

**Landesverband**  
**Westfalen**

**Grundlagen der BIOMECHANIK / sportliche Technik**

**DLRG Landesverband Westfalen**

Stand: 10/04

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>2</b>
<b>Vorwort zur 1. Auflage.....</b>	<b>3</b>
<b>Text der Rahmenrichtlinien.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Grundlagen der Biomechanik.....</b>	<b>5</b>
1.1 Einführung.....	5
1.2 Allgemein gültige Prinzipien.....	8
1.3 Die Biomechanik des Schwimmens.....	10
1.4 Praktische Unterrichtseinheit - Bewegungsexperimente.....	6
1.5 Technikrelevante Rahmenbedingungen.....	17
1.5.1 Allgemeines.....	17
1.5.2 Funktionell-anatomische Bedingungen.....	18
1.5.3 Bezugssysteme.....	23
1.5.4 Bewegungsmuster der Arme und Hände.....	24
1.6 Das Technikkonzept.....	27
1.7 Sportliche Technik.....	30
<b>2. Bewegungssteuerung und motorisches Lernen.....</b>	<b>31</b>
2.1 Die sportliche Bewegung.....	31
2.2 Strukturierung von Bewegungen.....	32
2.3 Funktionsphasengliederung (Informations-/Orientierungs-/Antriebs- und Ausführungsphasen).....	34
2.4 Bewegungsgesetze.....	36
2.5 Bewegungslernen.....	38
<b>3. Körperliche Fähigkeiten und Fertigkeiten (Schnelligkeit, Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit und koordinative Fähigkeiten).....</b>	<b>41</b>
3.1 Motorische Leistungsfähigkeit.....	41
3.2 Biomechanisch-anthropometrische Betrachtungen.....	42
<b>4. Methodische Wege des Erlernens einer sportlichen Technik (Erarbeitung/Durchführung von Übungsreihen).....</b>	<b>43</b>
<b>5. Anlagen.....</b>	<b>47</b>
<b>6. Quellenverzeichnis.....</b>	<b>50</b>

## Vorwort zur 1. Auflage

Diese Handmappe ist ein "erster Versuch", den Ausbildern und Teilnehmern der Ausbildungslehrgänge zum Ausbilder/Prüfer Schwimmen/Rettungsschwimmen in kompakter Form Inhalte und Sachverhalte zum Thema Biomechanik darzulegen.

Diese Handmappe erhebt weder den Anspruch auf Vollständigkeit oder eine umfassende Darstellung der Thematik, noch ersetzt sie einschlägige Literatur.

Die Sachverhalte sind sehr einfach und schematisch dargestellt. Viele Textpassagen wurden in nahezu wörtlichen Zitaten aus einschlägiger Fachliteratur übernommen, ohne jedoch -der besseren Übersicht halber- dieses im Text kenntlich zu machen.

Eine Vielzahl weiterer fachlicher Betrachtungen wurden aus Gründen der didaktischen Reduktion nicht berücksichtigt. Wir hoffen dennoch, dass die vorliegende vereinfachende Darstellungsweise den Kern der biomechanischen Gesetzmäßigkeiten ausreichend berücksichtigt und korrekt darstellt.

Der Experte mag uns diese Sichtweise nachsehen. Der biomechanisch nicht vorgebildete Laie wird sich hoffentlich nicht aufgrund der notwendigen physikalischen Erläuterungen von der Beschäftigung mit dem Thema abhalten lassen. Ist einmal das Grundprinzip verstanden, fällt es leichter, in diese Materie tiefer „abzutauchen“.

Als Hilfe für die Unterrichtsgestaltung sind **methodischen Hinweise** eingefügt sowie **Folienvorlagen** als Anlage beigefügt.

Bei Vorlage dieser Arbeitshilfe sind wir für Anregungen und Hinweise aus dem Kreis der „Anwender“ offen und dürfen uns schon heute für konstruktive Mitarbeit bedanken.

**Nun wünschen wir allen Ausbildern und allen Teilnehmern bei ihren Lehrgängen gutes Gelingen!**

**DLRG Landesverband Westfalen**

Wachtberg, im Oktober 2004,  
für den Arbeitskreis Ausbildung:  
Dr. Barbara Passek

**Alle Rechte der Vervielfältigung und Verbreitung vorbehalten**  
**DLRG Landesverband Westfalen, Köln-Berliner-Str. 49, 44287 Dortmund**

## Text der Rahmenrichtlinien

### Didaktisch-methodische Grundlagen

15 UE

#### Erlernen sportlicher Bewegungen

- **Grundlagen der Biomechanik**

- sportliche Technik
- biomechanische Prinzipien

- **Bewegungssteuerung und motorisches Lernen**

- Zielgrößen sportlicher Bewegungshandlungen  
(Zeit/Distanz-/Treffer und Schwierigkeitsoptimierung)
- Funktionsphasengliederung  
(Informations-/Orientierungs-/Antriebs- und Ausführungsphasen)
- Körperliche Fähigkeiten und Fertigkeiten  
(Schnelligkeit, Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit und koordinative Fähigkeiten)

- **Methodische Wege des Erlernens einer sportlichen Technik**

(Erarbeitung/Durchführung von Übungsreihen)

---

Weiterhin fassen wir die unter dem Themenkomplex  
„Bewegungs- und sportartbezogener Bereich“ aufgelisteten

- **Biomechanischen Aspekte des Schwimmens**

ca. 2 UE

sowie (soweit es die Biomechanik betrifft) auch den Punkt

- **Anatomisch-physiologische Grundlagen des menschlichen Organismus**

dazu.



