

Trainerhandmaterial – Start

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	2
2. Kennzeichnung der Startphasen	5
Schrittstart	7
<i>Ausgangsstellung</i>	7
<i>Auftakt</i>	8
<i>Absprung</i>	9
<i>Flug</i>	14
<i>Eintauchen</i>	15
<i>Übergang</i>	16
Rückenstart	17
<i>Ausgangsstellung</i>	17
<i>Auftakt</i>	18
<i>Absprung</i>	18
<i>Flug</i>	19
<i>Eintauchen</i>	15
<i>Übergang</i>	20
3. Verfahren zur Kontrolle der Startleistung	21
Start-Parameter	21
<i>15-m-Start-Zeit</i>	21
<i>Blockzeit</i>	21
<i>Absprungwinkel</i>	23
<i>Flugzeit und Flugweite</i>	24
<i>Absprunggeschwindigkeit</i>	25
<i>5-m-Start-Zeit</i>	26
<i>10-m-Start-Zeit</i>	27
<i>Abschwimmgeschwindigkeit</i>	27
<i>Zusammenfassung</i>	27

1. Einführung

Die Ergebnisse aktueller Wettkampfanalysen der Schwimmwettkämpfe internationaler Meisterschaften und Olympischer Spiele bestätigen die hohe Leistungsdichte in allen schwimmsportlichen Disziplinen¹ (Graumnitz & Kuchler 2009; Kuchler, Graumnitz & Schnabel, 2009; Kuchler, Graumnitz, Schnabel & Buck, 2010; Kuchler, Graumnitz & Buck, 2011; Kuchler, Graumnitz & Buck, 2012; Graumnitz, Kuchler & Buck, 2013).

In den Disziplinen bis 100 m Streckenlänge entscheiden häufig nur 100stel-Sekunden über den Sieg, über das Erringen einer Medaille oder über das Erreichen eines Finals (vgl. Graumnitz, 2011). Damit besitzt der Startabschnitt für die 50-m- und 100-m-Disziplinen wettkampfscheidenden Charakter, aus renntaktischer Sicht zum Teil auch für 200-m-Disziplinen (Kuchler & Leopold, 2000; Kuchler & Witt, 2000; Rudolph, 2001; Wolfram, 2001; Graumnitz & Kuchler, 2004; Houel, Taiar, Marchand, Rey, Boissiere, Lecat, Quievre & Hellard, 2006; Seifert, Payen, Vantorre & Chollet, 2006; Sanchez, Maanon, Mon & Arrelano, 2006; Graumnitz & Kuchler, 2009; Kuchler et al., 2009).

Der Start im Sportschwimmen ist der erste Abschnitt des Wettkampfs, der mit der Aufforderung des Starters zur Einnahme der Startposition beginnt und mit dem Einsatz der zyklischen Bewegung in der jeweiligen Schwimmart endet. Bedingt durch das feste Widerlager werden mit dem Absprung vom Block beim Start Geschwindigkeiten erzielt, die das 2- bis 3-Fache derjenigen betragen, die mit der zyklischen Bewegung in den Schwimmarten erreichbar sind (vgl. Abbildung 1; Kuchler, Graumnitz & Buck, 2010).

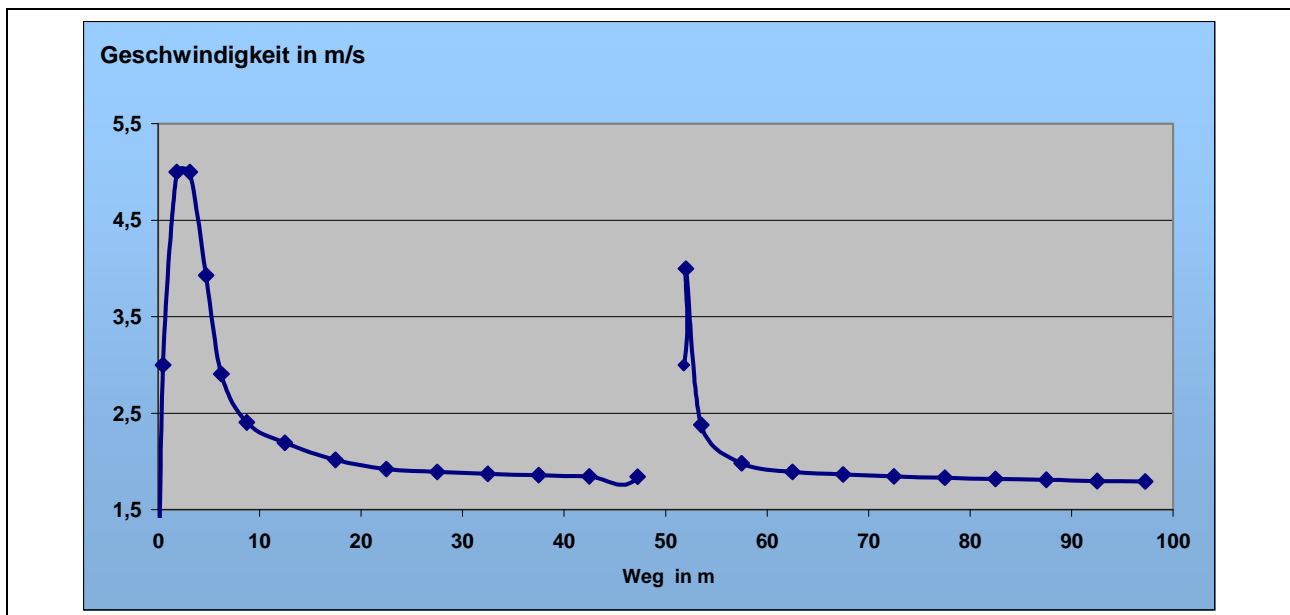


Abb. 1. Verlauf der Geschwindigkeit in 100-m-Rennen

1 Der Text bezieht sich ausschließlich auf das Schwimmen im Becken.

Ziel des Starts ist es nicht nur, den Startabschnitt in kurzer Zeit zurückzulegen, sondern auch den beim Eintauchen einsetzenden Geschwindigkeitsverlust zu minimieren bzw. hinauszuzögern, um mit Beginn der zyklischen Bewegung der Schwimmart über eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu verfügen.

Dabei sind zur Wahrung der Chancengleichheit und vergleichbarer Bedingungen bei verschiedenen Wettkämpfen einheitliche Wettkampfbestimmungen für den Startbereich zu berücksichtigen. Im internationalen Schwimmsport wird nach den „Swimming Rules“ der FINA (FINA, 2009) verfahren. Bei nationalen Veranstaltungen gelten die Wettkampfbestimmungen des DSV (DSV, 2003)².

Das Regelwerk schreibt vor, dass

- der Start für das Freistil-, Brust-, Schmetterlings- und Lagenschwimmen „durch Sprung“ erfolgt,
- in den Disziplinen der Schlagschwimmarten bis 15 m unter der Wasseroberfläche geschwommen werden kann,
- es beim Brustschwimmen erlaubt ist, nach dem Start einen vollständigen Bewegungszyklus einschließlich eines Delfinkicks unter der Wasseroberfläche auszuführen,
- der Abstand zwischen der Wasseroberfläche und der Startblockvorderkante 50 cm bis 75 cm betragen muss ,
- die Trittpläche des Blocks Kantenlängen von mindestens 50 cm Länge besitzen muss und ihre Oberfläche rutschfest zu sein hat.

Im Rahmen dieser Bedingungen haben sich verschiedene Starttechniken und Ausführungsvarianten entwickelt. Sie unterscheiden sich nach der Schwimmart

- der Art des Wettkampfs (Einzel- oder Staffelwettbewerb)
- der Ausgangsposition vor dem Startsignal
- der Körperhaltung im Flug
- dem Übergang in die zyklische Bewegung.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über die derzeit gebräuchlichsten Starttechniken im Sportschwimmen.

² Prinzipiell gleichen die Wettkampfbestimmungen des DSV den Swimming Rules der FINA. Das verantwortliche DSV-Fachgremium für die Wettkampfbestimmungen ist der „DSV-Fachausschuss Schwimmen“, der sich bemüht, die Swimming Rules der FINA in den Wettkampfbestimmungen des DSV umzusetzen. Jede Änderung muss durch den Fachausschuss beschlossen werden. Dadurch ergeben sich geringe Abweichungen zwischen beiden Regelwerken. Die für die vorliegende Arbeit relevanten Festlegungen gleichen sich in beiden Regelwerken. Der Verfasser verwendet daher den Begriff „Wettkampfbestimmungen“.

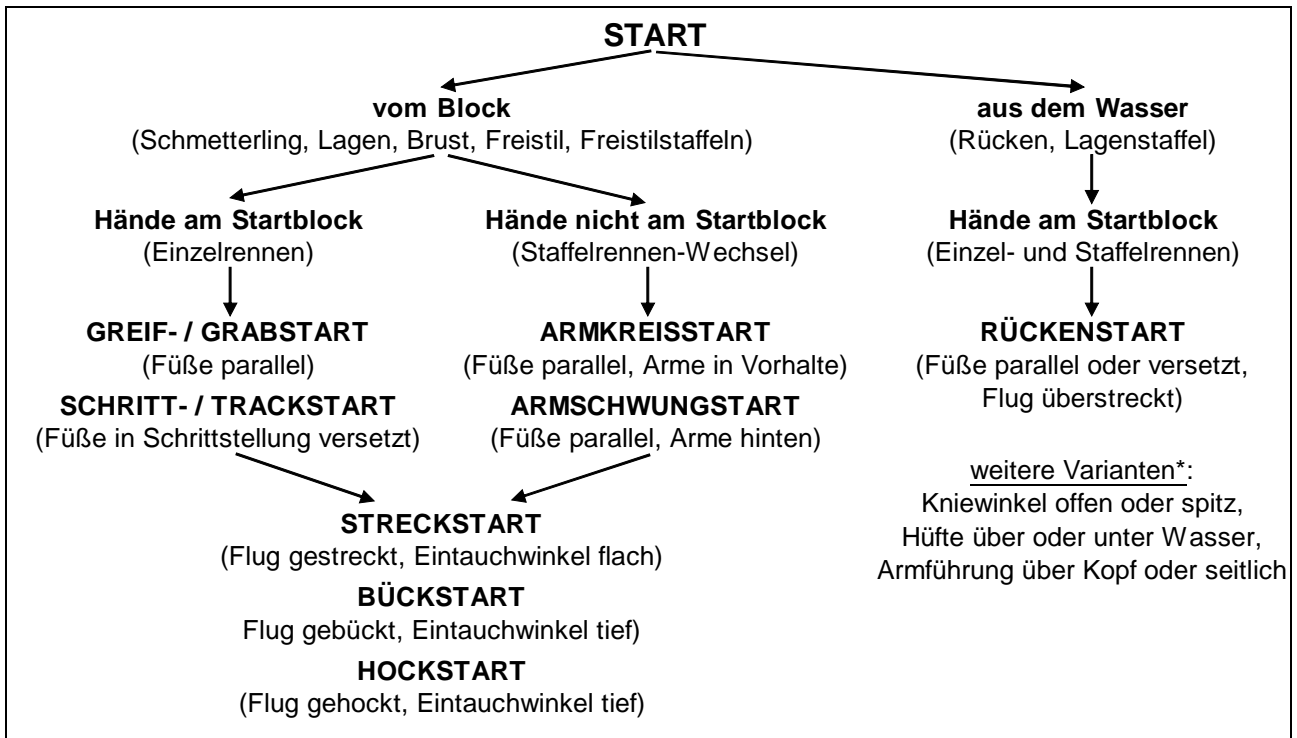


Abb. 2. Starttechniken im Sportschwimmen nach einer Abbildung von Ungerechts, Volck und Freitag (2002, S. 111) *ergänzt durch Wolfram (1999)

2. Kennzeichnung der Startphasen

Für die Einzeldisziplinen kann der Startabschnitt in Bezug auf die Antriebssituation in sechs Phasen gegliedert werden (Guimares & Hay, 1985; Hoffmann, 1989; Küchler, 1994). In Tabelle 1 sind Definitionen und Zielstellungen der Startphasen zusammengefasst.

