

- I. Der Antrieb beim Schwimmen
- II. Allgemeine Prinzipien für alle Schwimmtechniken
- III. Das Kraulschwimmen
- IV. Das Brustschwimmen – ein Vergleich der alten und neuen Technik



I. Der Antrieb beim Schwimmen

1. Bewegungen der Arme und Beine

Der Hauptantrieb beim Schwimmen erfolgt durch die Bewegungen der Extremitäten. Dabei kann eine günstige Körperlage im Wasser den Widerstand erheblich verringern und gleichzeitig die Wirksamkeit der Arm- und Beinbewegungen vergrößern.

Während der Unterwasserarbeit finden die Arme und Beine im Wasser kein festes Widerlager vor. Um den Schlupf, das unerwünschte Ausweichen der Abdruckflächen nach hinten - also entgegengesetzt zur Schwimmrichtung - möglichst gering zu halten, muss der Schwimmer bestimmte hydromechanische Gesetzmäßigkeiten voll ausnutzen.

Die Armbewegung bei allen vier Schwimmtechniken verläuft zunächst einmal von vorn nach hinten. Gemäß dem Gegenwirkungsgesetz von Newton (actio - reactio) sollten viele Abdruckflächen der Arme und Beine möglichst während der gesamten Unterwasserarbeit senkrecht zur Vortriebsrichtung stehen. Alle Bewegungen, die diesem Prinzip zuwider laufen, dienen nicht dem Vortrieb. Der Einsatz von großen Abdruckflächen während der Arbeitsphase wird gesichert, wenn der Schwimmer, bezogen auf die Techniken, folgende Grundsätze beherzigt:

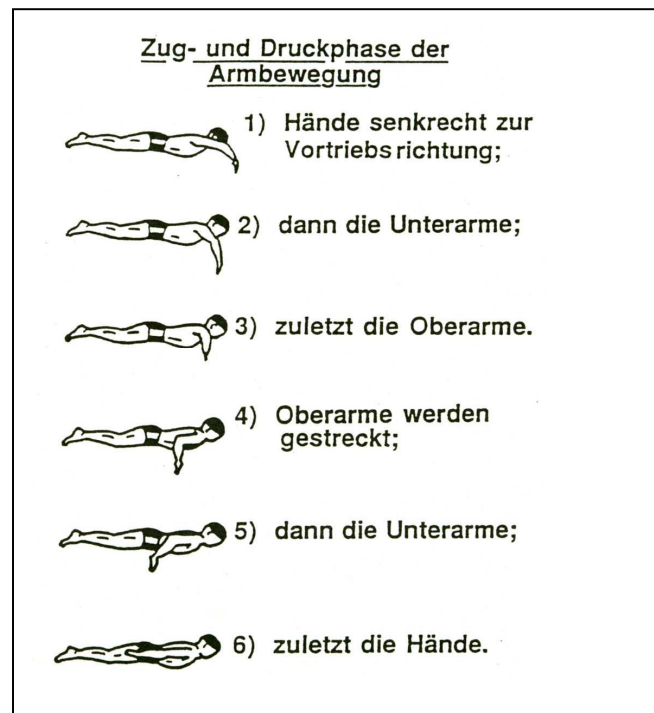
Beim Kraul- und Rückenschwimmen werden nach dem "Wasserrassen" zunächst die Hand, dann der Unterarm und zuletzt der Oberarm senkrecht zur Vortriebsrichtung gestellt.

Die **Ellenbogen-vorn-Haltung** garantiert dieses Zugmuster. Diese Zugphase ist etwa im Bereich des Schultergürtels beendet.

