

„Biomechanische Grundlagen Crawl und Rückencrawl“

Fachvortrag für den ASVZ

Biomechanik im Schwimmen



Die Strömungsdynamik des Schwimmens ist äußerst komplex. Das Verstehen des Prozesses wird zusätzlich durch die Tatsache erschwert, dass es nicht möglich ist, zu sehen, was das Wasser macht, während der Schwimmende vorbeizieht. Noch schlimmer ist, dass jeder Schwimmer anders ist. Was für den einen Schwimmer gut funktioniert, kann für einen anderen kontraproduktiv sein.

- „Basics“ der Antriebserzeugung
- Widerstand – Freund und Feind im Wasser

Basics der Antriebserzeugung

1. Das konventionelle Antriebskonzept
2. Das Vortex Antriebskonzept

Basics der Antriebserzeugung – konventionelles Antriebskonzept

Das kritische Gleichgewicht zwischen Antrieb und Widerstand

$$\textit{Antriebskräfte} - \textit{Widerstandskräfte} = \textit{Masse} \times \textit{Beschleunigung}$$

Hieraus folgen drei Bedingungen:

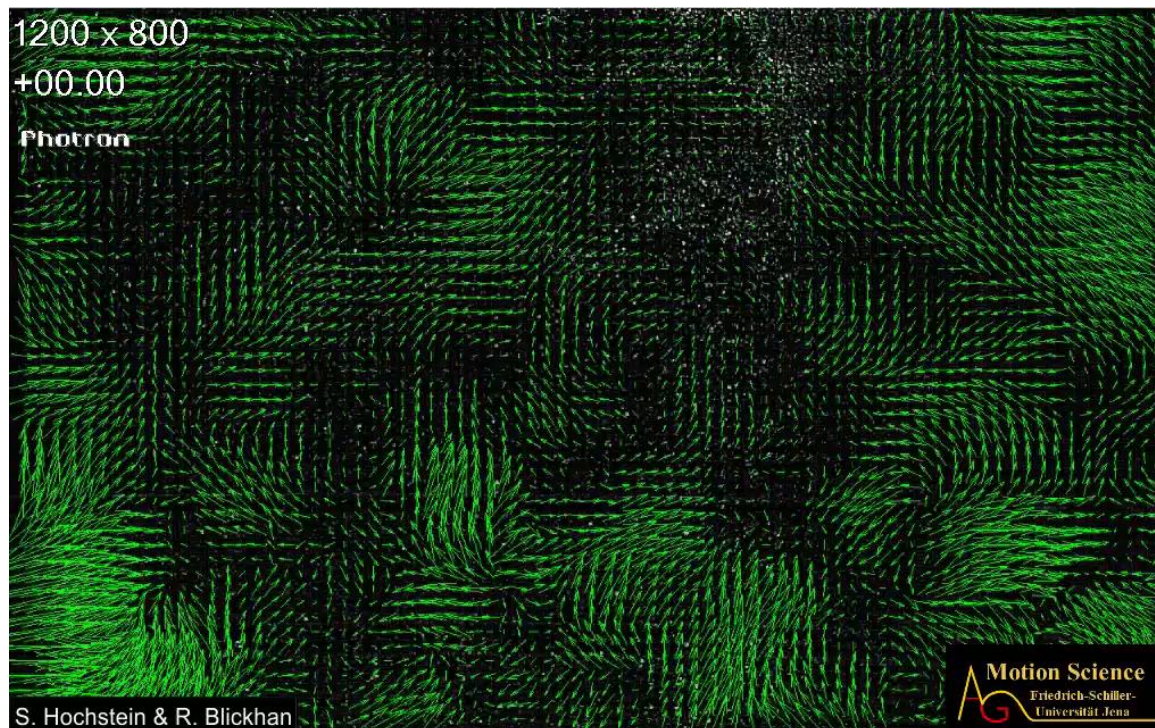
Antriebskräfte = Widerstandskräfte – Geschwindigkeit bleibt gleich

Antriebskräfte > Widerstandskräfte – Geschwindigkeit nimmt zu

Antriebskräfte < Widerstandskräfte – Geschwindigkeit nimmt ab

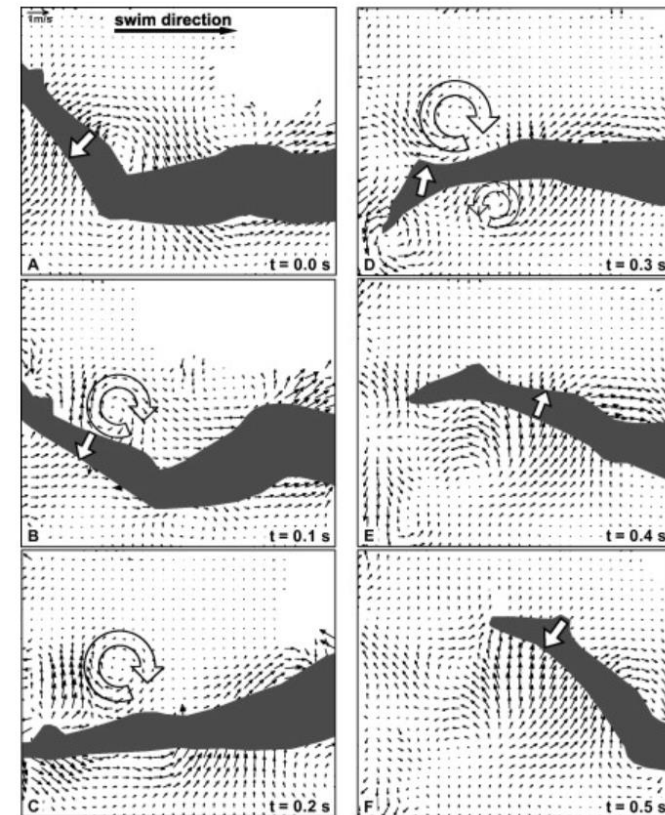
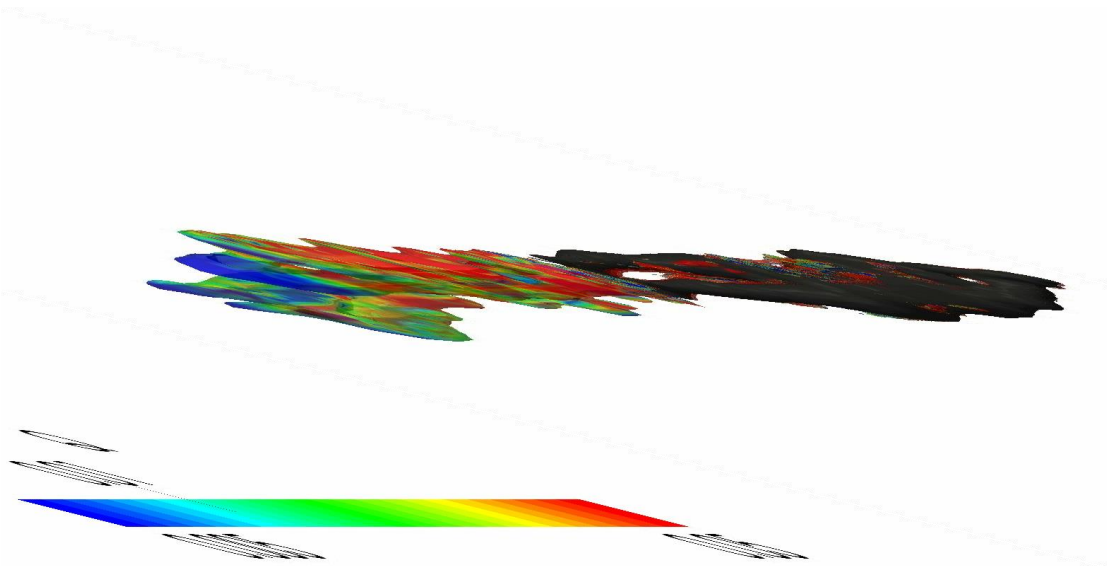
Basics der Antriebserzeugung – Vortex Antriebskonzept

Beim Antriebsprinzip „Vortex“ wird die Fortbewegung durch rotierende Wassermassen erzeugt, diese Wirbel sind energetisch äußerst stabil – so dass die Wirbel dem Schwimmenden ein Widerlager im Wasser bieten



Hochstein, S. & Blickhan, R. (2011) Vortex re-capturing and kinematics in human underwater undulatory swimming. *Human Movement Science*, 30(5), 998–1007.

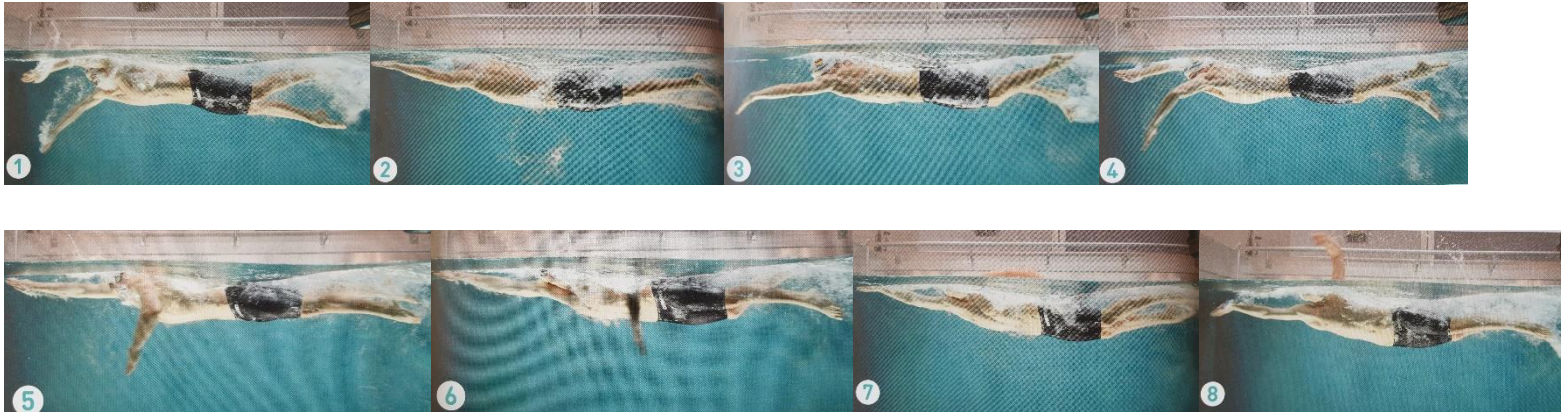
Basics der Antriebserzeugung – Vortex Antriebskonzept



Hochstein, S. & Blickhan, R. (2011) Vortex re-capturing and kinematics in human underwater undulatory swimming. *Human Movement Science*, 30(5), 998–1007.

