. Unveröffentlichte Dissertation, Louisiana State University.
- Jorgic, B., Puletic, M., Stankovic, R. Okicic, T., Bubanj, S., Bubanj, R. (2010), The kinematic analysis of the grab and track start in swimming. In: *Physical Education and Sport*, Vol. 8, Nr 1, S. 31-36.
- Juergens, C.A. (1995), A kinetic and kinematic comparison of the grab and track start in competitive swimming. Unveröffentlichte Master Thesis, Oregon State University.
- Kibele, A., Siekmann, T., Ungerechts, B. (2006), Dynamische und kinematische Bestimmungsgrößen der Startleistung im Schwimmen. zu

- einem Betreuungsprojekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (VF 07/08/65/2004), Universität Kassel.
- Kirner, K.E., Bock, M.A., Welch, J.H. (1989), A Comparison of Four Different Start Combinations. In: *Journal of Swimming Research*, Vol. 5, Nr. 2, S. 5-11.
- Krüger, T., Wick, D., Hohmann, A., El-Bahrawi, M., Koth, A. (2003), Biomechanics of the Grab and Track Start Technique. In: Chatard, J.C. (Hrsg.) *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, University of Saint-Etienne, France, 21-23 June 2002, S. 219-223.
- Lewis, S. (1980), Comparison of five swimming starting techniques. In: *Swimming Technique*, Vol. 16, Nr. 4, S. 124-128.
- Lyttle, A., Benjanuvatra, N. (2004), Start Right? A Biomechanical Review of Dive Start Performance. Zugriff am 24.7.2011 unter: http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89:swimming-start-style&catid=49:swimming-coaching&Itemid=86.
- Lyttle, A., Blanksby, B., Elliott, B.C., Lloyd, D.G., (1998), The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. In: *Journal of Swimming Research*, Vol. 13, S. 15-22.
- Maglischo, E.W. (1982), *Swimming faster*. Mayfield Publishing Company (Hrsg.), Toronto, Canada.
- Maglischo, E.W. (2003), *Swimming fastest*. Champaign, Human Kinetics.
- Mason, B.R., Cossor, J.M. (2000), What can we learn from the competition analysis at the 1999 Pan Pacific Swimming Championships? In: Sanders, R., Hong, Y. (Hrsg.), *Proceedings of XVIII Symposium on Biomechanics in Sports*, Hong Kong, S. 75-82.
- McCauley, W., (2001), Rethinking Sprint Breaststroke. Zugriff am 12.04.2011 unter: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7ZdMp0YDwOAJ:www.swimmingworldmagazine.com/articles/swimtechnique/articles/200110-01st_art1.asp+dimitri+volkov+start+swim&cd=3&hl=de&ct=clnk&gl=de&client=firefox-a&source=www.google.de.
- McLean, S.P., Holthe, M.J., Vint, P.F., Beckett, K.D., Hinrichs, R.N. (2000), Addition of an approach to a swimming Relay Start. In: *Journal of Applied Biomechanics*, Vol. 16, S. 342-355.
- Michaels, R.A. (1973), A Time Distance Comparison of the Conventional and the Grab start. In: *Swimming Technique*, Vol. 10, S. 16-17.
- Miller, M.K., Allen, D., Pein, R. (2003), A Kinetic and Kinematic Comparison of the Grab and Track Starts in Swimming. In: Chatard, J.C. (Hrsg.) *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in

