

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einführung
- 2 Gliederung der Wettkampfstrecke
 - 2.1 Startabschnitt
 - 2.2 Wendeabschnitt
 - 2.3 Zyklische Bewegung
 - 2.4 Finish
- 3 Rennstrategien
- 4 Zum Antrieb beim Rückenschwimmen
 - 4.1 Erhöhung der Antriebsleistung
 - 4.2 Zum Bewegungsablauf beim Rückenschwimmen
 - 4.3 Zur Antriebssituation
 - 4.4 Zum Beinschlag
 - 4.5 Energetische Aspekte

1. Einführung

Im vorliegenden Beitrag wird ein Überblick zu Ergebnissen aus der Analyse von Rennverläufen im Rückenschwimmen gegeben. An Beispielen von Schwimmern der Weltspitze und im Vergleich mit den aktuell besten niederländischen Athleten werden wesentliche Merkmale zur Rennstruktur in den Rücken-Disziplinen (ausschließlich 50-m-Becken) dargestellt. Im zweiten Teil wird auf biomechanische Aspekte zum Antrieb in der zyklischen Bewegung des Rückenschwimmens eingegangen.

2. Gliederung der Wettkampfstrecke

Bei der Analyse der Wettkampfleistung können in Bezug auf die Antriebssituation aus biomechanischer Sicht zwei Typen unterschieden werden:

- Azyklischen Bewegungen
 - Start: Absprung, Flug, Eintauchen
 - Wende: Drehung, Abstoß
- Zyklische Bewegungen
 - Rückenschwimmen
 - Delfinbewegung

Die Entwicklung der Wettkampfzeiten der vergangenen 20 Jahre ist sehr stark geprägt durch ein gestiegenes Niveau im Bereich grundlegender Leistungsvoraussetzungen (Sprungkraft, Rumpfkraft/Delfinbewegung), die sich in höheren Geschwindigkeiten beim Absprung bzw. Abstoß und als Folge dessen in wesentlich höheren Geschwindigkeiten in den Übergängen bei Start und Wende widerspiegeln.

Die Endzeit hängt davon ab, auf welchem Niveau die entsprechenden Bewegungsabläufe beherrscht werden und inwieweit sie entsprechend der Notwendigkeiten in der jeweiligen Disziplin konditioniert worden sind.

Aus der Sicht der unterschiedlichen Antriebssituationen kann die Wettkampfstrecke in die folgende Abschnitte gegliedert werden:

- Start
- Wende
- Zyklische Bewegung
- Finish

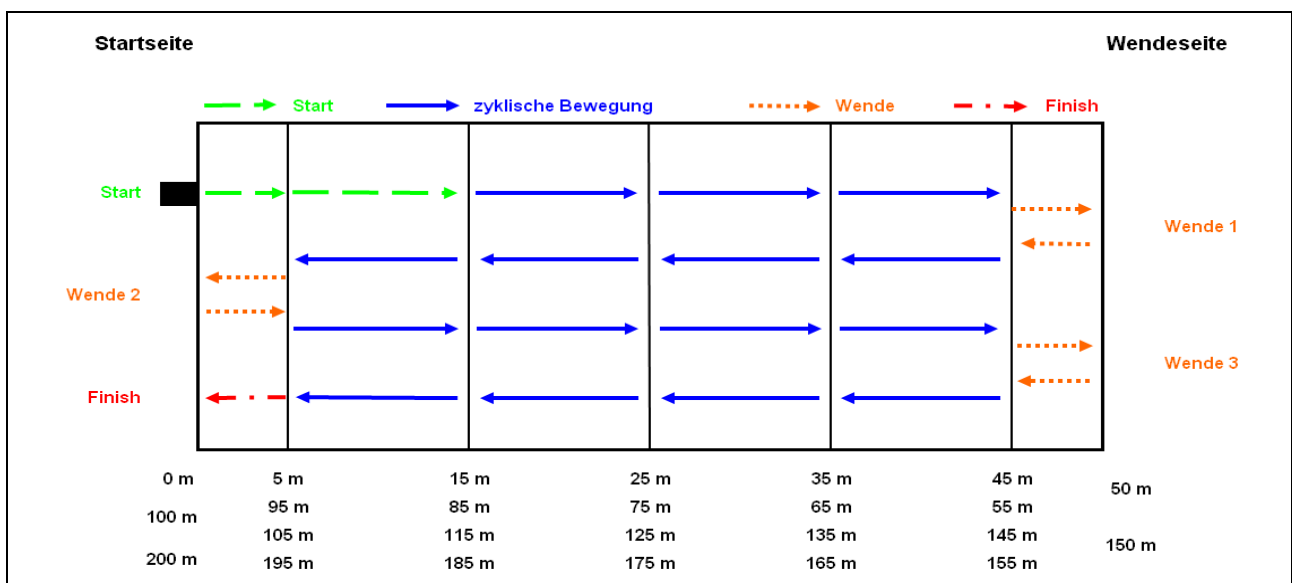


Abb. 1. Gliederung der Wettkampfstrecke am Beispiel einer 200 m-Disziplin

In der praktischen Durchführung werden die Leinenmarkierungen im Wettkampfpool zur Festlegung der Grenzen für diese Abschnitte genutzt (Abbildung 1).

2.1. Startabschnitt

Ein kinematischer Parameter zur Charakterisierung der Teilleistung im Startabschnitt ist die 15-m-Startzeit. Sie ist das Zeitintervall vom Ertönen des Startsignals bis zum Kopfdurchgang bei 15 m. Darüber hinaus werden weitere Parameter bestimmt:

- Blockzeit: Zeit vom Startsignal bis zum Lösen der Füße von der Beckenwand
- Flugzeit: Zeit vom Lösen der Füße bis zum Eintauchen der Hüfte
- 5-m-Zeit: Zeit vom Startsignal bis zum Kopfdurchgang bei 5 m
- Geschwindigkeit für den Abschnitt von 5 m bis 15 m
- Auftauchpunkt

In der Verbindung mit dem Video geben Block- und Flugzeit Hinweise zur Zweckmäßigkeit des Bewegungsablaufes bei Ausgangsstellung und Absprung.

Die Differenz aus 5-m-Zeit und Blockzeit ist wesentlich durch die erzielte Absprunggeschwindigkeit und die Qualität des Eintauchens bestimmt.

Die Geschwindigkeit von 5 m bis 15 m liefert Hinweise zur Qualität des Antriebs mit der Delfinbewegung und in der Verbindung mit dem Auftauchpunkt zur Zweckmäßigkeit der Länge der Tauchstrecke.

2.2. Wendeabschnitt

Zur Einschätzung der Qualität der Leistung im Wendeabschnitt wird die 10-m-Wendezeit verwendet. In der Routine der im Deutschen Schwimmverband (DSV) genutzten Wettkampfanalyse stehen außerdem folgende Größen zur Verfügung:

- 5-m-Zeit1: Zeit vom Kopfdurchgang bei 5 m vor der Wand bis zum Setzen der Füße
- 5-m-Zeit2: Zeit vom Setzen der Füße bis 5 m nach der Wand
- Geschwindigkeit von 5m nach der Wand bis 15 m nach der Wand
- Auftauchpunkt

Die 5-m-Zeit1 berücksichtigt das Anschwimmen zur Wand und die Drehung. Folglich erhält man Hinweise zu Qualität des Anschwimmens bzw. des Antizipierens der Beckenwand (Kann das Niveau der Geschwindigkeit gehalten werden?) und zur Drehung.