Strukturelle Gliederung der Freistiltechnik

„Streng genommen sollte der Schwimmstil eigentlich keine Teile haben, da alle Bewegungen kontinuierlich sind und der Übergang von einer Bewegung zur nächsten fließend sein sollte.“



In diesem Vortrag beziehen wir uns der Einfachheit halber auf Phasen des Crawl und Rückencrawlschwimmens.

1. Körperrolle als Taktgeber
2. Erholungsphase
3. Streck- und Eintauchphase
4. Zugphase
5. Druckphase

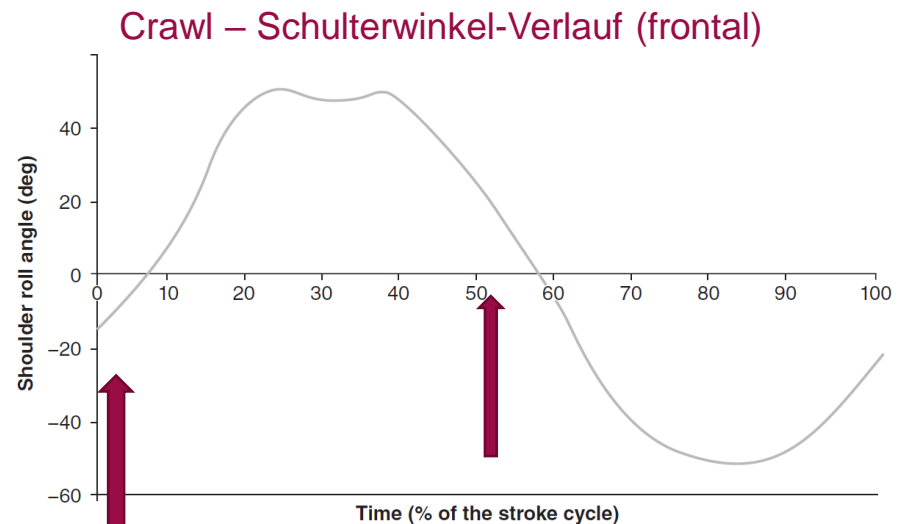
Körperrolle als Taktgeber

- Die Bewegung, die den Takt vorgibt und als zeitlicher Bezugspunkt für die Koordinierung ist die Drehung des Körpers um seine Längsachse, die sogenannte Körperdrehung (body roll).



Körperrolle als Taktgeber

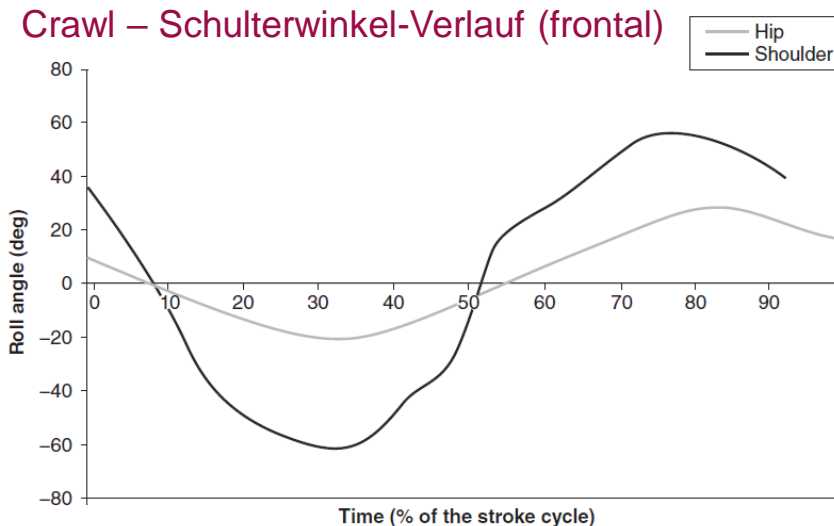
- Die Bewegung, die den Takt vorgibt und als zeitlicher Bezugspunkt für die Koordinierung ist die Drehung des Körpers um seine Längsachse, die sogenannte Körperdrehung.
- Das Timing der Körperrolle beim Crawl Schwimmen erbringt, Schulterrotationswinkel von 50-60°, wobei der das Wasserfassen bereits während des Rotationswechsel stattfindet
- Für das Rückencrawl können wir sagen, dass eine durchschnittliche Drehung von 40-50 Grad zu jeder Seite bei den besten Rückenschwimmern zu finden ist.



Linke Hand taucht ins Wasser ein

Rechte Hand taucht ins Wasser ein

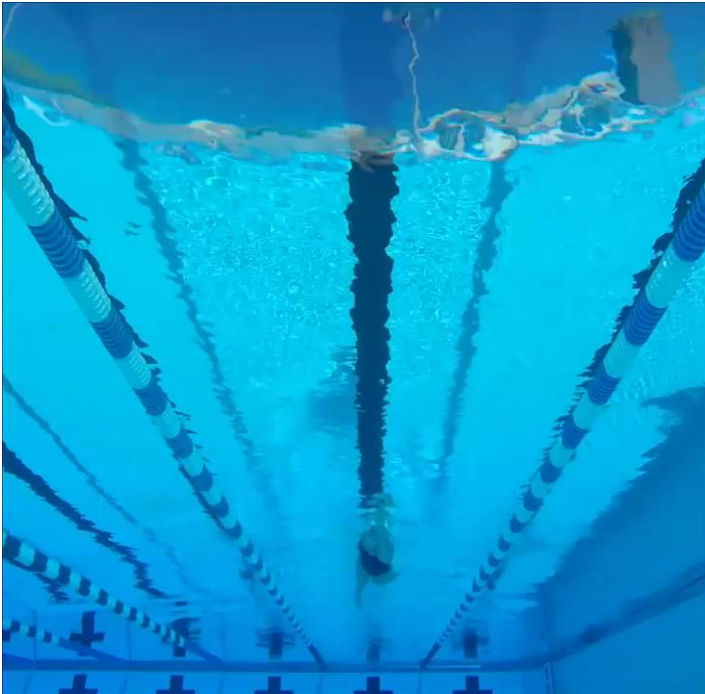
Körperrolle als Taktgeber



- Erstens die Hüften rollen nicht so stark wie die Schultern, wie man in der Abbildung sehen kann. Zweitens erfolgt das Abrollen der Hüfte in der Regel automatisch als Reaktion auf die Schulterbewegung.
- Es ist sogar kontraproduktiv, zu versuchen, die Füße perfekt in der vertikalen Ebene zu halten. Das Abrollen der Hüfte und der Beine zuzulassen, so dass der Beinabstoß schräg erfolgt, ist von Vorteil, um die Tendenz des Unterkörpers auszugleichen, in Reaktion auf die Armaktion.

Körperrolle als Taktgeber -Crawl

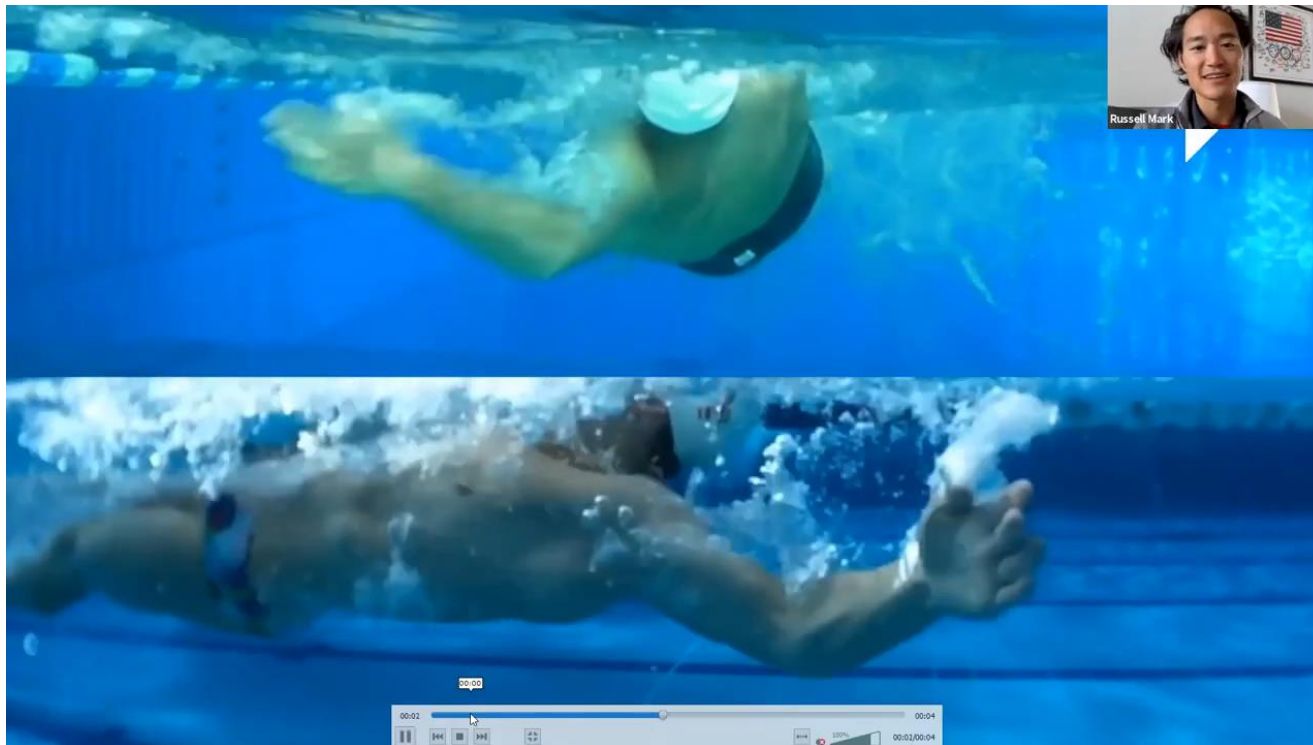
„Wenn z. B. der Zeitpunkt der Atmung auf den Zeitpunkt gelegt wird, an dem der Körper maximal zur Seite gerollt ist, dann sollte die Atmung den Rhythmus nicht stören. In der Tat rollen viele geübte Schwimmer gleich viel, ob sie atmen oder nicht atmen, und sie rollen den gleichen Betrag zu beiden Seiten der Atmungsseite und der Nicht-Atmungsseite.“



Es erscheint sinnvoll, den Rhythmus der Körperdrehung festzulegen und dann die anderen Arm- und Beinaktionen darauf abzustimmen. Ein einfacher regelmäßiger Rhythmus als Grundlage für die anderen Aktionen zu haben, bietet offensichtliche Vorteile.