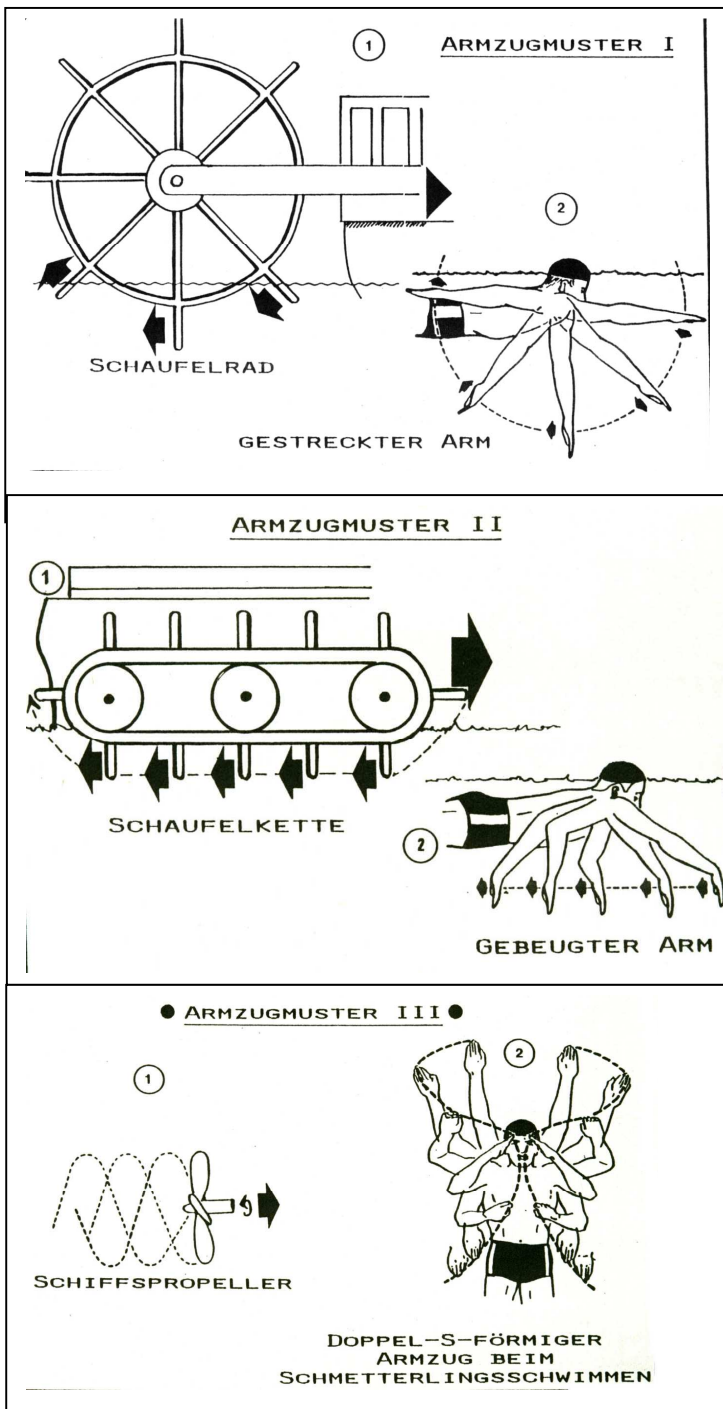
Während der folgenden Druckphase, auch Abdruckphase genannt, werden in umgekehrter Reihenfolge zunächst der Oberarm, dann der Unterarm und zuletzt die Hand gestreckt und an die Körperseite gebracht.

Es genügt jedoch nicht, die Abdruckflächen parallel zur Schwimmrichtung nach hinten zu bewegen und möglichst lange senkrecht zur Schwimmrichtung zu stellen. Wenig Vortrieb würde erzeugt, wenn der Schwimmer sich - lediglich das dritte Newton'sche Gesetz befolgend - mit geraden Armen durch das Wasser bewegte.

Dieses Zugmuster ist vergleichbar mit dem Antrieb durch ein Schaufelrad. Der Schwimmer würde das Wasser mit den Armen rasch in Bewegung versetzen, im bewegten Wasser jedoch keinen Halt finden, um sich effektiv abdrücken zu können.



Außerdem würde sich die Druckrichtung ständig ändern:



Zu Beginn des Armzuges würde sie nach unten verlaufen und den Schwimmer aus dem Wasser heben.

Kurz vor, während und kurz nach dem Übergang von der Zug- in die Druckphase würde Vortrieb erzeugt werden.

Am Ende des Armzuges würde die Abdruckrichtung fast ausschließlich nach oben gerichtet sein: Nach dem Gesetz von Aktion und Reaktion würde sich der Schwimmer tiefer ins Wasser drücken und seinen Widerstand erhöhen

Ein gebeugter, gradliniger Armzug, hier im Vergleich mit einer Schaufelkette, brächte noch weniger Vortrieb, da die Arme wenig Wasser über eine lange Strecke befördern würden, das sich zunehmend beschleunigen und den Schlupf vergrößern würde.

(Die Effektivität beider Zugmuster ließe sich mit einem Schwimmer vergleichen, der gegen eine Strömung anzuschwimmen versucht.)

Der optimale Vortrieb entsteht erst dann, wenn die Arme während der Unterwasserarbeit ständig stehendes Wasser suchen, um sich dann wie ein Propeller durch stehende Luft oder wie eine Schiffsschraube durch ruhendes Wasser zu schrauben.