## 1. Grundlagen der Biomechanik:

### Begriffsdefinition:

Zunächst lässt sich das Wort „Biomechanik“ in zwei –gleichberechtigte- Teile aufteilen:

„Bio“, was so viel heißt wie „Biologisch“ oder „Biologie“ und das dem Wort „Mechanik“ wird im Lexikon wie folgt definiert: „Mechanik [grch.] *die*, der älteste, auch heute noch grundlegende Zweig der Physik, der die Bewegungen materieller Systeme unter dem Einfluss von Kräften untersucht“.

So verstanden erschließt sich die Biomechanik schon etwas leichter. Biomechanik hat somit sowohl mit **Biologie** als auch mit **Physik** zu tun.

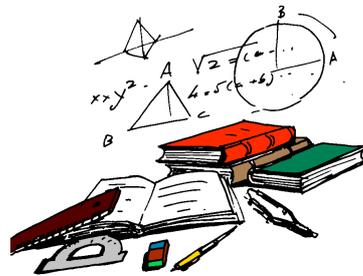
Die Biomechanik ist ein Teilgebiet der Biophysik. Sie untersucht die Strukturen und Funktionen biologischer Systeme und verwendet dabei die Gesetze und Begriffe der Mechanik.

Als Wissenschaftsdisziplin ist sie in der Lage, eine Bewegung in vielfältiger Form zu betrachten. Sie beschränkt sich nicht nur auf die räumlich-zeitliche Beschreibung der Bewegung, sondern gibt auch Hilfestellung bei der Suche nach den Ursachen für das Zustandekommen von Bewegung.

### 1.1 Einführung, Teil 1:

Eine Bewegung kann durch die Biomechanik **theoretisch beschrieben** und evtl. vorher gesagt werden. Sie kann aber auch **experimentell** auf den Einfluß bestimmter Parameter hin untersucht und bewertet werden.

Ziel biomechanischer Messungen im Sport ist es, mechanische Größen am menschlichen Körper und seinen Bewegungen zu bestimmen.



Doch nun weiter, spezieller:

Die Silbe „Bio“ umfasst in der spezifischeren Sichtweise funktionell-anatomische und neuromuskuläre Dinge, der Wortteil „Mechanik“ alle einwirkenden Kräfte.

Speziell auf die Biomechanik des Schwimmens abgezielt, wird im Folgenden berichtet über die am Schwimmer während des Schwimmens wirkenden Kräfte sowie über strömungsmechanische (hydrodynamische) Grundlagen. Auch die funktionell-anatomischen und neuromuskulären Bedingungen müssen beleuchtet werden, deren Kenntnis für das Verstehen der schwimmerischen Bewegungsabläufe erforderlich sind.

Merke:

Welche **Aufgabenfelder** bearbeitet die Biomechanik?

Neben dem menschlichen Körper hat sich die sportliche Bewegung als Arbeitsgebiet der Biomechanik im Sport entwickelt.

Durch ihre Meßmethoden ist die Biomechanik in der Lage viele Fragen, die ein Trainer oder Sportler an die Bewegung stellt, zu beantworten.

Beispiele für diese Fragen sind:

- Wie sieht die Bewegung aus (Bewegungsbeschreibung)?
- Welche Faktoren beeinflussen das Bewegungsziel?
- Gibt es Grundsätze, die auf jede Bewegung angewendet werden können?
- Welche Muskeln sind an der Bewegung beteiligt?
- Wie kann man eine Bewegung optimieren?

Diese letzte Frage ist das Hauptziel der Biomechanik im Sport.

Die Beantwortung dieser Fragen gibt den Sportler und Trainer Hinweise auf eine effektive Gestaltung des Trainings. Das Techniktraining kann techniknaher gestaltet werden, technische Fehler können erkannt und beseitigt werden und die persönliche Technik kann optimiert werden. Beim Krafttraining können die bei der Bewegung tatsächlich eingesetzten Muskeln gezielt trainiert werden und Überlastungsschäden vermieden werden.

## Einführung, Teil 2:

Der Erwerb bewegungstechnischer Kenntnisse und das Begreifen biomechanischer Zusammenhänge kann u.a. über das „praktische Lernen“ erfolgen. Die Neugier hierauf kann durch selbst gemachte Erfahrungen geweckt werden.

Der Zugang zur Biomechanik kann für Trainer, Ausbilder und Schwimmschüler über

- die sportpraktische Demonstration,
- das sportpraktische „Experimentieren“ und
- die sportpraktische Erfahrung erfolgen.