Körperrolle als Taktgeber - Rückencrawl

Es erscheint sinnvoll, den Rhythmus der Körperdrehung festzulegen und dann die anderen Arm- und Beinaktionen darauf abzustimmen. Ein einfacher regelmäßiger Rhythmus als Grundlage für die anderen Aktionen zu haben, bietet offensichtliche Vorteile.



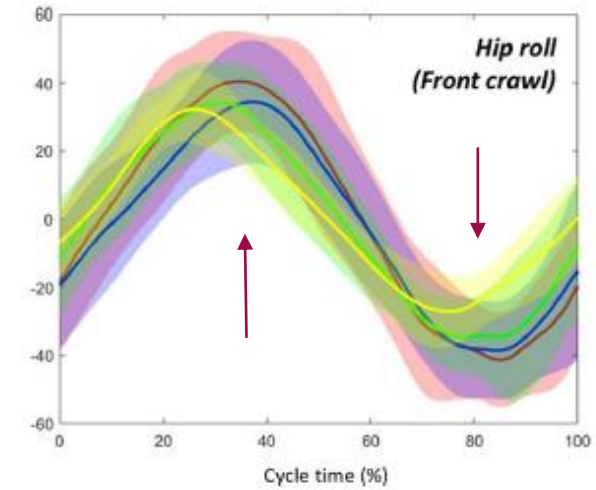
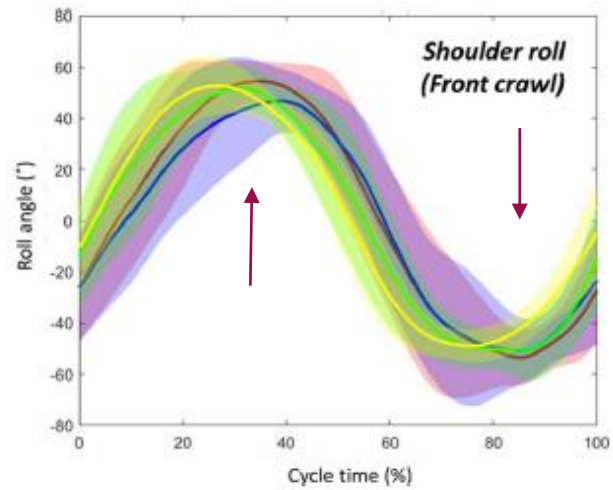
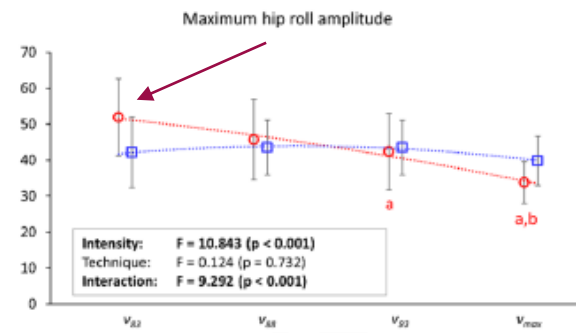
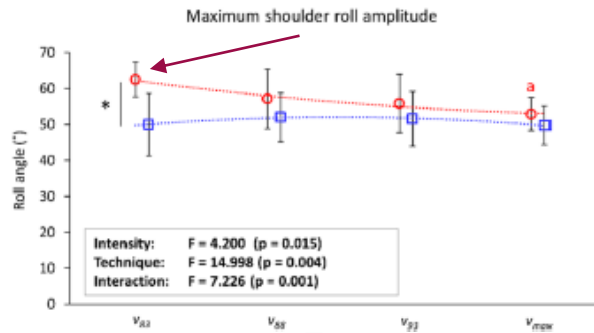
Riewald, Scott A.; Rodeo, Scott (Hg.) (2015): Science of swimming faster. Champaign, IL: Human Kinetics.

Bleibt die Körperrolle bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten bestehen?



- Die aktuelle Studie untersuchte die Amplitude der Körperrolle und den Zeitpunkt ihres Höhepunkts beim Kraulschwimmen.
- Es wurden 80 Schwimmvideos (zehn Schwimmer × zwei Techniken (Rücken und Freistil) × vier Intensitäten) digitalisiert, die von zwei Über- und vier Unterwasserkameras aufgenommen wurden, Bestzeit: 100m Freistil $54.50 \pm 1.23s$ und 100m Rücken $60.56 \pm 1.29 s$, alles Männer!
- Zusammenfassend lässt sich sagen, wenn die Intensität erhöht wird, dass Schwimmer die Amplitude von Schulterrolle und Hüftrolle beim Rückenschwimmen beibehalten, während die Schwimmer die Amplitude der Schulter- & Hüftrolle beim Freistil reduzieren.

Bleibt die Körperrolle bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten bestehen?



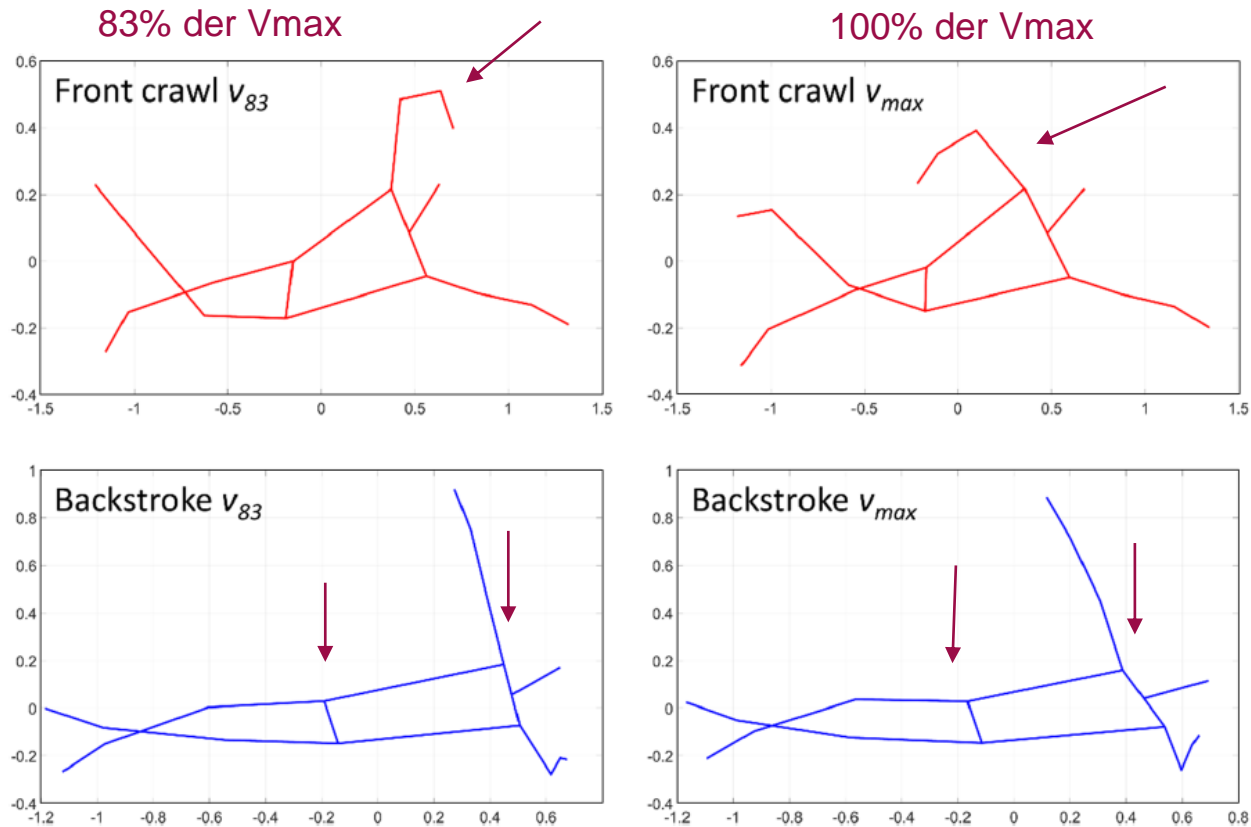
Abnahme der Körperrolle!
 Wobei die Rollbewegung der Hüfte stärker abnimmt als die der Schulter!
 (blau = Rücken / rot = Freistil)

Veränderung des Zeitpunktes bei zunehmender Schwimgeschwindigkeit im Freistilschwimmen!
 Blau = 83% V_{max}
 Rot = 88% V_{max}
 Grün = 93% V_{max}
 Gelb = V_{max}

Bleibt die Körperrolle bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten bestehen?