In der 5-m-Zeit2 sind Abstoß und erster Teil des Übergangs enthalten, so dass man auf die Qualität des Abstoßes (Geschwindigkeit, Richtung) schließen kann.

Analog zum Start liefern die Geschwindigkeit und der Auftauchpunkt Hinweise zur Wirksamkeit des Antriebes mit der Delfinbewegung und zur Zweckmäßigkeit der Länge der Tauchstrecke.

In wichtigen Einzelfällen werden neben den genannten Parametern auch Drehzeit, Kontaktzeit, Richtung des Abstoßes und Frequenz der Delfinbewegung bestimmt. Damit wird eine sehr detaillierte Einschätzung des Bewegungsablaufes im Wendeabschnitt möglich.

2.3. Zyklische Bewegung

Für die Charakterisierung der Antriebssituation in der zyklischen Bewegung des Rückenschwimmens werden die allgemein bekannten Zyklusparameter verwendet:

- Frequenz f_z
- Geschwindigkeit v_z
- Zyklusweg s_z .

Die Werte der Geschwindigkeit sind zeitliche Mittelwerte für 10-m-Abschnitte (entsprechend der Leinenmarkierungen). Werte für die Zyklusfrequenz werden am Anfang und Ende der Bahn ebenfalls als Mittelwerte (von zwei bis vier Zyklen) bestimmt. Der Zyklusweg wird aus Frequenz und Geschwindigkeit berechnet: $s_z = v_z / f_z$.

In einzelnen Fällen wird ein Verlauf der Frequenz bestimmt. Abbildung 2 zeigt den Frequenzverlauf für V. Morosov/RUS und J. Stravius/FRA im Finale über 50 m Rücken der Männer bei den Europameisterschaften 2014. Der Russe taucht bereits bei 11 m auf,

schwimmt mit Frequenzen um 60 Zyklen pro Minute und benötigt 19 Zyklen im Rückenschwimmen. Er kann die hohe Frequenz auf den letzten Metern nicht mehr halten. Der Franzose taucht bei 14,7 m auf, schwimmt mit deutlich niedrigerer Frequenz und benötigt nur 14 Zyklen.

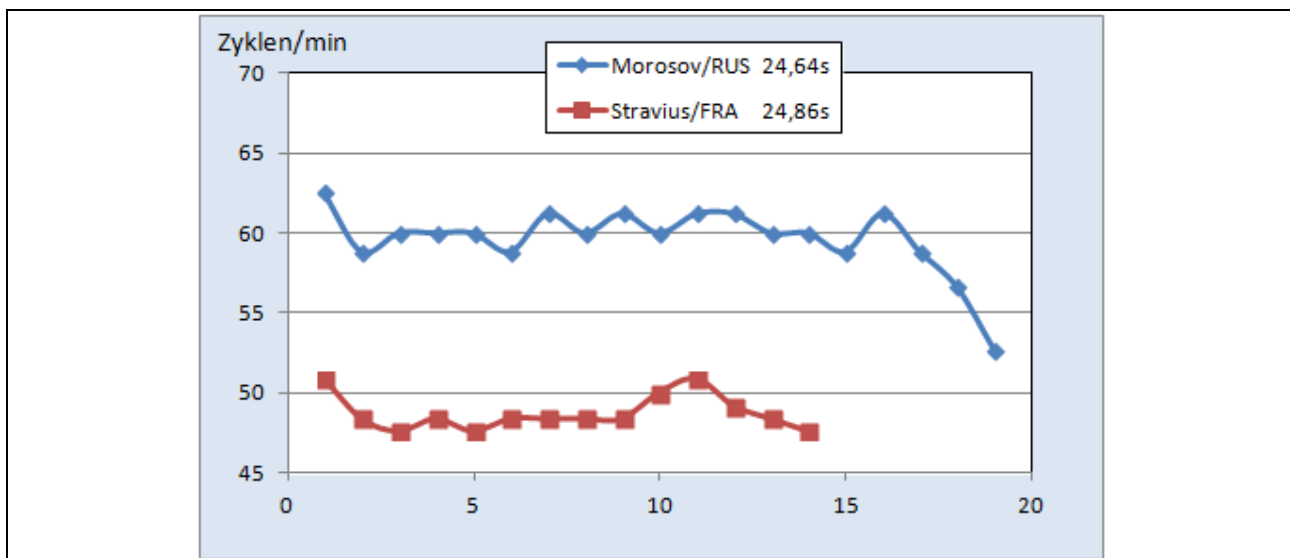


Abb. 2. Verlauf der Zyklusfrequenz für 50 m Rücken der Männer (EM 2014/Finale)

2.4. Finish

Als Parameter für eine Einschätzung des Verhaltens im Finish wird die Finishzeit verwendet. Sie ist das Zeitintervall vom Kopfdurchgang bei 5 m vor der Wand bis zum Handkontakt. Die Finishzeit muss in engem Zusammenhang mit dem Verlauf der Geschwindigkeit interpretiert werden.

3. Rennstrategien

Die Rennverläufe der weltbesten Rückenschwimmer sind bestimmt durch individuelle Stärken und Schwächen, die der Einzelne in den verschiedenen Leistungsvoraussetzungen hat. Trotz der individuellen Unterschiede in der Gestaltung des Wettkampfes können für die Weltbesten Gemeinsamkeiten in den Rennstrategien der verschiedenen Disziplinen benannt werden.

50 m Rücken

Das Ziel besteht darin, von Beginn an eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu erzielen und nachfolgend deren Abfall wirksam aufzuhalten. Dafür ist es notwendig, die zyklische Bewegung der Schwimmart auf hohem Niveau zu beginnen.

Erfolgreich sind die Schwimmer, die

- beim Absprung von der Beckenwand höchste Geschwindigkeiten erzielen (Männer > 4,5 m/s; Frauen > 4 m/s),
- mit geringem Widerstand eintauchen,
- im Übergang mit der Delfinbewegung hohe Geschwindigkeiten erzielen,

- das Rückenschwimmen auf höchstem Niveau beginnen und
- den Abfall der Geschwindigkeit bis zum Anschlag minimieren.

In Abbildung 3 sind Ergebnisse aus der Wettkampfanalyse über 50 m Rücken bei den EM 2014 dargestellt.