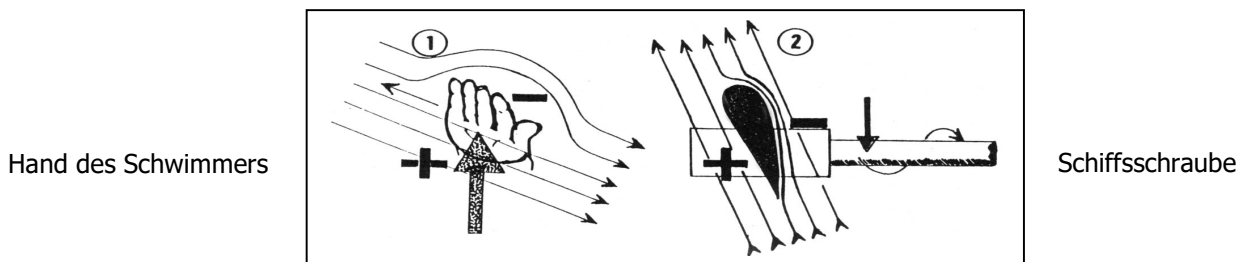
Das **S-Zug-Muster** bei allen vier Schwimmtechniken berücksichtigt diese physikalische Gesetzmäßigkeit.

Um die größtmögliche Wirkung der Antriebsbewegungen zu erzielen, ist es mithin erforderlich das Gegenwirkungsprinzip zu beachten, also die Arme möglichst lange senkrecht zur Vortriebsrichtung zu stellen (**Ellbogen-vorn-Haltung**) und die Arme im S-Zug-Muster möglichst lange durch stehendes Wasser zu bewegen.

1.1 Die hydrodynamische Liftkraft

Der dynamische Auftrieb kann in bestimmten Phasen der Unterwasserarbeit auch als vortriebswirksame Liftkraft genutzt werden. In den Armzugphasen, in denen sich die Hand seitlich oder vertikal zur Schwimmrichtung bewegt, wird ein bestimmter Anstellwinkel zur Anströmrichtung gebildet.

Bei einer Winkelstellung von 20-30 Grad entsteht eine vortriebswirksame Liftkraft, die die anderen Vortriebskomponenten unterstützt



1.2 Das Trägheitsmoment

Beim Kraul- und Schmetterlingsschwimmen sollte der Schwimmer darauf achten, dass seine Arme nach der Unterwasserphase möglichst eng am Körper, also stets in der Nähe der Körperlängsachse in die Ausgangsposition zurückgeführt werden. Dieses Bewegungsmuster ist nur bei einer hohen Ellenbogenführung möglich.

Die physikalische Begründung hierfür liefert das Trägheitsmoment: Führt ein Körper eine Rotation um eine Achse aus, so setzt er der Erzeugung oder Veränderung dieser Drehbewegung einen Widerstand entgegen. Dieser Widerstand wird Trägheitsmoment genannt. Er ist zur Masse proportional und berücksichtigt sehr stark den Abstand der Masse von der Drehachse.



1.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Beachtung und Anwendung folgender biomechanischer Gesetzmäßigkeiten positiv auf den Vortrieb beim Schwimmen auswirken:

- das Gesetz „actio – reactio“, um möglichst viel Abdruckfläche für den Vortrieb einzusetzen;
- die S-förmige Bewegung der Arme auf der ständigen Suche nach "stehendem Wasser", um den Schlupf möglichst gering zu halten;
- die Anwendung des Gesetzes von Bernoulli für den Antrieb (dynamischer Auftrieb), um durch die Winkelstellung der Hand von 20-30 Grad bei der Zug-Druck-Phase eine vortriebswirksame Liftkraft zu erzeugen;
- die Verringerung des Trägheitsmoments durch hohe Ellenbogenführung und körpernahe Bewegungen.

2 Allgemeine Prinzipien für alle Schwimmtechniken

Bei der Schulung und Korrektur der Techniken müssen Übungsleiter, Schwimmlehrer und Trainer bestimmte biomechanische Kriterien beachten, wenn sie erfolgreich sein wollen. Die hier aufgeführten Grundsätze sind für alle Schwimm- und Tauchtechniken gleich.

2.1 Die Körperlage

Die ideale Lage des Schwimmers ist die sogenannte Gleitbootlage, bei der der Kopf den höchsten, die Beine den tiefsten Punkt einnehmen. Sie stellt den idealen Kompromiss zwischen geringem Frontalwiderstand und hohem dynamischen Auftrieb dar. Jedes Abweichen von der strömungsgünstigen Gleitbootlage vergrößert die Widerstandskräfte.

Deshalb gilt: Ein Großteil aller Fehlerursachen beim Schwimmen muss in der negativ veränderten Gleitbootlage gesucht werden!

Vor allem die Kopfhaltung spielt dabei eine entscheidende Rolle. (Ragt z.B. der Kopf zu weit aus dem Wasser, sinken die Beine ab und vergrößern somit den Frontalwiderstand)

2.2 Die Armbewegung

- Die Arme werden während der Antriebsphase im S-Zug-Muster geführt. Die Hand beschreibt keine gerade, sondern eine S-förmige Linie.
- Der Arm ist nicht während des ganzen Zuges gestreckt. Er ist am Anfang gestreckt, während der Zug-Druck-Phase gebeugt, am Ende wieder gestreckt.
- Die maximale Beugung im Ellenbogen beträgt etwa 90 Grad, wenn der Arm die Schulterebene erreicht.
- Der erste Teil des Armzuges wird vorwiegend mit der Hand und dem Unterarm ausgeführt. Der Ellenbogen wird dabei hoch gehalten (beim Rückenschwimmen umgekehrt).
- Die Hand soll während der Unterwasserphase senkrecht zur Vortriebsrichtung stehen und einen Winkel zur Anströmrichtung von etwa 20 - 30 Grad einnehmen.
- Der Armzug soll verhalten beginnen und zügig gesteigert werden.
- Die Hand soll während der Unterwasserphase höchstens bis an die Körperlängsachse geführt werden, niemals darüber hinaus.