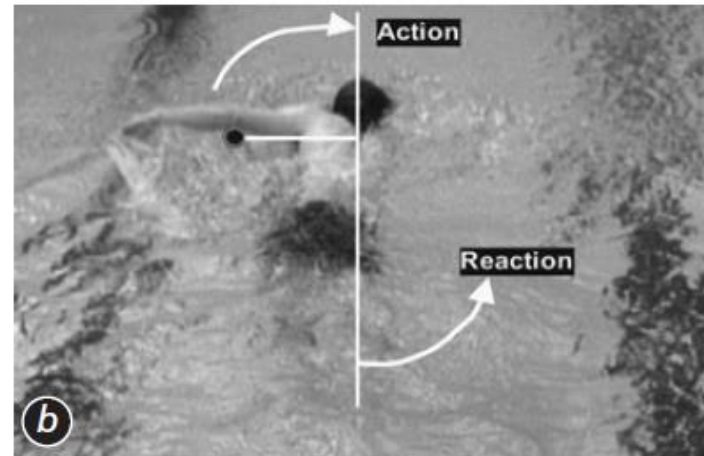


Veränderung des Timings des maximalen Schulterrollwinkels zwischen Crawl und Rückencrawl!



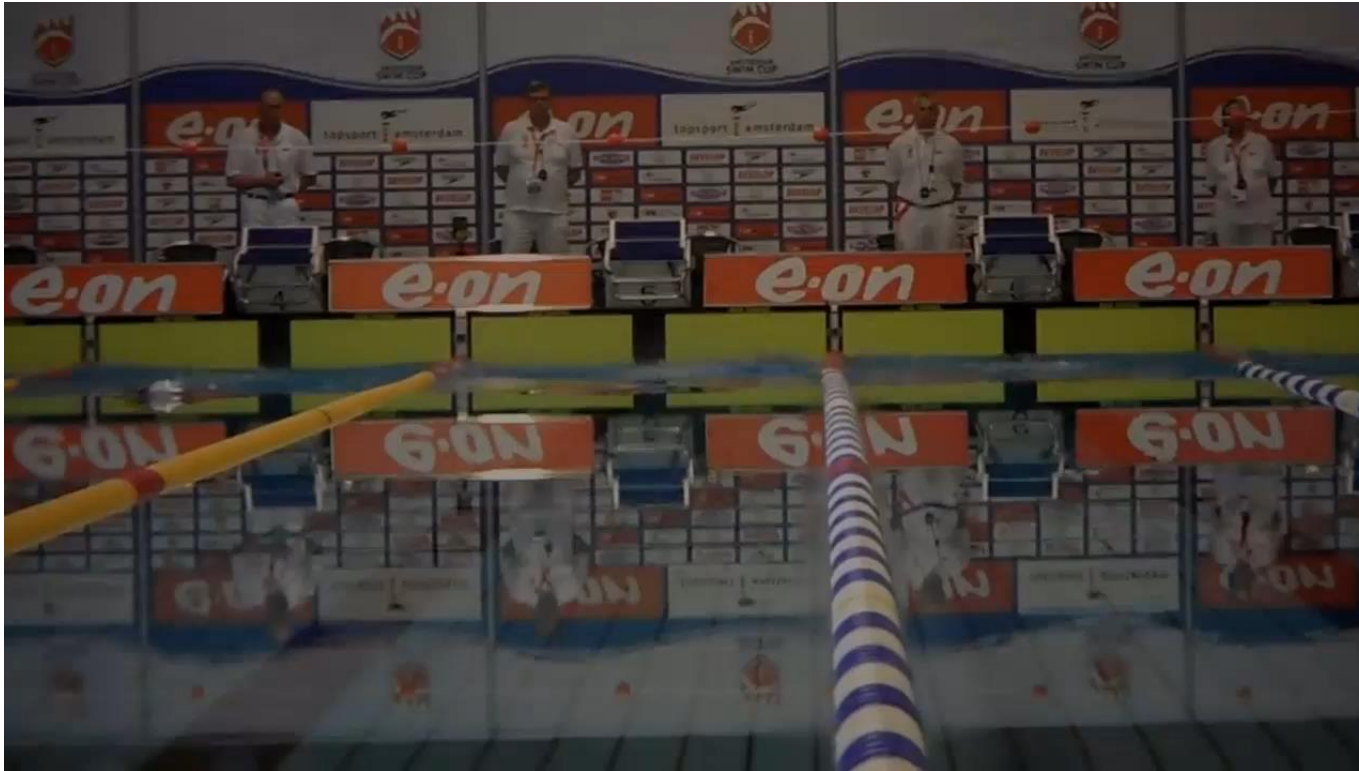
Tomohiro Gonjo; Ricardo J. Fernandes; João Paulo Vilas-Boas; Ross Sanders (2021): Body roll amplitude and timing in backstroke swimming and their differences from front crawl at the same swimming intensities. In: Sci Rep 11 (1), S. 1–12. DOI: 10.1038/s41598-020-80711-5.

Erholungsphase



- Trainer*innen sollten aus mehreren Gründen eine hohe Ellenbogenposition in der Erholungsphase betonen. Einer der Hauptgründe ist, dass sie dazu beiträgt, dass der Arm nicht zur Seite ausschwingt. Ein Ausschwingen der oberen Gliedmaßen nach außen (d.h. eine weite Ausholbewegung) erzeugt eine Reaktion, bei der die unteren Gliedmaßen natürlich in die entgegengesetzte Richtung rotieren.

Erholungsphase



Erholungsphase



Streck- und Eintauchphase (Reach & Entryphase)

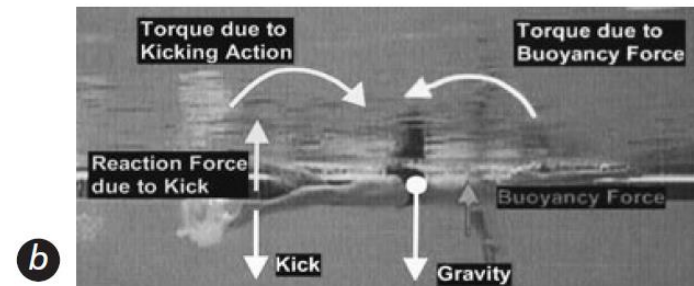
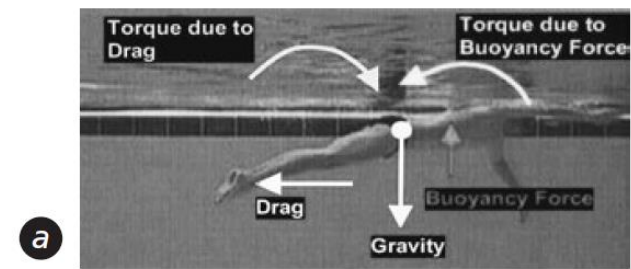


- Während der Arm nach vorne greift, rollt der Körper auf die andere Seite. Nehmen wir an, dass der rechte Arm sich erholt und der Körper rollt von der rechten Seite aus zu der linken Seite.
- Wenn der Körper jedoch zur Seite gerollt ist, kann die Hand auf natürliche Weise bequem nach vorne greifen, ohne eine Fehlausrichtung zu verursachen. Tatsächlich unterstützt die gerollte Position des Körpers die Stromlinienform, weil der Kopf ganz natürlich an den Oberarm geschmiegt ist. Die gute Ausrichtung und Stromlinienform minimieren den Widerstand der Wasserströmung um den Körper.
- Der Widerstand an der Luft-Wasser-Grenzfläche ist minimal, sowohl der Wellenwiderstand als auch den Formwiderstand.

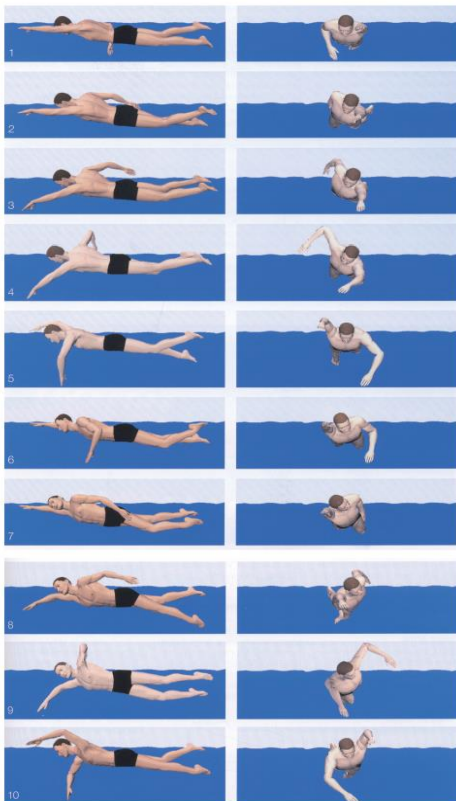
Streck- und Eintauchphase (Reach & Entryphase)



- Um den Kraftaufwand zu verringern, der erforderlich ist, um eine bestimmte Geschwindigkeit beizubehalten, oder um alternativ die um die Geschwindigkeit bei gegebener Anstrengung zu erhöhen, muss der Schwimmer den Widerstand reduzieren.
- Dies klingt einfach und offensichtlich, aber die Reduzierung des Widerstands kann leichter gesagt als getan sein.
- Folglich sind der Massenschwerpunkt und Auftriebsmittelpunkt näher beieinander, wodurch der Dreheffekt geringer ausfällt, der zum Absinken der Beine führt. Dadurch ergibt sich die gewünschte Situation, dass der Widerstand reduziert wird, die Zugfrequenz reduziert wird, die Geschwindigkeit beibehalten wird und, als Folge davon, die Zuglänge erhöht wird.