Dieser Zugang hilft, dass die Beziehungen zwischen Biomechanik und Sportpraxis einsichtiger werden. Es erleichtert und vertieft außerdem das Verständnis der biomechanischen Zusammenhänge.

### **Methodische Hinweise:**

Zum Einstieg bietet sich zunächst ein kleines Experiment an sowie daran anschließend das Durchsprechen mehrerer Beobachtungsbeispiele:

#### 1. Das Experiment:

Zwei DIN-A4 Papierblätter werden im Abstand von etwa 3 cm hängend nebeneinander gehalten. Eine zweite Person bläst mit einem Fön in den Spalt.

Was beobachten wir?

Die Blätter schlagen zusammen.

## 2. Beobachtungsbeispiele:

Zwei weitere „Experimente“, die wir nicht (jedenfalls nicht so leicht) in die Praxis umsetzen können:

a.)

An einem See schleudern wir einen flachen Stein waagrecht zur Wasseroberfläche.

Was beobachten wir?

Der Stein hüpfte über die Wasseroberfläche hinweg, die Sprünge werden dabei immer kürzer und flacher.

b.)

Nachfolgendes Experiment wurde von einem Erfinder vor mehr als 100 Jahren durchgeführt:

Zur damaligen Zeit fuhren Raddampfer auf den Flüssen, die Ladung aber auch Personen von Stadt zu Stadt beförderten. Der Erfinder überlegte nun, dass diese Raddampfer nicht wirkungsvoll genug arbeiteten. Die Kraft des großen Schaufelrades wurde in seinen Augen nur ungünstig angewendet, weil die Schaufeln das Wasser nicht während ihrer gesamten Unterwasserzeit direkt nach hinten drückten.

Seiner Ansicht nach wirkungsvoll war nur eine Konstruktion, in der Schaufelblätter in einer Serie hintereinander angeordnet waren, wie bei einem Raupenfahrzeug. Dadurch, dass hierbei das Wasser über eine große Wegstrecke direkt nach hinten geschoben wurde, glaubte er, würde das Schiff im Gesamtergebnis viel schneller.

Als dann der Tag kam, in dem seine Erfindung gegen einen Raddampfer um die Wette fuhr, blieb seine schaufelketten-betriebenes Schiff nahezu auf der Stelle stehen – ein Fiasko für ihn und seine Geldgeber.

Warum?

c.)

Die Drehrichtung einer Schiffsschraube verläuft quer zur Fahrtrichtung, warum?

d.)

Wir können mit einem Segelboot „vor dem Wind“ segeln, d.h. der Wind bläst direkt von hinten. Wir können aber auch „am Wind“ oder „raumschot“ segeln, d.h. die Segel werden von der Seite angeströmt.

Beim Segeln unterscheidet man daher „Antrieb durch Abbremsung“ bzw. durch Widerstand („vor dem Wind“) bzw. Segeln im Auftriebsbereich („am Wind“ bis „raumschots“).

*Nachfolgend die Lösungen zu b.) und c.) – bitte erst nach eigenen Überlegungen zu Rate ziehen.*

*Lösung zum Experiment b.) – der Erfinder:*

Der Erfinder hat nachfolgenden Grundsatz verletzt: von Wasser, was in Bewegung ist, kann man sich nicht mehr wirkungsvoll abdrücken.

Das vom Erfinder erbaute Schiff schob mit seiner Schaufelkette nur eine kleine Menge Wasser über eine große Strecke. Von dem so nach hinten in Bewegung gesetzte Wasser konnte sich die Schaufel nicht mehr abdrücken. Sollen die Schaufeln Antrieb bewirken, so müssen sie sich gegen stehendes Wasser oder von Wasser abdrücken, das in entgegengesetzter Richtung fließt.

*Lösung zum Experiment c.) – die Schiffsschraube:*

Die Schiffsschraube oder auch der Flugzeugpropeller schiebt niemals Wasser oder Luft direkt nach hinten, sondern schraubt sich in stehenden Wasser oder stehender Luft nach vorn. Bei jeder Umdrehung wird stehendes Wasser bzw. Luft erfasst, die noch nicht nach hinten in Bewegung gesetzt wurde. Von daher arbeitet die Schiffsschraube oder auch der Propeller so effektiv.

## 1.2 Allgemein gültige Prinzipien

Unter den biomechanischen Prinzipien versteht man „übergreifende, verallgemeinernde Kriterien“, mit denen das rationale Ausnutzen mechanischer Gesetze bei sportlichen Bewegungen erklärt werden kann.

Es können fünf Prinzipien unterschieden werden:

### 1. Prinzip des optimalen Bewegungsweges

Es besagt, dass der Beschleunigungsweg einer Masse (diese Masse kann auch der menschliche Körper sein) möglichst gradlinig oder stetig gekrümmt und nicht wellenförmig sein soll.



### 2. Prinzip der Anfangskraft

Soll für eine zu beschleunigende Masse eine hohe Endgeschwindigkeit in einer vorgegebenen Richtung erreicht werden, ist es günstig, wenn die Bewegung in die Zielrichtung mit einer bestimmten Kraft begonnen wird (siehe das Beispiel „Startsprung“).

