

## Zusatzmaterial: Gefahren des Tauchens

### A Schnorcheltaucher geraten unter Druck

#### Informationstext:

Schnorcheltaucher schwimmen dicht (ca. 40 cm tief) unter der Wasseroberfläche. Die Verbindung zwischen der Lunge und der Luft über der Wasserfläche stellt der Schnorchel her. Eine Verlängerung des Schnorchels auf über 40 cm kann gefährlich werden. Der Totraum des im Schnorchel vorhandenen Luftvolumens wird vergrößert, dadurch ist der Austausch sauerstoffreicher Luft bis in die Alveolen erschwert. Der Druck auf den Brustkorb und auf die Lungenflügel nimmt mit größerer Tiefe zu. Die Atemmuskulatur muß mehr Kraft aufwenden, um den Brustkorb zu erweitern. Die Muskulatur ermüdet schneller. Der Druck des Wassers auf den Körper nimmt zu, nicht jedoch der Lungeninnendruck, da in der Lunge durch die Schnorchelverbindung der Druck der Atemluft oberhalb des Wassers vorliegt. Diese Druckdifferenz im Körper führt zu einer Verlagerung des Blutes. Es wird zu dem Körperteil mit niedrigem Druck, der Lunge, gepumpt. Der erhöhte Blutdruck in den Lungenkapillaren kann zu einem Flüssigkeitsaustritt in die Alveolen führen und damit zum Erstickung.

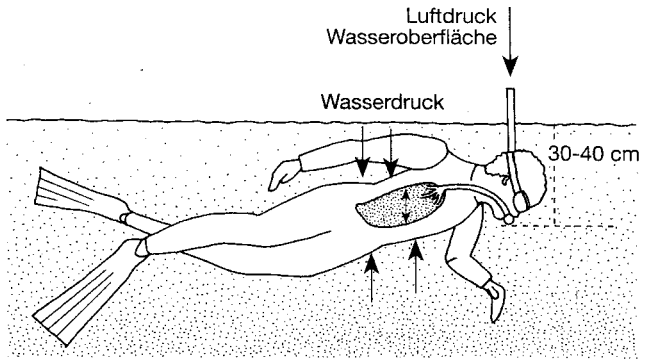


Abb. 1 Schnorcheltauchen

### Aufgabe

Zeichnen Sie schematisch den Blutkreislauf eines Menschen und überlegen Sie, welche Herzkammern aufgrund der Druckdifferenz stärker, welche weniger mit Blut gefüllt werden. Nennen Sie mögliche Auswirkungen auf die Durchblutung wichtiger Organe. Weshalb tritt dieser Effekt beim Gerätetauchen nicht auf?

### B Hyperventilation ist gefährlich

#### Informationstext:

Geübte Taucher holen vor dem Tauchgang nicht tief Luft, sondern atmen mehrmals kräftig ein und aus, sie hyperventilieren (durchgezogene  $P_{CO_2}$ -Kurve —).

Damit senken sie den Kohlenstoffdioxidpartialdruck ( $P_{CO_2}$ ) und verlängern ihre Tauchzeit. Ein erhöhter  $P_{CO_2}$  ist verantwortlich für das Gefühl der Atemnot, das als „Auftauchsignal“ den Zeitpunkt des Auftauchens bestimmt.

Wenn durch zu starke Hyperventilation (gestrichelte  $P_{CO_2}$ -Kurve ----) das „Auftauchsignal“ so spät kommt, daß der Sauerstoffpartialdruck ( $P_{O_2}$ ) schon zu weit abgesunken ist, kann das weitere Absinken des  $P_{O_2}$  beim Auftauchen lebensgefährlich werden. Bewußtlosigkeit kann die Folge sein.

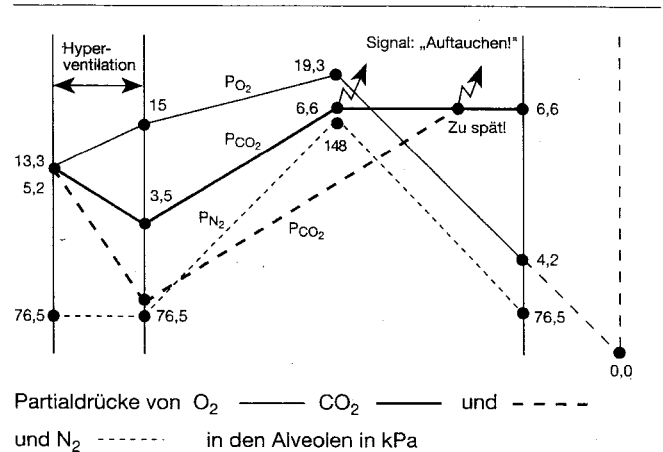
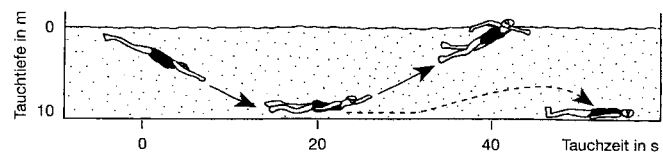


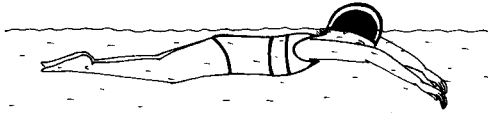
Abb. 2 Tauchen mit angehaltener Luft

### Aufgaben

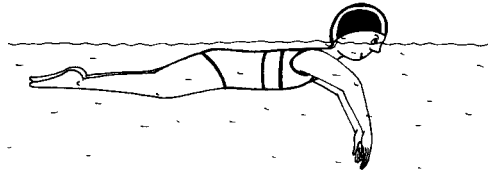
1. Erklären Sie anhand der Abbildung den Verlauf der Partialdruckwerte der einzelnen Gase während des Tauchvorgangs mit leichter Hyperventilation. Erklären Sie dabei auch, weshalb der Partialdruck des Stickstoffs nach dem Auftauchen zu seinem alten Wert zurückkehrt, der des Sauerstoffs jedoch nicht.
2. Erklären Sie den davon abweichenden Partialdruckverlauf bei starker Hyperventilation. Weshalb besteht die Gefahr der Bewußtlosigkeit beim Auftauchen?



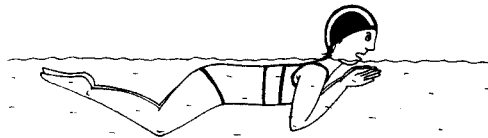
## Das Brustschwimmen



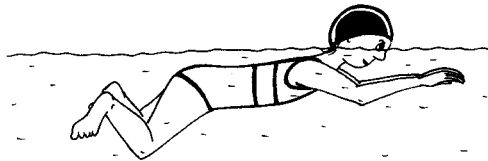
Aus dem Gleiten die Hände drehen zum Wasserfassen.



Arme beugen und mit viel Kraft nach unten hinten bis auf Schulterhöhe ziehen. Dabei zeigen die Ellbogen nach vorn.



Arme unter dem Körper zusammenführen. Dabei werden die Beine gebeugt und die Fersen zum Po gezogen. Kopf leicht anheben und tief und schnell durch den Mund einatmen.



Die Füße nach außen drehen und dabei die Zehen zum Knie ziehen. Die Knie sind etwa hüftbreit auseinander, die Füße etwas weiter. Der Kopf senkt sich wieder ins Wasser.

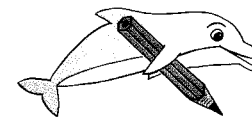
Während der Armstreckung erfolgt das schnelle und kräftige Strecken der Beine. Schultern nach vorn schieben. Beim Gleiten durch Mund und Nase ausatmen.



## Was du beachten solltest:

- Schultern waagrecht! Körper gerade, Hüfte fest!
- Po unter Wasser!
- Blick geradeaus, Augen an der Wasseroberfläche!
- Bewege ein Bein wie das andere!
- Ziehe die Fersen gleichzeitig zum Po, nicht ruckhaft!
- Knie nicht unter den Bauch ziehen!
- Zehen nach außen und zum Knie!
- Unterschenkel schnell und kräftig nach hinten schlagen!
- Mit den Fußsohlen vom Wasser abdrücken!
- Beine völlig strecken!
- Beine halbkreisförmig bewegen!
- Arme beim Durchziehen beugen!
- Finger zusammen! Knie eng halten!
- Hände seitlich nach hinten unten ziehen!
- Keine Pause, wenn sich die Arme unter dem Körper befinden!
- Arme vollständig strecken, Schultern mit nach vorn schieben!
- Tief einatmen, wenn die Arme unter dem Körper zusammengeführt werden!
- Beim Strecken der Arme vollständig in das Wasser ausatmen!
- Im letzten Teil des Armzugs die Beine anziehen!
- Beinschlag, wenn sich die Arme strecken!

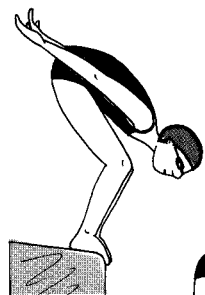
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_



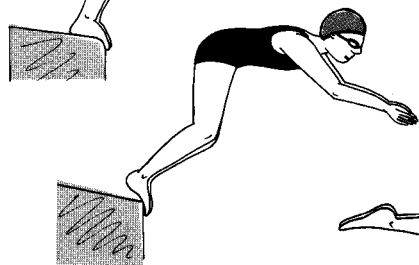
Auf die freien Linien schreibst du Hinweise, die dein Trainer dir noch zusätzlich gibt! Kreuze mit Bleistift an, welche Hinweise im Moment für dich besonders wichtig sind. Wenn es klappt, dann radiere das Kreuz wieder aus.