Streck- und Eintauchphase (Reach & Entryphase)



Deutscher Rekordhalter – 50m F



Jugend Europameister – 400m F
Platz 9 der ewigen Bestenliste

Streck- und Eintauchphase (Reach & Entryphase)



Technikkonzept abrufbar unter: <https://fk.schwimmen.sport-lat.de/basistechnik>



Checkliste Basistechnik KRAUL

beobachtbare Merkmale (vom Beckenrand)

Name: _____ Datum: _____



- | | | | |
|---------------------------|--|---|--|
| Körperlage/Wasserlage | <ul style="list-style-type: none"> gestreckte Körperhaltung ruhige Kopfhaltung in Verlängerung der Wirbelsäule | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Körperlängsachsenrotation | <ul style="list-style-type: none"> gleichmäßige Schulterrotation auf beiden Seiten | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Beinbewegung | <ul style="list-style-type: none"> kontinuierlicher (gleichmäßiger) Beinschlag Sechserbeinschlag Impuls kommt aus der Hüfte Fuß an der Wasseroberfläche | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Atmung | <ul style="list-style-type: none"> Kopf dreht zum Einatmen zur Seite über Wasser wird nur eingeatmet | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Armbewegung | <ul style="list-style-type: none"> Handeinsatz in Verlängerung der Körperlängsachse Ellenbogenvornhalte langer Abdruck bis zum Oberschenkel Arm wird locker ohne Wasserkontakt nach vorn geführt | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |
| Koordination/Rhythmus | <ul style="list-style-type: none"> gleichmäßiger Bewegungsrhythmus der Arme & Beine (auch während der Einatmung) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | |

Bemerkungen

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

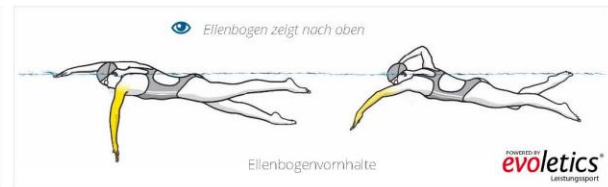
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

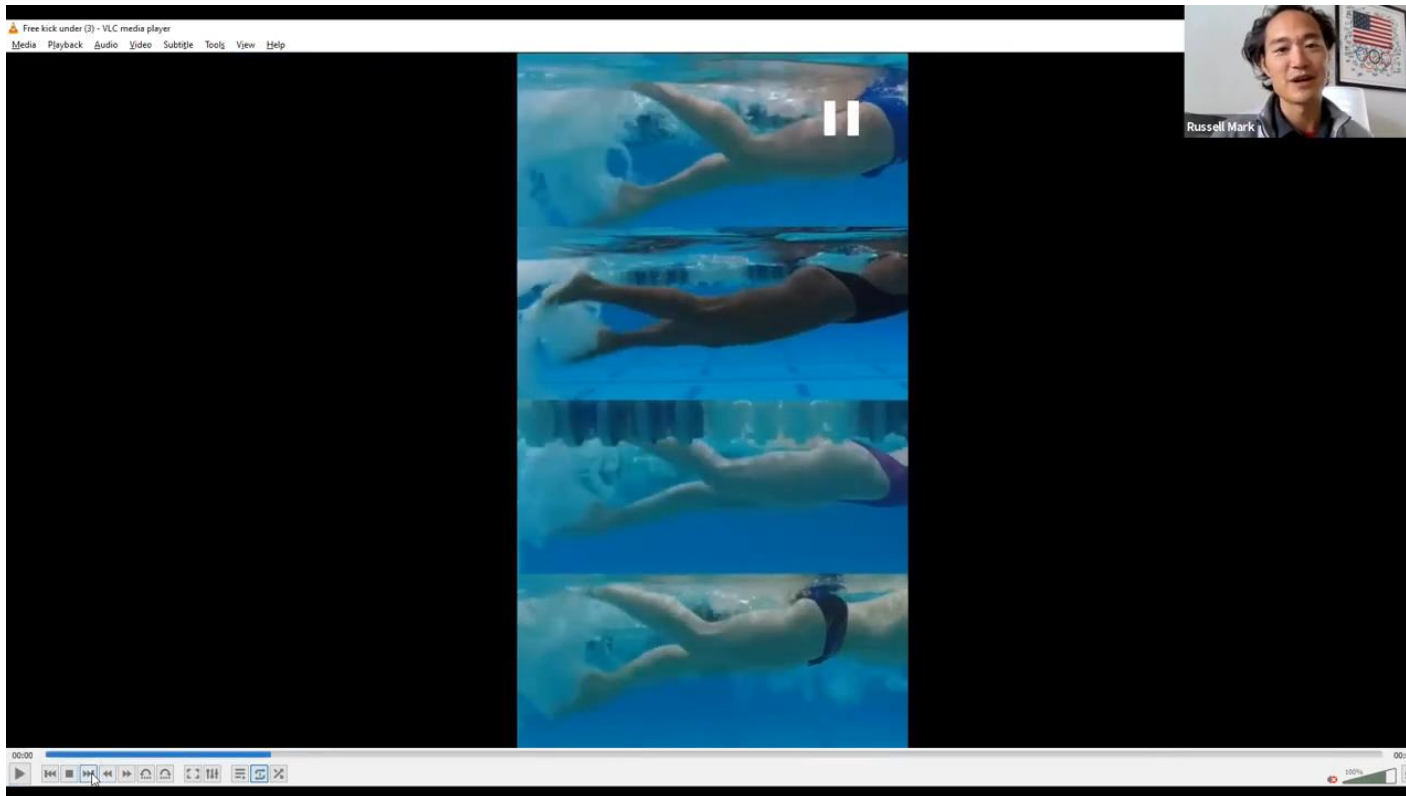


Streck- und Eintauchphase (Reach & Entryphase)



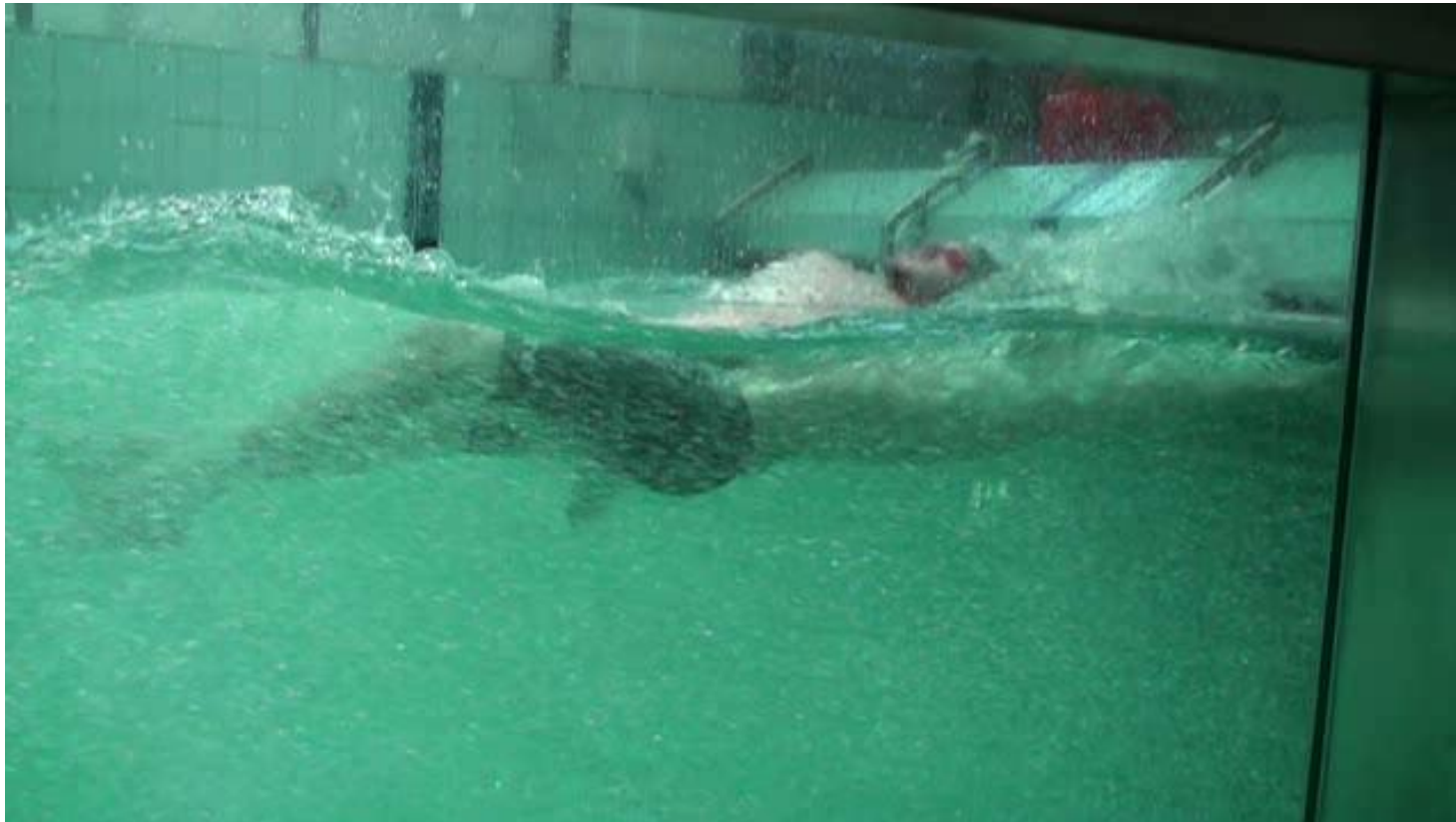
Checkliste Basistechnik **KRAUL (IAT, 2022)**

Streck- und Eintauchphase (Reach & Entryphase) - Crawl



Riewald, Scott A.; Rodeo, Scott (Hg.) (2015): Science of swimming faster. Champaign, IL: Human Kinetics.