### 3. Prinzip der Koordination von Teilimpulsen

Bei diesem Prinzip geht es bei Beschleunigungsbewegungen mit dem Ziel hoher Endgeschwindigkeit zum einen um die zeitliche Aneinanderreihung (Koordination) von Teilimpulsen aus den aufgrund von Muskelschlingen zusammenhängenden Körperteilen bei Bein – Rumpf – Schulter – Arme und zum anderen um die räumlich gerichtete Aneinanderreihung der Teilimpulse.

### 4. Prinzip der Gegenwirkung

Es beruht auf dem bekannten 3. Newton'schen Gesetz „ $actio = reactio$ “:

jede auf einem festen Untergrund einwirkende Kraft zieht eine Reaktionskraft nach und bei einem frei bewegten System bewirkt jede Drehbewegung eines Körperteils in eine Richtung eine Drehbewegung eines anderen Körperteils in eine andere Richtung.

#### *Aufgabe:*

Ein Junge versucht aus einem freischwimmenden Ruderboot ans Ufer zu springen. Das Boot wird vom Ufer weggestoßen und der Junge fällt ins Wasser.

Aus einem festgebundenen Boot kommt er dagegen trocken ans Ufer.  
Warum?

### 5. Prinzip der Impulserhaltung

Der Impuls eines Körpers ist eine Erhaltungsgröße, d.h. er ist konstant über die Zeit, solange keine äußeren Wirkungen vorhanden sind.

Zur vollständigen Beschreibung einer Bewegung sind zwei Angaben notwendig:

- a.) das Bezugssystem (Koordinatensystem), in dem die Bewegung beschrieben wird (**räumliche Komponente**)
- b.) die Körperkoordinate in diesem Bezugssystem zu jedem Zeitpunkt (**zeitliche Komponente**)

Die räumliche Komponente:

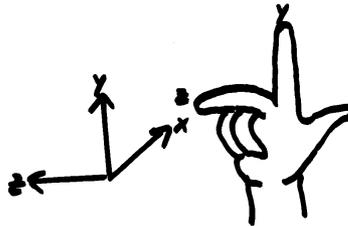
Zunächst wird ein beliebiger Raumpunkt als Ursprung gewählt. Durch diesen Punkt werden dann drei aufeinander senkrecht stehende Gerade gelegt. Die Koordinatenachsen bezeichnet man zumeist als x-, y- und z-Achse. Jeweils zwei dieser Achsen spannen die Koordinatenebenen im Raum auf. Der Ursprung teilt die Achsen in einen positiven und einen negativen Abschnitt.

Gelingt es, mit Daumen (x-Achse), Zeigefinger (y-Achse) und Mittelfinger (z-Achse) der rechten Hand, dieses System „nachzubauen“, so liegt ein rechtsdrehendes Koordinatensystem vor.

Die genaue Festlegung eines solchen Koordinatensystems ist erforderlich, um

- eine Bewegung relativ zu diesem Koordinatensystem zu beschreiben und
- um Rechnungen durchführen zu können, deren Grundlage die Änderung der Körperkoordinaten in diesem Koordinatensystem sind.

Die Lage eines Massenpunktes in diesem System kann eindeutig durch die Angabe von drei Koordinaten angegeben werden.



Die zeitliche Komponente:

Bewegung ist nur dann als Bewegung identifizierbar, wenn die Körperkoordinaten sich mit dem zeitlichen Ablauf verändern.

Das bedeutet, dass eine Zeitmessung zur Bewegungsbeschreibung notwendig ist. Diese Zeitmessung kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt beginnen.

Während der Beschreibung des Bewegungsablaufes dürfen weder dieser beliebig gewählte Zeitpunkt noch das Bezugssystem der Koordinaten verändert oder gewechselt werden.

Merke:

1.  
Als Bewegung bezeichnet man die Veränderung der Koordinaten eines Körpers im Laufe der Zeit in einem beliebig gewählten, dann aber festen Bezugssystem.
2.  
Um eine Bewegung zu analysieren, benötigt man ein **Bezugssystem** und eine **Zeitinformation**.

Wie wählt man nun das Bezugssystem?

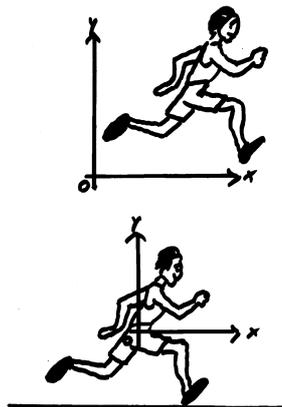
Zur Beschreibung einer Bewegung kann die Lage des Koordinatensystems beliebig gewählt werden. Die Beantwortung bestimmter Fragestellungen wird jedoch erleichtert, wenn der Ursprung des Koordinatensystems günstig gelegt wird. Hierzu zwei Beispiele:

A.