		Morozov Vladimir RUS	Stravius Jeremy FRA	Morozov Vladimir RUS	Graesser Nicolas GER	Graesser Nicolas GER	Graesser Nicolas GER
		21.08.14 EM Finale	21.08.14 EM Finale	20.08.14 EM Vorlauf	21.08.14 EM Finale	20.08.14 EM Halbfinale	20.08.14 EM Vorlauf
Resultat	min	0:24,64	0:24,84	0:24,99	0:25,02	0:25,11	0:25,15
Blockzeit	[s]	0,59	0,67	0,60	0,53	0,54	0,54
Flugzeit	[s]	0,42	0,26	0,44	0,30	0,28	0,30
Zeit 5m	[s]	1,46	1,66	1,50	1,50	1,50	1,48
Zeit 15m	[s]	6,24	6,16	6,46	6,28	6,28	6,30
Auftauchpunkt	m	11,0	14,7	12,5	13,8	14,0	13,8
Zeit 25m	[min]	0:11,46	0:11,42	0:11,76	0:11,56	0:11,46	0:11,56
Zeit 50m	[min]	0:24,64	0:24,84	0:24,99	0:25,02	0:25,11	0:25,15
Geschw. 5-15m	[m/s]	2,09	2,22	2,02	2,09	2,09	2,07
Geschw. 15-25m	[m/s]	1,92	1,90	1,89	1,89	1,93	1,90
Geschw. 25-35m	[m/s]	1,91	1,86	1,90	1,88	1,86	1,87
Geschw. 35-45m	[m/s]	1,85	1,81	1,81	1,83	1,77	1,77
Frequ. 15-25m	[1/min]	59	49	56	58	58	58
Frequ. 35-45m	[1/min]	60	50	57	55	53	55
Finish-Z. 45-50m	[s]	2,54	2,52	2,44	2,68	2,62	2,58

Abb. 3. Daten aus der Wettkampfanalyse für 50 m Rücken der Männer bei der EM 2014

Aus dem Vergleich der zwei schnellsten Schwimmer V. Morosov und J. Stravius kann zusammengefasst werden:

- Morosov hat deutliche Vorteile beim Absprung. Er springt schneller und kraftvoller ab. Bei 5 m hat er einen Vorsprung von zwei Zehntelsekunden.
- Stravius kann diesen Nachteil durch eine höhere Antriebswirkung mit der Delfinbewegung mehr als ausgleichen.
- Bei 15 m hat der Franzose einen winzigen Vorsprung von acht Hundertstelsekunden.
- Auf Grund seiner Schwächen in der Delfinbewegung hält der Russe den Übergang kurz. Dadurch kann er eine hohe Geschwindigkeit ins Rückenschwimmen mitnehmen.
- Am Ende gewinnt der Schwimmer mit der höheren Geschwindigkeit im Rückenschwimmen (Abbildung 4).

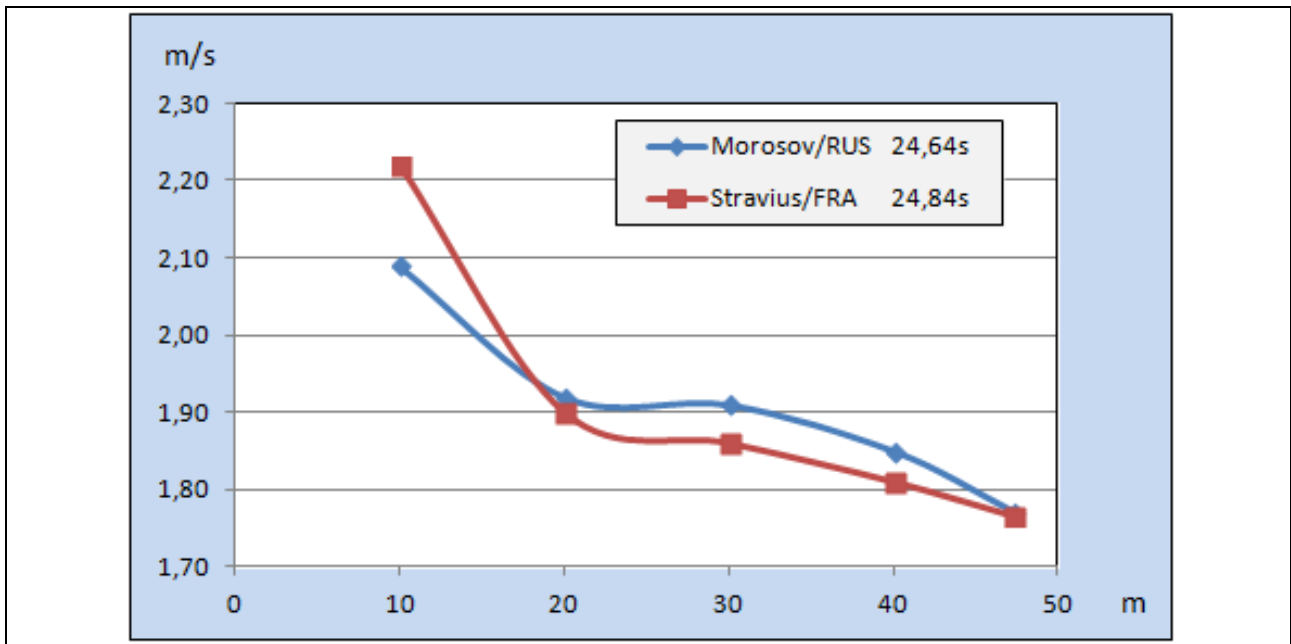


Abb. 4. Verlauf der Geschwindigkeit über 50 m Rücken der Männer bei der EM 2014

Zeiten in der Nähe des Weltrekordes werden aber nur erzielt, wenn die Stärken in der Delphinbewegung mit höchsten Antriebsleistungen im Rückenschwimmen kombiniert werden können. Das hat Camille Lacourt/FRA bei der EM 2010 realisiert. Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Geschwindigkeit der Europameister von 2010 und 2014.