So wird er ausgeführt:



Die Arme sind hinten. Die Zehen krallen sich um die Vorderkante des Startblocks. Knie- und Hüftgelenke sind gebeugt.

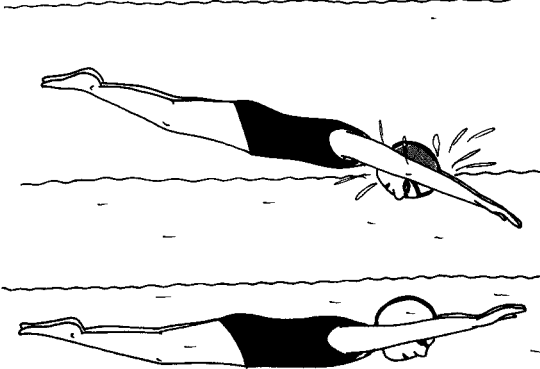


Mit ganzer Kraft abspringen. Die Arme werden nach einer kleinen Ausholbewegung nach vorn gerissen und der gesamte Körper gestreckt.



In der Flugphase ist der Körper vollkommen gestreckt. Der Kopf befindet sich zwischen den Armen. Die Hände sind zusammen.

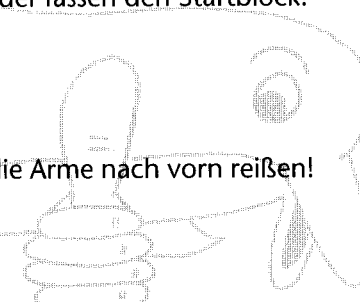
Flach mit den Händen zuerst eintauchen. In der Gleitphase ist der Körper gestreckt. Der Kopf, die Arme und die Hände steuern den Körper.



Beim Kraul- und Schmetterlingsschwimmen setzt zuerst die Beinbewegung ein. Beim Brustschwimmen wird ein Tauchzug bis zum Oberschenkel ausgeführt.

Was du beachten solltest:

- Hüft- und Kniegelenke beugen – jedoch nicht zu stark!
- Hände werden seitlich gehalten oder fassen den Startblock!
- Blick nach vorn!
- Zehen um die Kante krallen!
- Füße hüftbreit auseinander!
- Mit ganzer Kraft abspringen!
- Kräftig den Körper strecken und die Arme nach vorn reißen!
- Weit nach vorn springen!
- Den Körper völlig strecken!
- Kopf zwischen die Arme!
- Hände zusammen!
- Flach und weit vorn eintauchen!
- Beim Eintauchen gestreckt bleiben!
- Unter Wasser gleiten, bis die Schwimgeschwindigkeit erreicht ist!
- Zuerst die Beinbewegung einsetzen!
- Arme setzen nacheinander ein!
- Ein Tauchzug beim Brustschwimmen.

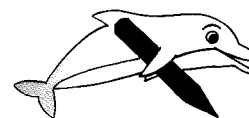


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

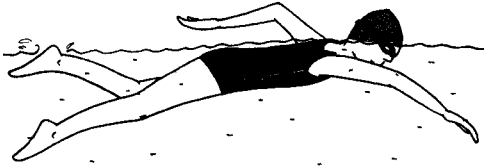
\_\_\_\_\_



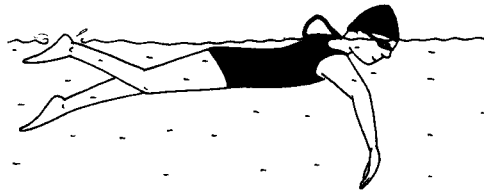
Auf die freien Linien schreibst du Hinweise, die dein Trainer dir noch zusätzlich gibt! Kreuze mit Bleistift an, welche Hinweise im Moment für dich besonders wichtig sind. Wenn es klappt, dann radier das Kreuz wieder aus.



## Das Kraulschwimmen



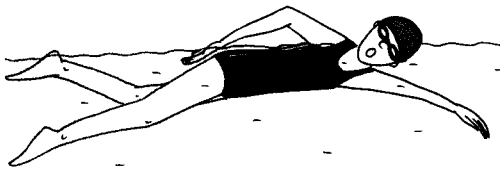
Nach dem Wasserfassen wird der Arm gebeugt unter dem Körper durch das Wasser gezogen.



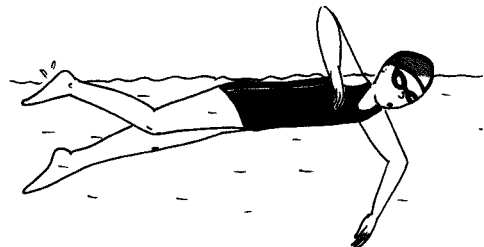
In Schulterhöhe wird der Arm am stärksten gebeugt. Die Beine werden pausenlos im Sechschersschlag bewegt. (Es sind auch Abweichungen möglich.)



Der Arm taucht vor dem Kopf gestreckt ins Wasser ein. Der Kopf dreht sich zur anderen Seite.



Der andere Arm zieht schnellkräftig zum Oberschenkel. Jetzt wird eingeatmet.



Nachdem die Hand am Oberschenkel das Wasser verlassen hat, wird der Arm entspannt übers Wasser geführt. Das Gesicht dreht zur Ausatmung ins Wasser.

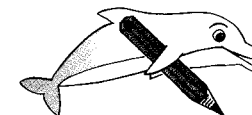
## Was du beachten solltest:

- Schultern hoch und gerade!
- Nicht schaukeln!
- Körper gerade und Hüfte fest!
- Gesäß unter Wasser!
- Augen in Höhe der Wasseroberfläche!
- Gesicht aufs Wasser legen!
- Beinbewegung wie beim Rückenkraul, jedoch in Brustlage!
- Fußgelenke locker, Zehen lang, nicht Rad fahren!
- Zehen nach innen (Onkelstellung) beim Abwärtsschlagen!
- Die Fußsohlen durchbrechen die Wasseroberfläche!
- Runde Bewegungen der Beine, nicht nur zittern!
- Pausenlose Bewegung der Arme!
- Arme immer wechselseitig führen!
- Den Widerstand suchen, nicht schneiden und nicht tellern!
- Den gebeugten Arm locker und weit nach vorn schwingen.
- Arm gestreckt vor dem Kopf einsetzen!
- Finger sind zusammen und die Handflächen gerade!
- Wenn die Hand am Oberschenkel vorbeigeführt wird kurz und tief einatmen!
- Beim Atmen nur Kopf zur Seite drehen, die Schultern bleiben gerade!
- Lang und vollständig durch Mund und Nase unter Wasser ausatmen!
- Nach jeder Seite atmen!

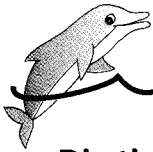
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

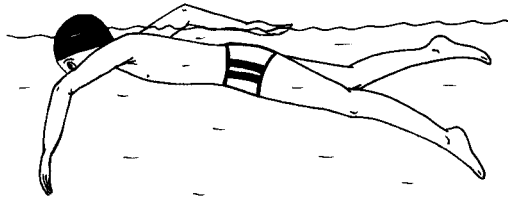
\_\_\_\_\_



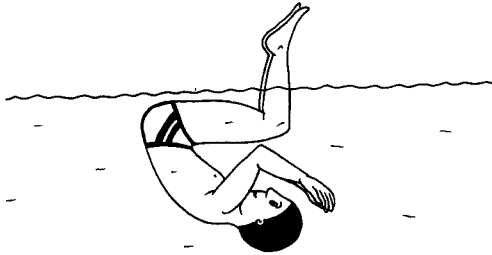
Schreibe auf die freien Linien Hinweise, die dein Trainer dir noch zusätzlich gibt! Kreuze an, radriere aus und hake ab!



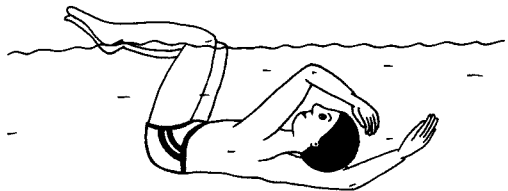
### Die tiefe Kraulwende



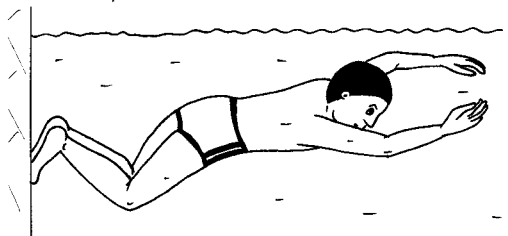
Zur Wand anschwimmen.  
Nicht anschlagen!  
Beide Arme kräftig zum Körper ziehen und Kinn zur Brust nehmen!



Die Beine explosiv über Wasser zur Wand hocken!  
Die Arme vor den Kopf bringen. Zur Wasseroberfläche schauen!

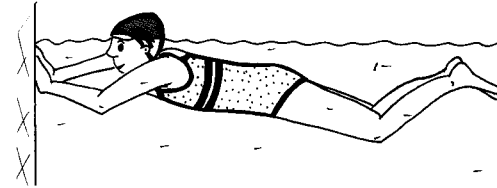


Die Beine gehen in Richtung Wand!  
Den Oberkörper seitlich in die neue Schwimmrichtung drehen!

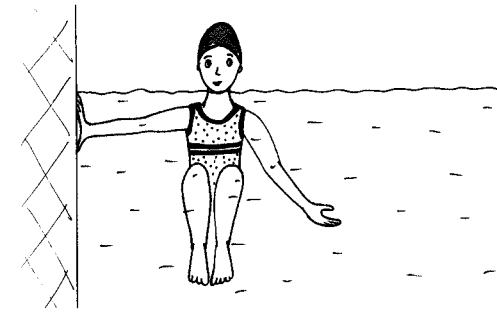


Mit beiden Beinen unter Wasser nach vorn oben kräftig abstoßen!