Tab. 1. *Definition und Zielstellung der Startphasen (nach Dietze & Saborowski 2005)*

Startphase	Definition	Zielstellung
Ausgangsstellung	Die Körperposition, die der Sportler nach der Aufforderung des Starters zur Einnahme der Startposition einnimmt und mit der ersten Bewegung als Reaktion auf das Startsignal verlässt	Es ist eine Körperposition einzunehmen, die einerseits einen sicheren Stand garantiert und andererseits die Möglichkeit bietet, schnell äußere Kräfte für eine Vorverlagerung des Körperschwerpunktes wirksam zu machen
Auftakt	Beginnt als erste Reaktion auf das Startsignal, bereitet den Absprung vor und endet mit dem Lösen der Hände vom Startblock	Schnelle Verlagerung des Körperschwerpunktes in die Schwimmrichtung und Vorbereitung des Absprunghes
Absprung	Beginnt mit dem Lösen der Hände vom Startblock und endet mit dem Lösen der Füße vom Startblock bzw. von der Beckenwand	Optimale Nutzung der muskulär zur Verfügung stehenden Antriebsleistung für eine maximale Beschleunigung des Körpers in Schwimmrichtung
Flug	Beginnt mit dem Lösen der Füße vom Startblock und endet mit der ersten Wasserberührung (Hände)	Einnehmen einer zweckmäßigen Körperhaltung zur Vorbereitung eines widerstandsarmen Eintauchens
Eintauchen	Beginnt mit der ersten Wasserberührung und endet, wenn sich der Sportler mit seinem gesamten Körper im Wasser befindet	Minimierung des Geschwindigkeitsverlustes in der Schwimmrichtung
Übergang	Beginnt, wenn sich der Sportler mit seinem gesamten Körper im Wasser befindet und endet mit dem Einsatz der zyklischen Bewegung in der jeweiligen Schwimmart (Gesamtkoordination) unter Einhaltung der Wettkampfbestimmungen	Minimierung des Geschwindigkeitsverlustes in der Schwimmrichtung

Auf Grund der Wettkampffregeln muss zwischen zwei Starttechniken unterschieden werden: Start vom Block und Rückenstart. Beim Start vom Block hat sich der Schrittstart in der Weltspitze durchgesetzt. Bei den Europameisterschaften 2010 und bei den Weltmeisterschaften 2011 waren in den Halbfinals und Finals nur noch einzelne Schwimmerinnen und Schwimmer am Start, die einen Greifstart ausgeführt haben. Auf Grund dieser Sachlage wird im Folgenden auf eine Diskussion zum Greifstart verzichtet.

Beim Start vom Block unterscheiden sich die Merkmale eines sporttechnischen Leitbildes für die verschiedenen Disziplinen nur im Übergang, wo beim Brustschwimmen regelbedingt keine Delfinbewegung genutzt werden darf. Die anderen Phasen sind gleich. Beim Rückenstart betrifft es Ausgangsstellung, Auftakt und Absprung, wo eine grundlegend andere sporttechnische Lösung erforderlich ist.

Schrittstart

Im Folgenden werden Hinweise zu den einzelnen Bewegungsabläufen während den Startphasen des Schrittstarts gegeben (in Anlehnung an Küchler, 2013).

Ausgangsstellung (Abbildung 3)

- Sicher stabil stehen.
- Dabei Vorspannung aufbauen.
- Fußballen des hinteren Beins möglichst hoch auf den Balken setzen.



Abb. 3. Ausgangsstellung – vor dem Startsignal

Auftakt (Abbildung 4)

- Mit den Händen kurz und kraftvoll an der Startblockvorderkante ziehen.
- Gleichzeitig Beginn der Streckung im Kniegelenk des hinteren Beins und der Beugung in Knie- und Fußgelenk des vorderen Beins.
- Auf Stabilität im Fußgelenk des hinteren Beins achten.

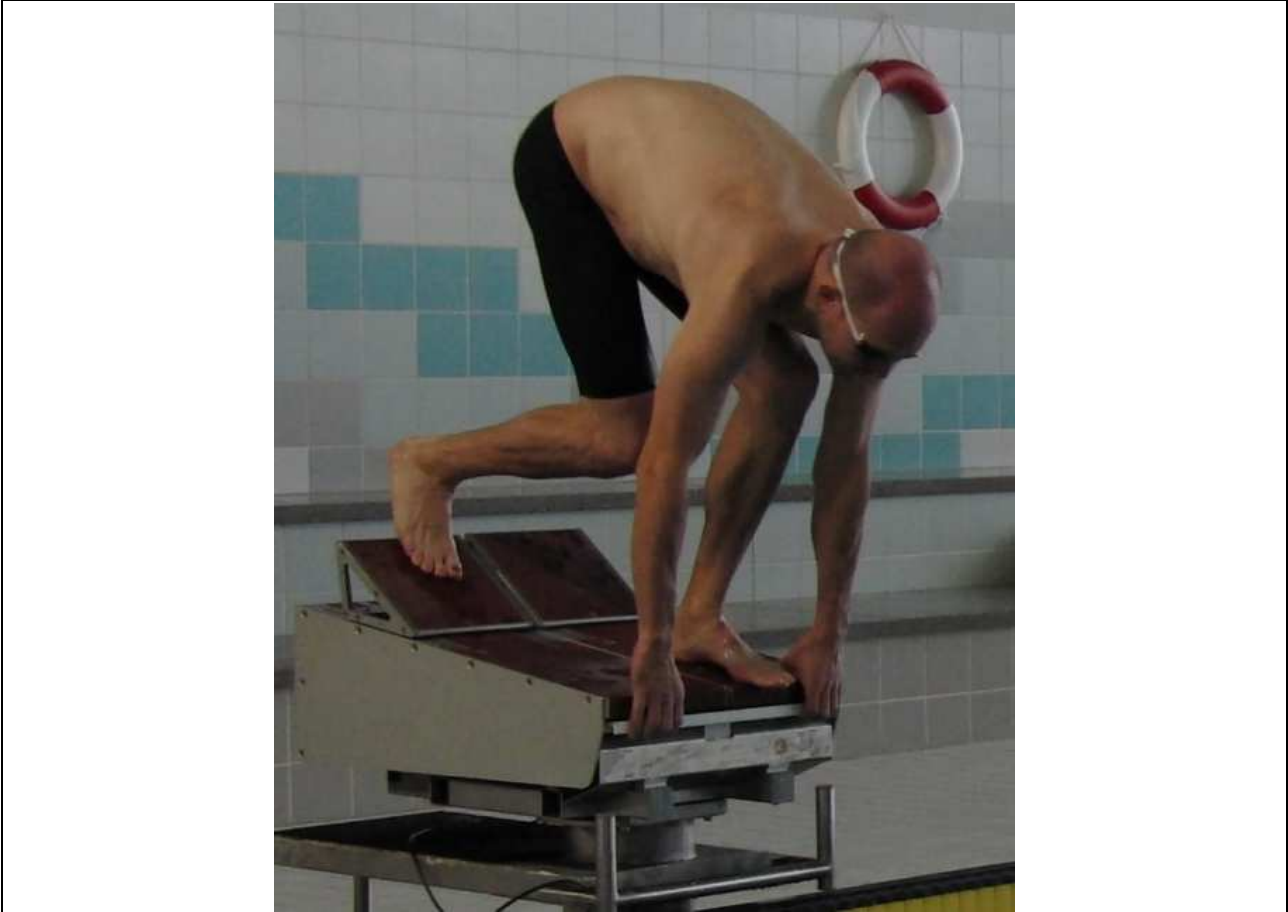


Abb. 4. Auftakt – kurz vor dem Lösen der Hände

Absprung (Abbildung 5)

- Knie- und Fußgelenk des hinteren Beins strecken.
- Knie- und Fußgelenk des vorderen Beins bis zum Lösen des hinteren Fußes beugen und danach Streckung beginnen.
- Mit dem Aufrichten des Oberkörpers beginnen (beim Lösen des hinteren Fußes befinden sich die Schultern noch deutlich unterhalb der Hüfte).
- Arme/Hände nach vorn/oben bewegen.



Abb. 5. Absprung – Lösen des hinteren Fußes

Absprung (Abbildung 6)

- Den Oberkörper strecken (beim Lösen des vorderen Fußes befindet sich der Oberkörper in einer annähernd horizontalen Position und der Kopf in Verlängerung des Oberkörpers).
- Das hintere Bein wird aufwärts bewegt (mindestens so weit, dass es sich in Verlängerung des Rumpfes befindet).
- Die Hände werden möglichst weit vor den Kopf geführt.



Abb. 6. Absprung – Lösen des vorderen Fußes

Abbildung 7 stellt die simulierten Geschwindigkeitsverläufe zweier Sportler im Startabschnitt dar. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Sportler im Körperbau gleichen (Körperhöhe, Körpermasse), im Absprung die gleiche vertikale Komponente der Absprunggeschwindigkeit erzielen das Eintauchen und die Delfinbewegung gleich gut ausführen. Das Einzige, wodurch sie sich unterscheiden, ist die horizontale Komponente der Absprunggeschwindigkeit.

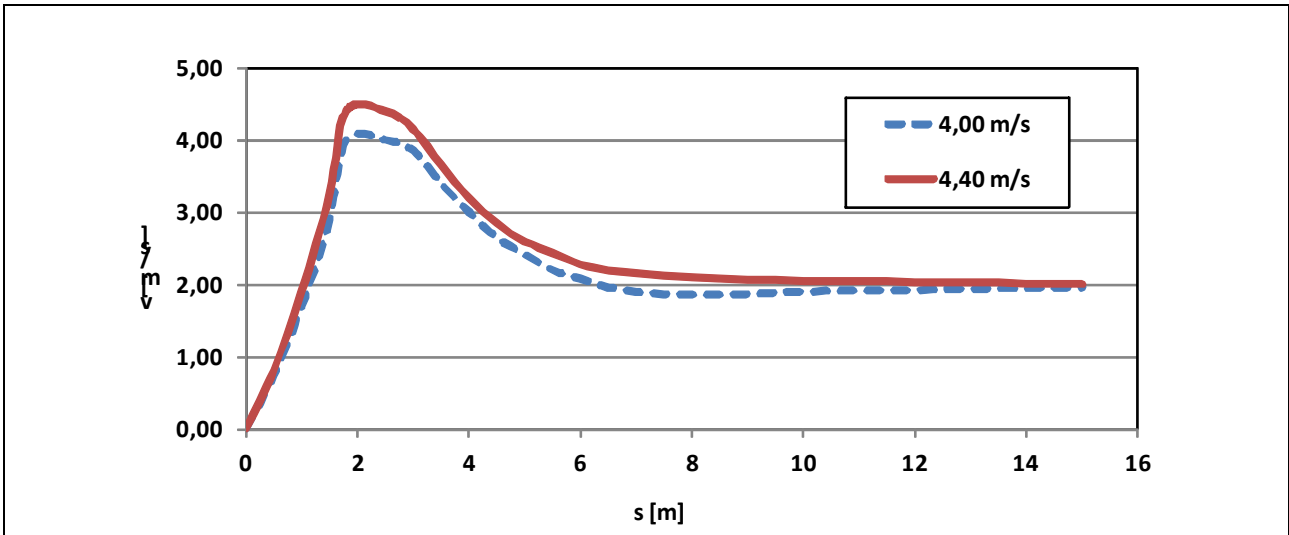


Abb. 7. Simulierter Geschwindigkeitsverlauf im Startabschnitt von Sportlern mit unterschiedlicher Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente [nach Küchler, 2003])

Der eine Sportler besitzt eine Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) von 4,00 m/s, der andere von 4,40 m/s. Unter diesen Bedingungen kumuliert der Zeitvorteil des Sportlers mit der 0,4 m/s höheren Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) bis zum Ende des Startabschnittes bei 15 m auf 0,45 s (vgl. Abbildung 8).