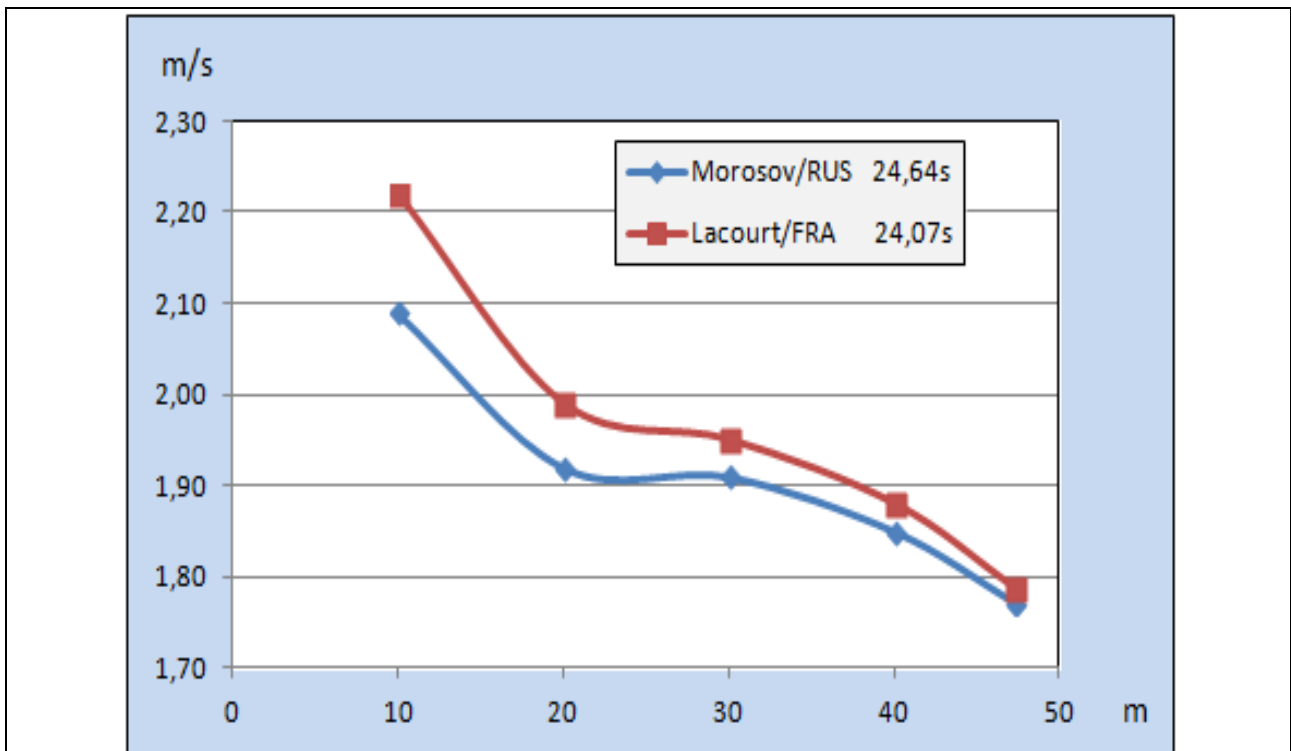


Abb. 5. Verlauf der Geschwindigkeit über 50 m Rücken der Männer

Bei der EM 2010 hatte der Franzose Lacourt den Weltrekord von Liam Tancock/GBR (24,04s bei WM 2009 im Folie-Anzug!) nur knapp verfehlt.

100 m Rücken

Zum internationalen Höhepunkt treffen zwei Typen von Athleten aufeinander:

- „Typ 1“: sucht den Erfolg über 50 m und 100 m
- „Typ 2“: sieht seine Chancen über 100 m und 200 m

Entsprechend dieser Orientierung unterscheiden sich diese zwei Typen in den spezifischen Leistungsvoraussetzungen. Daraus resultieren unterschiedliche individuelle Rennstrategien für die Rennen über 100 m. „Typ 1“ wird versuchen, die Stärken im Bereich von Schnelligkeit und Schnellkraft optimal zu nutzen. „Typ 2“ optimiert die Anfangsintensität so, dass er seine Vorteile im Bereich der spezifischen Kraftausdauer in der zweiten Hälfte des Rennens wirksam einsetzen kann.

Abbildung 6 zeigt den Verlauf der Geschwindigkeit des Weltmeisters von 2013 (M. Grevers/USA) und des Europameisters von 2014 (Chr. Walker-Hebborn/GBR) über 100 m Rücken der Männer. Der US-Amerikaner ist ein athletischer Typ. Er hat Vorteile bei Absprung und Abstoß und beherrscht die Delfinbewegung auf gutem Niveau. Daraus resultieren kleine Vorteile beim Start. Grevers nimmt die höhere Geschwindigkeit bis zum Ende der ersten Bahn mit. Das hohe Potential im Bereich von Schnelligkeit/Schnellkraft kann er auch noch einmal bei der Wende nutzen, muss aber nachfolgend im Rückenschwimmen einen großen Abfall in der Geschwindigkeit zulassen. Anders der Rennverlauf des Briten. Er schwimmt die erste Bahn mit geringerer Intensität und kann das Niveau der Geschwindigkeit bis ca. 85 m halten. Der Unterschied in Bezug auf die Stabilität des Antriebs beim Rückenschwimmen spiegelt sich auch im Frequenzverhalten beider Athleten wider (Tab.1).

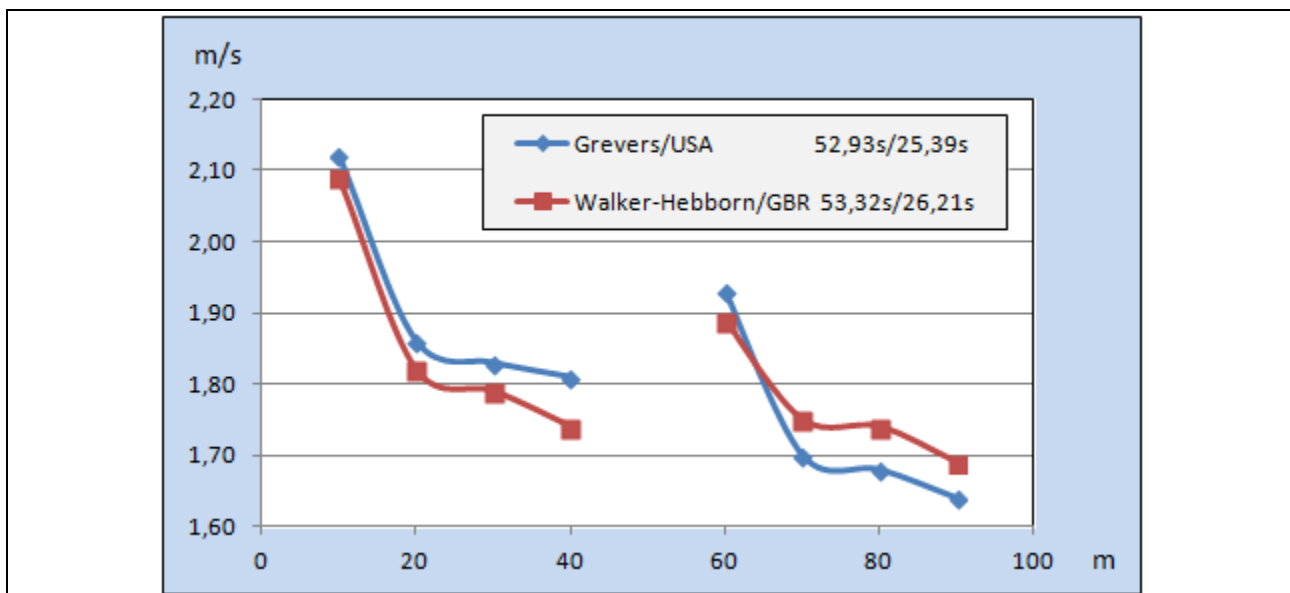


Abb. 6. Verlauf der Geschwindigkeit über 100 m Rücken der Männer

Abbildung 7 zeigt den Verlauf der Geschwindigkeit der drei schnellsten Rennen über 100 m Rücken der Männer, die jemals bei internationalen Meisterschaften geschwommen wurden. Die drei Schwimmer unterscheiden sich in der Endzeit und den 50-m-Teilzeiten nur geringfügig. Kleine Unterschiede zeigen sich in den Übergängen bei Start und Wende. So

gleicht Peirsol (als Startschwimmer der Lagenstaffel) die Nachteile beim Start durch eine höhere Antriebsintensität in der zweiten Hälfte der ersten Bahn aus, muss aber diesem Fakt am Ende des Rennens mit einem stärkeren Abfall der Geschwindigkeit Tribut zollen.