### Hohe, seitliche Brust- und Schmetterlingswende



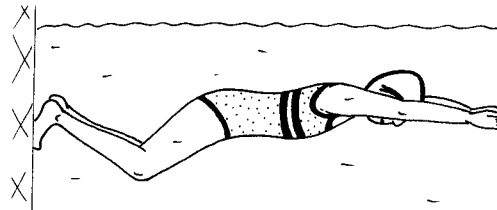
Beide Arme schlagen gleichzeitig an! Die Arme sind dabei leicht gebeugt!



Die Beine unter Wasser zur Wand hocken!  
Mit den Armen wird der Körper von der Wand weggedrückt!



Die Arme unterstützen die Drehung.

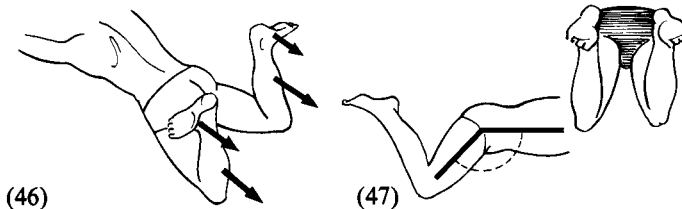


Die Füße sind fest an der Wand und stoßen kräftig ab! Die Arme vor dem Körper strecken!

Beim Brustschwimmen wird ein Tauchzug ausgeführt.

## Brustschwimmen

nen. Um die Füße und Unterschenkel in diese Abdruckstellung zu bringen, beugen sich die Knie, und die Unterschenkel werden zum Gesäß hin angezogen. Dabei gelangen die Knie nach unten, aber nicht zu tief unter den Leib, weil sonst die Oberschenkel große Widerstandsflächen gegen die Schwimmrichtung bieten. Ein Winkel von ca.  $130^\circ$  zwischen Rumpf und Oberschenkel bildet den Kompromiß zwischen noch vertretbarem Oberschenkelwiderstand und genügender Bewegungsfreiheit für die Unterschenkel. Die Knie liegen dabei nur hüftbreit auseinander (47).



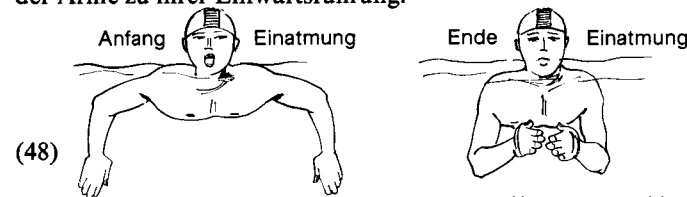
Die eigentliche Antriebsphase der Beine beginnt mit der *Streckung und Einwärtsdrehung (Innenrotation) der Oberschenkel*. Während Fuß- und Unterschenkelinnenflächen zunächst nach hinten drücken, schwingen sie mit zunehmender Streckung und Innenrotation in einem Halbkreis nach außen unten und drücken gegen das Wasser nach hinten innen. Dieser Unterschenkelschwung nimmt in seinem Verlauf ähnlich an Geschwindigkeit zu wie der Armzug.

Je mehr das Bein sich nach hinten streckt, desto größer wird der *Anteil der Fußsohle am Abdruck vom Wasser*, während die Innenflächen des Fußes und Unterschenkels an Wirksamkeit verlieren.

Gegen Ende der Beinbewegung schließen sich die Oberschenkel. Knie und Füße strecken sich gleichzeitig, so daß am Ende die Fußsohlen zur Wasseroberfläche zeigen. In dieser Haltung erholen sich die Beine während der Gleitphase und dem Beginn des Armzugs.

### Wie und wann atmet der Brustschwimmer?

Um der Forderung nach waagerechter Schulterlage zu entsprechen, kann der Brustschwimmer nur nach vorn Luft holen, denn jede Drehung des Kopfes zur Seite brächte eine Schräglagerung der Schulterachse mit sich. Zur Einatmung hebt er den Kopf so weit an, daß der Mund eben frei wird vom Wasser. Die Schultern verbleiben dabei ebenfalls möglichst unter der Wasseroberfläche. Hohes Herausheben des Kopfes aus dem Wasser vergrößert den Anstellwinkel des Körpers gegen das Wasser und somit auch die hemmende Widerstandsfläche. Deshalb vollzieht sich die Atmung dann, wenn sich innerhalb des Bewegungszyklus die Schultern verhältnismäßig hoch befinden, nämlich im Übergang vom Zug der Arme zu ihrer Einwärtsführung.



Die kurze kräftige *Einatmung durch den offenen Mund* beginnt, wenn sich die gestreckten Arme im Zug beugen, und endet, wenn die Hände vor der Brust zusammentreffen. Danach senkt sich der Kopf, bis das Gesicht im Wasser liegt und nach vorn unten gerichtet ist. Die Luft wird angehalten während des Vorschiebens der Arme. Am Ende der Gleitphase beginnt die Ausatmung. *Ausgeatmet wird im Wasser durch Mund und Nase*. Die Ausatmung dauert gut doppelt solange wie die Einatmung und endet unmittelbar vor dieser.

Die sogenannte Spätatmung, d. h., daß der Brustschwimmer einatmet, wenn sich die Arme auf dem Weg nach vorn strecken, läßt sich nur dann befürworten, wenn sie sich mit der ununterbrochenen Armbewegung verbinden läßt. Keinesfalls dürfen die Arme zugunsten der Spätatmung angewinkelt vor oder neben der Brust verharren.

## Brustschwimmen

### 2. Unterwasserzug und Streckentauchen

**Inwiefern erlauben die Regeln des sportlichen Brustschwimmens zu tauchen, und wie wird der Tauchzug ausgeführt?**

Der Brustschwimmer darf, solange er sich nach Start oder Wende unter Wasser befindet, einen Armzug und einen Beinschlag ausführen, um baldmöglichst an die Wasseroberfläche zu gelangen (vgl. hierzu auch S. 26). Dieser Unterwasserzug wird in der Technik des Streckentauchzugs durchgeführt, doch gilt auch eine „normale“ Brustschwimmarm- bzw. -beinbewegung unter Wasser als Unterwasserzug im Sinne der Regel. Wenn der Schwimmer nach dem Start oder nach der Wende den zweiten Armzug beginnt, muß ein *Teil des Kopfes über der Wasseroberfläche* sein und bis zum Ende der Schwimmbahn dort verbleiben.

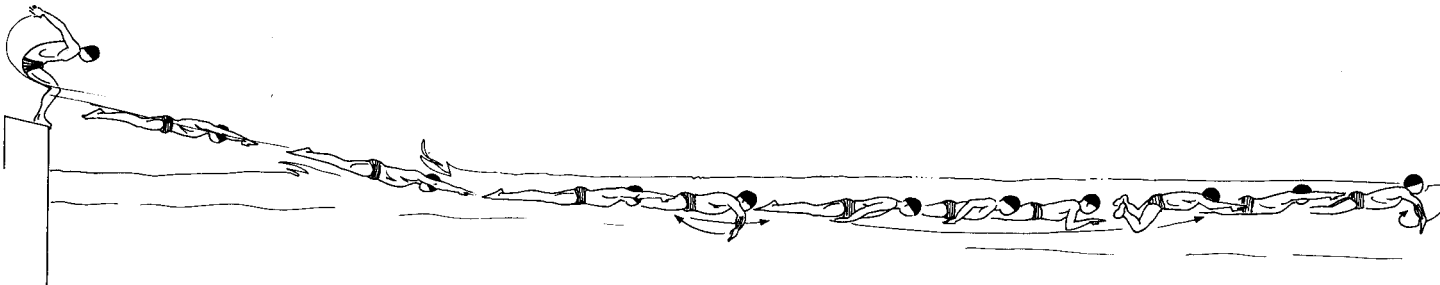
Der sportliche Unterwasserzug entspricht in seinem Bewegungsablauf der *Technik des Streckentauchens* und verhilft dem Schwimmer auf diesem Streckenabschnitt zu größerer Geschwindigkeit als bei unmittelbarem Schwimmbeginn an der Wasseroberfläche. Der Grund liegt in dem geringeren Widerstand: Der Schwimmer kann unter Wasser seinen Körper völlig strecken und parallel zur Schwimmrichtung halten,

wogegen er beim Brustschwimmen aufgrund der verbindlichen Kopfposition an der Wasseroberfläche immer einen Anstellwinkel zu dieser innehat und für die Einatmung sogar die Brust zusätzlich vorwölbt.

Der Bewegungsablauf beginnt mit einem brustschwimmähnlichen Armzug, der jedoch bis in Schulterhöhe seitlich neben dem Körper verläuft. Von dort führt er durch extreme Beugung der Unterarme die Hände unterhalb des Bauches beinahe zusammen und streckt die Arme unter kräftigem Druck nach hinten zu den Oberschenkeln.

In dieser Stellung gleitet der Schwimmer ein bis zwei Sekunden, um anschließend die Arme dicht am Körper entlang und mit zum Leib zeigenden Handflächen möglichst widerstandsfähig nach vorn zu schieben. Gleichzeitig holen die Beine zu ihrer Schwungbewegung aus. *Abdruck der Beine vom Wasser und Strecken der Arme vor den Körper fallen zeitlich zusammen.*

Durch leichtes Anheben des Kopfes und durch Anwinkeln der Hände nach oben steuert der Schwimmer zur Wasseroberfläche, die mit dem Kopf durchbrochen wird, ehe die zweite Armbewegung beginnt.