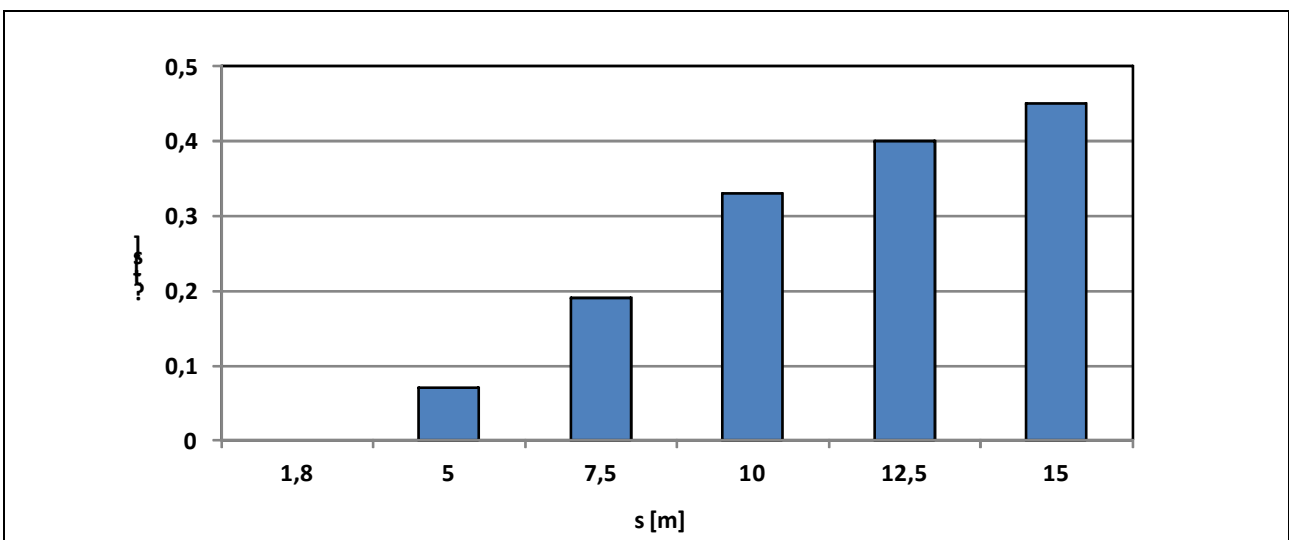


Abb. 8. Zeitdifferenzen im Startabschnitt zwischen Sportlern mit unterschiedlicher Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente [nach Küchler, 2003])

Konstitutionelle und/oder physische Voraussetzungen im Bereich von Schnelligkeit/Schnellkraft des einzelnen Sportlers sollten bei der Wahl der Ausgangsstellung und in Bezug auf die Richtung des Absprungs berücksichtigt werden.

Die Optimierung von Ausgangsstellung und Absprung erfolgt unter dem Aspekt, die vorhandene Leistungsfähigkeit der muskulären Antriebe so für eine Beschleunigung einzusetzen, dass eine hohe Geschwindigkeit in horizontaler Richtung erzielt wird.

Abbildung 9 zeigt zwei für den Schrittstart typische Varianten der Ausgangsstellung:

- Variante 1: KSP nach vorn verlagert (links)
- Variante 2: KSP nach hinten verlagert (rechts).



Abb. 9. Zwei Varianten der Ausgangsstellung beim Schrittstart

In Bezug auf die Antriebssituation kann eingeschätzt werden:

- Mit beiden Varianten ist ein sicherer Stand möglich. Bei Variante 2 ist die Anforderung, ein Gleichgewicht der wirkenden Kräfte zu halten, geringer.
- Bei Variante 2 steht ein längerer Weg für eine Beschleunigung in horizontaler Richtung zur Verfügung (Kniestreckung aus einem engeren Kniewinkel des zurückgestellten Beines, ein Beugen im Ellenbogengelenk kann aktiver zur Vorwärtsbewegung des Rumpfes beitragen).
- Bei Variante 2 lastet ein größerer Teil des Körpergewichts auf dem hinteren Fuß, was den Aufbau einer Vorspannung der Streckmuskulatur des hinteren Beines (Kniegelenk, Fußgelenk) begünstigt.

Aktuell sind keine Aussagen aus Untersuchungen bekannt, ob eine der beiden Varianten einen für den Wettkampf entscheidenden Vorteil bietet. Ergebnisse aus Einzelanalysen bei internationalen Meisterschaften (Graumnitz, Küchler & Drenk, 2007) weisen aus, dass mit

beiden Varianten sehr kurze Blockzeiten (von 0,60 s bis 0,65 s) und höchste Absprunggeschwindigkeiten (Männer: > 5,0 m/s; Frauen >4,5 m/s) erzielt werden.

Einem Schwimmer mit geringerer Körperhöhe und/oder geringeren Schnellkraftfähigkeiten kommt Variante 2 entgegen, weil er mit einem längeren Beschleunigungsweg eine vergleichbar hohe Endgeschwindigkeit erzielen kann wie ein Schwimmer mit größerer Körperhöhe und/oder höheren Schnellkraftfähigkeiten.

Die Richtung des Absprungs hat einen großen Einfluss auf das Verhältnis zwischen horizontaler und vertikaler Komponente und als Folge dessen auf Dauer und Weite des Fluges. Auf Grund von theoretischen Berechnungen (Küchler, 1994) und von praktischen Erfahrungen (Graumnitz, 2011) sollten Schwimmerinnen und Schwimmer, die über ein als niedrig eingestuftes Niveau der Sprungkraft verfügen, leicht abwärts gerichtet abspringen (vgl. Abbildung 10). In diesem Fall liegt die Flugzeit (Zeitintervall vom Lösen der Füße bis zum Eintauchen der Hüfte) im Bereich von 0,40 s (Frauen) bzw. 0,45 s (Männer). Männer mit einem außerordentlich hohen Niveau der Sprungkraft tauchen im Bereich von 3,5 m bis 4 m bei Flugzeiten von mehr als 0,50 s ein.

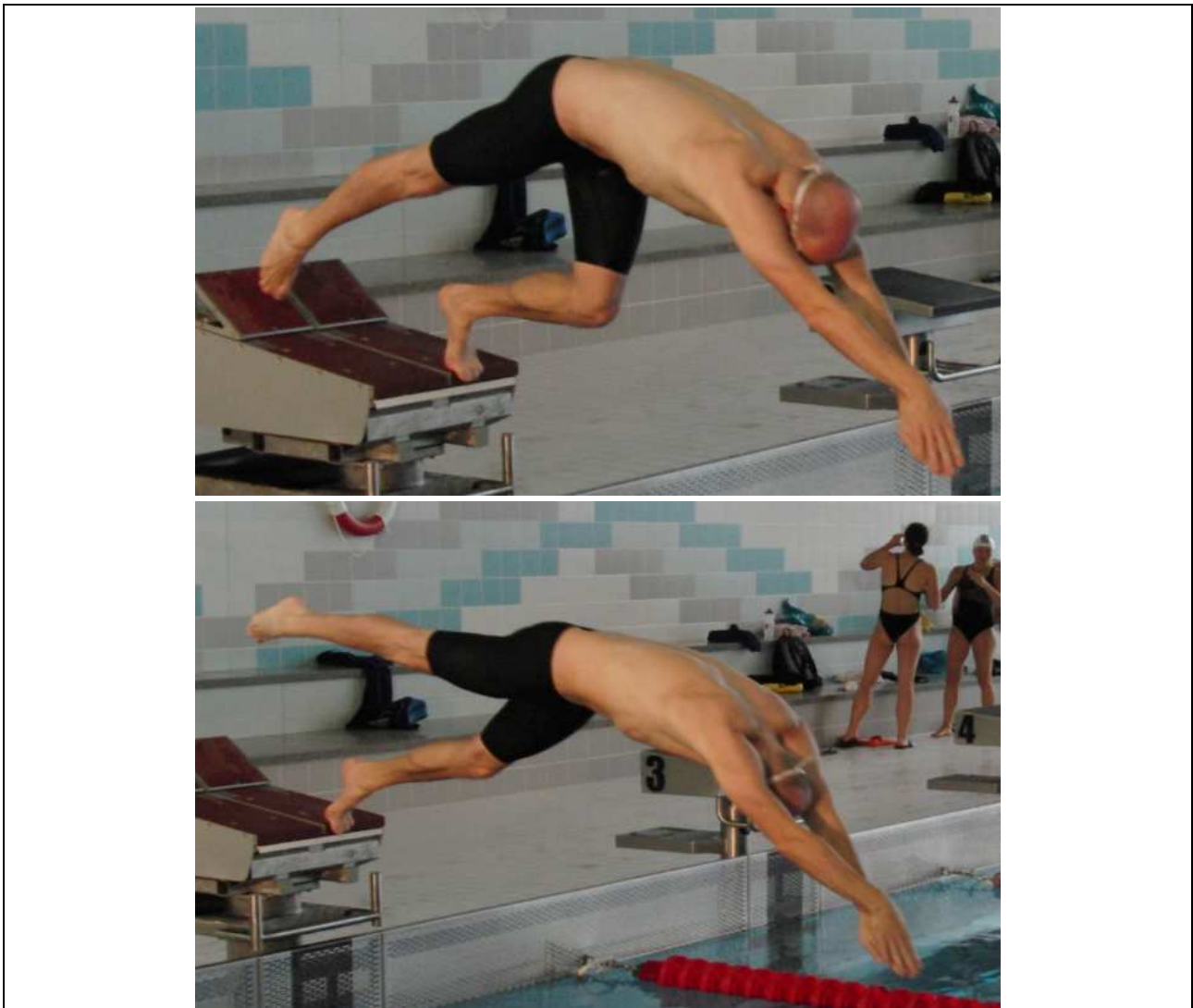


Abb. 10. Abwärts gerichteter Absprung beim Schrittstart

Flug (Abbildung 11)

- Die Verbindungslinie Hände/Hüfte sollte mit der Wasseroberfläche beim Eintauchen der Hände einen Winkel im Bereich von 40 Grad bis 45 Grad bilden.
- Eine Bückhaltung ist eine aus einem geringeren Schwungbeineinsatz resultierende Notwendigkeit (oberes Bild). Gleichzeitig erweitert sie die Möglichkeiten bei der Realisierung der Richtungsumkehr in der nachfolgenden Eintauchphase.
- Eine Streckhaltung wird als Folge eines guten Schwungbeineinsatzes eingenommen (unteres Bild).