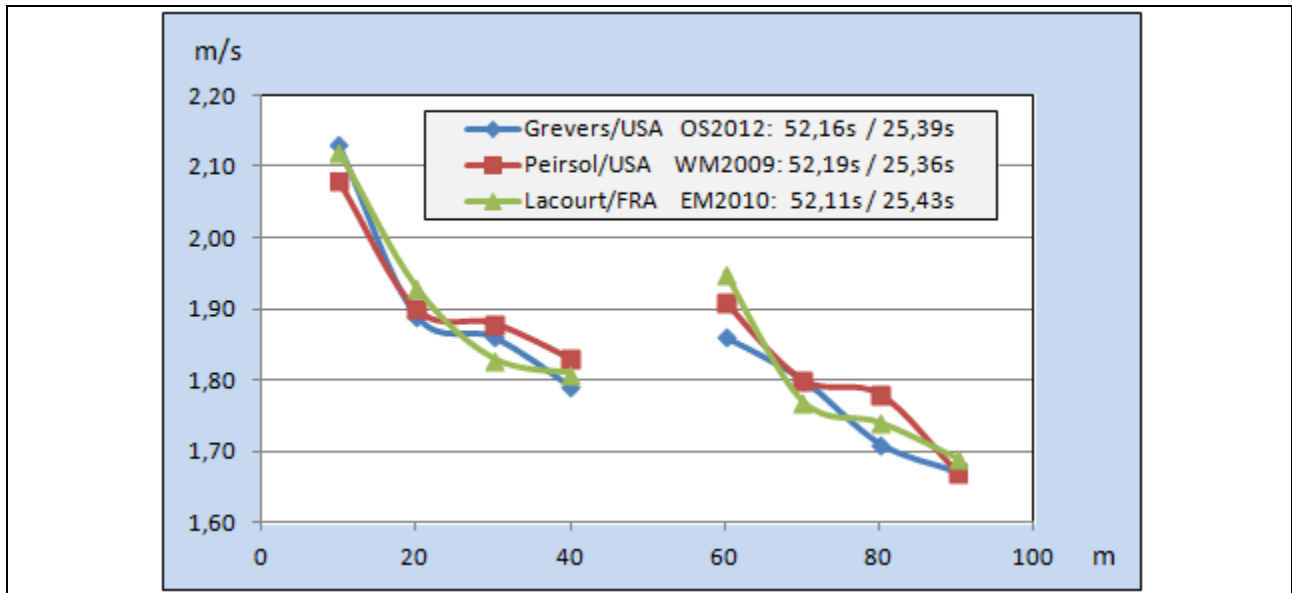


Abb. 7. Verlauf der Geschwindigkeit über 100 m Rücken der Männer (die drei schnellsten Rennen bei internationalen Meisterschaften)

Tab. 1. Kinematische Parameter für 100 m Rücken der Männer

Name	Teilzeiten in Sekunden					Frequenz in Zyklen pro Minute			
	Endzeit	Block	5 m	15 m	Finish	10m-20m	35m-45m	55m-65m	85m-95m
Grevers / WM2013	52,93	0,65	1,50	6,22	2,89	50	47	48	42
Walker-H. / EM2014	53,32	0,64	1,58	6,36	2,74	50	45	50	50
Peirsol / WM2009	52,19	0,62	1,60	6,40	2,73	50	49	53	49
Lacourt / EM2010	52,11	0,68	1,60	6,32	2,75	52	47	49	47
Grevers / OS2012	52,16	0,63	1,50	6,20	2,66	49	45	45	43
Lijesen / EM 2014	55,37	0,73	1,84	6,84	2,92	52	48	47	47

Zum Frequenzverhalten ist anzumerken, dass die Werte unmittelbar nach dem Auftauchen etwas höher als am Ende der Bahn sind, weil die höhere Schwimmgeschwindigkeit am Ende der Tauchphase etwas höhere Handgeschwindigkeiten in der Unterwasserphase notwendig (und auch möglich) macht.

In Abbildung 8 ist der Rennverlauf über 100 m Rücken von B. Lijesen/NED (EM 2014) im Vergleich zu C. Lacourt/FRA (EM 2010) dargestellt.

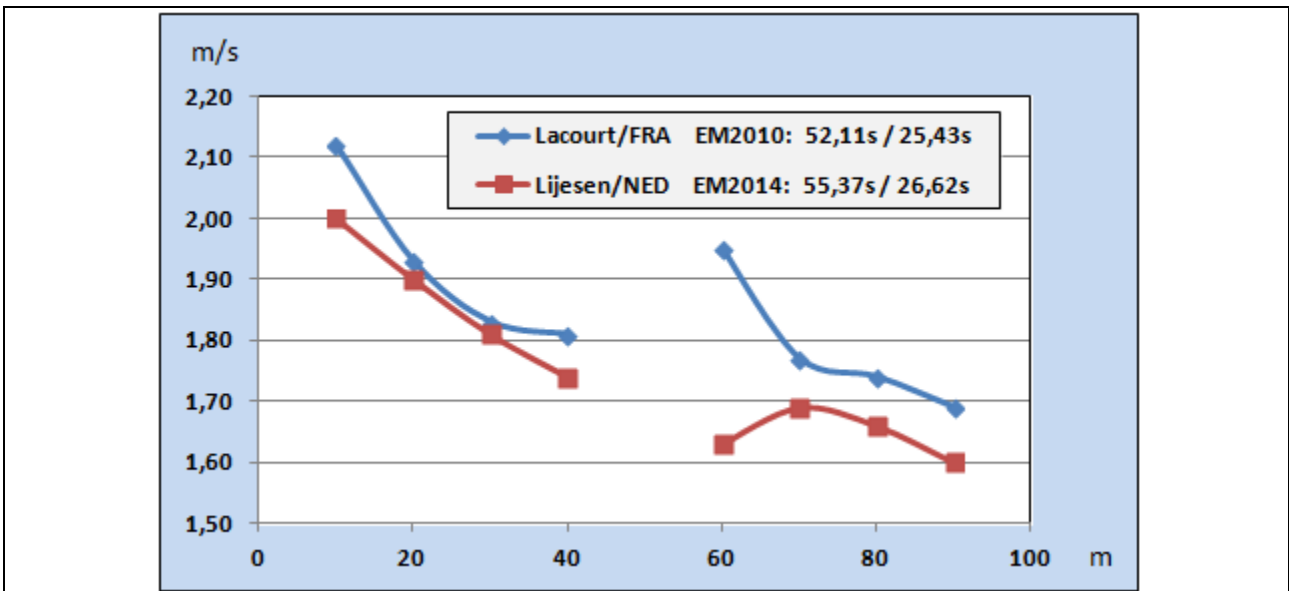


Abb. 8. Rennverlauf über 100 m Rücken der Männer im Vergleich mit der Weltspitze

Abbildung 9 zeigt die Rennverläufe über 100 m Rücken der Frauen bei der EM 2014 von W. van den Zanden/NED (Startschwimmerin in der Staffel über 4x100 m Lagen) und K. Hosszu/HUN.