2.3 Atmung

Die Einatmung erfolgt in dem Augenblick, in dem der Schwimmer während seines Bewegungszyklus den höchsten Punkt im Wasser erreicht hat. Dieser Zeitpunkt ist am Ende der Druckphase gegeben.

Die Ausatmung erfolgt optimal durch Mund und Nase zugleich.

Die Ausatmung endet stets mit einer intensiven Steigerung, wenn der Mund die Wasserfläche durchbricht. Gründe für diesen Impuls sind:

- Wassertropfen werden von den Lippen fortgeblasen und verhindern bei der intensiven Einatmung deren Eindringen in die Atemwege.
- Durch die Steigerung in der Ausatmung und den deutlichen Schlussimpuls wird das Atemvolumen erheblich vergrößert. Die Atem-Muskulatur presst, unterstützt durch die Druckphase der Arme, mehr verbrauchte Luft aus der Lunge und löst durch den entstehenden Unterdruck die explosionsartige, intensive Einatmung aus, die mehr Luft in die Lungen einströmen lässt.
- Die Ausatmung nimmt einen deutlich größeren Zeitraum in Anspruch als die Einatmung.

2.4 Die Beinbewegung

Der Beinschlag soll verhalten beginnen und zügig gesteigert werden. Der optimale Vortrieb durch die Beinbewegung fordert dehnungsfähige, entspannte Fußgelenke.

Die Beinbewegung soll vorwiegend im Strömungsschatten des Gesäßes erfolgen.

2.5 Die Gesamtbewegung

- Als zyklische Bewegung ist das Schwimmen ein Wechsel zwischen Spannung und Entspannung der Muskulatur. Die Anspannung finden wir in der für den Vortrieb aktiven, die Entspannung in der inaktiven Phase. Die Entspannung garantiert die optimale Ver- und Entsorgung der Muskulatur.
- Da die Widerstandskraft mit der Geschwindigkeit des Schwimmers wächst, sollen die vortriebsaktiven Bewegungen im Vergleich zu den Gegenbewegungen im Wasser schneller ausgeführt werden.
- Wenn es die Wettkampfbestimmungen zulassen, sollen Bewegungen gegen den Vortrieb außerhalb des Wassers durchgeführt werden.
- Der Schwimmer soll seine Antriebskräfte gleichmäßig einsetzen. Ungleichförmige Bewegungen erfordern einen überproportional hohen Kraftverbrauch, belasten den Stoffwechsel und stören das Sauerstoff/Kohlendioxid-Gleichgewicht.

3 Das Kraulschwimmen

Die Kraultechnik ist eindeutig die schnellste Schwimmart.

Im Vergleich zum Brustschwimmen ist das Kraulen um ca. 20% effektiver.

3.1 Beschreibung der Gesamtbewegung

Aus der „griffigen“ Wassertiefe von 10 - 15 cm zieht der Arm des Kraulschwimmers mit zunehmender Geschwindigkeit schräg nach hinten/außen/unten. Dabei stellt der Krauler seine Hände mit dem Anstellwinkel von 20-30 Grad fast senkrecht zur Zugrichtung und erreicht dadurch gleichermaßen vor- und auftriebswirksame hydrodynamische Liftkraft.

Mehr und mehr beugt er den Ellenbogen, bis sein Unterarm senkrecht zur Schwimmrichtung steht. Damit vergrößert er die Abdruckfläche, bleibt aber gleichzeitig im Kraftansatz körpernah. Die größte Beugung erfährt der Arm mit etwa 90 Grad, wenn Oberarm, Unterarm und Hand sich in Schulterhöhe befinden. Durch die Drehbewegung des Körpers um die Längsachse befindet sich die Hand des Schwimmers zu diesem Zeitpunkt unter dem Körper. Anschließend drückt sich der Krauler gegen den Wasserwiderstand nach vorn, indem er zunächst den Oberarm, dann den Unterarm, schließlich die Hand in die Streckung an den Körper bringt. Während dieser **Zug-Druckphase** beschreibt die Hand eine s-förmige Linie, die zunächst nach außen verläuft, dann unter den Körper zieht und schließlich neben dem Oberschenkel endet.