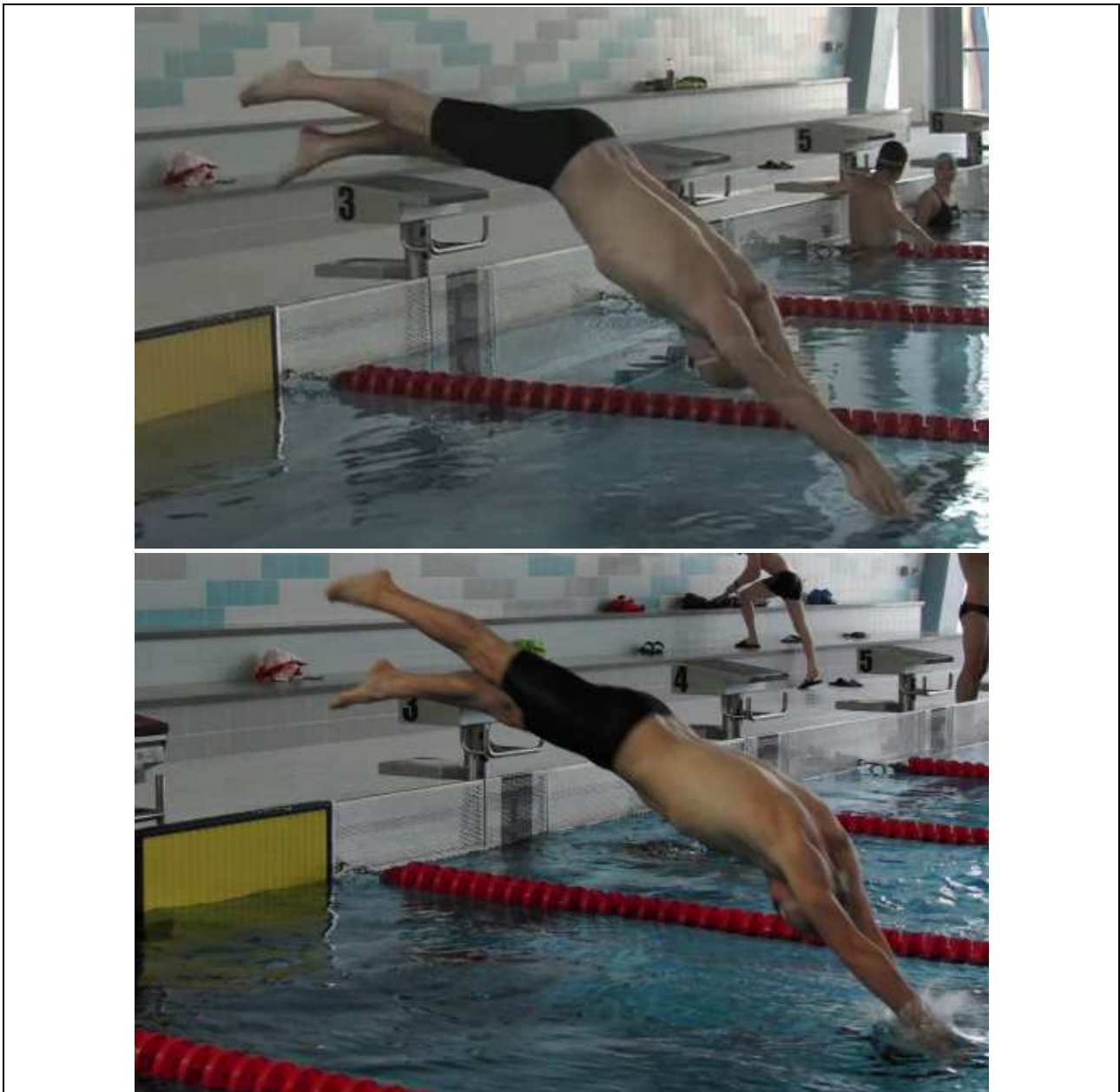


Abb. 11. Flug – Eintauchen der Hände (oben: Bückhaltung; unten: Streckhaltung)

Eintauchen (Abbildung 12)

- Der gesamte Körper taucht in der Fläche ein, wo die Hände einen Weg durch die Wasseroberfläche gebahnt haben (kleines Eintauchloch).
- Bis zum Eintauchen der Füße wird in Richtung Horizontale umgelenkt und durch Beugen im Kniegelenk ein Kick vorbereitet, der nach dem Eintauchen der Füße ausgeführt wird.
- Am Ende des Kicks beträgt der Hüftwinkel 180 Grad (Beine in Verlängerung des Rumpfes).

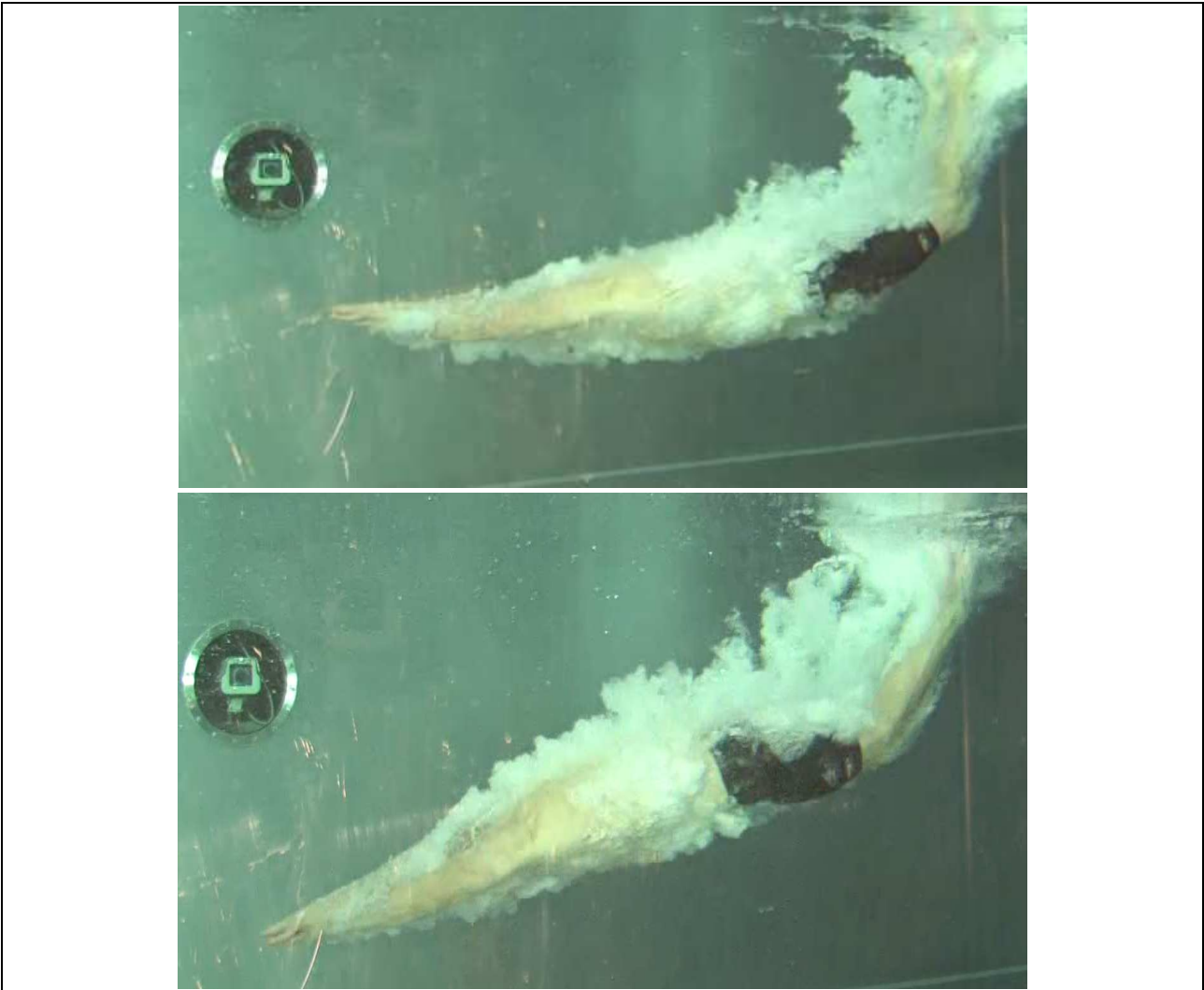


Abb. 12. Eintauchen – Eintauchen der Füße

Die individuelle Variante der Körperhaltung beim Eintauchen ist ursächlich durch die Art und Weise des Absprungs bestimmt. Der Bewegungsablauf beim Richtungswechsel ist von der Spezifik der Disziplin und der Leistungsfähigkeit der Delfinbewegung des Einzelnen abhängig.

Übergang (Abbildung 13)

- Beim Brustschwimmen wird nach dem Kick eine ideale Gleitlage eingenommen (linkes Bild).
- Beim Schmetterlings- und Kraulschwimmen kann die Delfinbewegung mit einem Aufwärtsschlag begonnen werden (unteres Bild).
- Dabei kann die Richtungsumkehr in die Horizontale vollendet (langer Übergang) bzw. in Richtung Wasseroberfläche (kurzer Übergang) eingeleitet werden