Aus der Bewegungsbeschreibung der Brustschwimmtechnik möchte man die Länge eines vollständigen Zuges bestimmen können. Hierfür ist es sinnvoll, das Bezugssystem so zu legen, dass eine Achse (beispielsweise die x-Achse) parallel zur Schwimmebene liegt. Durch die Differenz der x-Koordinate einer Hand beim Eintauchen in das Wasser mit der x-Koordinate beim Eintauchzeitpunkt dieser Hand zum nächsten Zug ist die Zuglänge bestimmt.

B.

Aus der Bewegungsbeschreibung der Brustschwimmtechnik soll der Bewegungsumfang der rechten Hand während eines Zuges bestimmt werden. Hierfür ist es günstig, den Ursprung des Koordinatensystems in den Körperschwerpunkt (siehe unten) und eine Achse (beispielsweise die x-Achse) parallel zur Schwimmebene zu legen. Der Bewegungsumfang ist dann durch die Differenz der größten mit der kleinsten x-Koordinate der rechten Hand bestimmt.



*Abb. oben: Lage des Koordinatennullpunktes bei einem ortsfesten Koordinatensystem*

*Abb. unten: Lage des Koordinatennullpunktes bei einem körperfesten Koordinatensystem*

### 1.3 Die Biomechanik des Schwimmens

Bevor wir nun etwas tiefer in die Biomechanik des Schwimmens „hinabtauchen“, sollten wir einige physikalische Eigenschaften des Wassers kurz wiederholen.

Beim Aufenthalt im Wasser wirken

- die Schwerkraft und
- die statische Auftriebskraft.

Beim Bewegen im Wasser wirken noch zusätzlich

- der Strömungswiderstand
- der hydrodynamische Auftrieb und
- die Trägheitskraft.

Die Wirkungen dieser Kräfte bzw. die Wirkung des hydrostatischen Druckes werden von den Schwimmern deutlich erlebt, **da die Dichte des Wassers etwa 800 mal größer ist als die Dichte der Luft.**

Die Wirkungen dieser Kräfte müssen daher beim Lehren und Trainieren berücksichtigt, bewältigt und ausgenützt werden.

Hierzu einige Beispiele:

- die Körperlage im Wasser (ohne Vortrieb durch Schwimmbewegungen) wird u.a. von der Lage der Angriffspunkte des statischen Auftriebs und der Schwerkraft bestimmt
- bei der Ein- und Ausatmung muss der hydrostatische Druck überwunden werden
- bei der Gestaltung der Schwimmbewegungen (auch der Handstellungen) müssen Richtung und Betrag des Strömungswiderstandes und des dynamischen Auftriebes berücksichtigt werden

Greifen wir uns den hydrostatischen Auftrieb sowie die Verschiebung der Massenmittelpunkte heraus.

#### Zum **hydrostatischen Auftrieb**

Beim Aufenthalt im Wasser wirken zwei Kräfte am Schwimmer:

- Schwerkraft = Gewichtskraft
- statischer Auftrieb

Die Schwerkraftresultierende ist dabei nach unten gerichtet, die resultierende statische Auftriebskraft nach oben. Es handelt sich dabei um ein Kräftepaar (antiparallele Kräfte).

↑ **statischer Auftrieb**

↓ **Schwerkraft**

Die auf den ganzen oder teilweise eingetauchten Körper wirkende Auftriebskraft entspricht der Gewichtskraft des vom eingetauchten Körper verdrängten Wasservolumens und ist gegen die Schwerkraft gerichtet, der eingetauchte Körper wird demnach scheinbar leichter. Es gilt das Prinzip des **Archimedes**:

**Der scheinbare Gewichtsverlust entspricht der Gewichtskraft des verdrängten Wasservolumens.**

Der Körper sinkt demnach nur so weit, bis das Gewicht des von ihm verdrängten Wasservolumens gleich seinem eigenen Gewicht ist. Je nachdem, ob der Auftrieb kleiner, gleich oder größer als die Gewichtskraft ist,

- sinkt
- schwebt oder
- steigt (schwimmt) der Körper.

Die Resultierende der am Körper angreifenden statischen Auftriebskräfte wirkt am **Volumenmittelpunkt** (VM) der verdrängten Wassermassen, die Schwerkraftresultierende greift dagegen am **Körperschwerpunkt** (KSP) an.

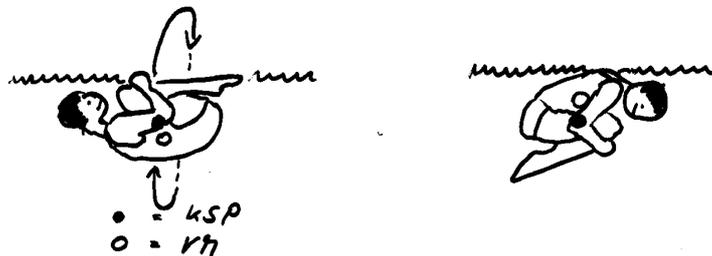


Abb.: links: der Gleichgewichtszustand ist labil; rechts: Gleichgewichtszustand ist stabil

Der Volumenmittelpunkt liegt bei den meisten Menschen kopfwärts vom Körperschwerpunkt. Das Kräftepaar (Schwerkraft und statischer Auftrieb) bewirkt ein Drehmoment, das von der Länge des Hebelarms (Abstand des Volumenmittelpunktes vom Körperschwerpunkt) und dem Betrag der Schwerkraft (Körpergewicht) abhängt. Die Drehachse geht dabei durch den Volumenmittelpunkt.