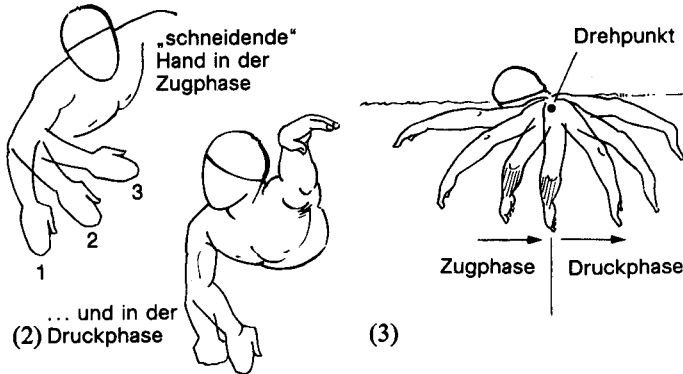


(49)

31

## Kraulschwimmen

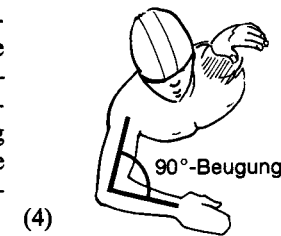
Weise wieder ruhendes Wasser, weil es im Augenblick des Zuggriffs noch steht und sich für den Abdruck der Hand besser eignet als das schon „schlüpfende“ Wasser (2).



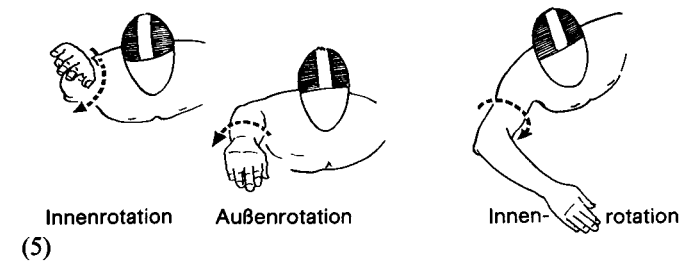
Um den Körper also nach vorn zu treiben, sollen demnach die Abdruckflächen *einerseits parallel zur Schwimmrichtung* nach hinten bewegt werden, *andererseits jedoch mit Hilfe eines flachkurvigen Bewegungsmusters seitlich* ständig ruhendes Wasser greifen. Auf diese Weise wird die aufgewendete Muskelkraft der Armbewegung ökonomisch eingesetzt. Dies gelingt aber nur, wenn sich Handgelenk und Ellenbogengelenk im Verlauf der Unterwasserarbeit so *beugen und strecken*, daß die genannten Abdruckflächen entgegen der Schwimmrichtung zeigen, also vom Schwimmer aus gesehen, nach hinten (3).

Entsprechend der Beugung und Streckung gliedert sich der Armantrieb des Kraulschwimmers – allerdings ebenso des Rücken- und Delphinschwimmers – in die Zugphase, die nach dem ersten Wasserfassen beginnt, und in die Druckphase bis zum Aushub des Armes aus dem Wasser. Als *Zug* werden alle Aktionen bezeichnet, die zur Schulterebene (senkrecht unter dem Schultergelenk) hin verlaufen, als *Druck* alle Aktionen von der Schulterebene weg nach hinten.

Der Übergang zwischen Zug- und Druckphase ist durch die stärkste *Beugung des Ellenbogengelenkes* im Verlauf der gesamten Unterwasserbewegung des Armes gekennzeichnet; die Beugung sollte im Mittel 90° betragen.



Beugung und Streckung der Gelenke (Schulter-, Arm- und Handgelenk) lassen jedoch aus anatomischen Gründen keine gänzlich gradlinige Bewegung des Armes im Wasser zu, sondern ergeben ein flaches S-kurviges Muster aus der Obenaufsicht auf den Schwimmenden. Dieses seitlich „schneidende“ Abweichen der Hand von der gradlinigen Rückwärtsbewegung bewirkt zudem, daß stets ruhendes Wasser gefaßt wird. Zusätzlich erfordern Beugen und Strecken des Armes die Drehung des Armes um seine eigene Längsachse (Rotation), um die günstige Abdruckstellung der Flächen zu gewährleisten: Nacheinander wird der Arm einwärts (Innenrotation) gedreht beim ersten Wasserfassen vorn, er wird auswärts gedreht (Außenrotation) während des Beugens und wieder einwärts gedreht (Innenrotation) während des Streckens. Mit der Innenrotation geht jeweils auch die Einwärtsdrehung der Hand (Pronation) einher, ebenso mit der Außenrotation die Auswärtsdrehung der Hand (Supination).



**Kann sich die Hand mit gespreizten oder geschlossenen Fingern besser vom Wasser abdrücken?**

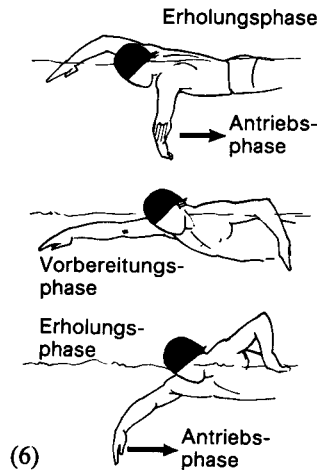
Diese Frage wird durch die Größe der Fläche beantwortet, die gegen das Wasser drückt. Dabei vergrößert die Fingerspreizung zwar die Gesamtfläche, läßt aber auch Wasser zwischen den Fingern hindurchströmen. Eine *leichte Spreizung*, in der die Fingerspitzen knapp 1 cm voneinander entfernt sind, läßt das Wasser nur langsam durchsickern. Diese siebähnliche Wirkung ermöglicht den besten Abdruck und trifft für alle Schwimmtechniken gleichermaßen zu.

War der Widerstand des Wassers bisher als vorteilhaft für das Vorwärtsschwimmen erwähnt worden, nämlich als Widerlager für den Abdruck der Hände/Arme, so muß auch sein Nachteil aufgezeigt werden.

Grundsätzlich wirkt der Wasserwiderstand der Vorwärtsbewegung entgegen, so daß der Körper nach einiger Zeit auf die Geschwindigkeit null gebremst würde, wenn nicht nachfolgende Armbewegungen den Schwimmer erneut beschleunigten.

Um größere Geschwindigkeitschwankungen zu vermeiden, wechseln sich bei den Kraulschwimmarten die Arme in ihrer Antriebstätigkeit ab (*Alternation*).

Das bedeutet, daß stets ein Arm den Körper antreibt (*Antriebsphase*), während der andere Arm über Wasser in die Ausgangsstellung schwingt (*Erholungsphase*) und sich nach dem Eintauchen für eine kurze Zeitdauer „wassergreifend“ nach vorne schiebt (*Vorbereitungsphase*).



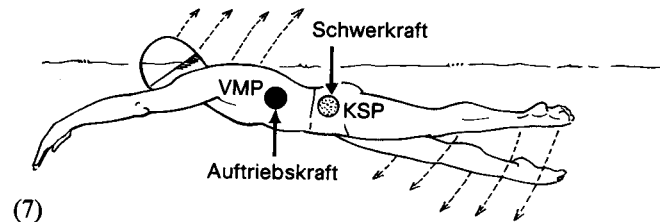
Je genauer ein Schwimmer alterniert, desto mehr nähert sich sein Vortrieb einer gleichförmigen Geschwindigkeit.

Während der Erholungsphase schwingt der Arm ohne größere Muskelanspannungen über Wasser nach vorn. Dies geschieht unter hoher Ellenbogenführung, so daß der Oberarm und teilweise die Schulter der bremsenden Wirkung des Wassers entzogen sind. Die alternierenden Armbewegungen stellen einen erheblichen Vorteil der *Wechselzugtechniken Kraul und Rückenraul* gegenüber den *Gleichzugtechniken Delphin- und Brustschwimmen* dar.

**Welche Aufgaben kommen der Beinbewegung beim Kraulschwimmen zu?**

Die Beinbewegung stellt sich als Wechselschlag der Beine dar und *stabilisiert in erster Linie den Körper* in seiner Längsachse. Diese Stabilisierungsnotwendigkeit ergibt sich als Maßnahme gegen zwei störende Erscheinungen, die den Kraulschwimmer in seinem Vortrieb bremsen.

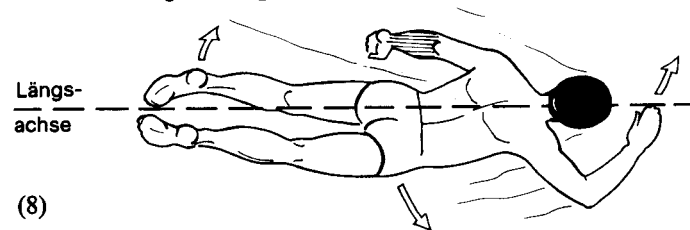
1. Der Körperschwerpunkt (KSP) befindet sich näher dem Becken und den Oberschenkeln als der Volumenmittelpunkt (VMP) des menschlichen Körpers, der dem Brustkorb näher liegt. Die am Körperschwerpunkt angreifende *Schwerkraft* und die am Volumenmittelpunkt angreifende *Auftriebskraft* wirken drehend auf den waagrecht schwimmenden Körper: Der Unterkörper sinkt ab; der Oberkörper gelangt zur Wasseroberfläche.



## Kraulschwimmen

Dieser Drehung des Körpers wirkt der Beinschlag entgegen. Insbesondere die abwärts gerichteten Schläge mit Fußrist und Unterschenkelvorderseite drücken den Unterkörper des Kraulschwimmers nach oben zur Wasseroberfläche (Gegenwirkungsgesetz).