- Swimming, University of Saint-Etienne, France, 21-23 June 2002, S. 231-235.
- Miyashita, M., Takahashi, S., Troup, J.P., Wakayoshi, K. (1992), Leg extension power of elite swimmers. In: MacLaren, D. Reilly, T. Lees, A. (Hrsg.) *Biomechanics and Medicine in Swimming VI*, London: E & F Spon, S. 295-301.
- Nelson, R.C., Pike, N.L. (1978), Analysis and comparison of swimming starts and strokes. In: *Swimming Medicine IV*, Baltimore, University Park Press, S. 347-360.
- Neufer, P.D., Costill, D.L., Fielding, R.A., Flynn, M.G., Kirwan, J.P. (1987). Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 19, Nr. 5, S. 486-490.
- Nomura, T., Takeda, T., Takagi, H. (2010), Influences of the Back Plate on Competitive Swimming Starting Motion on Particular Projection Skill. In: Kjendlie, P.L. (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming XI : proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, Oslo 2010, S. 135-137.
- Pearson, C.T., McElroy, G.K., Blitvich, J.D., Subic, A., Blanksby, B.A. (1998), A comparison of the swimming start using traditional and modified starting blocks. In: *Journal of Human Movement Studies*, Vol. 34, Nr. 2, S. 49-66.
- Roffer, B.J., Nelson, R.C. (1972), The grab start is faster. In: *Swimming Technique*, Vol. 8, S. 101-102.
- Rutemiller, B. (1995), Taper basics: fine tuning starts and turns. In: *US Swimming Technique*, Vol. 31, Nr. 4, S. 14-18.
- Sanders, R., Bonnar, S. (2008), Start Technique - Recent Findings. Zugriff am 9.9.2011 unter: http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com_content&id=134&Itemid=138.
- Sanders, R.H., Stelios, P., Naemi, R., McCabe, C., Machtsiras, G. (2008), Swimming. In: Hong, Y. (Hrsg.), *Routledge handbook of biomechanics and human movement science*, Routledge, London, S. 323-339.
- Seifert, L., Vantorre, J., Lemaitre, F., Chollet, D., Toussaint, H. M., Vilas-Boas, J. P. (2011), Different profiles of the aerial start phase in front crawl. In: *Journal of Strength Conditioning Research*, Vol. 24, Nr. 2; S. 507-516.
- Shin, I., Groppe, J. (1986), A comparison of the grab start and track start as utilized by competitive swimmers. In: Landers, D.L. (Hrsg.), *Sport and Elite Performers*, Champaign, IL, Human Kinetics, S. 171-175.
- Takeda, T. Nomura, T. (2006), What are the differences between grab and track start? In: Vilas-Boas, J.P., Alves, F., Marques, A. (Hrsg.) *X International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, Porto, Faculty of Sport, University of Porto, S. 102-105.

- Takeda, T., Takagi, H., Tsubakimoto, S. (2010), Comparison among three types of Relay Starts in Competitive Swimming. In: Kjendlie, P.L. (Hrsg.), Biomechanics and medicine in swimming XI : proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, Oslo 2010, S. 170-172.
- Tanaka, H., Costill, D.L., Thomas, R., Fink, W.J., Widrick, J.J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 25, Nr. 8, S. 952-959.
- Thorsen, E.A. (1975), Comparison of the conventional and grab start in swimming. In: *Tidsofkr. for Legensp.*, Vol. 39, S. 130-138.
- Van Slooten, P.H., (1973), An analysis of two forward swim starts using cinematography. In: *Swimming Technique*, Vol. 10, S. 85-88.
- Vantorre, J., Seifert, L., Bideau, B., Nicolas, G., Fernandes, R.J., Vilas-Boas, J.P., Chollet, D. (2010), Influence of Swimming Start Styles on Biomechanics and Angular Momentum. In: Kjendlie, P.L. (Hrsg.), Biomechanics and medicine in swimming XI: proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, Oslo 2010, S. 135-137.
- Vennell, R., Pease, D., Wilson, B. (2006), Wave drag on human swimmers. In: *Journal of Biomechanics*, Vol. 39, Nr. 4, S. 664-671.
- Vilas-Boas, J.P., Cruz, J., Filipa, S., Conceicao, R., Carvalho, J. (2003), Biomechanical Analysis of Ventral Swimming Starts: Comparison of the Grab Start with two Track-Start Techniques. In: Chatard, J.C. (Hrsg.) Biomechanics and Medicine in Swimming IX, proceedings of the IX International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, University of Saint-Etienne, France, 21-23 June 2002, S. 249-253.
- Welcher, R.L., Hinrichs, R. N., George, T. R. (1999), An analysis of velocity and time characteristics of three starts in competitive swimming. Vortrag bei dem XVII Congress of the International Society of Biomechanics, Calgary, Canada.
- Welcher, R.L., Hinrichs, R.N., George, T.R. (2008), Front- or rear-weighted track start or garb start: Which is the best for female swimmers? In: *Sports Biomechanics*, Vol. 7, Nr. 1, S. 100-113.
- West, D.J., Owen, N.J., Cunningham, D.J., Cook, C.J., Kilduff, L.P. (2011), Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. In: *Journal of Strength Conditioning Research*, Vol. 25, Nr. 4, S. 950-955.
- Wiedner, H., Pfeiffer, M. (2006), Schnellkrafttraining bei jugendlichen Schwimmern. In: *Leistungssport*, Vol. 36, Nr. 1, S. 41-47.
- Wilson, D.S., Marino, W.G. (1983), Kinematic analysis of three starts. In: *Swimming Technique*, Vol. 19, Nr. 4, S. 30-34.
- Winters, C.N. (1968), A comparison of the grab start and the Conventional start in Competitive Swimming. Unveröffentlichte Master's Thesis, Southeast Missouri State College.