Die Positionen des Körperschwerpunktes und des Volumenmittelpunktes können durch

- Veränderung der Körperlage,
- Teilkörperbewegungen sowie
- Ein- bzw. Ausatmung

verändert werden.

Die Verschiebung der beiden Angriffspunkte gegeneinander beeinflusst den Gleichgewichtszustand, es können Rotationen um die Körperachsen verhindert oder ausgelöst werden:

a.) Drehung um die Breitenachse

Der Körperschwerpunkt liegt meist fußwärts vom Volumenmittelpunkt. Bei horizontaler Lage sinken die Beine ab. Das Gleichgewicht eines Schwimmers in Vertikalposition und Kopf oben ist stabil. Im Handstand liegt der Körperschwerpunkt meistens über dem Volumenmittelpunkt, der Gleichgewichtszustand ist labil.

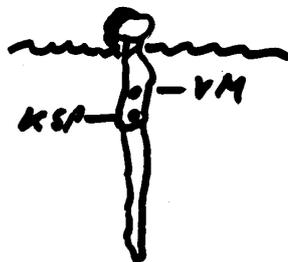


Abb.: Der Körper befindet sich in einem stabilen Gleichgewichtszustand – der Körperschwerpunkt liegt unterhalb des Volumenmittelpunktes

- b.) Horizontal- und Vertikalverschiebungen durch Bewegungen, bei denen Körperteile aus dem Wasser in die Luft verlagert werden

Die Körperteile verändern ihre Position relativ zum Restkörper: einzelne Körperteile wie Arme, Beine, Kopf werden aus dem Wasser gehoben. Die Ausgangsposition hierfür ist beispielsweise die horizontale Körperlage. Am Ende dieser Körperteilbewegungen liegt der Körperschwerpunkt über dem Volumenmittelpunkt.

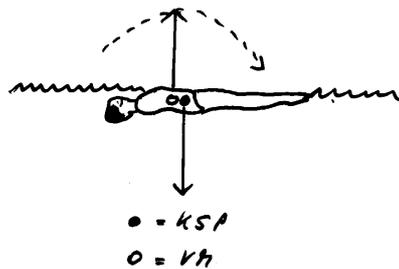


Abb.: Der Körper befindet sich in einem labilen Gleichgewichtszustand – der Körperschwerpunkt liegt über oder auf gleicher Höhe des Volumenmittelpunktes (=Drehpunkt)

Diese Verschiebung bedingt einen **labilen Gleichgewichtszustand**. Weiterhin nimmt die statische Auftriebskraft ab und das Zusatzgewicht zu.

Der Verschiebungsweg des Körperschwerpunktes und des Volumenmittelpunktes ist dabei unterschiedlich weit. Der Körperschwerpunkt wird immer etwas weiter verschoben, da die Dichte der verlagerten Körpermasse (Arm, Bein, ...) größer ist als die Dichte der verlagerten Wassermasse.

- c.) Horizontalverschiebung durch Ein- oder Ausatmung

Bei der Einatmung wird der Körperschwerpunkt weiter kopfwärts verschoben als der Volumenmittelpunkt, der Betrag des wirkenden Drehmomentes wird kleiner, d.h. die Beine sinken ab.

Die der Ausatmung wird der Körperschwerpunkt stärker als der Volumenmittelpunkt fußwärts geschoben, der Betrag des wirkenden Drehmoments wird größer.

- d.) Horizontalverschiebung (und Vertikalverschiebung) durch Körperteilbewegungen im Wasser

Wird die Lage der Arme oder die Lage der Beine oder die Lage anderer Körperteile verändert, dann verändert sich die Position des der Körperschwerpunktes in Richtung der Arm- bzw. Beinbewegung stärker als die Position des Volumenmittelpunktes, denn es werden Volumina mit verschiedenen dichten Massen verschoben. Die Dichte der Körperteile ist größer als die Dichte des Wassers.

Beispiele aus der Praxis, die die oben angesprochenen Sachverhalte verdeutlichen können.

**Methodische Hinweise:**

Die Beispiele können zunächst als Aufgaben verteilt (zuvor hierfür Aufgabenzettel kopieren, siehe Anlage 1) von 3 Kleingruppen erarbeitet werden und dann anschließend die gefundenen Lösungen gemeinsam mit der gesamten Gruppe diskutiert werden.

Werden gleiche Lösungen gefunden? Ggf. Gründe suchen / suchen lassen, warum Abweichungen vorliegen.

A. Anfängerschwimmen:

Aufgabenstellung  
 Welche Kräfte wirken?  
 Wo setzen diese Kräfte an?