Tab. 2. Kinematische Parameter für 100 m Rücken der Frauen

Name	Teilzeiten in Sekunden					Frequenz in Zyklen pro Minute			
	Endzeit	Block	5 m	15 m	Finish	10m-20m	35m-45m	55m-65m	85m-95m
Hosszu / EM 2014	0:59,63	0,69	2,00	7,34	3,02	56	52	50	52
Franklin / OS 2012	0:58,33	0,63	1,92	7,54	2,87	48	46	44	44
Rouwendaal / EM2010	1:01,72	0,63	1,80	7,88	3,24	47	43	45	43
v.d. Zanden / EM2014	1:02,31	0,68	1,96	7,68	3,34	44	42	45	43

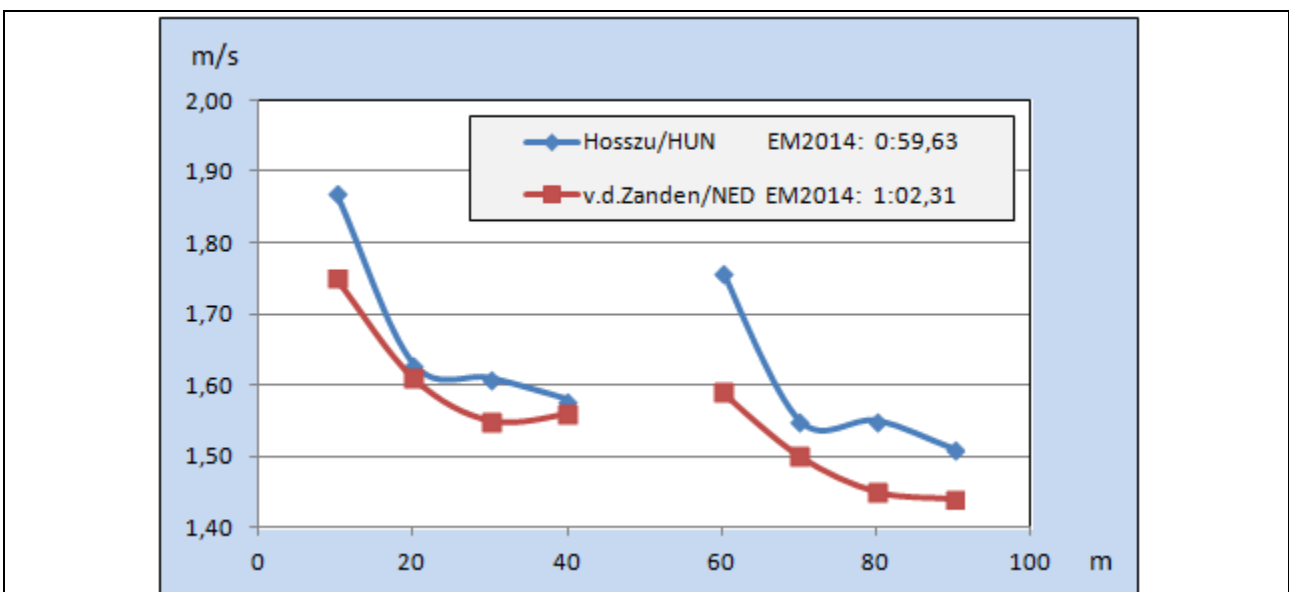


Abb. 9. Rennverlauf über 100 m Rücken der Frauen im Vergleich mit der Weltspitze

Fazit:

Aus niederländischer Sicht zeigen sich im Vergleich zur Weltspitze große Defizite in den Übergängen bei Start und Wende aber auch in der Konditionierung des Antriebs im Rückenschwimmen.

200 m Rücken

In den Rennen über 200 m wird von vielen international erfolgreichen Athleten ein Gleichmaß des Antriebes in der zyklischen Bewegung des Rückenschwimmens angestrebt. Sie senken die Geschwindigkeit auf der ersten Bahn stetig auf das angestrebte Niveau und halten dieses Niveau bis zum Ende der Rennen. Gleichzeitig nutzen sie konsequent die Delfinbewegung in langen Übergängen bei Start und Wende. Dabei erzielen sie deutlich höhere Geschwindigkeiten als beim Rückenschwimmen.

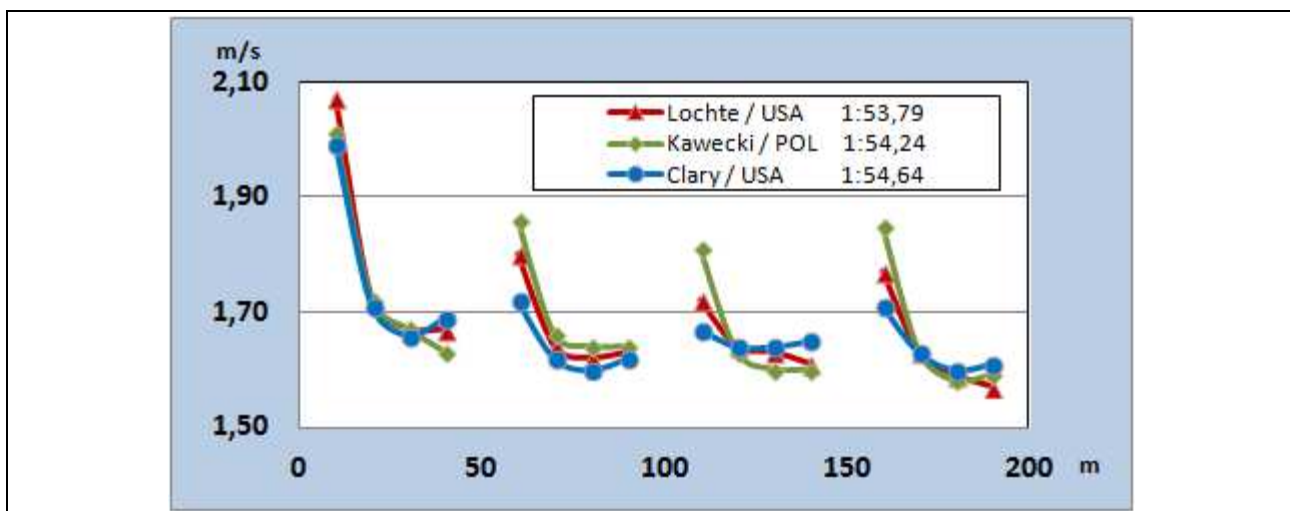


Abb. 10. Rennverlauf über 200 m Rücken der Männer im Finale bei der WM 2013

Abbildung 10 zeigt den Verlauf der Geschwindigkeit für die drei Medaillengewinner bei den Weltmeisterschaften 2013. Die besseren „Delfine“ (Kawecki/POL, Lochte/USA) tauchen lange (Start: 14 - 15m; alle Wenden: 13 - 14 m) und erzielen einen Vorteil, der durch eine höhere Antriebsleistung im Rückenschwimmen (Clary/USA) nicht mehr kompensiert werden kann.

Zusammenfassung:

International erfolgreiche Rückenschwimmer verfügen über

- ein hohes Potential im Bereich von Schnelligkeit/Schnellkraft
- eine hohe Antriebswirksamkeit mit der Delfinbewegung
- eine hohe Antriebsleistung in der zyklischen Bewegung des Rückenschwimmens

und haben diese Fähigkeiten entsprechend der Anforderungen in der Disziplin auf dem notwendigen Niveau konditioniert.

4. Zum Antrieb beim Rückenschwimmen

Zur Frage „Wie machen`s die Weltbesten?“ gibt es in der Literatur und im Internet zahlreiche Darstellungen. Beim Sichten dieses umfangreichen Materials trifft man auf eine Vielzahl von Varianten des Bewegungsablaufes, die von den verschiedenen Topathleten realisiert wurden bzw. werden. Diese Varianten sind in der Regel das Ergebnis von Stärken und Schwächen des Einzelnen. Die Frage „Welches ist die beste Lösung?“ kann eigentlich nicht beantwortet werden, weil die komplexen Zusammenhänge, die beim Bewegungsvollzug zu berücksichtigen sind, nicht ausreichend objektiviert werden können.

