

Bewegungsanalyse der Starttechnik im Rückenschwimmen

Tom Krüger, Ditmar Wick, Robert Kirsten
& Andreas Hohmann (Projektleiter)

Universität Potsdam
Institut für Sportwissenschaft

1 Problem

Die Bedeutung der Leistungen innerhalb des Startabschnitts steigt mit der Abnahme der Schwimmdistanzen. Gerade für den 50- und 100-m-Sprint im Schwimmen wird der Startabschnitt als eine wettkampftscheidende Größe angesehen (vgl. Kuchler & Leopold, 2000a; 2000b; Cossor & Mason, 2001). Geschätzt wird, dass der Anteil der Startbewegung 30 % an der Schwimmleistung im 50-m-Rückenschwimmen ausmacht (Lyttle & Benjanuvatra, 2004). Cossor & Mason (2001) wiesen nach, dass ein optimaler Start einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Position innerhalb des Starterfeldes nimmt und mit der Endzeit im 100-m-Rückenschwimmen bei den Olympischen Spielen in Sydney zu $r = .82$ (Unterwassergeschwindigkeit) bei den Männern und $r = .89$ bei den Frauen korreliert. Einen ähnlich hohen Stellenwert besitzen die Unterwasserdistanz und die Dauer der dabei verbrachten Unterwasserzeit. Insbesondere die Dauer der Flugzeit hängt negativ mit der Gesamtschwimmzeit zusammen, so dass die Flugzeit und -weite eher optimiert und nicht maximiert werden sollte (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Richtwerte für ausgewählte Parameter des Rückenstarts beim 100-m-Rückenschwimmen auf internationalem Leistungsniveau (Kuchler & Leopold, 2000a, S. 111)

	Wandzeit [s]	Flugzeit [s]	$t_{7,5\text{ m}}$ [s]	$t_{15\text{ m}}$ [s]	$v_{7,5 - 15,0\text{ m}}$ [m·s ⁻¹]	v_0 [m·s ⁻¹]
Männer	0,55-0,65	0,25-0,30	2,70-2,90	6,70-6,90	1,95-2,05	4,00
Frauen	0,55-0,65	0,25-0,30	3,30-3,50	7,90-8,10	1,75-1,85	3,70

Ferner wird vermutet, dass die Gestaltung des Startabschnitts entscheidend für die Vorbereitung des Überganges vom Eintauchen in die Gleitphase ist.

2 Methoden

Neun Schwimmer des A- und B-Kaders des dsv führten im Rahmen der Untersuchung vier Rückenstarts über eine Distanz von 7,5 m aus. Die Startbewegungen wurden mit drei Kameras (high speed Kamera (125 Hz), Redlake Imaging Corp., USA, VHS-Kamera

(Panasonic Inc., Japan), CCD–Unterwasserfarbkamera mit speziell an das 2,5 mm-Weitwinkelobjektiv angepasster Vorsatzlinse für die optische Anpassung an die Unterwasser-Verhältnisse, (IAT-Service-Zentrum, Deutschland)) über und unter Wasser aufgezeichnet. Der Startabschnitt wurde zweidimensional kalibriert.

Die Markierung der Gelenkpunkte der linken Körperseite erfolgte mit einer Reflexionsfolie (\varnothing ca. 4,5 cm). Mit einer Bewegungsanalysesoftware (SIMI–Motion 5.5) können die Beschleunigungs- und Flugwege sowie die mittleren und momentanen Geschwindigkeiten für die Teilabschnitte (vgl. Wick et al., 2003) des Hüftpunktes erfasst werden.

Die Objektivierung der dynamischen Startstruktur erfolgte durch eine mobile wasserdicht eingeschweißte Kraftmessplatte (Typ 9286 AA, Kistler, Deutschland), die am Startblock vor der Beckenwand montiert wurde. Aus den mit einer Frequenz von 1.000 Hz aufgezeichneten dreidimensionalen Kraft-Zeitverläufen konnten die Maximalkraftwerte, die Impulse und die resultierende Kraftwirkung berechnet werden.

Die Aufzeichnung der Muskelaktivität wurde mit einem wasserdichten 8–Kanal–EMG (BioVision®, Deutschland) mit einer Samplingfrequenz von 1.000 Hz realisiert. Die acht Elektrodenkabel münden in ein 20 m langes Übertragungskabel zum Computer. Damit ist eine Online-Übertragung der EMG-Signale ohne wesentliche Beeinflussung der Bewegungsfreiheit der Athletinnen vom Start über die Flugphase und Gleitphase bis maximal 12 m möglich. Die Aktivitäten von acht leistungsbestimmenden Muskeln (M. deltoideus, M. biceps brachii, M. triceps brachii, M. erector spinae, M. quadriceps femoris, M. gluteus maximus, M. semitendinosus, M. gastrocnemius medialis) konnten somit erfasst werden. Die EMG–Signale wurden gleichgerichtet und mit einem Tiefpass-Filter (Tschebyscheff 0.5 bei 50 Hz, 6. Ordnung) geglättet.