Streck- und Eintauchphase (Reach & Entryphase) - Rückencrawl



Zugphase (Catch and Insweep)



- Die Körperrolle hat dazu beigetragen, den Arm und den Körper zu einer stromlinienförmigen Haltung auszurichten. Unter Gemäß dem Prinzip der Minimierung der Zeit von Widerstandskräften sollten Hand und der Unterarm schnell positioniert werden, um einen starken und frühes „Wasserfassen“ umzusetzen, besonders beim Sprintschwimmen.
- Bei längeren Wettkämpfen ist ein kleines Gleiten vor dem Wasserfassen angebracht, da es hilft, einen guten Rhythmus bei einer langsameren Frequenz beizubehalten. Das kurze Gleiten hilft, die Körperausrichtung zu optimieren, um den Widerstand zu reduzieren und den maximalen Nutzen aus dem Vortrieb der anderen Hand zu ziehen. Es verbessert die Zuglänge, ermöglicht eine gewisse physiologische Erholung und optimiert die Wirtschaftlichkeit.
- Eine hochgezogene Ellbogenposition schafft ein starkes Hebelsystem und ermöglicht die Innenrotation der Schulter zur Erzeugung der Vortriebskraft. Daher sollte die Ellenbogenaufstellung betont werden, um sicherzustellen, dass das Wasserfassen und der erste Teil des Zuges stark ausgeführt werden.

Zugphase (Catch and Insweep)

- Gute Schwimmer erzeugen schnelle Handgeschwindigkeiten nicht nur durch das Strecken der Schulter (Zurückziehen des Arms), sondern auch durch eine Innenrotation der Schulter mit leicht gebeugtem Ellbogen. Diese Aktion ermöglicht es der Hand und dem Unterarm, sich schnell in einer Richtung zu bewegen, die eine große Wassermasse auf einer großen Oberfläche beschleunigt.
- Je größer die zu beschleunigende Masse und je größer die Beschleunigung dieser Masse, desto größer ist die Antriebskraft.



Zugphase (Catch and Insweep) - Kraul



Riewald, Scott A.; Rodeo, Scott (Hg.) (2015): Science of swimming faster. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zugphase (Catch and Insweep) - Rückencrawl



Riewald, Scott A.; Rodeo, Scott (Hg.) (2015): Science of swimming faster. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zugphase (Catch and Insweep) - Rückencrawl



Riewald, Scott A.; Rodeo, Scott (Hg.) (2015): Science of swimming faster. Champaign, IL: Human Kinetics.

Was ist eigentlich ein hoher Ellenbogen, gibt es dafür „quantitative“ Werte?



- Viele Trainer weisen Schwimmer häufig an, den Ellenbogen während der frühen Phase der Zugphase beim Freistil in einer hohen Position (hohe Ellenbogenposition) zu halten, jedoch wurde die hohe Ellenbogenposition nie quantitativ ausgewertet.
- Sechzehn hochqualifizierte und 6 unerfahrene männliche Schwimmer führten 25 m Front-Crawl mit maximaler Anstrengung aus und ihre 3-dimensionale Armbewegung wurde mit 60 Hz aufgezeichnet.
- Es wurde versucht, einen neuen Index zur Bewertung der hohen Ellenbogenposition unter Verwendung von 3-dimensionalen Koordinaten der Schulter-, Ellenbogen- und Handgelenke zu entwickeln.
- Ein hoher Ellenbogenindex korrelierte bei geübten Schwimmern mäßig mit dem durchschnittlichen Schulterinnenrotationswinkel ($r = -0,652$, $P < 0,01$) und der Schwimmgeschwindigkeit ($r = -0,683$, $P < 0,01$) während der Zugphase.

Was ist eigentlich ein hoher Ellenbogen, gibt es dafür „quantitative“ Werte?

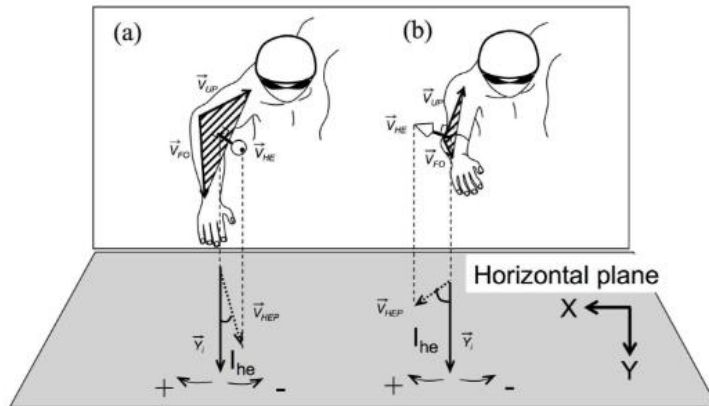


Figure 2. Definition of high elbow index (I_{he}) in front crawl. Left (a) indicates the state of the high elbow. Right (b) indicates the state of the dropped elbow.

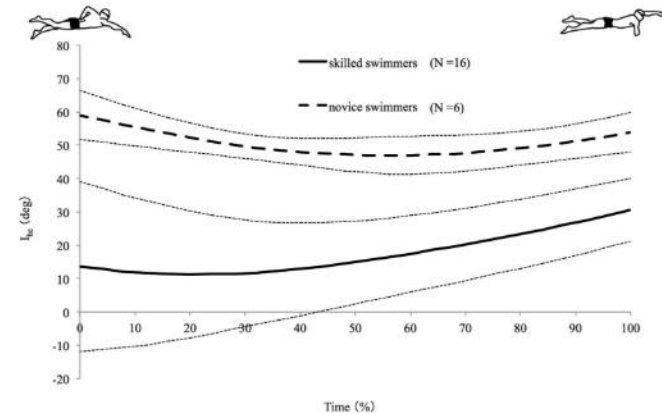


Figure 3. Change of the average I_{he} during the pull phase in front crawl of the skilled (solid line) and novice (broken line) swimmers. In the graphs, time during the pull phase was normalized to 100 %. Dotted lines represent \pm SD, respectively.

Variables	skilled swimmers (N = 16)	novice swimmers (N = 6)
Average swimming velocity (m/s)	1.757 \pm 0.148	1.103 \pm 1.103
Average flexion of elbow (deg)	133.51 \pm 5.98	126.15 \pm 12.74
Average internal rotation of shoulder (deg)	74.28 \pm 7.23	65.23 \pm 3.14
Average horizontal abduction of shoulder (deg)	12.74 \pm 11.92	5.85 \pm 8.40
Average I_{he} (deg)	17.68 \pm 13.63	51.71 \pm 3.72

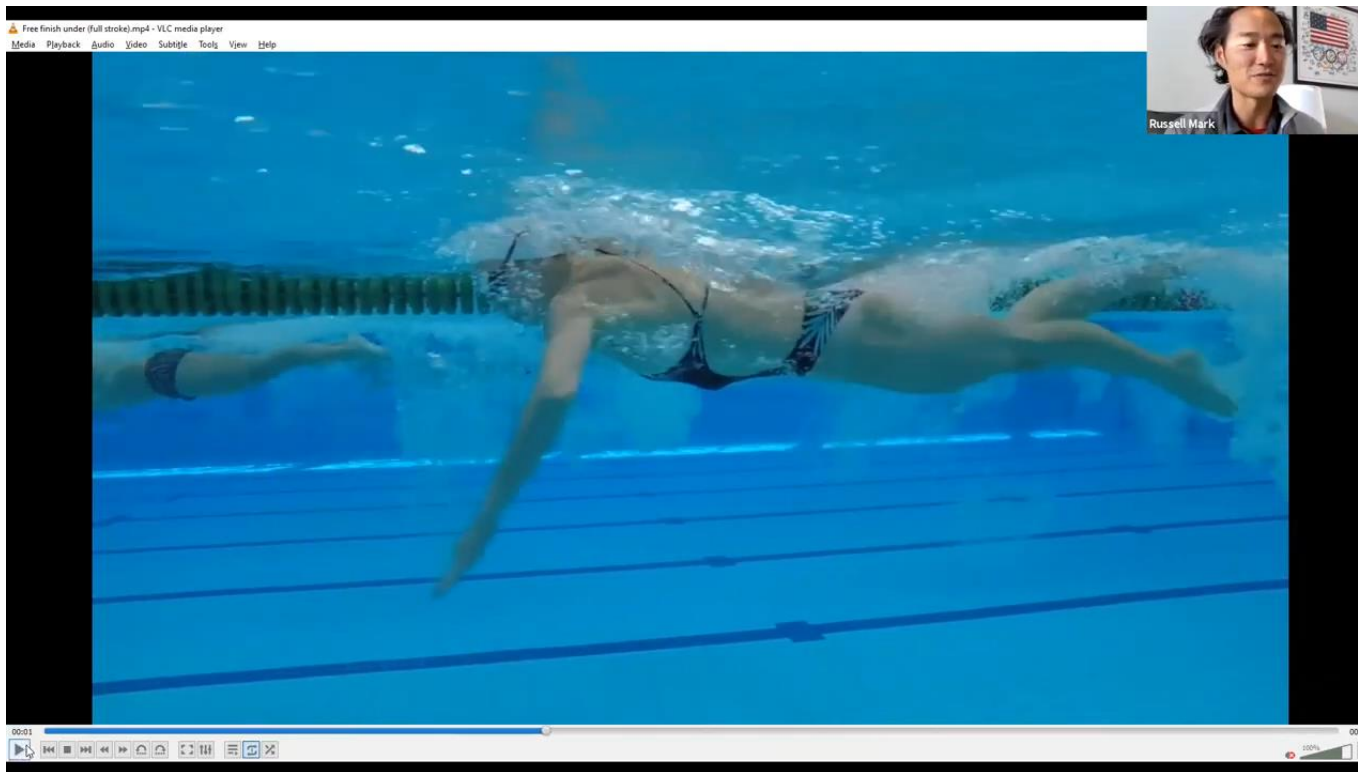
Suito, Hiroshi; Nunome, Hiroyuki; Ikegami, Yasuo (2017): A quantitative evaluation of the high elbow technique in front crawl. In: Journal of Sports Sciences 35 (13), S. 1264–1269. DOI: 10.1080/02640414.2016.1221517.