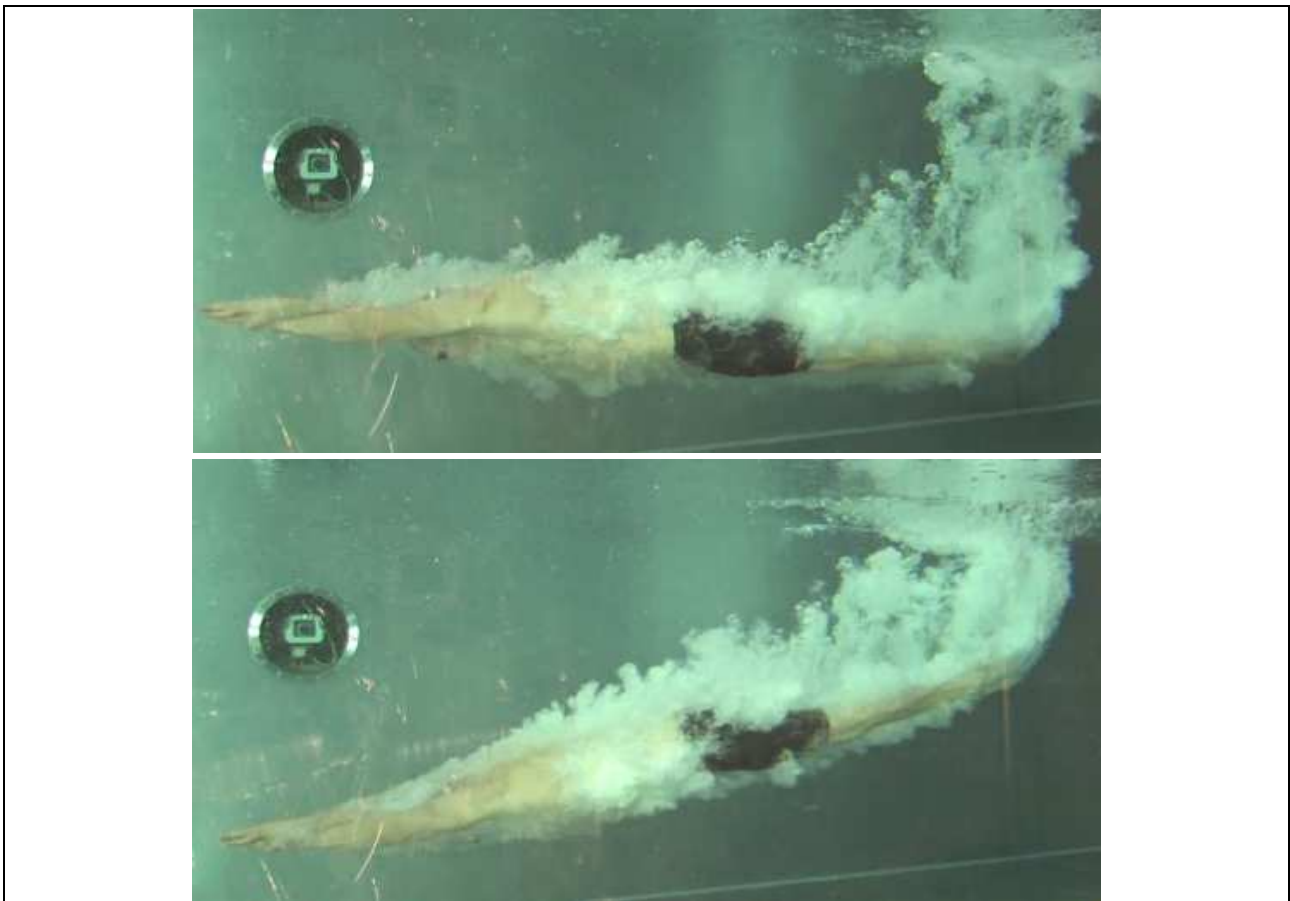


Abb. 13. Übergang – Ende des Eintauchkicks (links: Brustschwimmen; rechts: Schmetterlings- und Kraulschwimmen)

Die Länge des Übergangs beim Start wird optimiert unter Berücksichtigung

- der Anforderungen im Wettkampf (Höhe der Anfangsgeschwindigkeit in der zyklischen Bewegung der Schwimmart, Wettkampfregele),
- der Höhe der erzielten Absprunggeschwindigkeit,
- der Qualität des Eintauchens,
- der Leistungsfähigkeit des Antriebes im Übergang: Delfinbewegung beim Kraul- und Schmetterlingsschwimmen bzw. Tauchzug/Delfinkick beim Brustschwimmen.

Rückenstart

Die zum Schrittstart getroffenen Aussagen zur individuellen Optimierung von Ausgangsstellung, Auftakt und Absprung sind in gleicher Weise für den Bewegungsablauf beim Rückenstart zutreffend.

Im Folgenden werden Hinweise zu den einzelnen Bewegungsabläufen während den Startphasen des Rückenstarts gegeben (in Anlehnung an Küchler, 2013).

Ausgangsstellung (Abbildung 14)

- Hohe Griffposition der Hände realisieren.
- Füße oberhalb der Wasserlinie an die Wand setzen.
- Kniewinkel individuell wählen.



Abb. 14. Ausgangsstellung

Auftakt (Abbildung 15)

- Mit den Händen am Haltegriff kraftvoll nach hinten/oben abdrücken.
- Gleichzeitig ist der Hüftwinkel aktiv öffnen und der Kniewinkel mindestens zu halten. Das ist notwendig, um ein Abrutschen der Füße zu vermeiden.



Abb. 15. Auftakt

Absprung (Abbildung 16)

- Absprungrichtung ist individuell zu optimieren: Sprungkraftfähigkeit und die Rumpfbeweglichkeit sind zu berücksichtigen.



Abb. 16. Absprung – Lösen der Füße von der Beckenwand

Flug (Abbildung 17)

- Ein widerstandsarmes Eintauchen vorbereiten.
- Überstreckung des Körpers zu Beginn der Flugphase.
- Beugen der Hüfte bis zum Ende der Flugphase.



Abb. 17. Flug – Füße in der Luft

Eintauchen (Abbildung 18)

- Minimierung des Widerstandes, im Idealfall taucht der gesamte Körper in der Fläche ein, wo die Hände einen Weg durch die Wasseroberfläche gebahnt haben (kleines Eintauchloch).
- Bis zum Eintauchen der Füße wird in Richtung Horizontale umgelenkt.
- Nach dem Eintauchen der Füße wird durch die Streckung der Hüfte ein Abwärtskick ausgeführt.
- Am Ende des Kicks beträgt der Hüftwinkel 180 Grad (Beine in Verlängerung des Rumpfes)



Abb. 18. Eintauchen – Hüfte in Höhe der Wasserlinie

Die individuelle Variante der Körperhaltung beim Eintauchen ist ursächlich durch die Art und Weise des Absprungs bestimmt. Der Bewegungsablauf beim Richtungswechsel ist von der Leistungsfähigkeit der Delfinbewegung des Einzelnen abhängig.

Übergang

- Die Delfinbewegung mit einem Aufwärtsschlag beginnen.

Die Länge des Übergangs beim Rückenstart wird optimiert unter Berücksichtigung

- **der Anforderungen im Wettkampf (Höhe der Anfangsgeschwindigkeit in der zyklischen Bewegung der Schwimmt, Wettkampfregele),**
- **der Höhe der erzielten Absprunggeschwindigkeit,**
- **der Qualität des Eintauchens.**

3. Verfahren zur Kontrolle der Startleistung

Um die Effektivität des Starts beurteilen zu können, ist es notwendig, quantifizierbare Ereignisse festzulegen. Nur dann ist es möglich festzustellen, ob den Zielen des Starts, den Startabschnitt in möglichst kurzer Zeit zu absolvieren und eine hohe Geschwindigkeit in die zyklische Bewegung der Schwimmarbeit einzubringen, Genüge getan wird.

Start-Parameter

15-m-Start-Zeit

Das Ende des quantifizierbaren Startabschnitts wird auf 15 m festgelegt, da diesem Punkt nach den Wettkampfbestimmungen eine besondere Bedeutung beigemessen wird. Im Freistil-, Rücken- und Schmetterlingsschwimmen muss der Kopf spätestens bei 15 m die Wasseroberfläche durchbrochen haben, was in der Regel gleichbedeutend mit dem Beginn der zyklischen Bewegung der jeweiligen Schwimmarbeit ist. Im Brustschwimmen ist das Auftauchen an diesem Punkt zwar nicht vorgeschrieben, doch beginnt die überwiegende Mehrheit der Brustschwimmer/innen im Wettkampf bis zu der 15-m-Marke mit der zyklischen Bewegung des Brustschwimmens.

Die 15-m-Start-Zeit ist die Zeit, welche vom Ertönen des Startsignals bis zum Berühren der 15-m-Linie mit dem Kopf vergeht.

Sie wird durch die Qualität der Teilleistungen aller sechs Startphasen repräsentiert. Damit ist sie ein geeignetes Maß für die Effektivität des gesamten Startabschnittes (de la Fuente et al., 2003; Issurin & Verbitsky, 2003; Kuchler et al., 2005; Houel et al., 2006; Mason et al., 2007; Graumnitz & Kuchler, 2009; Vantorre et al., 2010).

Neben der Blockzeit, der Flugzeit, der Flugweite, der Absprunggeschwindigkeit, dem Eintauchverhalten und dem Beginn des Übergangs wird die 15-m-Start-Zeit maßgeblich durch die Gestaltung des Übergangs bestimmt. Für die Schlagschwimmarten ist die Vortriebswirksamkeit der Delfinbewegung bedeutsam, für das Brustschwimmen die des Tauchzuges. Die Länge der Gleitphase bzw. der Tauchphase vor dem Einsetzen der zyklischen Bewegung beeinflusst die 15-m-Start-Zeit ebenfalls.

Blockzeit

Der Beobachter eines Schwimmwettkampfes wird die Schwimmer als schnelle Starter bezeichnen, welche den Block bzw. die Wand am schnellsten verlassen. Im Wettkampfprotokoll internationaler und deutscher Meisterschaften sowie Olympischer Spiele wird die „reaction time“ bzw. die „Reaktionszeit“ angegeben. Diese Bezeichnung ist begrifflich nicht ganz korrekt. In der Sportwissenschaft wird die Reaktionszeit wie folgt definiert: „Die Reaktionszeit ist die Zeit vom Setzen eines Sinnesreizes bis zum Beginn der willkürlichen Reaktion“ (Hauptmann, 2011). Die eigentliche Reaktionszeit des Schwimmers auf den Sinnesreiz Startsignal ist demzufolge wesentlich kürzer als die im Wettkampfprotokoll angegebene „Reaktionszeit“. Eine erste willkürliche Reaktion ist beim Start von Schwimmern an Startblockdynamometern messbar. Dies betrifft das Ziehen der Hände an der Startblock-

vorderkante, bei welchem die ersten relevanten Ausschläge bei Schwimmern nach ca. 0,15 s bis 0,25 s verzeichnet werden (vgl. Abbildung 19).

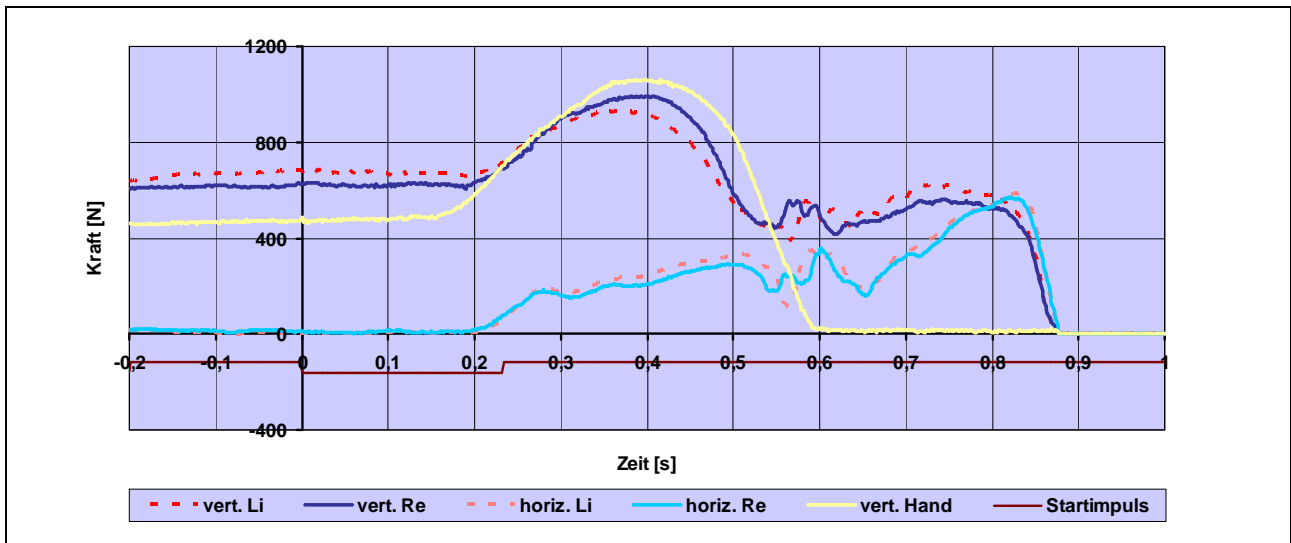


Abb. 19. Dynamogramm eines Startsprungs vom Block (Greifstart)

Die in den Wettkampfprotokollen angegebene „Reaktionszeit“ bezeichnen wir als Blockzeit. Die Blockzeit umfasst einen Teil der Phase „Ausgangsposition“, die Phase „Auftakt“ und die Phase „Absprung“ (siehe 2. Startphasen).