Alle drei Messsysteme wurden synchronisiert und getriggert, um eine korrekte Zuordnung der Daten zu sichern. Die Differenzen der kinematischen und dynamischen Daten wurden durch Korrelationsberechnungen nach Pearson und mit dem gepaarten T-Test im Programm SPSS (Version 12.0) statistisch analysiert.

3 Ergebnisse

Bei der Untersuchung der deutschen Spitzenschwimmer zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen den Abdruckkräften (F_{RMax2}) und der Startzeit bis 7,5 m ($r = -.83$, $p < .01$; $n = 9$). Bestätigung erhielt dieser Zusammenhang durch den Vergleich der Abdruckkräfte mit den Startzeiten bei den Deutschen Meisterschaften 2005 ($r = -.74$, $p < .05$; $n = 8$). Weitere überzufällige statistische Beziehungen wurden zwischen den Teilzeiten »hands off« und »take off« ($r = .71$, $p < .05$; $n = 9$) sowie »hands off« und »hip entry«

($r = .93$, $p < .01$; $n = 9$) ermittelt (vgl. Tab. 2). Hohe Absprungimpulse in der Phase der Abdruckstreckung zwischen »hands off« und »take off« ($t(8) = -2.147$, $p = 0.064$) führen zu einer größeren Beschleunigung des Athleten und einer höheren Absprunggeschwindigkeit ($v_{\text{take off}}$) am Ende der Startbewegung ($r = .84$, $p < .05$; $n = 6$). Mit besseren Leistungen bei diesen Startkomponenten sind bessere Startteilleistungen bei 7,5 m ($r = -.83$, $p < .01$; $n = 9$) verbunden.

Die elektromyografischen Ergebnisse zeigen starke Muskelaktivitäten der oberen Extremitäten (M. deltoideus, m. biceps brachii, M. triceps brachii) bis zum Zeitpunkt »take off« (vgl. Abb. 1). Die nachfolgend hohen Aktivitäten der oberen Extremitäten resultieren aus der Vorspannung in Vorbereitung auf den Wassereintritt. Der Rückenstrecker (M. erector spinae) weist hohe Aktionspotenziale im Vorfeld des Lösens der Hände (»hands off«) auf, um beim Armabdruck kurzzeitig zu entspannen. Anschließend steigt seine Aktivität zum Zeitpunkt »take off« und während der Flugphase wieder an.

Tab. 2: *Kinematische und dynamische Daten zum Rückenstart bei deutschen Spitzenschwimmern*

Athleten	Körpergewicht [kg]	$F_{R\text{Max}2}$ [N]	hands off [s]	take off [s]	hip entry [s]	start time (7.5m; s)	$v_{\text{take off}}$ [m·s ⁻¹]	Bestzeit 50m [s]
01	82,00	1.043,390	0,440	0,772	1,068	3,340	4,72	24,02
02	88,00	1.066,750	0,413	0,747	0,949	3,013	4,18	26,08
03	71,00	742,326	0,482	0,821	1,099	3,688	3,75	26,89
04	70,00	710,362	0,428	0,665	1,027	3,693	2,73	28,40
05	75,00	922,092	0,474	0,770	1,098	3,590	2,95	24,80
06	78,00	1.018,050	0,590	0,874	1,194	3,522	2,74	28,10
07	73,00	1.055,554	0,532	0,760	1,168	2,724	2,92	26,16
08	80,00	983,946	0,453	0,673	1,037	3,233	3,56	25,53
09	90,00	1.243,886	0,491	0,783	1,084	2,767	3,50	25,14
Mean	78,55	976,26	0,478	0,763	1,080	3,285	3,45	26,12
SD	±7,14	±166,12	±0,055	±0,065	±0,074	±0,378	±0,69	±1,47