2. Die abwechselnde Tätigkeit der Arme, sowohl unter Wasser als auch über der Wasseroberfläche, rückt den Körper mehr oder weniger aus seiner Längsrichtung auf der Vortriebslinie heraus. Insbesondere der seitlich vorschwingende Arm bei schlechten Kraulschwimmern überträgt seinen Impuls kurz vor dem Eintauchen auf den Oberkörper. In diesem Augenblick bremst der Schwimmer durch Muskelanspannung den Schwung seines Arms ab und gibt ihn dadurch an seinen Körper weiter. Der Trägheit der Masse folgend stellt sich der Oberkörper leicht quer zur Schwimmrichtung, während die Beine zur Gegenseite pendeln.

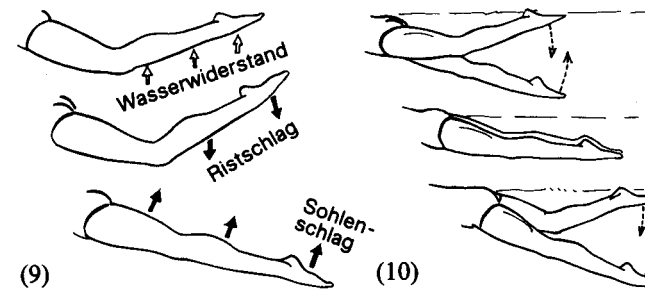


Beide Erscheinungen erhöhen die *Widerstandsfläche*, die der Schwimmer dem Wasser entgegenstellt, und bremsen den Vortrieb.

Der Beinschlag verhindert dies, indem er mit Hilfe der abwärts verlaufenden *Ristschläge* den Unterkörper vor dem Absinken bewahrt und den gesamten Körper entgegen seitlichen Schrägstellungen in seiner Längsachse festhält. Entsprechend gilt für die umgekehrte Körperlage beim Rückenraul: Die „abwärts schlagende“ Beinrückseite (*der Sohlenschlag*) bewirkt also, daß der Unterkörper des Schwimmers nicht absinkt.

## Wie wird der Wechselbeinschlag ausgeführt und mit der Arm-bewegung koordiniert?

Der Schlag des einzelnen Beins setzt in der Hüfte an und drückt den Oberschenkel abwärts, während *der Widerstand des Wassers Fußrist und Unterschenkel bremst und so das Bein im Kniegelenk beugt*. Das Abbremsen und die gegenläufige Bewegung des Oberschenkels beschleunigen den Abwärtsschlag des Fußes (*Ristschlag*) peitschenartig (Impulsübertragung). Dann folgt der Unterschenkel der ruhigen Aufwärtsbewegung des Oberschenkels bei gestrecktem Knie nach (*Sohlenschlag*). Diese Aufwärtsbewegung verläuft beinahe passiv, da der dynamische Auftrieb des vorwärts gleitenden Körpers die Aufwärtsbewegung des Beines unterstützt (9).

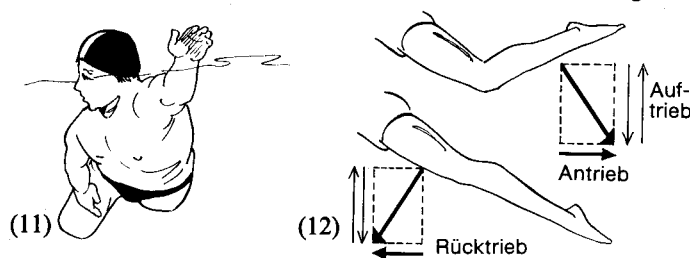


Jedes Bein führt abwechselnd einen Rist- und einen Sohlenschlag durch. Während das eine Bein den Wechsel im oberen Umkehrpunkt vollzieht, befindet sich das andere Bein am unteren Umkehrpunkt. Die Beine bewegen sich also *scherenartig* aneinander vorbei, so daß auch hier die Alternation festzustellen ist (10).

Aufgrund der Tatsache, daß sich der Schwimmer beim Ausheben des Armes ein wenig auf seine entgegengesetzte Körperseite rollt, verlagert sich die vertikale Schlagebene beim Kraulschwimmen – wie übrigens auch beim Rückenraul – in die Diagonale.

Daß diese Scherbewegung manchmal nicht völlig senkrecht verläuft, sondern etwas zur Seite, verringert die Querstellung des Körpers zusätzlich (11).

Die Kraft des Beinschlages und die Anzahl der Beinschläge auf eine vollständige Bewegung beider Arme (*Zyklus*) hängen davon ab, wie sehr ein Schwimmer seine Körperlage verläßt, das heißt, wie weit sein Körper fußwärts absinkt oder seitlich abweicht. Der Beinschlag kann demnach von Schwimmer zu Schwimmer hinsichtlich der Zahl und Intensität variieren. Ebenso zeigen sich unterschiedliche Ausführungen in Abhängigkeit von der zu schwimmenden Streckenlänge. Zu beobachten sind zwei oder sechs Beinschläge je Zyklus, die entsprechend als „Zweierschlag“ und „Sechschlagschlag“ bezeichnet werden. Alle funktionell richtigen Beinschlagvarianten weisen jedoch ein gemeinsames Merkmal auf: Das abwärts gerichtete „Wassergreifen“ eines Arms fällt mit dem Abwärtsschlag des



anderseitigen Beins zusammen (*Diagonalkoordination*). Die Antriebswirkung des Kraulbeinschlages steht hinter der Stabilisierungsfunktion zurück, was aus dem Kräfteparallelogramm ersichtlich wird und wieder auf das Gegenwirkungs-gesetz zurückzuführen ist (12).

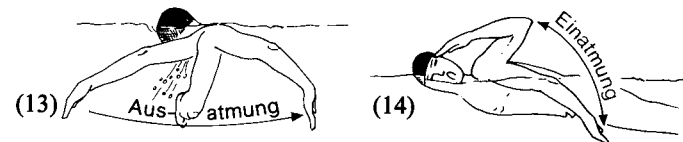
So ist die Vortriebskomponente zu Beginn des Ristschlages in etwa der Auftriebskomponente gleich, wogegen im weiteren Verlauf des Ristschlages die Auftriebskomponente ständig zunimmt. Die Vortriebskomponente nimmt dagegen ab und wird am Ende des Ristschlages sogar negativ.

### Wann und wie atmet der Kraulschwimmer?

Grundsätzlich dient die Atmung dem Gasaustausch und somit der Energiebereitstellung für die Bewegungsausführung, gleichgültig um welche Schwimmtechnik es sich handelt. Sie ist nur mittelbar am Vorankommen des Schwimmers beteiligt. Dementsprechend soll sie sich so in den Bewegungsablauf einfügen, daß weder die Armbewegung gestört noch die Körperlage im Wasser verschlechtert werden. Deshalb wird der Kopf während des gesamten Atemvorgangs vom Wasser getragen.

Die Normalatmung des Kraulschwimmers umfaßt eine Aus- und eine Einatmung während eines Bewegungszyklus. Sie ordnet sich *dem Arm der bevorzugten Atemseite, dem sogenannten Atemarm, zu. Die Ausatmung erfolgt unter Wasser durch Mund und Nase, wenn der Atemarm zieht und drückt. Dabei liegt der Kopf in Verlängerung des Körpers mit dem Gesicht im Wasser* (13).

Insgesamt bildet der Schwimmer mit seiner Körperlängsachse einen Anstellwinkel zur Wasseroberfläche von circa  $8^{\circ}$ – $10^{\circ}$ , der sich auch während der Einatmung nicht ändert (14).



Am Ende der Druckphase, also noch bevor der Arm das Wasser verläßt, beginnt die *Einatmung*. Dazu hat sich der Schwimmer mit seinem gesamten Körper etwas auf die Seite gerollt, so daß der Mund unter leichtem Weiterdrehen des Kopfes ohne dessen Anheben vom Wasser frei wird. Er holt kurz und kräftig Luft durch den Mund.

Die Einatmung ist abgeschlossen, wenn der Atemarm während der Erholungsphase den Kopf passiert. In diesem Augenblick beginnt der Körper, um seine Längsachse zurück zur Gegenseite zu rollen (14).

## Die Wende

# 1. Technische Grundlagen des Bewegungsablaufs

Weshalb und unter welchen Bedingungen läßt sich die Technik der Kippwende in allen vier Schwimmmarten anwenden?

Mit Ausnahme des Freistilschwimmens hat jede Schwimmmart bestimmte *Regelaufgaben*, die sich jedoch nur auf das Erreichen und Verlassen der Wand beziehen, also auf das Schwimmverhalten *vor und nach dem eigentlichen Wendevorgang*. Deshalb läßt sich durchaus eine einzige Wende-technik für alle Schwimmmarten verwenden, wenn sie die Einhaltung aller Regelaufgaben ohne wesentliche mechanische Nachteile ermöglicht. Diese Möglichkeit bietet die *Kippwende*.

Charakteristisch für ihren Bewegungsablauf sind folgende Merkmale:

a. Ausgangslage vor und nach dem Kippen ist die *Seitlage* des Körpers im Wasser, z. B. Kippwende von der rechten auf die linke Seite.