Die Blockzeit ist die Zeit, die vom Ertönen des Startsignals bis zum Verlassen der Füße vom Startblock bzw. von der Wand vergeht.

In Abbildung 20 sind die kürzesten und die längsten Blockzeiten von den Finals in den 100-m-Disziplinen bei den Olympischen Spielen 2012 für Frauen und Männer dargestellt.

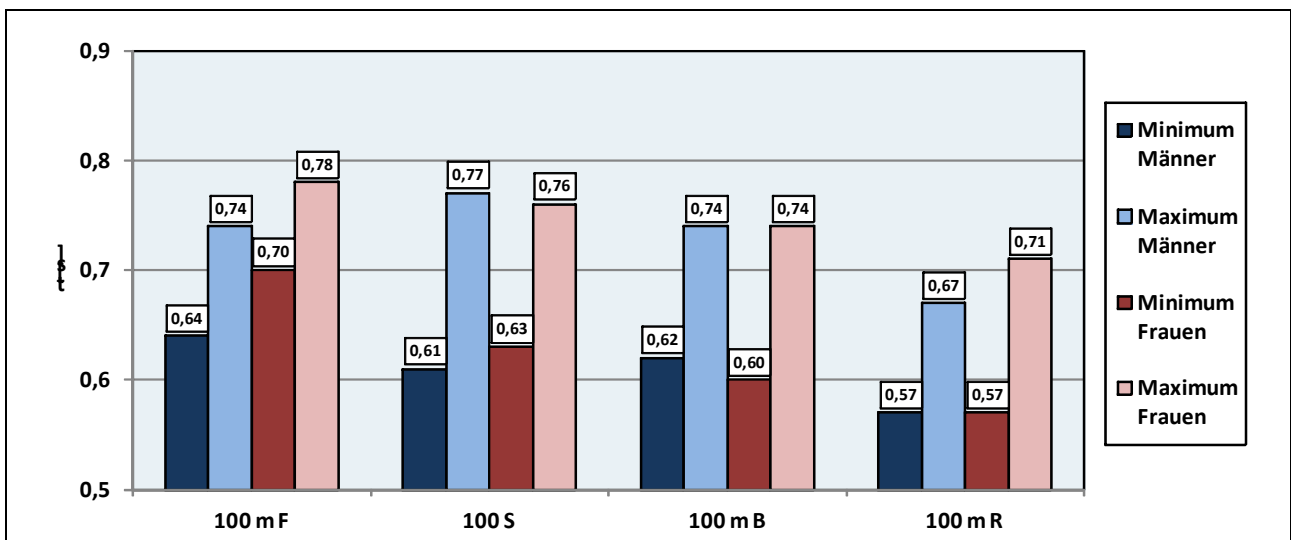


Abb. 20. Kürzeste und längste Blockzeiten in den 100-m-Finals bei den Olympischen Spielen 2012

An den Differenzen zwischen den kürzesten und den längsten Blockzeiten wird unter Berücksichtigung der teilweise sehr geringen Zeitabstände zwischen den Medaillenrängen

deutlich, dass die Differenzen zwischen den Blockzeiten wettkampftentscheidend sein können.

Absprungwinkel

Große Absprungwinkel ($> 30^\circ$) begünstigen eine relativ lange Flugzeit, kleine Absprungwinkel ($< 20^\circ$) haben relativ kurze Flugzeiten zur Folge. Die Größe des Absprungwinkels wird durch die Ausgangsposition des Sportlers auf dem Block sowie die Koordination der Teilkörperbewegungen während des Absprungs bestimmt³. Die Größe des Absprungwinkels beeinflusst das Verhältnis zwischen horizontaler und vertikaler Komponente der Absprunggeschwindigkeit und ist daher für die Höhe der Geschwindigkeit in Schwimmrichtung bedeutsam (Mason et al., 2007).

Die Schenkel des Absprungwinkels werden durch die horizontale Verlängerung der Startblockvorderkante und die Verbindungslinie zwischen dem Körperschwerpunkt (KSP) und der Startblockvorderkante im Moment des Lösens der Füße vom Block gebildet. Der Scheitel des Absprungwinkels ist der Schnittpunkt der beiden Schenkel in der Startblockvorderkante (vgl. Abbildung 21).

Aufgrund des hohen Aufwands, der für die Bestimmung des KSP notwendig ist, erfolgt die Bestimmung des Absprungwinkels nur im Rahmen leistungsdiagnostischer Untersuchungen.

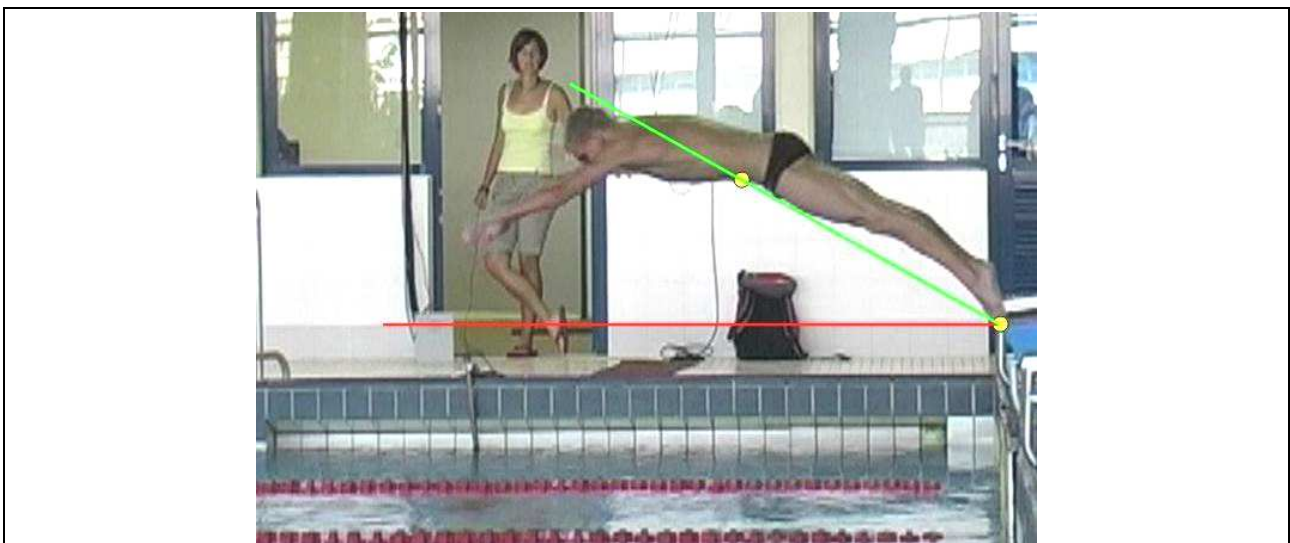


Abb. 21. Absprungwinkel

³ Ein vergleichsweise kurzer und/oder schwacher Armzug an der Startblockvorderkante führt z. B. dazu, dass die Schultern zu gering abgesenkt werden. Das zieht bei einer totalen Streckung der Hüfte während des Absprungs einen relativ großen Absprungwinkel nach sich. Den gleichen Effekt erzeugt ein zu geringes Absenken der Knie in der Auftaktphase.

Flugzeit und Flugweite

Der Abschnitt soll mit einem Exkurs zum Umgang mit den Begriffen „Flugzeit“ und „Flugweite“ begonnen werden. Entsprechend der Definition der Phase „Flug“ beschreibt die Flugzeit die Zeitdifferenz zwischen dem Lösen der Füße vom Block und dem Berühren des Wassers mit den Fingerspitzen. Folgerichtig entspricht die Flugweite der horizontalen Entfernung der Fingerspitzen von der Startblockvorderkante im Moment deren Eintauchens (Kollias, Baltzopoulos, Chatzinikolaou, Tsirakos & Vasiliadis, 1992; Miller et al., 2003). Warum sich Eintauchzeitpunkt und Eintauchpunkt der Fingerspitzen dennoch nicht für diagnostische Untersuchungen und Analysen eignen, verdeutlicht Abbildung 22.

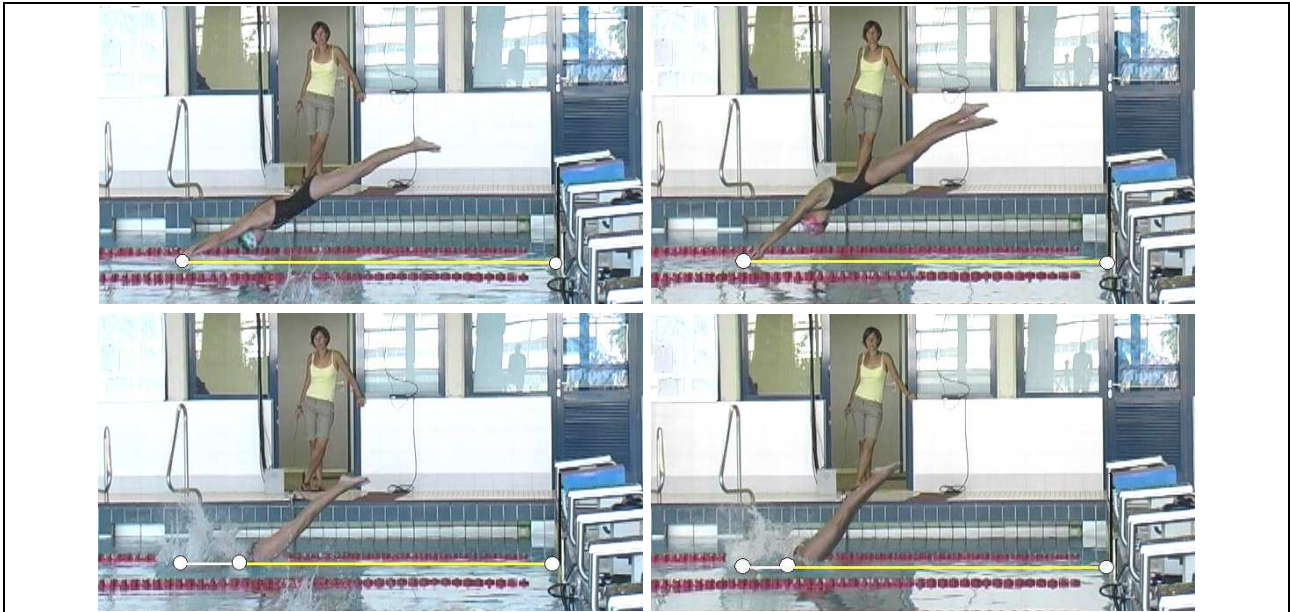


Abb. 22. Unterschiedliche Entfernungen zwischen den Eintauchpunkten von Händen und KSP

Durch unterschiedliche Armhaltung im Bezug zum Körper können die Entfernungen zwischen dem Eintauchpunkt der Fingerspitzen und dem des KSP erheblich voneinander abweichen. Gleiches gilt für die Differenz zwischen dem Eintauchzeitpunkt der Fingerspitzen und dem des KSP. Für Längs- und Querschnittsvergleiche ist die Verwendung des Eintauchzeitpunktes und des Eintauchpunktes des KSP zuverlässiger.