Bälle unter Wasser drücken	
Quallenposition	
Gleiten und Schweben (im Bauch und Rückenlage) - alle Körperteile unter Wasser - Gesicht im Wasser (Bauchlage) Kopf auf dem Wasser (Rückenlage)	
Warum muss man beim Einsatz von Bewegungshilfen darauf achten, dass keine störenden Drehbewegungen um die Breiten- oder Längsachse auftreten?	

*Lösungshinweis: an Auftriebskraft denken!*

B. Schwimmtraining

Aufgabenstellung  
 Welche Kräfte wirken?  
 Wo setzen diese Kräfte an?

1.

auf den Beckenboden legen	
nur durch Ausatmen absinken	
Schwimmbretter oder pull-buoys zum Beckenboden transportieren	
kopfwärtiges Abtauchen wird unterstützt, wenn die Beine schnell aus dem Wasser gehoben werden	

*Lösungshinweis: an Auftriebskraft denken!*

2.

Beine sinken in Rücken- und Bauchlage ab	
Beine treiben mit pull-buoy-Unterstützung auf	

*Lösungshinweis: an Gleichgewichtszustände denken*

Die biomechanische Theorie liefert Vorgaben, um beobachtete Bewegungsabläufe interpretieren zu können. Die Erklärung beobachteter Bewegungsabläufe und die Diskussion beobachteter Technikvarianten sind ohne die Kenntnis der theoretischen Rahmenbedingungen nicht möglich. Theoretisch interpretierte, somit verstandene Bewegungsabläufe tragen dazu bei, dass die Bewegungen selbstbewußter gelehrt und mit mehr Zutrauen gelernt werden.

**Begriffsdefinitionen:**

Die Vereinheitlichung der Bezeichnungen für Körperebenen, Körperpunkte und Bewegungsrichtungen und die Festlegung der Bezugssysteme ist hilfreich für die Bewegungsbeschreibung und Bewegungserklärung. Ortsveränderungen des Schwimmers bzw. seiner Körperteile können dann mit Hilfe der definierten Ebenen, Punkte, Achsen, Richtungen und Bezugssysteme eindeutig beschrieben werden.

Im folgenden nun einige wesentliche „Vokabeln“:

**Körperebenen:**

Frontalebene	teilt den Körper in eine vordere und eine hintere Hälfte (im Stand) sie liegt für den Schwimmer (Bauch- oder Rückenlage) parallel zur Wasseroberfläche
Sagittalebene	teilt den Körper in eine linke und rechte Hälfte (im Stand) sie liegt für den Schwimmer (Bauch- oder Rückenlage) parallel zur zeitlichen Beckenwand
Transversalebene (Horizontalebene)	teilt den Körper in eine obere und untere Hälfte (im Stand) sie liegt für den Schwimmer (Bauch- oder Rückenlage) parallel zur Start- bzw. Wendewand

**Körperachsen:**

Breitenachse	Salto vorwärts bedeutet eine Drehung um die Breitenachse
Tiefenachse	Salto seitwärts bedeutet eine Drehung um die Tiefenachse
Längsachse	Rollbewegungen beim Kraul bedeutet eine Drehung um die Längsachse

**Richtungsbezeichnungen:**

nach kranial	kopfwärts
nach kaudal	fußwärts
nach ventral	bauchwärts
nach dorsal	rückwärts

nach proximal	zum Gelenk hin
nach distal	vom Gelenk weg
Supination (Einwärtskantung)	Handfläche („Suppe essen“) bzw. Fußfläche nach innen drehen
Pronation (Auswärtskantung)	Handfläche („Brot schneiden“) bzw. Fußfläche nach außen drehen
Dorsalflexion (Hebung)	Hand- und Fußhebung: Handbewegung zum Unterarm bzw. Fußbewegung zum Schienbein hin
Plantarflexion (Senkung)	Hand- und Fußsenkung: Fußbewegung vom Schienbein weg
Adduktion (Heranführen)	zur Körpermitte hin
Abduktion (Abspreizen)	von der Körpermitte weg

**Methodische Hinweise:**

Zur „Auflockerung“ des obigen Theorieblockes oder aber auch zum Abschluss obiger Theorie empfiehlt sich eine Praxiseinheit von ca. 45 Min Wasserzeit und 45 Min. theoretischer Nachbereitung einschließlich geführter Diskussion:

**1.4 Praktische Unterrichtseinheit - Bewegungsexperimente**

Da alle Theorie grau ist und (oft) bleibt, sollte nach einer kurzen Einführung in die Biomechanik (wie oben dargelegt) eine praktische Unterrichtseinheit folgen.

Hierfür bilden die Lehrgangsteilnehmer Kleingruppen (2 – 3 Teilnehmer) und erhalten nachfolgende Aufgabenstellung, die sowohl zunächst praktisch im Wasser und anschließend auch theoretisch zu erarbeiten ist. Die Ergebnisse dieser Experimente werden danach von den Teilnehmern so umfassend wie zu diesem Zeitpunkt des Lernens möglich ist, dargestellt.

**Hinweis:**

Interessant ist es immer dann, wenn ein Thema zweimal vergeben wird.

Hierbei kann es zu unterschiedlicher Darstellung der Ergebnisse des jeweiligen Bewegungsexperimentes kommen.