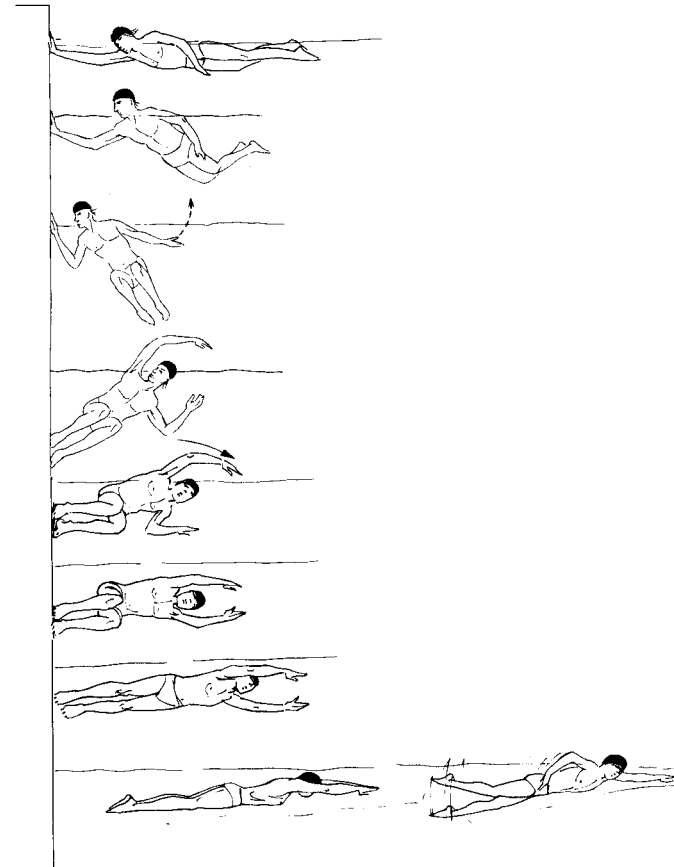
b. Der eigentliche Wendevorgang besteht aus dem Kippen (Drehen) des Körpers *um 180° um die Körpertiefenachse* in Höhe des Bauchnabels („Bauchnabelachse“).

c. Zur Vorbereitung der Kippaktion wird zum einen der *Wendearm (geschickter Arm)* aufgrund des an die Wand herangeleitenden Körpers *passiv gebeugt* (gestaucht), zum anderen hocken sich die Beine unter den Körper.

d. Die Kippaktion besteht aus dem *Abdruck des gestauchten Wendearms* von der Wand, der den Oberkörper in die neue Schwimmrichtung „kippt“, während die gehockten Beine unter der Drehachse zur Wand schwingen.

e. Nach Abdruck von der Wand schwingt der *Wendearm sichelförmig über den Kopf* ins Wasser, bis er mit dem Oberkörper seitlich unter den Wasserspiegel gesunken ist. Der andere Arm drückt mit aufwärts zeigender Handfläche von der Hüfte nach oben und fördert das Kippen.

f. Der Abstoß erfolgt, sobald der Körper die Waagerechte unterhalb der Wasseroberfläche erreicht hat und sich *beide Arme vor dem Kopf* befinden.



(128)

64

## Wende

**Wie läuft die Bewegung bei den Wendetechniken Freistilrollwende und Rückenrollwende im einzelnen ab?**

**Die Freistilrollwende:** Ungefähr eine Körperlänge vor der Wand beendet der Schwimmer seine Kraulbewegungen, indem er den hinteren Arm neben der Hüfte liegen läßt und den anderen Arm ebenfalls dorthin zieht.

*Kopf und Oberkörper* werden mit einer energischen „Dienerbewegung“ *nach unten* gebeugt, während die Beine mit einem gemeinsamen *Delphinschlag die Hüfte zur Wasseroberfläche* bringen. Das Gesäß gelangt dadurch aus dem Wasser heraus.

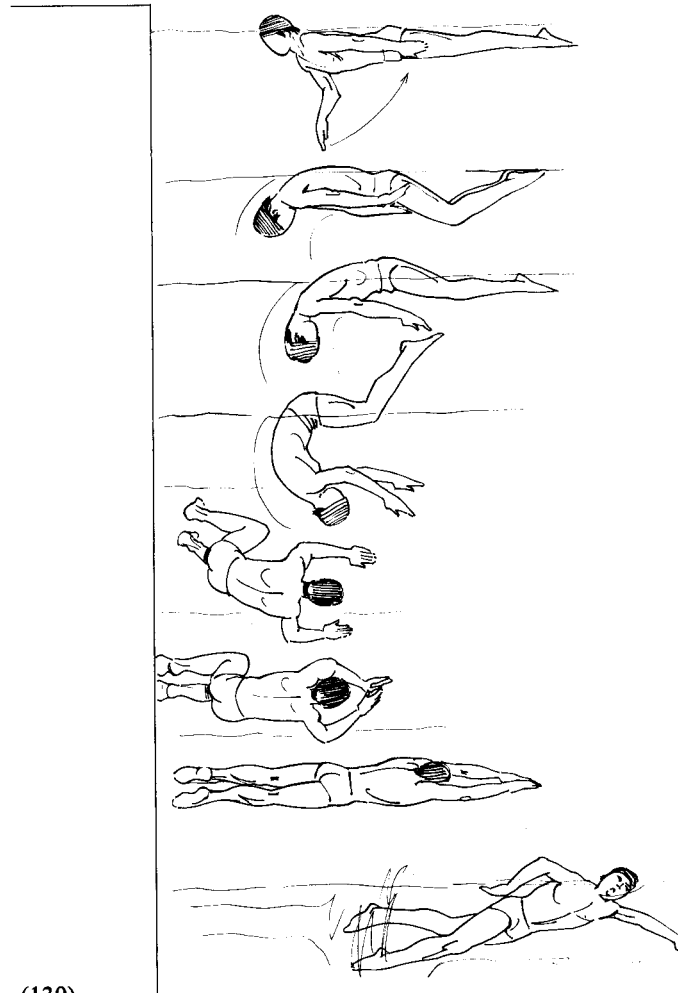
Die *Arme drücken mit abwärts zeigenden Handflächen nach unten* und heben Hüfte und Oberschenkel über Wasser.

Während der abgestoppte Oberkörper in die neue Schwimmrichtung „rollt“, schwingen die gestreckten *Beine über Wasser* schnell zur Wand. Sie werden im Verlauf ihrer Überwasserphase in den Kniegelenken gebeugt.

Kurz bevor sie die Wand erreichen, sind die Beine gänzlich angehockt und werden mit zur Seite zeigenden Füßen gegen die Wand gesetzt. Diese  $\frac{1}{4}$ -Schraube um die Körperlängsachse wird im Oberkörper durch Einsatz der Arme gesteuert.

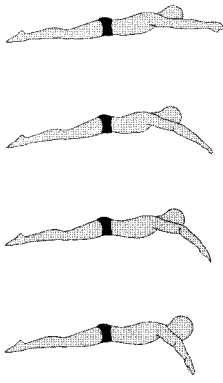
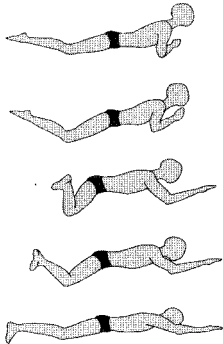
Ist auf diese Weise schon vorbereitet, daß der Schwimmer nicht in Rückenlage, sondern in Seitlage abstößt, so vollzieht sich die restliche Vierteldrehung ( $\frac{1}{4}$ -Schraube) in die Bauchlage während des Gleitens durch Steuerung des unteren Armes zur Wasseroberfläche.

Bevor die Gleitgeschwindigkeit unter die mögliche Schwimgeschwindigkeit absinkt, beginnen Arme und Beine gleichzeitig mit den Antriebsbewegungen.



(130)

Tab. 24: Brustschwimmen: Technikmerkmale und -fehler

Flat-Variante		
Teilbewegungen/ Phasen	Technikmerkmale	Technikfehler
<b>Körperlage und Kopfbewegung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– keine intrazyklische<sup>1</sup> Veränderung des Anstellwinkels<sup>2</sup>, er bleibt optimal flach</li> <li>– Vor- und Rückneigung des Kopfes ist nicht ausgeprägt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ausgeprägte Veränderungen des Anstellwinkels</li> </ul>
<b>Armzug und Rückholphase (RH)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswärtsskull bis ungefähr doppelte Schulterbreite</li> <li>– im Vergleich zum Einwärtsskull relativ langsam</li> <li>– Innenrotation der Oberarme („Ellbogen-vorne-Haltung“)</li> <li>– Ellbogen bleiben etwa in Höhe der Schulterachse</li> <li>– Übergang zur RH ohne Stoppaktion</li> <li>– Einwärtsskull betont (= Ellbogen unter dem Kinn)</li> <li>– vollständige Armstreckung</li> <li>– Übergang zum Auswärtsskull ohne Stoppaktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswärtsskull zu weit bzw. zu eng</li> <li>– Innenrotation nicht ausgeprägt</li> <li>– weit über Schulterachse</li> <li>– Übergang zur RH verzögert</li> <li>– Einwärtsskull-Anteil nicht betont</li> <li>– Ellbogen nicht unter dem Kinn</li> <li>– Arme während der RH nicht gestreckt</li> <li>– Stoppaktion vor dem Auswärtsskull zu lang (abhängig von der Schwimmstrecke)</li> </ul>
<b>Beinschlag: Rückholphase (RH) und Schlagphase (SCH)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fersen bis ans Gesäß, zunächst nur Beugung im Kniegelenk</li> <li>– Oberschenkel-Körper-Winkel: 120° oder mehr, Kniestellung etwa hüftbreit</li> <li>– RH im Vergleich zur SCH optimal langsam, Übergang zur SCH ohne Stoppaktion</li> <li>– Fußspitzen zeigen am Ende der RH und während der gesamten SCH nach außen und zum Schienbein – <i>Chaplin-Position</i> (= Pronation und Abduktion und Dorsafflexion), also Kreisbewegung der Fersen (auswärts – rückwärts – abwärts) mit angewinkeltem Fußgelenk</li> <li>– V-Stellung der Unterschenkel (von hinten gesehen)</li> <li>– Kniestellung etwa hüftbreit</li> <li>– späte Streckung der Kniegelenke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kniegelenk und Hüftgelenk werden gleichzeitig gebeugt</li> <li>– RH nicht ausgeprägt</li> <li>– Oberschenkel-Körper-Winkel 90° oder weniger, Kniestellung zu weit</li> <li>– RH überhastet</li> <li>– Übergang zur SCH verzögert</li> <li>– Auswärtsdrehung der Fußgelenke zu früh bzw. zu spät</li> <li>– <i>Chaplin-Position</i> nicht ausgeprägt</li> <li>– Kreisbewegung mit zu großem oder mit zu geringem Radius</li> <li>– zu Beginn der SCH keine V-Stellung der Unterschenkel</li> <li>– Kniestellung zu weit</li> <li>– Beinstreckung zu früh</li> <li>– Abwärtsanteil ausgeprägt</li> </ul>
<b>Zeitliche Kopplung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Armzug und Beinschlag deutlich nacheinander</li> <li>– RH der Beine beginnt mit der RH der Arme</li> <li>– Auswärtsskull beginnt, wenn SCH noch nicht ganz beendet ist („X-Position“)<sup>3</sup></li> <li>– Einatmung gegen Ende des Einwärtsskulls</li> <li>– Vorneigung des Kopfes zu Beginn der RH und Rückneigung des Kopfes nach Beendigung des Einwärtsskulls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beinschlag zu früh</li> <li>– Beinschlag zu spät</li> <li>– Auswärtsskull zu früh</li> <li>– Auswärtsskull zu spät</li> <li>– Einatmung zu früh</li> <li>– Einatmung zu spät</li> </ul>