Fortschritte werden in der Praxis nach wie vor auf der Basis eines „Versuch und Irrtum“ erzielt. Grundlage für das Vorgehen bildet eine genaue Analyse des aktuellen Zustandes (einschließlich des trainingsmethodischen Vorgehens, wie dieser Zustand erreicht wurde) und ein „gedankliches Modell“ zur Antriebssituation, in dem grundlegende Fakten aus Strömungsdynamik, Biomechanik, Physiologie und Trainingsmethodik berücksichtigt sind. Darauf aufbauend sind eine Strategie zur Leistungssteigerung zu entwickeln und das dafür notwendige trainingsmethodische Vorgehen abzuleiten.

Im Folgenden wird auf einige biomechanische Aspekte zur Antriebsgestaltung im Rückenschwimmen, die bei der Optimierung des Bewegungsablaufes zu berücksichtigen sind, eingegangen.

4.1. Erhöhung der Antriebsleistung

Wer schneller schwimmen will, muss höhere Antriebsleistungen ins Wasser bringen. Das kann durch folgende zwei Maßnahmen erreicht werden:

- (1) Erhöhung der Zahl gleich großer Antriebsimpulse pro Zeiteinheit (Erhöhung der Frequenz bei gleichen Antriebswegen in der Einzelbewegung)
- (2) Erhöhung des Antriebsimpulses in der Einzelbewegung bei gleicher Anzahl der Antriebsimpulse pro Zeiteinheit (Verlängerung des Antriebsweges bei gleicher Frequenz)

Die Wahl der Maßnahme muss sich im trainingsmethodischen Vorgehen widerspiegeln. Wenn eine Frequenzerhöhung das Mittel ist, sollte in allen Belastungsbereichen eine Erhöhung der Geschwindigkeit durch eine Frequenzerhöhung realisiert werden. Analoges gilt für den zweiten Fall.

Im Kinder- und Jugendbereich wirkt Variante 2 als ein Automatismus, weil das Längenwachstum eine Verlängerung des Antriebsweges sichert. Dieser Automatismus birgt allerdings auch die Gefahren, dass die

- Variabilität in Bezug auf das Frequenzverhalten nicht ausreichend geübt wird,
- anatomisch mögliche Antriebswege nicht gut „erschlossen“ werden.

Beides kann sich im Hochleistungsbereich negativ auswirken, weil es motorisch an „Bandbreite“ fehlt, so dass die möglichen Wege zur Leistungssteigerung nur noch sehr eingeschränkt genutzt werden können.

Im Kinder- und Jugendbereich muss motorische Vielfalt eine zentrale Rolle spielen. Dabei ist auf folgende Merkmale zu achten:

- Variation der Hebellänge beim Unterwasser-Armzug (Variation der Beuge im Ellenbogengelenk)
- Variation von Frequenz und Amplitude beim Beinschlag
- Nutzen von langen Antriebswegen („Ellipse“ bei Rotation in der Schulter) auch bei Frequenzerhöhung
- Variation des Verhältnisses von Widerstand und Handgeschwindigkeit im Unterwasserarmzug
- Schwimmkombinationen

4.2. Zum Bewegungsablauf beim Rückenschwimmen

Die wenigen Beispiele im Abschnitt 2.5 haben gezeigt, dass es in den einzelnen Disziplinen auch unter den Besten der Welt eine große Breite in Bezug auf die realisierten Frequenzen gibt und diese Breite mit der Länge der Distanz zunimmt. Deshalb sind zum Bewegungsablauf im Einzelzyklus folgende allgemeine Hinweise:

- hohe Körperlage (hohe Schultern/Rücken, Rückenschwimmer „sitzt“ in der Welle, d.h. leicht gebeugte Hüfte, Füße nahe der Wasseroberfläche)
- ausgeprägte elliptische Rotation der Schulterachse um die Körperlängsachse
- lange Antriebswege der Hand (Einsetzen mit nahezu gestrecktem Arm in Verlängerung der Schultern, langer Abdruck bis in Höhe des Oberschenkels; Steigerung der Handgeschwindigkeit in der zweiten Hälfte des Unterwasserarmzuges)
- intensiver Beinschlag (in der Regel 6-er) auf allen Distanzen mit flossen-ähnlicher Bewegung der Füße (abwärts: gestreckt; aufwärts: überstreckt; Füße arbeiten hinter dem Rumpf im Wellenberg hinter dem Schwimmer)

4.3. Zur Antriebsituation

Die Antriebssituation ändert sich in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Schwimmers. Mit zunehmender Geschwindigkeit ändert sich das „Wellenbild“ um den Schwimmer und damit die Möglichkeiten des Impulsaustausches zwischen Schwimmer und Wasser. Bei hohen Geschwindigkeiten ist „hinter“ dem Schwimmer (im Bereich der Beine/Füße) eine „Heckwelle“ zu beobachten (Abbildung 11), die sich mit dem Schwimmer mit bewegt. Damit ergeben sich für den Beinschlag günstigere Bedingungen, eine Vortriebswirkung in der Wechselwirkung mit dem Wasser zu erzielen.

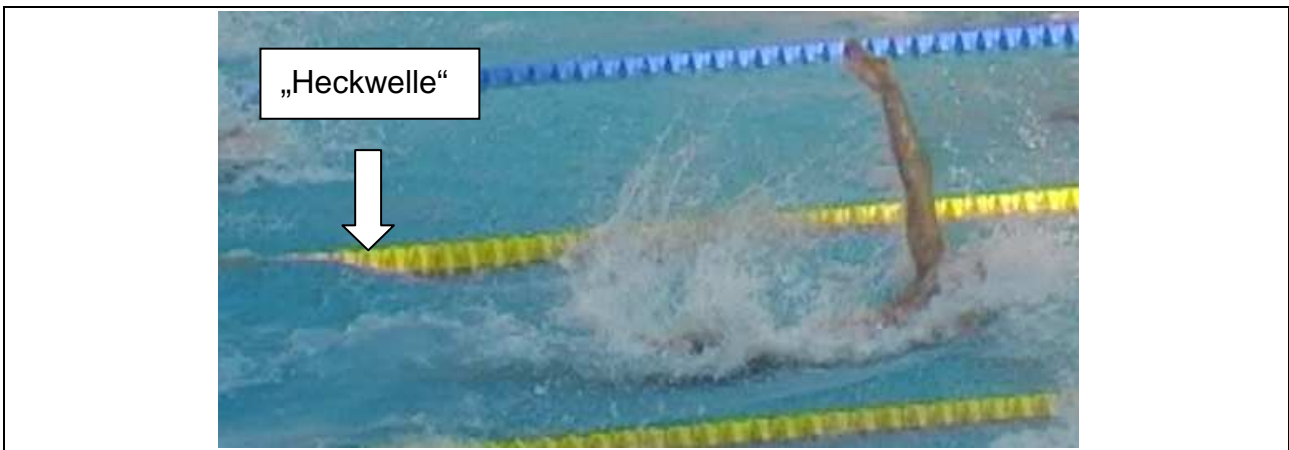


Abb. 11. Wellenbild bei C. Lacourt über 100 m Rücken im Finale der EM 2014

Aus den Veränderungen des Wellenbildes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit kann geschlussfolgert werden:

- Mit steigender Schwimmgeschwindigkeit wächst die Bedeutung des Beinschlages in Bezug auf die Vortriebswirksamkeit.
- Aus der Geschwindigkeit beim „Beine-Schwimmen“ kann nicht eindeutig auf die Wirksamkeit des Beinschlages in der Gesamtbewegung geschlossen werden.