Druckphase (Upsweep)



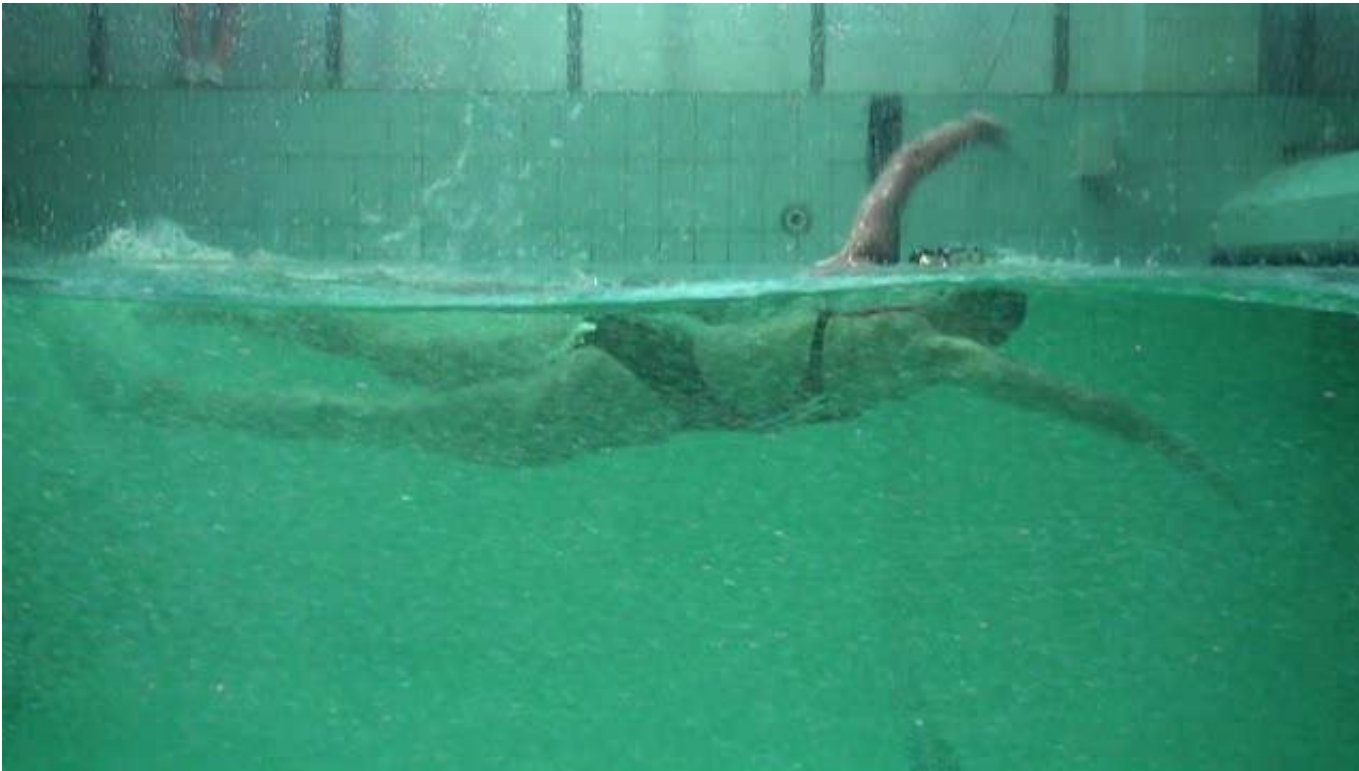
- Die Hand geht vom „Insweep“ (Zugphase) in das über, was gemeinhin als „Upsweep“ bezeichnet wird. Obwohl diese Begriffe in der Literatur verwendet werden, ist die Druckphase weniger eine Aufwärtsbewegung, sondern ein fortgesetzter „Rückwärtsschub“, der auch mit der Bewegung der Hand nach oben zur Wasseroberfläche endet. Mechanisch erfolgt ein Übergang von Innenrotation zu einem Rückwärtsschieben, bei dem Ellbogen- und Schulterextension vor allem Streckung des Ellbogens und der Schulter hervorgehoben werden.
- Die Körperrolle kehrt sich beim Übergang von Zug- zur Druckphase um und hilft, der Rückwärtsbewegung der Hand mit einer Art der Impulsübertragung. Genauso wie die Rumpfrotation zu einem kraftvollen Wurf beiträgt, wenn ein Sportler einen Ball nach vorne wirft, hilft die Rumpfrotation beim Schwimmen, die Hand zurückzuschleudern, um mehr Rückwärtskraft für eine längere Zeit aufzubringen.

Zugphase (Catch and Insweep) - Rückencrawl



Riewald, Scott A.; Rodeo, Scott (Hg.) (2015): Science of swimming faster. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zugphase (Catch and Insweep) - Rückencrawl

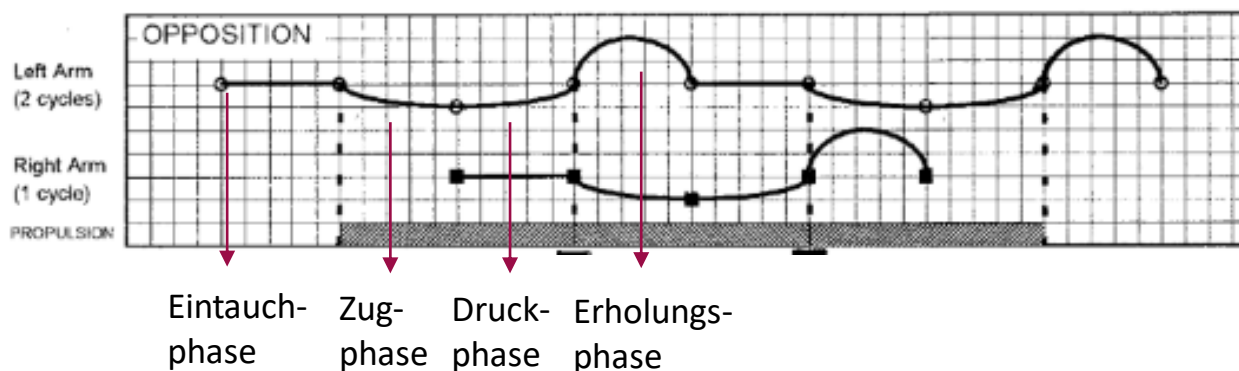


Riewald, Scott A.; Rodeo, Scott (Hg.) (2015): Science of swimming faster. Champaign, IL: Human Kinetics.

Der Gesamtindex der Koordination beim Kraulschwimmen



- Das Ziel dieser Studie war es, einen weiteren Parameter vorzuschlagen, der nicht nur die Armkoordination, sondern auch die Koordination zwischen den Gliedmaßen quantifizieren können. Dazu gehören der bekannte Index der Koordination mit der relativen Dauer der Schlagphasen und ein neuer Parameter: der Index der Synchronisation (Ids) zwischen Arm- und Beinaktionen.
- Diese Parameter wurden zwischen Experten und Amateurschwimmern in einem maximalen Freistilsprint verglichen.



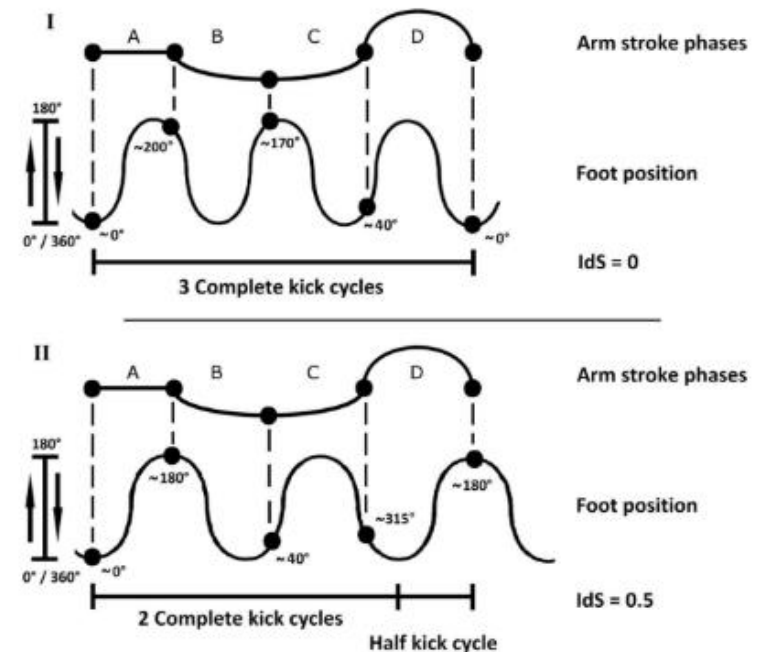
**Index of
Coordination
(front crawl)**

Chollet, D.; Chalies, S.; Chatard, J. C. (2000): A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. In: *International journal of sports medicine* 21 (1), S. 54–59. DOI: 10.1055/s-2000-8855.

Der Gesamtindex der Koordination beim Kraulschwimmen



- 65% der Expertenschwimmer verwendeten synchronisierte Armbewegungen, während 95% der Amateurschwimmer unsynchronisierte Armbewegungen verwendeten.
- Diese synchronisierten Expertenschwimmer konvergierten auch zu einem spezifischen Koordinationsmuster zwischen Fußposition und Armschlagphasen.
- Die vorliegende Studie zeigt die Interdependenz von Arm- und Beinaktionen und die Bedeutung der Koordination und Synchronisation zwischen den Gliedmaßen.