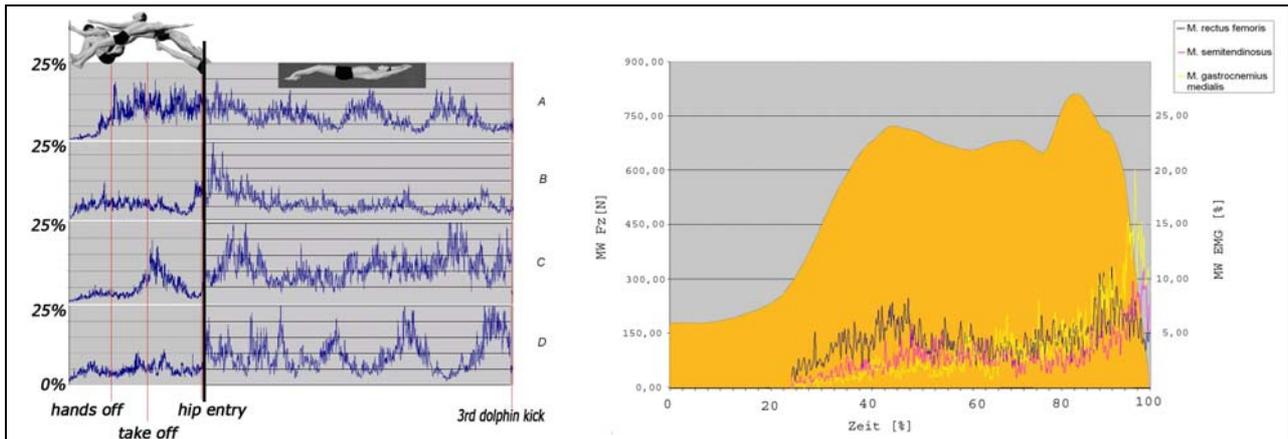


Abb. 1: links: Amplituden- und zeitnormierte EMG-Muster beim Rückenstart [a) *M. deltoideus*, b) *M. erector spinae*, c) *M. rectus femoris*, d) *M. semitendinosus*] bis zur dritten Delphinbeinbewegung; rechts: Normierte EMG-Muster ausgewählter Muskeln der unteren Extremitäten und der zeitnormierte Kraftverlauf während der Startbewegung beim Rückenstart ($n=9$)

Die Muskelaktivität der unteren Extremitäten nimmt zum Zeitpunkt »take off« zu, wobei interessanterweise die höchsten Aktivitäten der Oberschenkelvorderseite (*M. rectus femoris*) und -rückseite (*M. semitendinosus*) erst während der anschließenden Unterwasserphase bei der Delphinbewegung erreicht werden.

4 Diskussion

Die kinematischen Ergebnisse entsprechen weitgehend den in der Literatur publizierten Daten für internationales Leistungsniveau (Küchler & Leopold, 2000b), wobei die geringfügig verlängerten Startzeiten bis 7,5 m auf die Versuchsanordnung zurückzuführen sind. Bei den dynamischen Daten während des Startvorgangs sticht hervor, dass schnelle Zeiten an der 7,5-m-Marke auf sehr hohen »Kraftimpulsen« beim Abstoß von der Wand und hohen Abfluggeschwindigkeiten basieren (siehe Abb. 1). Ziel im Starttrainingsprozess sollte daher die Anhebung der Kraftfähigkeiten in den unteren Extremitäten mit der Kopplung der technischen Umsetzung in eine optimale Bewegungsausführung sein. Vom Zeitpunkt des Eintritts ins Wasser (»hip entry«) bis zur 7,5- und stärker noch bis zur 15-m-Marke (Übergang von Unterwasserphase zur eigentlichen Schwimmbewegung) ist die Güte der Delphinbewegung für die Vortriebserzeugung entscheidend (Küchler, 2001). Dies lässt sich anhand der vorliegenden elektromyografischen Befunde bis zur 7,5-m-Marke verdeutlichen.

Die vorliegenden Daten unserer Untersuchung stimmen mit früheren Befunden von Küchler und Leopold (2000a; 2000b) dahingehend überein, dass die Hangphase am Startblock und die Flugphase einen bedeutenden Einfluss auf die Eintauch-, Übergangs- und

Gleitphase bzw. auf die Schwimmleistung bei Sprintdisziplinen im Rückenschwimmen besitzen. Herausgestellt werden kann, dass hohe Kraftimpulse beim Absprung zu hohen Abfluggeschwindigkeiten und in Verbindung mit einer effektiven Unterwasserphase zu schnelleren Teil- und Endzeiten im Rückenschwimmen führen.

5 Literatur

- Cossor, J. & Mason, B. (2001). Swim start performances at the Sydney 2000 Olympic Games. In J. Blackwell & R. Sanders (Eds.), *Proceedings of XIX Symposium on Biomechanics in Sport* (pp. 70-74). San Francisco: University of California at San Francisco.
- Küchler, J. & Leopold, H. (2000a). Schwimmtechnik und Start.. In W. Freitag (Hrsg./Red.), *Schwimmen. Lernen und Optimieren* (Band 17, S. 106-116). Rüsselsheim: Deutsche Schwimmtrainer Vereinigung.
- Küchler, J. & Leopold, H. (2000b). Ergebnisse aus einer Wettkampfbeobachtung bei den 25. Schwimm Europameisterschaften vom 03. bis 09.07.2000 in Helsinki. In W. Freitag (Hrsg./Red.), *Schwimmen. Lernen und Optimieren* (Band 18, S. 145-159). Rüsselsheim: Deutsche Schwimmtrainer Vereinigung.
- Küchler, J. (2001). Ergebnisse aus einer Wettkampfbeobachtung bei den 9. FINA Schwimm-Weltmeisterschaften vom 22.–29.07.2001 in Fukuoka. *Der Schwimmtrainer*, 85, 13-38.
- Lyttle, A. & Benjanuvatra, N. (2004). Start Right – A Biomechanical Review of Dive Start Performance. Zugriff am 15. Juni 2005 unter:
<http://www.coachesinfo.com/category/swimming/321/>
- Wick, D., Krüger, T. & Hohmann, A. (2003). Biomechanische Prinzipien als Kriterien der Effektivität von Grab- und Trackstart im Schwimmen. *Leistungssport*, 33 (3), 47-51.