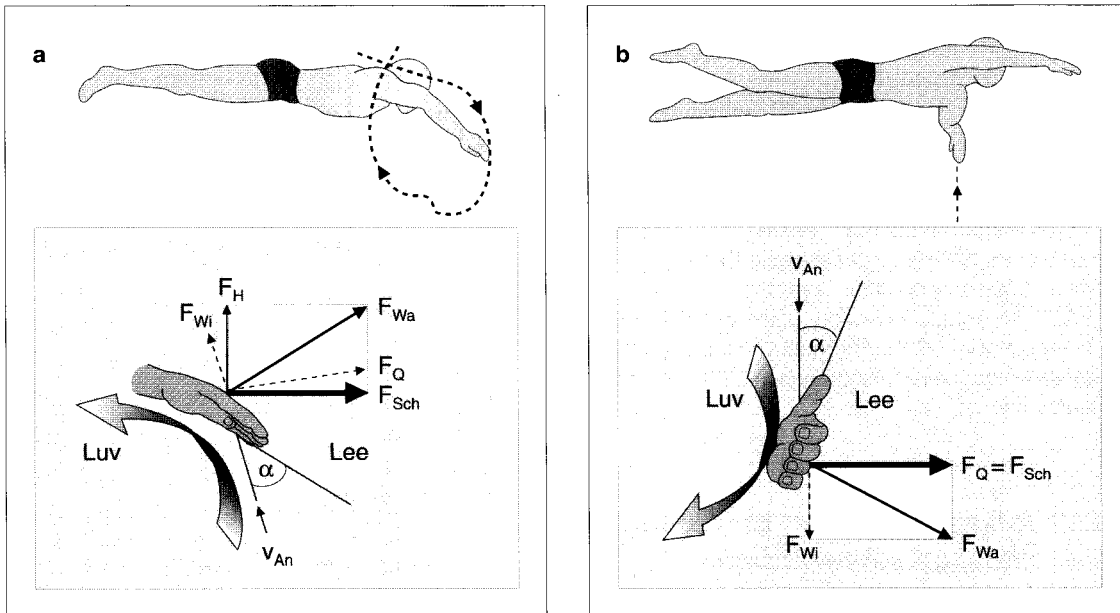


Abb. 6: Strömungskraftkomponenten, die beim Abwärtsschlag (a) und die beim Einwärts- und Aufwärtsschlag (b) wirken.  
 $F_{Wa}$  = Wasserkraftresultierende  
 $F_Q$  = Querkraft (immer von Luv nach Lee gerichtet)  
 $F_{Wi}$  = Widerstand  
 $F_H$  = Hub  
 $F_{Sch}$  = Schub  
 $\alpha$  = Anstellwinkel  
 Luv = der Anströmung zugewandt  
 Lee = von der Anströmung abgewandt  
 $v_{An}$  = Anströmungsgeschwindigkeit.

N. Innere Drehmomentreaktion (KASSAT, 1992, S. 199) im Wasser: Wenn z. B. beim Tauchzug der Oberkörper zum Beckenboden gedreht wird, werden die Beine dem Oberkörper entgegen gedreht – Drehachse ist das Hüftgelenk. Wegen der Drehmomentreaktion und der KSP-Verschiebung in Folge der Bewegung von Körpersegmenten ist die Geschwindigkeitsänderung des Körperschwerpunktes (Abb. 7) beim Brustschwimmen nicht so ausgeprägt wie die Geschwindigkeitsänderung eines Oberflächenpunktes (z. B. Hüftpunkt).

O. Die Wärmekapazität des Wassers ist verglichen mit der von Luft rund 3200-mal größer. Die Wärmeleitfähigkeit ist 25-mal größer als die der Luft. Der Metabolismus reagiert auf diese Bedingungen (Thermoregulation). „Man kann schätzen, dass bei 20 °C die Wärmeabgabe im Wasser rund dreimal größer als in der Luftumgebung ist“ (STEGEMANN, 1991, S. 246).

Die Indifferenztemperatur (> 32 °C und < 35 °C) ist die Umgebungstemperatur, bei der der Körper weder gegen Kälte noch gegen Wärme regulieren muss – im Indifferenzbereich entwickelt

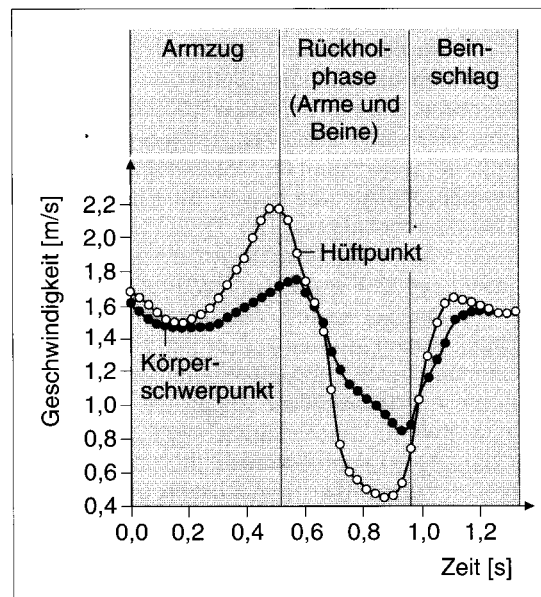


Abb. 7: Geschwindigkeits-Zeit-Kennlinie eines Brustschwimmers (aus MAGLISCHO, 1987).  
 ● = vom Körperschwerpunkt  
 ○ = vom Hüftpunkt.

sich keine Wärme- und Kälteempfindung. Die Indifferenztemperatur in der Luftumgebung beträgt 22–24 °C (Abb. 8).

„Bei einer Bewegungstherapie im Wasser soll eine thermodifferente Behaglichkeitstemperatur vorhanden sein, ... die möglichst wenig an vaso-konstriktorischen Reaktionen in der Körperschale des Patienten bedingt“ (GAMPER, 1995, S. 18). Empfehlung: Für Aquatherapie-Einheiten wird eine Wassertemperatur zwischen 32 °C und 34 °C, für Aquafit-Einheiten, Spiel- und Schwimm-einheiten wird, in Abhängigkeit von der Belastung, eine Wassertemperatur zwischen 26 °C und 30 °C empfohlen.

### 3.1.3 Auswirkungen der Bewegungssituation auf den Körper

Die Bewegungssituation Wasser wirkt sich u. a. auf das Stütz- und Bewegungs-, das Herz-Kreislauf-System und das Atmungssystem aus.

#### 3.1.3.1 Stütz- und Bewegungssystem

- Der Betrag des statischen Auftriebs ist im Wasser, im Vergleich zur Luft, 835-mal höher. Er wirkt zusammen mit der antiparallelen Schwerkraft. Die Balance ist dadurch kontinuierlich gefährdet, d. h. Schwerkraft und statischer Auftrieb provozieren permanent Gleichgewichtsreaktionen.
- Der statische Auftrieb bewirkt eine beträchtliche Schwerkraftentlastung (Tab. 7). „... die Wirbelsäule wird nach ca. 1 Stunde Aufenthaltsdauer im Wasser um 2–4 cm länger“ (WEBER-WITT, 1994, S. 13). Die auf einen vollständig eingetauchten Körper wirkende Restkraft ergibt sich aus der Summe von Gewichtskraft und Auftriebskraft, wobei die Auftriebskraft mit negativem Vorzeichen einzusetzen ist (nach KLAUCK, 1977, S. 194). Bei Bewegungen in den Gelenken müssen allerdings auch im Wasser die durch Muskelkontraktion bedingten Belastungen (u. a. Zug und Druck) berücksichtigt werden.
- Die durch den statischen Auftrieb bedingte Schwerkraftentlastung bewirkt eine Senkung der propriorezeptiven Erregungen (Gelenk-, Muskel-, Sehnenrezeptoren) und bei indifferenter Wassertemperatur eine Tonussenkung der Haltemuskulatur.