Die sich anschließende **Schwungphase** des Arms ist gekennzeichnet durch die totale Entspannung von Schulter, Ober- und Unterarm und Hand. Sie wird eingeleitet durch das Anheben der Schulter, gefolgt vom Ausheben des Ellenbogens und schließlich der Hand. Der gebeugte Ellenbogen bleibt während der gesamten Schwungphase der höchste Punkt.

Durch das Rollen um die Körperlängsachse befindet sich auch die Schulter des Schwimmers über der Wasseroberfläche. Auf diese Weise ist es möglich, Hand und Unterarm zwar mit zunehmender Automatisierung der Bewegung schwungvoll, aber dennoch kontrolliert in die Streckung vor dem Körper zu führen. Der Handrücken weist dabei in die Schwimmrichtung.

Nach dem Eintauchen vor dem Körper im Bereich zwischen Schulter und Kopf wird der Arm weiter in die Streckung geschoben. Dabei sucht der Krauler wieder die „griffige“ Wassertiefe und dreht seine Hand leicht auswärts mit dem Daumen als tiefsten Punkt.

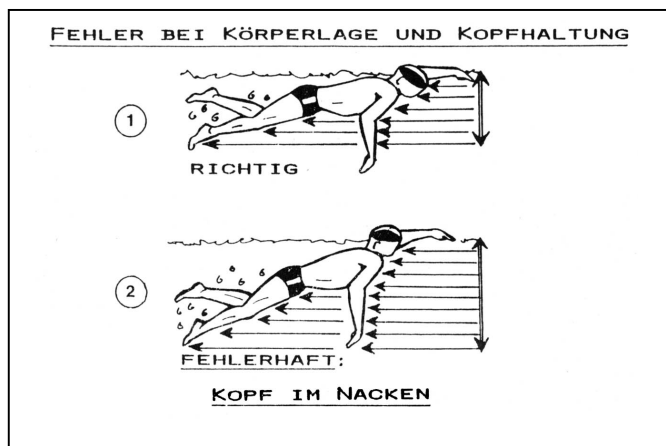
3.2 Die Körperlage

Bei gleichmäßiger Geschwindigkeit liegt der Krauler in einer flachen Gleitbootlage mit dem Kopf als höchstem Punkt. Der Anstellwinkel liegt deutlich unter 20 Grad. Er verändert sich während der Gesamtbewegung nicht.

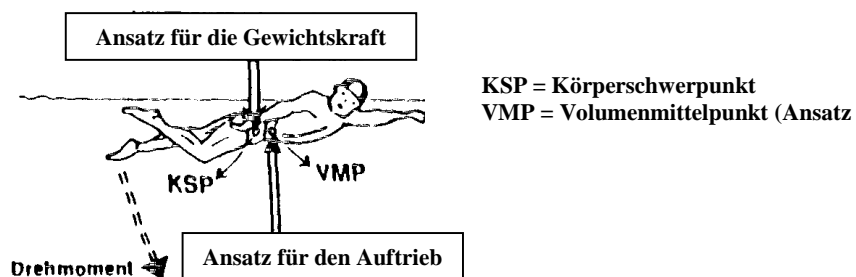
Der Anstellwinkel des Kraulers im Wasser wird durch mehrere Faktoren bestimmt:

- Der dynamische Auftrieb bringt den Schwimmer mit zunehmender Geschwindigkeit in eine flachere Lage.
- Das Drehmoment, das durch die versetzte Anordnung von Körperschwerpunkt und Volumenmittelpunkt entsteht, vergrößert den Anstellwinkel umso nachhaltiger, je langsamer der Krauler sich fortbewegt.
- Auch die Haltung des Kopfes beeinflusst die Körperlage des Kraulers. Hebt er ihn über die natürliche Position in Verlängerung der Wirbelsäule an, so sinken seine Beine durch diesen Impuls ab, und zwar umso mehr, je geringer sein Vortrieb ist.

Senkt er dagegen seinen Kopf über die natürliche Stellung Brustwärts, hebt er seine Beine an, und zwar umso nachhaltiger, je größer sein Vortrieb ist.



- Schließlich können auch die Beinbewegungen dazu beitragen, die Körperlage des Schwimmers zu verändern. Die Abwärtsführung der Beine und hier besonders der abschließende schnellkräftige "Kick" verkleinern den Anstellwinkel umso mehr, je schneller der Krauler schwimmt.
- Das Wälzen des Kraulers um die Körperlängsachse sollte möglichst gering gehalten werden, da die dadurch entstehenden Verwirbelungen den Widerstand erhöhen (→ Schultermuskulatur dehnen!)



Zusammenfassung - Körperlage:

Eine flache Wasserlage und ein gestreckter Körper reduzieren den **Wasserwiderstand** wie gesagt sehr stark. Der Wasserwiderstand wächst nämlich mit der Geschwindigkeit im Quadrat, und die erforderliche Leistung im Kubik. Das heißt, wenn man doppelt so schnell schwimmen will, muss man 8mal so viel leisten.