Zatsiorsky, V.M., Bulgakova, N.Z., Chaplinsky, N.M. (1979), Biomechanical analysis of starting techniques in swimming. In: Proceedings of the Third International Symposium of Biomechanics in Swimming. Edmonton, Alberta: University of Alberta, S. 199-206.

Bisher erschienen:

- Heft 1:** Günther Seeber, Helmut Keller
Kooperatives Marketing in Bildungsträgernetzwerken
Januar 2003, 37 Seiten, ISBN 3-937727-00-0
- Heft 2:** Martin Reckenfelderbäumer, Michael Welling
Fußball als Gegenstand der Betriebswirtschaftslehre.
Leistungstheoretische und qualitätspolitische Grundlagen
März 2003, 87 Seiten, ISBN 3-937727-01-9
- Heft 3:** Sabine Boerner, Diether Gebert, Ralf Lanwehr, Joachim G. Ulrich
Belastung und Beanspruchung von Selbständigen und Angestellten
August 2003, 19 Seiten, ISBN 3-937727-02-7
- Heft 4:** Dirk Sauerland, Sabine Boerner, Günther Seeber
Sozialkapital als Voraussetzung von Lernen und Innovation
Dezember 2003, 64 Seiten, ISBN 3-937727-03-5
- Heft 5:** Helmut Keller, Peter Beinborn, Sabine Boerner, Günther Seeber
Selbstgesteuertes Lernen im Fernstudium.
Ergebnisse einer Studie an den AKAD Privathochschulen
September 2004, 61 Seiten, ISBN 3-937727-04-3
- Heft 6:** Günther Seeber u. a.
Betriebliche Weiterbildung in Rheinland-Pfalz.
Eine Analyse der Daten des IAB-Panels für 2001
September 2005, 44 Seiten, ISBN 3-937727-68-X
- Heft 7:** Seon-Su Kim, Martina Schmette, Dirk Sauerland
Studium im Wandel?! Die Erwartungen der Studierenden an betriebswirtschaftliche Erst- und Weiterbildungsstudiengänge.
Teil I: Die Wahl von Hochschultyp und Studienabschluss beim Erststudium: Motive, Erwartungen und Einschätzungen der Studierenden
Dezember 2005, 85 Seiten, ISBN 3-937727-69-8
-

- Heft 8:** Martina Schmette, Seon-Su Kim, Dirk Sauerland
Studium im Wandel?! Die Erwartungen der Studierenden an betriebswirtschaftliche Erst- und Weiterbildungsstudiengänge.
Teil II: Zur Notwendigkeit wissenschaftlicher Weiterbildung:
Die Nachfrage nach Weiterbildungsstudiengängen und ihre Determinanten
Dezember 2005, 87 Seiten, ISBN 3-937727-70-1
- Heft 9:** Tristan Nguyen, Robert D. Molinari
Versicherungsaufsicht in Deutschland –
Zur Notwendigkeit der Versicherungsregulierung
in der Marktwirtschaft
Januar 2009, 74 Seiten, ISBN 978-3-86692-014-9
- Heft 10:** Robert D. Molinari, Tristan Nguyen
Risikotheoretische Aspekte bei der Solvabilitätsregulierung von
Versicherungsunternehmen
Januar 2009, 74 Seiten, ISBN 978-3-86692-015-6
- Heft 11:** Tristan Nguyen, Robert D. Molinari
Analyse unterschiedlicher Konzeptionen zur
Solvabilitätsregulierung
Februar 2009, 83 Seiten, ISBN 978-3-86692-016-3.
- Heft 12:** Tristan Nguyen
Rechtliche Analyse der Forderungsabtretung im grenzüberschreitenden Verkehr
Februar 2009, 73 Seiten, ISBN 978-3-86692-017-0
- Heft 13:** Tristan Nguyen, Philipp Molinari
Jahresabschluss von Versicherungsunternehmen nach internationalen Rechnungslegungsstandards
März 2009, 119 Seiten, ISBN 978-3-86692-018-7
- Heft 14:** Björn Reitzenstein
Marktrisikoprämie und Inflation
Juni 2009, 94 Seiten, ISBN 978-3-86692-019-4
- Heft 15:** Andreas Otte, Tristan Nguyen (Hrsg.) / mit Beiträgen von
Sonja Gerber, Stephan Richter und Karina Schuck
Nuklearmedizinische Ansätze in der klinischen Forschung
November 2009, 80 Seiten, ISBN 978-3-86692-114-6
-