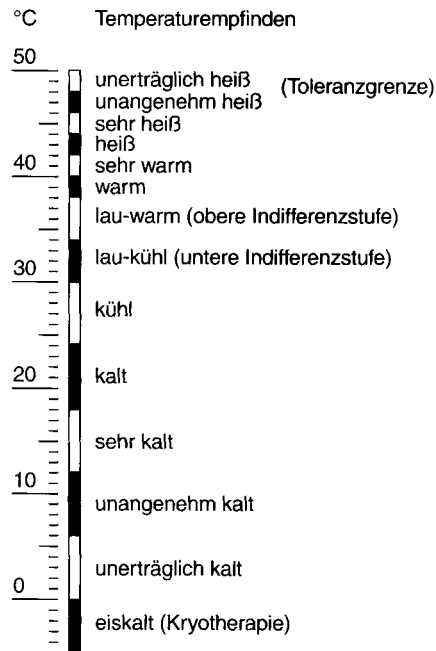


Abb. 8: Die Hydrothermskala gibt die durchschnittlichen thermischen Empfindungen nach kurzer Anpassungszeit der Thermorezeptoren an das veränderte Milieu an (aus CORDES et al., 1989).

latur. „... denn Mechanorezeptoren in den Muskeln, Sehnen und Gelenken sowie Druckrezeptoren in der Haut – vor allem in der Fußsohle – sind für Gewicht, also schwerkraftbedingte Belastung, sensibel“ (WHITE, 1998, S. 38).

- Kaltes Wasser (nach der Hydrothermskala < 24 °C) bedingt eine Erhöhung des Muskeltonus. Warmes Wasser (> 32 °C) bedingt eine Senkung des Muskeltonus.
- Der Wasserwiderstand bewirkt, dass im Wasser eine gegebene Winkelgeschwindigkeit (z. B. bei der Beugung des Ellbogengelenks während einer Aquapower-Übung) nur mit einem höheren Betrag an Muskelkraft, im Vergleich zur Luft, erzielt werden kann. Die kinästhetischen Rückmeldungen für vergleichbare Winkelgeschwindigkeiten – an Land und im Wasser – sind demnach verschieden.

### 3.1.3.2 Herz-Kreislauf-System und Atmung

- Der Energiebedarf beim Schwimmen ist vom Fertigkeiteniveau und selbstverständlich von der Schwimmgeschwindigkeit abhängig (vgl. Abb. 42); die beim Schwimmen erbrachte mechanische Leistung nimmt mit der dritten Potenz der Schwimmgeschwindigkeit zu. Der „... Wirkungsgrad des Schwimmens variiert von 0,5 % bei Ungeübten bis 8 % bei Spitzenschwimmern“ (STEGEMANN, 1991, S. 251).
- Der Brustkorb (Zylindermodell, das 0,5 m hoch ist und einen Radius von 0,2 m hat) wird im schulertiefen Wasser mit etwa 600 N belastet. Die Verringerung des Körperumfanges, bedingt durch den hydrostatischen Druck, beträgt im schulertiefen Wasser 1 cm bis 3,5 cm am Thorax und bis zu 6 cm am Bauch. Der hydrostatische Druck bewirkt, z. B. beim Aquajogging, zusammen mit der temperaturbedingten „Engstellung der Blutgefäße“ (VÖLKER et. al., 1983, S. 26) eine Blutvolumenverschiebung von der Körperperipherie letztendlich hin zur rechten Herzkammer – das Herzschlagvolumen steigt deshalb im Mittel um 20 % (vgl. Kap. 3.1.2, Punkt I). Die Trainingspulsfrequenz ist deshalb um 10–20 Schläge niedriger, im Vergleich zu einer Landbelastung, die mit vergleichbarer mechanischer Leistung vollzogen wird. „Der Wasserdruck auf die Oberfläche der Hautgefäße, vor allen Dingen der unteren Extremitäten, führt zu einer Volumenverschiebung des Blutes in Richtung Thorakalraum in einer Größenordnung von 500–800 ml ... Der Betrag der Frequenzsenkung nimmt sogar mit zunehmender Belastung zu ... Da das Ausmaß der Herzfrequenzsenkung individuell stark variiert, ... ist eine Festlegung der Trainingspulsfrequenz für das Wasser mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet“ (VÖLKER, 1997, S. 31).
- Vermehrte Wärmebildung oder vermehrte Wärmeabgabe wird über Veränderung der Körperschalendurchblutung (Vasodilatation oder Vaso-konstriktion) und über die Veränderung der Intensität des Stoffwechsels reguliert (vgl. Tab. 8).
- „Für herzkreislaufbelastende Gymnastik und Schwimmen ist ein Temperaturbereich von 26–28 °C zu empfehlen. Temperaturen von mehr als 2–4 °C unterhalb dieser Richtwerte führen durch die dann erforderliche verstärkte Wärme-produktion zu einer deutlichen Kreislaufbelas-tung, die den Belastungsspielraum erheblich ein-

schränkt“ (VÖLKER 1984, S. 27). „Aus Gründen der Wärmeregulation steigt die Herzfrequenz im 28–30 °C warmen Wasser gegenüber 26 °C warmen Wasser um 2–6 Schläge. Im warmen Wasser ist die Wärmeabgabe des Körpers erschwert. Im kalten Wasser (< 24 °C) sind die Differenzen sogar noch wesentlich größer. 6–10 Schläge werden mehr gebraucht, um der bei diesen niedrigen Temperaturen drohenden Auskühlung entgegen zu wirken“ (VÖLKER, 1985, S. 20).

- „Die Herzfrequenz sinkt mit steigender Eintauchtiefe. Je mehr Körperteile eingetaucht sind, umso tiefer sinkt die Herzfrequenz“ (VÖLKER, 1985, S. 20).
- Die Einatmung (Volumen des Brustkorbs wird größer) im schulertiefen Wasser erfolgt gegen den hydrostatischen Druck und gegen den Wasserwiderstand. Die Ausatmung (Gesicht im Wasser) erfolgt mit Unterstützung des hydrostatischen Drucks (Volumen des Brustkorbs wird kleiner), die Luft wird gegen den Wasserwiderstand ins Wasser geblasen. Die Einatmung im schulertiefen Wasser ist demnach, im Vergleich zur Einatmung an Land, erschwert.
- Das *Schnorcheltauchen* (nach DE MARÉES, 1979, S. 275–276) beinhaltet folgende Gefahren: Über den Schnorchel ist der Lungeninnenraum des Tauchers mit der Luft an der Wasseroberfläche verbunden. In den Lungen herrscht folglich ein atmosphärischer Druck von 1 bar. Auf der Haut des Tauchenden lastet aber neben dem

Tab. 8: Auswirkungen der Umgebungstemperatur

	Kühle Wasserumgebung < 28 °C	Warme Wasserumgebung > 30 °C
<b>Muskeltonus</b>	Zunahme	Abnahme
<b>Durchblutung der Körperschale</b>	Abnahme	Zunahme (bis um das 4- bis 5fache)
<b>Blutvolumenverschiebung</b>	zum Körperkern hin (Vaso-konstriktion)	zur Körperschale hin (Vaso-dilatation)
<b>Stoffwechselaktivität</b>	Zunahme	Abnahme
<b>Herzfrequenz (sinkt mit Eintauchtiefe)</b>	Zunahme (6–10 Schläge mehr bei < 24 °C	Zunahme (2–6Schläge mehr im Vgl. zu 26 °C

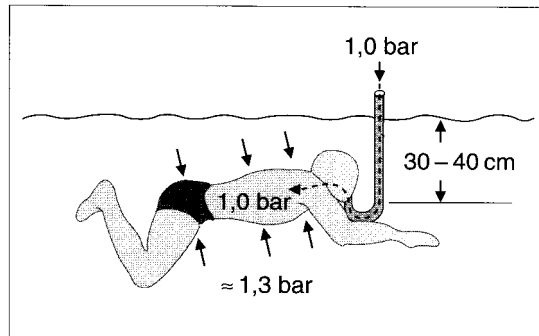


Abb. 9: Gefahren beim Schnorcheltauchen

Luftdruck noch zusätzlich der Druck der Wassersäule, so dass sich bei 35 cm Schnorchellänge ein Wasserdruck von  $\approx 1,034$  bar ergibt. Der relative Unterdruck im Thoraxraum führt dazu, dass Blut in gewissem Umfang aus den Hautgefäßen in die intrathorakalen Kreislaufabschnitte verschoben wird, ohne dass es dadurch zu einer stärkeren Leistungseinschränkung des Kreislaufs kommt. Wird der Schnorchel – im Bestreben tiefer tauchen zu können – verlängert (Abb. 9), so drohen dem Taucher eine Reihe von Gefahren:

1. Mit zunehmender Tauchtiefe muss von der Atemmuskulatur immer mehr Kraft aufgebracht werden, um den Brustkorb gegen den Druck der auf ihm lastenden Wassersäule bei der Einatmung zu erweitern. In 1 m Wassertiefe ist die Atemmuskulatur dazu kaum mehr in der Lage.
2. Außerdem vergrößert sich bei der Verwendung längerer Schnorchel die Druckdifferenz (hydrostatischer Druck) zwischen Körperoberfläche und Lungeninnenraum.
3. Das Luftvolumen im Schnorchel (Länge mal Querschnitt) vergrößert den **Totraum** der Atemwege. Die Vergrößerung des Totraums bei gleichzeitiger Abnahme des maximalen Atemzugvolumens (s. Punkt 1) verringert die Frischluftzufuhr in die Lungenalveolen. Die Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut sinkt und das anfallende  $\text{CO}_2$  kann nicht in ausreichendem Maße abgeatmet werden: Sauerstoffarmut im Gehirn ist die Folge.