Damit ist es logisch, dass die Suche nach einem Weg den Wasserwiderstand zu senken mehr nützt als nur die schwimmerische Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

Die Höhe der Körperlage des Schwimmers im Wasser ist abhängig von seiner Geschwindigkeit: Je schneller der Krauler schwimmt, desto höher liegt er im Wasser. Größere Anteile des Kopfes, der Schultern und des Rückens heben sich dann aus dem Wasser heraus und bleiben bei gleichmäßig hoher Geschwindigkeit auch über der Wasseroberfläche

Die Wirkung des dynamischen Auftriebs hat mehrere positive Konsequenzen für den Krauler:

- Frontal- und Wirbelwiderstand werden um die aus dem Wasser ragenden Körperteile verringert.
- Die Atmung wird vereinfacht, da der Krauler den Kopf weniger weit zur Seite drehen muss.
- Die Drehbewegung um die Körperlängsachse, das Wälzen, kann geringer ausfallen, ohne dass die freie, entspannte Führung der Arme während der Schwungphase darunter leidet.

3.3 Die Armbewegung

Für die Armbewegung beim Kraulschwimmen gelten folgende biomechanische Prinzipien:

- Die Zug-Druck-Bewegung
- Der Arm ist nicht während des ganzen Zuges gestreckt. Er ist am Anfang gestreckt, während der Zug-Druck-Phase gebeugt, am Ende wieder gestreckt.
- Die maximale Beugung im Ellenbogen beträgt etwa 90 Grad, wenn der Arm die Schulter-Ebene erreicht.
- Der erste Teil des Armzuges wird vorwiegend mit der Hand und dem Unterarm ausgeführt. Der Ellenbogen wird dabei hoch gehalten.
- Die Arme werden während der Antriebsphase im S-Zug-Muster geführt
- Die Hand soll während der Unterwasserphase senkrecht zur Vortriebsrichtung stehen mit einem Winkel zur Anströmrichtung von etwa 20 - 30 Grad.
- Der Armzug soll verhalten beginnen und zügig gesteigert werden.
- Die Hand soll während der Unterwasserphase höchstens bis an die Körperlängsachse geführt werden, niemals darüber hinaus.
- Die Finger sind während der Zug-Druck-Bewegung gestreckt und leicht geöffnet. Durch die Wirbelbildungen zwischen den Fingern vergrößert sich die Abdruckfläche der Hand.



3.4 Die Entspannungsphase

- Die Kraularmbewegung ist eine zyklische Bewegung: An- und Entspannung lösen sich ständig ab. Die Entspannungsphase beginnt mit dem Ausheben des Arms und endet mit dem "Wasserrassen". Die Entspannung dient der Ent- und Versorgung der Schulter-, Ober- und Unterarm-, aber auch der Brustmuskeln. Die totale Entspannung setzt sich bis in die Finger fort.

- Der Arm wird körpernah mit hohem Ellenbogen in die Streckung vor dem Körper geführt. Die Schulter sollte außerhalb des Wassers sein.
- Das Ausheben wird von der Schulter eingeleitet, gefolgt von der Beugung des Ellenbogengelenks. Die Hand verlässt als letztes das Wasser.
- Unterarm und Hand werden während der Überwasserphase geführt, nicht geschwungen.
- Die Hand taucht im Bereich zwischen der Verlängerung des Kopfes und der Schulter möglichst weit vorn ins Wasser ein. Der Arm wird unter Wasser aus der Schulter heraus leicht abwärts gestreckt.

3.5 Die Beinbewegung

- Die Funktion des Beinschlags beim Kraulschwimmen liegt vorwiegend in der Stabilisierung der Körperlage (dynamischer Auftrieb) und nur zu einem geringem Teil dem Vortrieb (ca. 10-15%).
- Der Abwärtsschlag ist die für den Vortrieb aktive Phase, der Aufwärtsschlag die Entspannungsphase.
- Der Beinschlag kommt aus der Hüfte!
- Bewegungsamplitude: ca. 40-50cm
- Frequenz: 6er-Beinschlag beim Sprint (3 Beinschläge auf einen Armzug bzw. 6 Beinschläge auf einen Gesamtzyklus) oder 2er-Beinschlag (Schleppschlag) vorwiegend beim Langstreckenschwimmen.