- Heft 16:** Andreas Otte, Tristan Nguyen (Hrsg.) / mit Beiträgen von Maria Siskou, Diana Lieber, Michael Barsch, Abdo Konur und Oliver Matzke
Risiken und Nebenwirkungen von Arzneimitteln
Dezember 2009, ISBN 978-3-86692-115-3
- Heft 17:** Andreas Otte
Die Fourier-Transformation und ihre Bedeutung für die biomedizinische Systemtechnik
Januar 2010, ISBN 978-3-86692-116-0
- Heft 18:** Stephan Schöning, Jan Christian Rutsch
Theoretische Analyse der Krise auf den Verbriefungsmärkten und Ableitung von Maßnahmen zur Revitalisierung des Marktes für True Sale-Transaktionen in Deutschland
März 2010, 978-3-86692-020-0
- Heft 19:** Christian Arnold
Der Prozess der Risikobewertung durch die Entscheidungsträger während der Anbahnung von Vertriebskooperationen
April 2010, ISBN 978-3-86692-021-7
- Heft 20:** Tristan Nguyen, Jan Kern
Bilanzierung von Pensionsverpflichtungen nach IFRS und BilMoG
Juni 2010, ISBN 978-3-86692-147-4
- Heft 21:** Patrick Siegfried
Angewandtes Service Engineering für KMU
Juli 2010, ISBN 978-3-86692-157-7
- Heft 22:** Thomas Ach
Mit einem Geleitwort von Andreas Otte und Tristan Nguyen
„Off-label“ und Arzneimittelzulassung: eine (un)mögliche Kombination
September 2010, ISBN 978-3-86692-176-4
- Heft 23:** Paul Ilten
Outsourcing-Entscheidungen – Eine Bewertung aus multitheoretischer Sicht
Oktober 2010, ISBN 978-3-86692-177-1
-

- Heft 24:** Frank Kastner
Mit einem Geleitwort von Tristan Nguyen
Verbriefung lebensversicherungstechnischer Risiken
Oktober 2010, ISBN 978-3-86692-179-5
- Heft 25:** Bianca Badek
Mit einem Geleitwort von Tristan Nguyen
Ursachen der Immobilienkrise in den USA
Oktober 2010, ISBN 978-3-86692-180-1
- Heft 26:** Jonathan Ben Shlomo
Unterschiede in den Eigentumsquoten von Wohnimmobilien –
Erklärungsversuche und Wirkungsanalyse
Januar 2011, ISBN 978-3-86692-178-8
- Heft 27:** Sönke Dohrn
Vielfalt und Innovation: Strategisches Diversity Management im
Kontext von Innovationsfähigkeit
Februar 2011, ISBN 978-386692-181-8
- Heft 28:** Kristin Vollrath, Stephan Schöning
Reducing complexity in reporting financial instruments under IFRS
– Proposed reforms concerning hedge accounting
Mai 2011, ISBN 978-386692-182-5
- Heft 29:** Reimo Müller, Stephan Schöning
Stresstests in Kreditinstituten für Marktpreis- und Adressrisiken –
Möglichkeiten zur Erfüllung aufsichtlicher Anforderungen
Oktober 2011, ISBN 978-3-86692-183-2
- Heft 30:** Arno Wortmann
Der Entwicklungsstand des Kundencontrolling in der Unterneh-
menspraxis – Ergebnisse einer empirischen Studie im B2B-Bereich
und Herausforderungen für die Zukunft
Oktober 2011, ISBN 978-3-86692-184-9
- Heft 31:** Monika Nörr
Effectuation - eine Entscheidungslogik für (erfahrene)
Entrepreneure?
Oktober 2011, ISBN 978-3-86692-185-6
-

Schriften der WHL Wissenschaftliche Hochschule Lahr

- Heft 32:** Andreas Otte (Hrsg.) / mit Beiträgen von
Angela Seitz und David Wunsch
Klinische Prüfung von Medizinprodukten
November 2011, ISBN 978-3-86692-186-3
- Heft 33:** Jochen Eberhard
Mit einem Geleitwort von Stephan Schöning
Asset Allocation Ansätze zur Bildung von international diversifi-
zierten Portfolios – eine Analyse auf Basis historischer Daten
April 2012, ISBN 9783-386692-188-7
- Heft 34:** Ralph Hartl
Impulsgeber Staat – Subventionen für Forschung und Entwicklung
am Wissensstandort Deutschland am Beispiel der Elektromobilität
Mai 2012, ISBN 978-3-86692-187-0
- Heft 35: Jonathan Ben Shlomo
Biomechanische Entwicklungen des Startsprungs im Leistungs-
schwimmen – Eine empirische Analyse
Juni 2012, ISBN 978-3-86692-189-4

Die Hefte stehen zum Teil auch kostenlos als pdf-Dateien zum Download zur Verfügung unter: <http://www.akad.de/WHL-Schriftenreihe.192.0.html>.