4.4. Zum Beinschlag

Ein Rückenschwimmen mit einem 6-er Beinschlag ist mit hohen Anforderungen in Bezug auf Schnelligkeit/Schnellkraft verbunden. Das verdeutlicht folgende einfache Überlegung:

6-er Beinschlag:

Das sind 3 Beinbewegungen pro Schwimmzyklus. Bei einer Zyklusfrequenz von 50 Zyklen pro Minute führt jeder Fuß 150 Beinschläge in einer Minute.

50 Zyklen pro Minute	→	Zeit für drei Beinschläge	1,2 s
	→	Zeit pro Beinschlag	0,4 s
	→	Zeit pro Aufwärts-/Abwärtsschlag	0,2 s

Im Rückenschwimmen ist die Variabilität der Zyklusfrequenz sehr stark von der Frequenz des Beinschlages abhängig.

4.5. Energetische Aspekte

Grundlage für die sportliche Bewegung des Menschen ist die Muskeltätigkeit, wobei die über die Nahrung zugeführte biochemische Energie in mechanische Arbeit umgewandelt wird. Das gilt gleichermaßen für den Herzmuskel beim Bluttransport, für die Atemmuskulatur beim Transport der Atemluft und für die Skelettmuskulatur bei der Fortbewegung (Abbildung 12).

Die Effektivität des Umwandlungsprozesses von biochemischer Energie in mechanische Arbeit und der zweckmäßige Einsatz der durch die Muskulatur realisierten mechanischen Arbeit beeinflussen entscheidend, welcher Betrag der umgesetzten Energie für die Bewegung des Schwimmers zur Verfügung steht.

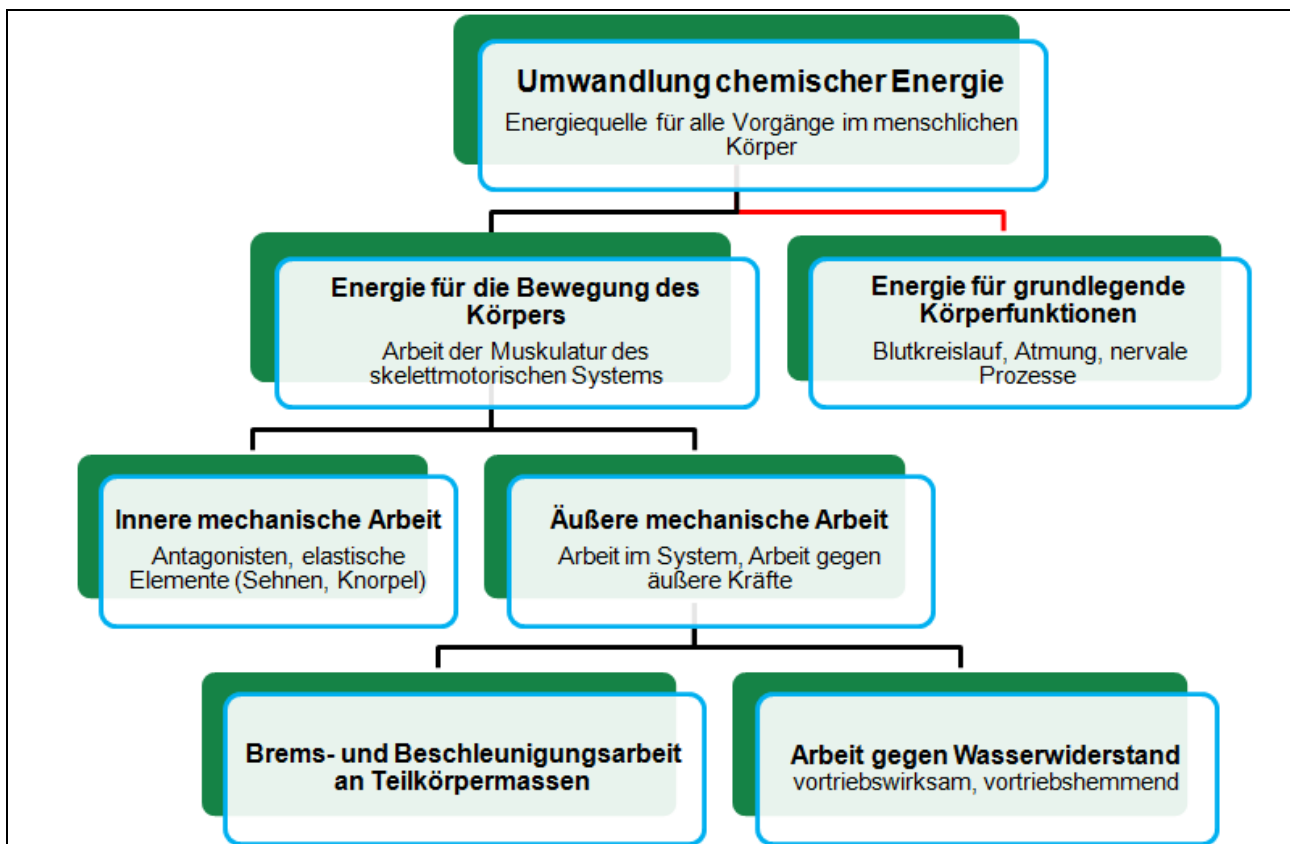


Abb. 12. Zum Energieeinsatz im Schwimmen

Von Praktischem Interesse sind folgende Aussagen:

- Eine Erhöhung der Frequenz (Zyklusfrequenz, Atemfrequenz, Herzfrequenz) ist mit einer Erhöhung des Energie- und Sauerstoffverbrauchs im System verbunden.
- In Teilbewegungen kann von Muskeln verrichtete Arbeit als innere Energie in den Sehnen kurzzeitig gespeichert und mit zeitlicher Verzögerung als äußere Arbeit wirksam werden. Die elastischen und kontraktile Eigenschaften der Sehnen/Muskeln sind von entscheidendem Einfluss, in welchem Maß dieser Effekt wirksam für den Vortrieb genutzt werden kann.
- Einschränkungen in der Beweglichkeit können eine Ursache sein, dass systemintern zu viel Energie verbraucht wird. Als Folge dessen kann bei vergleichbarem Energieumsatz weniger äußere Arbeit vortriebswirksam eingesetzt werden.
- Der Einsatz von Antriebsflächen vergrößernden Hilfsmitteln (Flossen, Fingerbrett, Handbrett) ist bei gleicher Schwimmgeschwindigkeit mit einem geringeren Energieeinsatz für das Erzeugen der Antriebsimpulse (in der Wechselwirkung mit dem Wasser) verbunden.

- Eine Verringerung von Bremswiderständen zur Steigerung der Geschwindigkeit ist aus der Sicht der Energiebilanz (Einsparen von Energie) von besonderem Interesse.
- Durch den Transfer von Impuls und Energie auf andere Teilkörper kann die Effektivität des Krafteinsatzes am Widerlager verbessert werden.
- Der Antrieb mit der Delfinbewegung in den Tauchphasen ist bei gleicher Geschwindigkeit energetisch günstiger als das Rückenschwimmen an der Wasseroberfläche, weil der Widerstand in der Tauchphase deutlich kleiner ist als beim Schwimmen an der Wasseroberfläche.