3.6 Häufige Fehler beim Kraulschwimmen:

- Körperlage zu steil, starke Schräglage des Schwimmers mit erheblichen Frontal- und Wirbelwiderständen → Korrektur: Senken des Kopfes / bis zur Stirn ins Wasser; Schulung des Gleitens
- Zu starke Rollbewegung um die Körperlängsachse → Kraulen mit hohem Ellbogen / „Streicheln des Wassers mit dem Handrücken während der Erholungsphase
- abgelenkte Hüfte / (Beine fahren Rad) → Kraulbeine in Rückenlage + Beobachtungsaufgabe: Knie bleiben unter der Wasseroberfläche! / „Schlagimpuls kommt aus der Hüfte!“

4 Das Brustschwimmen - ein Vergleich der alten und neuen Technik

Das Brustschwimmen hat sich in den vergangenen 10 - 15 Jahren - bedingt durch Regelmodifikationen - stark verändert. Bis 1986 war es verboten, den Kopf ganz unter Wasser zu nehmen. Heute muss der Kopf nur während eines Zyklus (gemeint ist ein Armzug und ein Beinschlag) einmal die Wasseroberfläche durchbrechen. Auch die Hände dürfen über Wasser nach vorne gebracht werden, wobei nur noch der Ellbogen unter Wasser sein muss.

Diese Regeländerungen führten zu einer neuen Wettkampftechnik, die im deutschen Sprachraum auch als **Undulationstechnik** bezeichnet wird, während die veraltete Technik **Gleitzugtechnik** genannt wird.

Der Vergleich der beiden Techniken soll die vermeintlichen biomechanischen Vorteile der neuen Technik aufzeigen.

Die Schule lehrt weitgehend das Gleitzugschwimmen, während im Wettkampfsport eigentlich nur noch Varianten der Undulationstechnik auftreten. Im Spitzensport gibt es keine Gleitzugschwimmer mehr. Gegen die Undulationstechnik im Schulsport spricht der wesentlich höhere Kraftaufwand, verbunden mit einem ebenfalls deutlich größeren Energiebedarf.

Abbildung 1 (nach Wilke/Daniel) verdeutlicht die Namensgebung der neuen Technik.

Der Oberkörper und die Hüfte werden bei der alten Technik während des ganzen Zyklus flach unter der Wasseroberfläche gehalten.

Der Kopf wird beim Einatmen nur wenig angehoben. Begründet wurde diese Körperhaltung zum einen durch die Regelforderung (Kopf nie unter Wasser - Hände unter Wasser nach vorn), zum anderen durch den damit verbundenen geringen Wasserwiderstand.

Bei der neuen Technik bewegen sich Kopf und Hüfte in der Vertikalen sehr stark hoch und wieder tief. Verbunden mit der Vorwärtsbewegung des Körpers kann man beide Körperteile auf einer Wellenlinie sehen.

Der Name **Undulation** leitet sich vom lateinischen Wort *unda*, die Welle, ab.

Brustschwimmen in Undulationstechnik ähnelt wegen dieser Welle etwas dem Delphinschwimmen.

Durch strenge Regelbestimmungen wird jedoch darauf geachtet, dass das Brustschwimmen sich nicht zu sehr dem Delphinschwimmen annähert.

So sind Bewegungen in Form eines Delphinbeinschlags verboten, und die Füße müssen während der Rückwärtsbewegung auswärts gedreht werden. Die Forderung nach der Auswärtsdrehung der Füße bereitet übrigens vielen Schülern große Schwierigkeiten.

Beim Delphinschwimmen (im Schwimmsport redet man von Schmetterlingsschwimmen, da Brustbeinschlagbewegungen erlaubt, aber nicht üblich sind) müssen die Arme über Wasser nach vorne und unter Wasser nach hinten gebracht werden.

Beim Brustschwimmen dürfen die Hände auch nicht weiter als bis zur Hüfte nach hinten gebracht werden, während beim Delphinschwimmen ja bis zum Oberschenkel gedrückt wird.

Wo liegen nun die biomechanischen Unterschiede zwischen den Techniken?

Im Wesentlichen sind **vier** Unterschiede zu sehen, die wohl die Vorteile der Undulationstechnik begründen.

Die **Abbildung 2** auf der nächsten Seite zeigt einen Vergleich der Techniken.

Links die Undulationstechnik in 5 Bildern nach Wilke/Daniel, rechts die Gleitzugtechnik nach Counsilman. (Die nebeneinander liegenden Bilder entsprechen nicht ganz dem gleichen Zeitpunkt während des Bewegungszyklus.)