Mit den KSP-Absprungparametern im Moment des Lösen der Füße vom Block sind bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes die Flugbahn und damit auch der Eintauchzeitpunkt und der Eintauchpunkt des KSP festgelegt⁴. Aufgrund der besseren Vergleichsmöglichkeiten werden diese auf den KSP bezogenen Parameter sowohl international (Takeda & Nomura, 2006) als auch im Bereich des DSV (DSV, 2004; 2008) genutzt.

⁴ Küchler (1994) wies nach, dass der Einfluss des Wasserwiderstandes die Flugzeit gegenüber dem freien Fall um ca. 0,02 s verlängert und die Flugweite um ca. 0,05 m verkürzt.

Im Folgenden ist mit der „Flugzeit“ die Zeitdifferenz zwischen dem Lösen der Füße vom Block und dem theoretischen Eintauchzeitpunkt des KSP⁵ beschrieben und mit der „Flugweite“ die horizontale Entfernung zwischen der Startblockvorderkante und dem KSP im Moment seines Eintauchens (vgl. Abbildung 23).

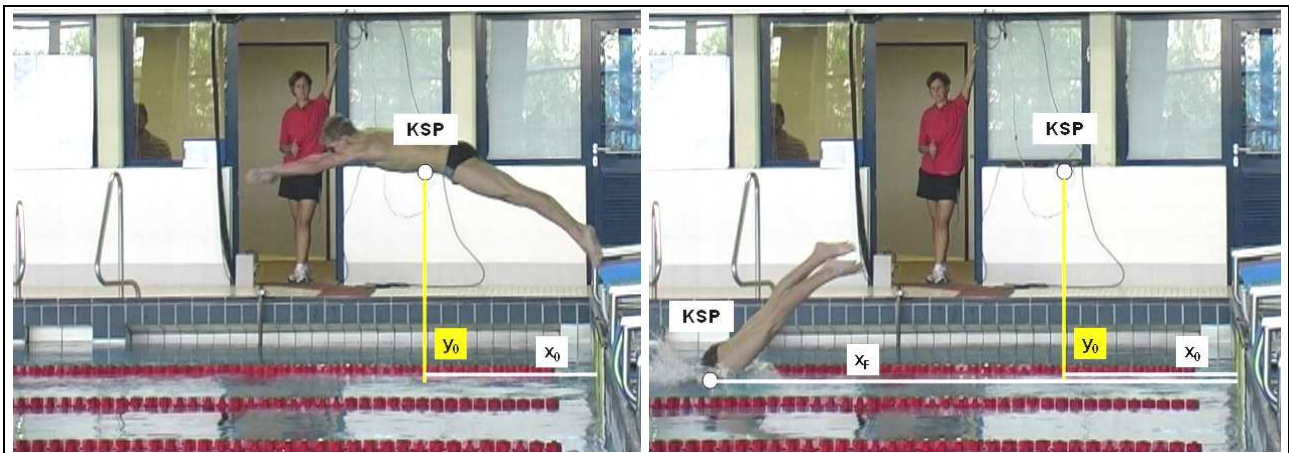


Abb. 23. KSP-Koordinaten zur Berechnung der Flugparameter

Die Annahme, dass eine Maximierung der Flugzeit zweckmäßig ist, da der Wasserwiderstand später zu wirken beginnt, wurde bereits durch Hoffmann (1989) widerlegt. Er unterscheidet „Steilspringer“ (relativ lange Flugzeit) von „Flachspringern“ (relativ kurze Flugzeit) und stellt fest, dass die „Flachspringer“ zwar kürzere Flugzeiten aufweisen, aber die wesentlich höheren Geschwindigkeiten in Schwimmrichtung und teilweise sogar größere Flugweiten erreichen als die „Steilspringer“. Sind hohe Startleistungen das Ziel, müssen demzufolge Flugzeit und Flugweite immer im Zusammenhang gesehen werden. Für jeden Sportler gibt es im Rahmen seiner vorhandenen Leistungsvoraussetzungen eine optimale Flugzeit, in der er seine optimale Flugweite erreicht.

Absprunggeschwindigkeit

Als „Absprunggeschwindigkeit“ wird die Geschwindigkeit des KSP im Moment des LöSENS der Füße vom Block bezeichnet. Sie besteht aus einer horizontalen und einer vertikalen Komponente.

Da die horizontale Komponente die Schwimmrichtung repräsentiert, ist sie ein höchst relevanter Parameter, der in zahlreichen Untersuchungen zur Starteffektivität ermittelt wird (Guimaraes & Hay, 1985; Hoffmann, 1989; Kollias et al., 1992; Kuchler, 1994; Juergens, 1995; Holthe & McLean, 2001; de la Fuente et al., 2003; Houel et al. 2006; Graumnitz et al., 2007; Mason et al., 2007).

5 Die Berechnung der KSP-Koordinaten (vgl. Abbildung 13) ist an erhöhten technischen Aufwand gebunden, der zwar in der Leistungsdiagnostik aufgebracht wird, nicht aber in der Routine der Wettkampfanalysen. Eine „Ersatz“-Lösung stellt die Nutzung des Eintauchpunktes und des Eintauchzeitpunktes der Hüfte dar, die denen des KSP gleichen und deshalb in der Wettkampfanalyse und bei der Sofortinformation beim CP-Training (Messplatz-Training) verwendet werden.

Die Höhe der Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) ist davon abhängig, wie der Sportler seine Kraftvoraussetzungen (besonders der Bein- und Rumpfmuskulatur) durch zweckmäßige Teilkörperbewegungen wirksam machen kann. Vergleichende dynamometrische Untersuchungen (Lee, Huang, Wang & Lin, 2001; de la Fuente et al., 2003) von vertikalen Sprüngen mit Absprüngen vom Block hatten unterschiedliche Kraft-Zeit-Verläufe und Bewegungsmuster zum Ergebnis. Unveröffentlichte Analysen von Sprunghöhen vertikaler Sprünge und von Absprunggeschwindigkeiten (horizontale Komponente) deutscher Kaderschwimmer ergaben einen hochsignifikanten starken Zusammenhang ($r=0,615^{**}$) zwischen diesen beiden Parametern. Danach muss davon ausgegangen werden, dass sich die Bewegungen des Absprungs vom Block und des vertikalen Sprungs auf den Körper bezogen gleichen, sodass die beim vertikalen Sprung erreichte Höhe als Maß der Sprungkraftvoraussetzungen verwendet werden kann (vgl. DSV, 2004, 2008).

5-m-Start-Zeit⁶

Als 5-m-Start-Zeit wird die Zeitdifferenz zwischen dem Ertönen des Startsignals und dem Kopfdurchgang an der 5-m-Marke bezeichnet.

Neben den drei Phasen der „Blockaktion“, deren Gesamtdauer durch die Blockzeit repräsentiert wird und dem Flug, beinhaltet dieser Parameter den Eintauchvorgang⁷ und zum Teil den Beginn des Übergangs.

Die 5-m-Start-Zeit ist ein wettkampfrelevanter Parameter, der Aussagen über die Qualität des Absprungs zulässt (vgl. Kuchler, 1994). Kuchler nutzte dabei keine statistischen Verfahren, sondern ein einfaches mechanisches Modell, von dem er eine analytische Funktion ableitete. Wie Guimaraes & Hay (1985) unterteilte er den Startabschnitt (Guimaraes & Hay 9,00 m; Kuchler 7,5 m) in drei Bereiche, sodass sich die 5-m-Start-Zeit t_5 aus den Teilzeiten für den Absprung (Blockzeit BZ), für den Flug (Flugzeit t_{FSI}) und für den Unterwasserbereich bis 5 m (Unterwasserzeit t_{W5}) zusammensetzt:

$$t_5 = BZ + t_{FSI} + t_{W5}$$

Unter der Berücksichtigung physikalischer Gegebenheiten kann die 5-m-Start-Zeit nach Kuchler (1994) durch eine analytische Funktion beschrieben werden, die von nur wenigen Parametern abhängig ist:

$$t_5 = F(BZ, x_0, y_0, v_x, v_y, C_{eff}, m, l)$$

Neben der Körpermasse m und der Körperhöhe l des Schwimmers ist die von Kuchler eingeführte empirische Konstante C_{eff} Bestandteil der Funktion, die ein Maß für die

6 Mit dem Beginn des Olympiazklus 2008-2012 wird im Bereich des DSV statt der 7,5-m-Start-Zeit die 5-m-Start-Zeit als erste routinemäßig erfassbare Teilzeit zur Absprunganalyse genutzt, da ein Teil des Übergangs, der die 7,5-m-Start-Zeit beeinflusst, zu großen Teilen ausgeschlossen wird. Damit sind differenziertere Analysen des Startabschnitts möglich. Kuchler's Untersuchungen (1994) beziehen sich zwar auf die 7,5-m-Start-Zeit sind aber auf die 5-m-Start-Zeit übertragbar.

7 Ozeki et al. (2008) wiesen u. a. nach, dass die Größe der Differenz zwischen den Eintauchwinkeln des KSP und der Hände (vgl. Abbildung 22) den Geschwindigkeitsabfall beeinflusst.

Zweckmäßigkeit der Bewegungen nach dem Eintauchen ist. Mit dieser Funktion kann die 5-m-Start-Zeit simuliert und der Einfluss verschiedener Parameter auf die 5-m-Start-Zeit quantitativ bestimmt werden.

Die von KÜchler (1994) durchgeführten Simulationsrechnungen zeigten, dass die 5-m-Start-Zeiten maßgeblich durch die horizontale Komponente der KSP-Geschwindigkeit (Absprunggeschwindigkeit) v_x und den Wasserwiderstandsbeiwert C_{eff} bestimmt wird.

10-m-Start-Zeit

Als 10-m-Start-Zeit wird die Zeitdifferenz zwischen dem Ertönen des Startsignals und dem Kopfdurchgang an der 10-m-Marke bezeichnet.

Die 10-m-Start-Zeit wird ähnlich der 15-m-Start-Zeit durch die sechs Startphasen repräsentiert, wobei der Einfluss der Absprunggeschwindigkeit auf sie größer und der Einfluss des Übergangs auf sie geringer ist als bei der 15-m-Start-Zeit. Ihre Bedeutung liegt vor allem darin, den Geschwindigkeitsverlauf zwischen 5 m und 15 m differenzierter zu erfassen.

Abschwimmgeschwindigkeit

Die Abschwimmgeschwindigkeit ist die mittlere Geschwindigkeit aus der Differenz zwischen der 15-m- und 5-m-Start-Zeit.

Außer von der Geschwindigkeit, die der Schwimmer zu Beginn des Übergangs besitzt, hängt die Höhe der Abschwimmgeschwindigkeit von der Vortriebswirksamkeit der Delfinbewegung bzw. des Tauchzuges ab sowie von der Länge des getauchten Abschnittes. Je zweckmäßiger der Übergang gestaltet wird, desto geringer ist der Geschwindigkeitsverlust. Für differenziertere Analysen (z. B. bei leistungsdiagnostischen Untersuchungen) unterscheidet man die Abschwimmgeschwindigkeiten für die Abschnitte zwischen 5 m und 10 m sowie zwischen 10 m und 15 m. Dadurch erhält man noch detailliertere Informationen über den Verlauf des Geschwindigkeitsabfalls im Übergang.