Technische Charakterisierung des Rückenschwimmens von Nachwuchsschwimmern



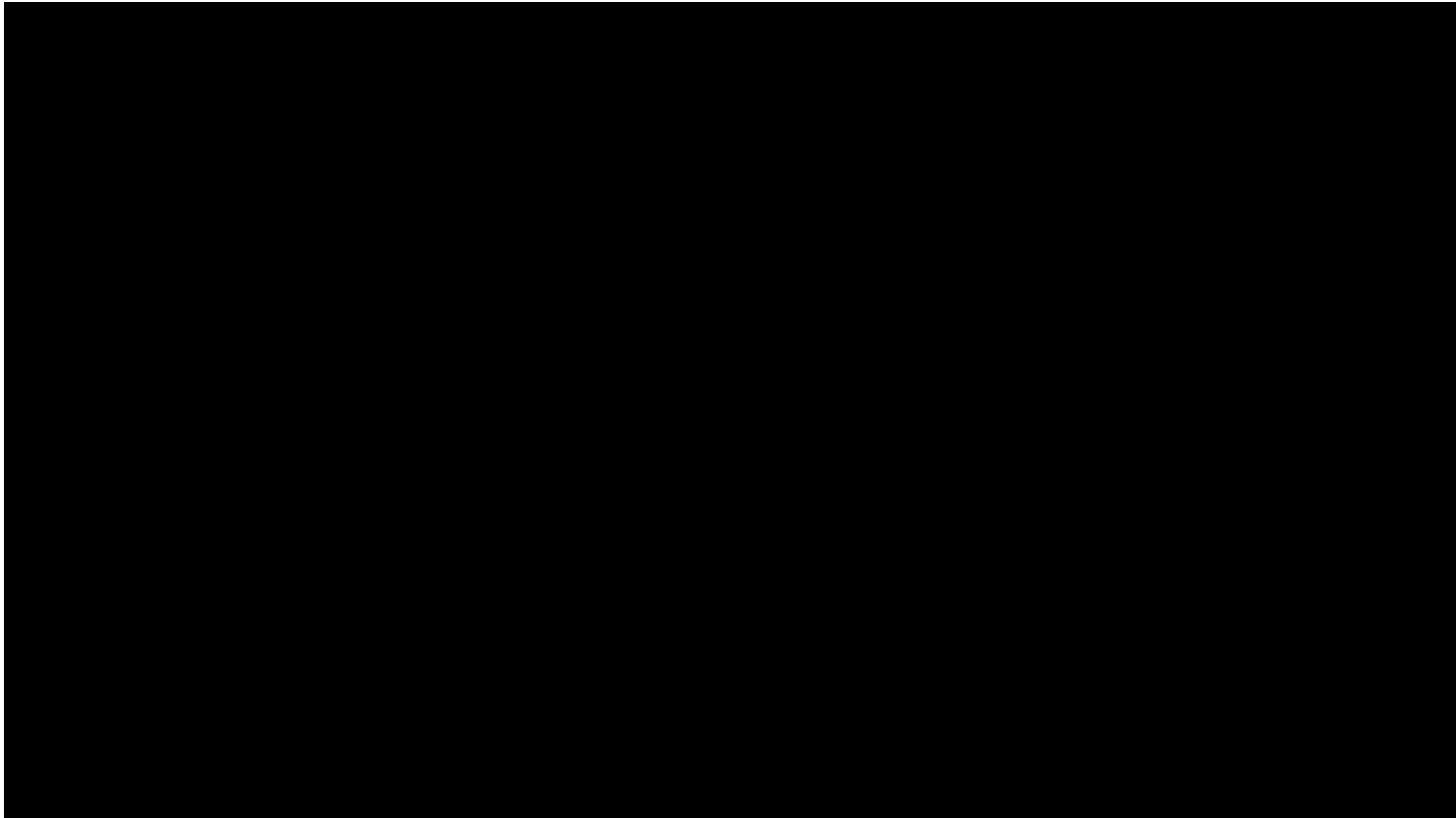
- Das Ziel dieser Studie war es, die Technik des Rückenschwimmens von 11-13-jährigen Schwimmern bei hoher Intensität und sehr hoher Intensität zu charakterisieren. Eine Stichprobe von 114 Schwimmern wurde nach ihrem Geschlecht aufgeteilt.
- Da nicht klar ist, ob die jungen Schwimmer hauptsächlich zwei- oder dreistufige Bewegungsmuster aufweisen, wurde die Koordination zwischen den Armen anhand von zwei Koordinationsindizes (IdC1 und IdC2) bewertet, die die Verzögerungszeit zwischen den möglichen Antriebsphasen des linken und des rechten Arms quantifizieren (Lerda und Cardelli, 2003): Mit anderen Worten: IdC1 maß die Kontinuität der Antriebsphasen und IdC2 bewertete die Kontinuität des Vortriebs beim Schwimmen mit einem Drei-Peak-Schlagmuster.

Technische Charakterisierung des Rückenschwimmens von Nachwuchsschwimmern



- Beim Rückenschwimmen mit hoher Intensität vs. Sehr hoher Intensität setzen Schwimmer/*innen das gleiche Koordinationsmuster ein – unabhängig von der Schwimmgeschwindigkeit. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit anderen Studien, die Studien mit älteren Schwimmern (Chollet et al., 2008; Lerda und Cardelli, 2003; Lerda et al., 2005), in denen festgestellt wurde, dass eine Erhöhung der Zugfrequenz nicht mit einer Veränderung der Koordination impliziert, wie sie bei der Kraultechnik Technik beobachtet wird (Barbosa et al., 2010; Millet et al., 2002).

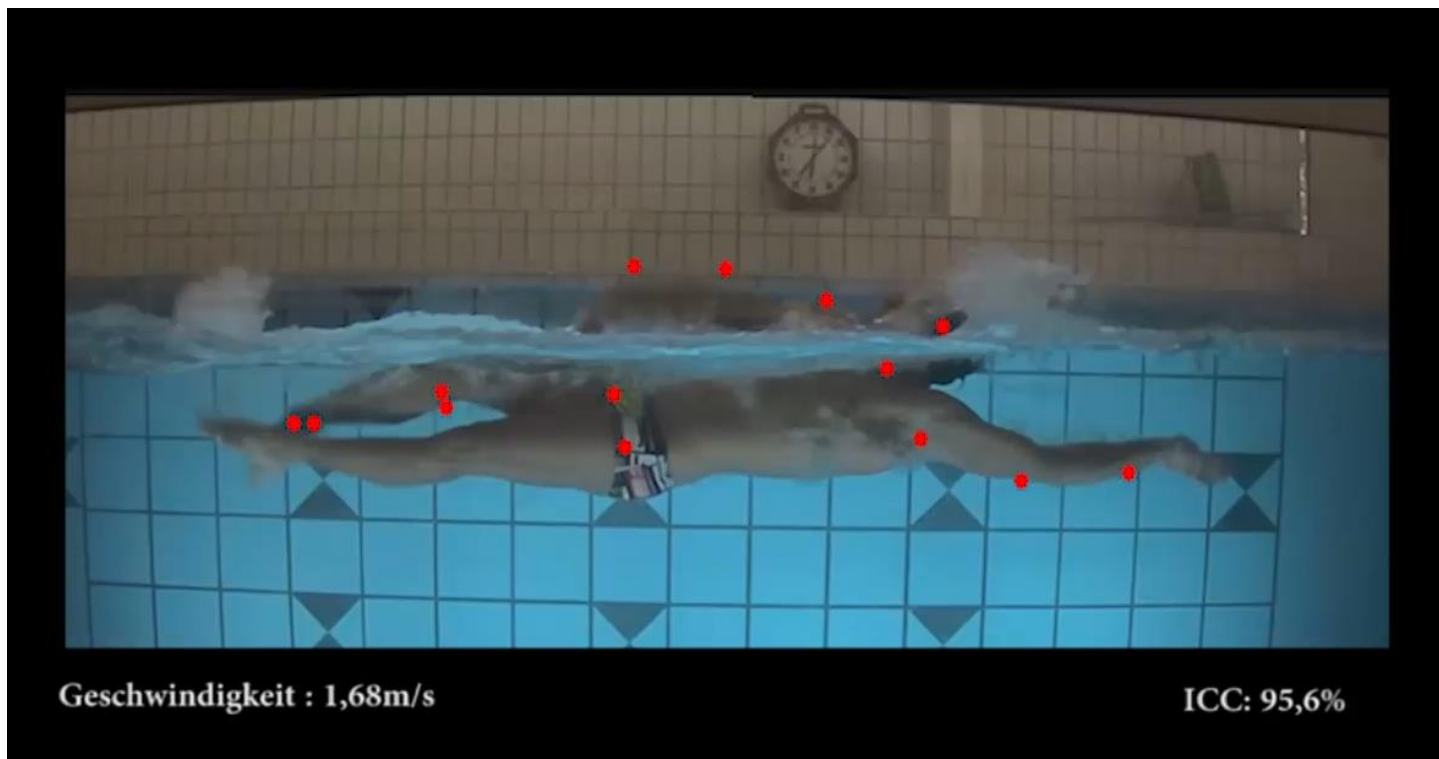
Quantitative Analyse der Schwimmtechnik (AZ 072041/18-19)



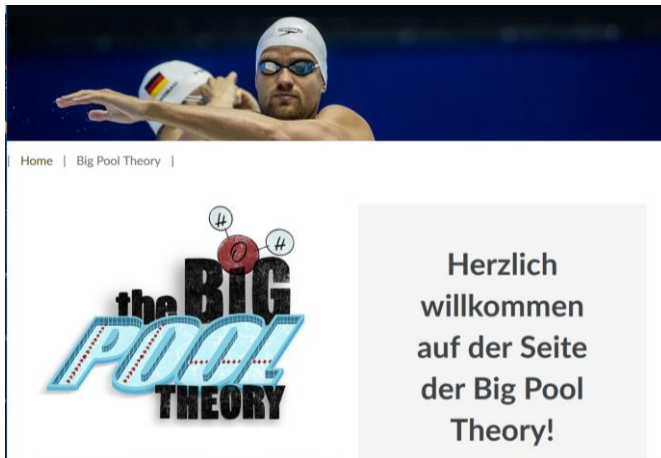
Quantitative Analyse der Schwimmtechnik (AZ 072041/18-19)

Methode – Ableitung eines technischen Leitbildes zur quantitativen Erfassung der Schwimmtechnik

- Technikleitbild Rücken – Vergleich zum Technikleitbild



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



20.09.2022 bis 21.09.2022

Symposium

„Science and Swimming“

zum Thema "Rennanalysen im Schwimmsport,, an der Universität Kassel