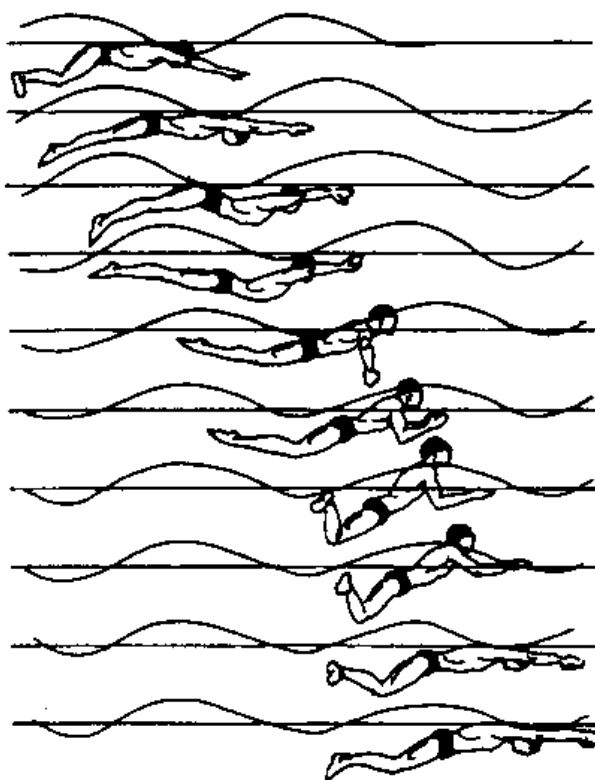


Abb. 1

Ein vollständiger Bewegungszyklus mit Untertauchen des Kopfes und angedeuteter Welle

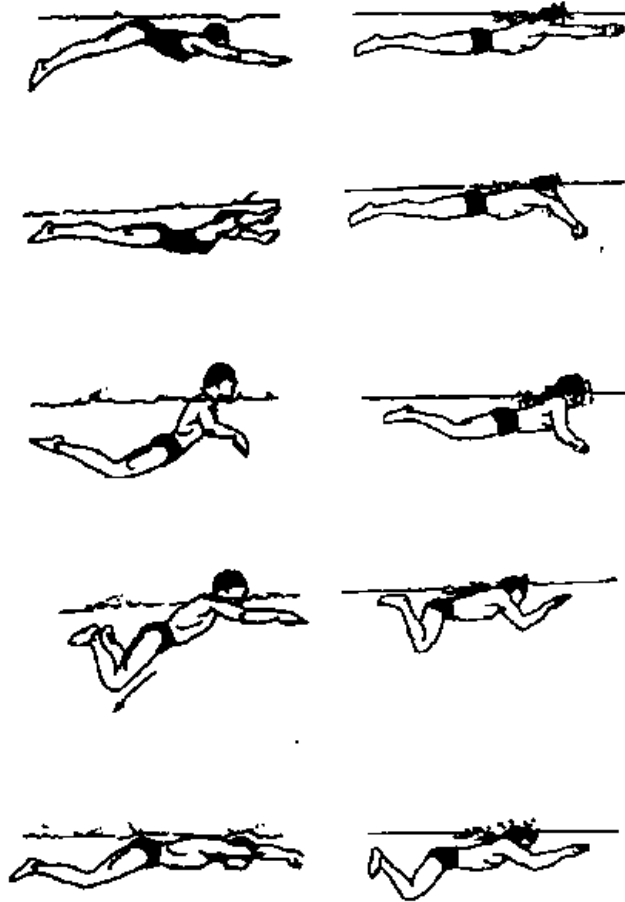


Abb. 2

Vergleich zwischen Undulationstechnik (links) und Gleitzugtechnik (rechts) in 5 Phasenbildern



Abb.3

Gegen den Rücken schwappende Wassermasse

Vorteil 1 ist im 4. Bild von oben zu sehen.

Der größere Rumpfwinkel bei der Undulationstechnik bedeutet einen geringeren Wasserwiderstand im Vergleich zu dem Bremsschild, der durch die stärkere Hüftbeugung bei der Gleitzugtechnik erzeugt wird.

Vorteil 2 ist aus den Bildern 1 und 4 abzuleiten.

Bei der Undulationstechnik kommt es zu einer Überlappung der antriebswirksamen Phasen der Arm- und Beinbewegung. Dagegen ist beim Gleitzugschwimmen eine kraft- und energiesparende, antriebslose Gleitphase in gestreckter Körperhaltung erwünscht. Sie führt zu einem relativ starken Abfall der Schwimmgeschwindigkeit innerhalb eines Bewegungszyklus. Bei der Undulationstechnik ist das intrazyklische Geschwindigkeitstief geringer.

Das **biomechanische Prinzip der minimalen Geschwindigkeitsschwankung** fordert jedoch für die Erreichung einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit die Minimierung der Geschwindigkeitsschwankungen.

Im Wettkampfsport lässt sich erkennen, dass die Antriebsüberlappung auf der 200 m Strecke im Gegensatz zu der 100 m Strecke nicht durchgehalten werden kann.

Vorteil 3 geht aus den Bildern von Wilke/Daniel nicht hervor.

Durch das Vorbringen der Hände über Wasser soll der Wasserwiderstand verringert werden.

Vorteil 4 lässt sich aus der Abbildung 3 ableiten.

Durch das hohe Aufrichten des Oberkörpers aus dem Wasser schwappt eine Wassermenge ("added mass" bei Wilke/Daniel genannt) seitlich am Körper vorbei gegen den Rücken des Schwimmers, die zu einem Anschub führen soll, in dem Moment, wenn der Körper wieder tiefer geht.