Zusammenfassung

Untersuchungen belegen den hohen Einfluss der Übergangsgestaltung auf die 15-m-Start-Zeit (Guimaraes & Hay, 1985; Hoffmann, 1989; Juergens, 1995; KÜchler, 1994; Vilas-Boas et al., 2003; KÜchler et al., 2005). Einige Autoren schlussfolgern aus ihren Ergebnissen, dass die Eintauchphase und/oder die Phase des Übergangs die bedeutendsten für die 15-m-Start-Zeit sind, weil sich festgestellte Unterschiede in den Abflugparametern nicht in den ermittelten Startzeiten niederschlugen bzw. weil sich zwar statistische Zusammenhänge zwischen der Geschwindigkeit in der Unterwasserphase und der Startzeit fanden, nicht aber zwischen den Abflugparametern und der Startzeit (Arellano et al., 1996; Vilas-Boas et al., 2003; de la Fuente et al., 2003; Vantorre et al., 2010).

Demgegenüber stellten Guimaraes und Hay (1985), welche bereits 1983 (Hay & Guimaraes, 1983) akribisch den Start bestimmende Determinanten herausarbeiteten (vgl. Abbildung 24), bei einer Analyse der Greifstarttechnik fest, dass eine höhere Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) zwar größere Widerstandskräfte beim Eintauchen impliziert, aber trotzdem zu einem Geschwindigkeitsvorteil im Übergang führt. KÜchler

(1994) bestätigte anhand von Modellrechnungen mit Daten aus der Leistungsdiagnostik diese Aussage.

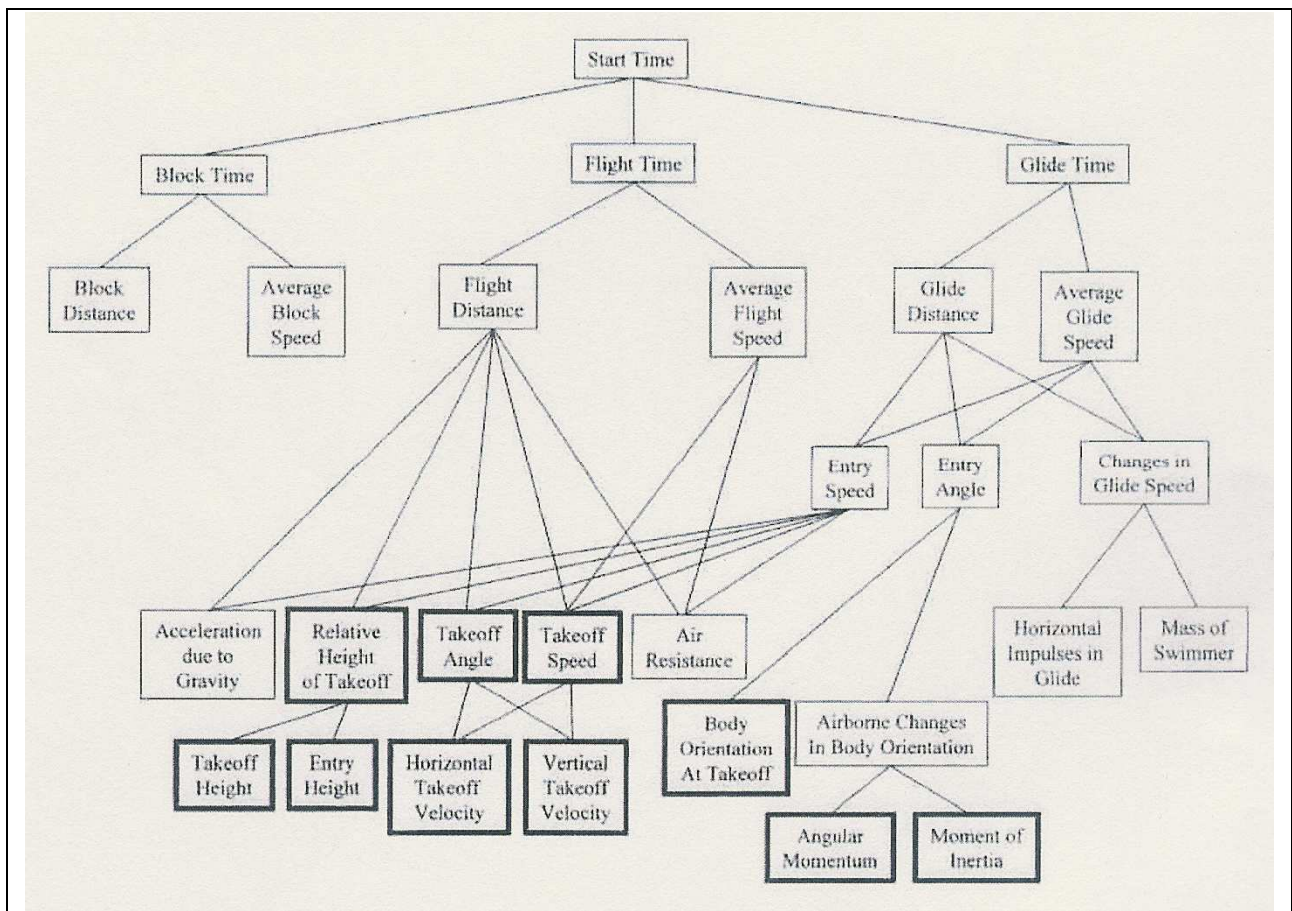


Abb. 24. Modell der deterministischen Komponenten des Starts im Schwimmen von Hay & Guimaraes (1983, S. 78)

Dies unterstreicht, dass die losgelöste Betrachtung einzelner Startphasen ohne Berücksichtigung der jeweils Vorangegangenen nicht zielführend sein kann. Primäres Ziel muss es sein, während der ersten drei Startphasen (Ausgangsposition, Auftakt, Absprung) in kurzer Zeit eine möglichst hohe Geschwindigkeit (horizontale Komponente der Absprunggeschwindigkeit) zu generieren (Guimaraes & Hay, 1985; Küchler, 1994; Juergens, 1995). Die nächste Zielstellung besteht darin, in den nachfolgenden drei Phasen (Flug, Eintauchen, Übergang) den mit dem Eintauchen in das dichtere Medium Wasser verbundenen Geschwindigkeitsverlust so gering wie möglich zu halten.

Ein weiterer, zu berücksichtigender Aspekt ist die Wechselwirkung zwischen Blockzeit und Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente). Eine kürzere Startzeit kann durch eine Verringerung der Blockzeit und/oder durch eine Erhöhung der Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) erreicht werden. Die einseitige Orientierung auf eine Verkürzung der Blockzeit kann zu negativen Auswirkungen auf das Beschleunigungsvermögen führen. So kann das Erreichen einer kürzeren Blockzeit mit einer niedrigeren Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) verbunden sein. Das Ergebnis wäre ei-

ne längere Startzeit bzw. eine vergleichbare Startzeit mit geringerer Geschwindigkeit im Übergang zur zyklischen Bewegung. Unterschiedlich ausgeprägte individuelle Voraussetzungen (konstitutionelle, konditionelle, koordinative) sollten die individuell optimale Lösung zwischen Blockzeit und Absprunggeschwindigkeit (Graumnitz et al., 2007; Vantorre et al., 2010) bestimmen⁸.

Als Maß für die individuell optimale Lösung bietet sich die 5-m-Start-Zeit an, da sie maßgeblich durch die Blockzeit und die Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) bestimmt wird (vgl. Küchler, 1994).

In Tabelle 2 sind die Startparameter aufgeführt, die bei der Wettkampfanalyse und in der Leistungsdiagnostik ermittelt werden. Grundlage dafür sind Mehrkamarasysteme, deren Konstruktionen relativ kompliziert sind und deren Aufbau zeitaufwendig ist. Sie eignen sich daher kaum für den Trainingsbetrieb. Für diese Zwecke („Messplatztraining“ bzw. „Computergestütztes parameterorientiertes Training, auch „cp-Training“ genannt) kann ein mobiler Messplatz zum Einsatz kommen. Die verwendeten Kameras dieser Systeme sind untereinander synchronisiert, so dass sich eventuelle Messabweichungen im zu vernachlässigbaren Rahmen bewegen. Diese Kameras besitzen alle eine Bildwechselfrequenz von 50 Hz, womit die Zeiten mit einer Genauigkeit von 0,02 s bestimmt werden können. Um Bewegungsunschärfen zu vermeiden, sind die Kameras geschuttert.

In Tabelle 2 sind weiterhin die Startparameter angezeigt, die sich mit geringerem materiell-technischen Aufwand ermitteln lassen. Wird mehr als eine Kamera verwendet, ist es ratsam, diese Kameras ebenfalls untereinander zu synchronisieren. Die Mindestanforderung aber wäre, dass die Aufnahmen der eingesetzten Kameras zeitgleich gestartet werden und die gespeicherten Videos bzw. Videodateien anhand von auf beiden Videos sichtbaren Ereignissen bestmöglich synchronisiert werden. Damit würde die Messabweichung begrenzt und die gewonnenen Daten wären zuverlässiger.

Alle Kameras bzw. deren Chips (hinter dem Objektiv) müssen senkrecht auf der Linie stehen, die sie erfassen sollen.

Blockzeiten können nur dann ermittelt werden, wenn zeitgleich mit dem Ertönen des Startsignal ein optisches Signal (z. B. ein Lichtblitz) ausgelöst wird, der in der aufgenommenen Videosequenz erkennbar ist. Dann wären auch „echte“ 5-, 10- und 15-m-Zeiten bestimmbar.

Der Einsatz der Stoppuhr erfordert vom Zeitmesser viel Erfahrung, um die tatsächlichen Zeitpunkte, des „Füße-Lösens“ sowie der Kopfdurchgänge bei 5 m, 10 m und/oder 15 m zu erfassen. Das Gleiche gilt für das gleichzeitige Einstoppen der Uhr bei Ertönen des Startsignals. Startdiagnostik mit der Stoppuhr sollte aus diesem Grund immer von der gleichen Person durchgeführt werden, um individuelle Abweichungen zu vermeiden.

⁸ Die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Blockzeit und Absprunggeschwindigkeit (horizontale Komponente) ergab für 59 Starts verschiedener Schwimmer bei den KBWM 2006 (vgl. Graumnitz et al., 2007) einen Korrelationskoeffizienten von 0,035 bei einem Signifikanzniveau von 0,795 (zweiseitig).

Tab. 2. Startparameter

	Blockzeit	Absprungwinkel	Flugzeit	Flugweite	Absprung- geschwindigkeit	5-m-Start-Zeit	10-m-Start-Zeit	15-m-Start-Zeit	Abschwim- geschwindigkeit 5 m – 10 m	Abschwim- geschwindigkeit 10 m – 15 m
Wettkampf- analyse	X		X			X	X	X	X	X
Leistungs- diagnostik	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mobiler Messplatz	X		X			X	X	X	X	X
1 Kamera*** (>=50 Bilder/sec)	(X)		X			X*				
2 Kameras*** (>=50 Bilder/sec)	(X)		X			X*	X*		X	
	(X)		X			X*	X*	X*	X**	X**
3 Kameras*** (>=50 Bilder/sec)	(X)		X			X*	X*	X*	X	X
Stopp-Uhr						X ^(*)				
							X ^(*)			
								X ^(*)		

* Zeitdauer von „Füße-Lösen“ bis „Kopfdurchgang“ bei 5 m, 10 m bzw. 15 m

** mittlere Geschwindigkeit zwischen 5 m und 15 m

*** Die/eine Kamera muss senkrecht zur 5-m-Linie stehen und auch das „Füße-Lösen“ und das Eintauchen der Hüfte erfassen