Wenn solch eine Unterrichtssituation vorliegt, sollten die beiden Ergebnisse miteinander verglichen werden, auf Plausibilität geprüft letztendlich das „richtige“ Ergebnis herausgestellt werden.

Dies kann insgesamt zu belebenden Gruppendiskussionen und damit zu aktivem Unterricht führen.

Aufgabenkatalog:

Bewegungsexperiment	Fragestellung/Aufgabe						
In der „Quallenposition“ schweben und anschließend ausatmen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen?						
Zwei senkrecht stehende Schwimmbretter erst zur Hälfte, dann vollständig unter Wasser drücken.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen? Erforderlichen Kraftaufwand abschätzen.						
Im schulertiefem Wasser auf einen, zwei, drei, ..... Schwimmbrettern stehen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen? Erforderlichen Kraftaufwand abschätzen.						
Senkrecht gestelltes Schwimmbrett im Wasser schieben und ziehen (halb bzw. vollständig eingetaucht, langsam und schnell)	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen? Erforderlichen Kraftaufwand mit den Zahlen 1,2,3 und 4 einschätzen und zuordnen:  <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">angeströmte Fläche klein</td> <td style="padding: 2px;">angeströmte Fläche groß</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">langsam</td> <td style="padding: 2px;">langsam</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">schnell</td> <td style="padding: 2px;">schnell</td> </tr> </table>	angeströmte Fläche klein	angeströmte Fläche groß	langsam	langsam	schnell	schnell
angeströmte Fläche klein	angeströmte Fläche groß						
langsam	langsam						
schnell	schnell						
Senkrecht im Wasser schweben (voll eingeatmet) und beide Arme langsam aus dem Wasser nehmen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen?						
Im bauchtiefen Wasser stehen und die Hand (Fingerspitzen zeigen zum Boden) eine kurze Strecke durchs Wasser ziehen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Welche Beobachtungen werden am Handrücken gemacht? Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen?						
Paddeln (Hände an der Hüfte) in Rückenlage, Handrücken einmal fußwärts und einmal kopfwärts ausrichten (langsam und schnell paddeln); linker Handrücken fußwärts und rechter Handrücken kopfwärts (in Hockschwebe)	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Beide Bewegungsrichtungen des Körpers und die Handstellungen vergleichen.						

## 1.5 Technikrelevante Rahmenbedingungen

### 1.5.1 Allgemein

Bewegungsabläufe können effizient gestaltet werden, wenn bei der Formulierung der Ausführungsbestimmungen

- die internen Bedingungen (muskelmechanische, neuromuskuläre und funktionell-anatomische Bedingungen) und
- die externen Bedingungen (antreibende Wasserkraft und hemmender Wasserwiderstand)

berücksichtigt werden.

Die **Muskelkontraktionen** sind die Ursachen für Aktionen (z.B. Arm- und Beinbewegungen), bedingen ihrerseits äußere Reaktionskräfte und damit den „Abstoß vom Wasser“.

Die Geschwindigkeit beispielsweise des Armes hängt während der Zug-Druck-Phase von nachfolgenden Bedingungen ab:

- von der Hebellänge der Last- und Kraftarme, die durch die Teilkörperkonfigurationen (Arm gebeugt oder getreckt) Teilkörperpositionen (Arm- / Oberkörperwinkel) und vom Ort der Sehnenansätze bestimmt werden. Bei Gelenkwinkeländerungen während der Zug-Druck-Phase verkürzen oder verlängern sich so die Kraft- und Lastarme:

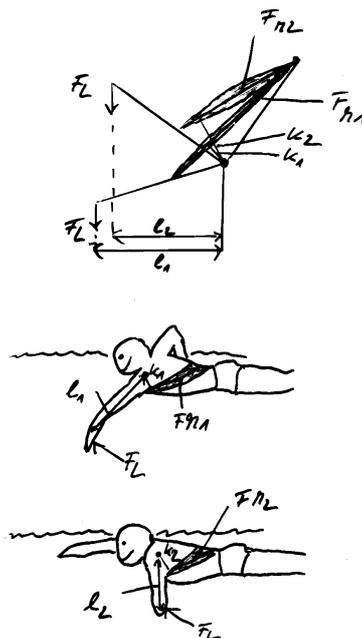


Abb.: Mit zunehmender Beugung wird der Kraftarm zunächst immer länger  $k_2 \rightarrow k_1$  und der Lastarm immer kürzer  $l_1 \rightarrow l_2$ . Der erforderliche Kraftbetrag ( $F_M$ ) um die gegebene Last zu bewältigen wird geringer.

Der Kraftarm  $k_2$  ist beim unteren Schwimmer länger als beim oberen Schwimmer. Weiterhin wird durch die Beugung des Arm der Lastarm  $l_2$  kürzer.

- von der **Kontraktionskraft** der wirkenden Muskeln / Muskelgruppen bei gegebenem Gelenkwinkel. Die Kontraktionskraft hängt ihrerseits von der Kontraktionsgeschwindigkeit und der Vordehnung der wirkenden Muskeln ab.

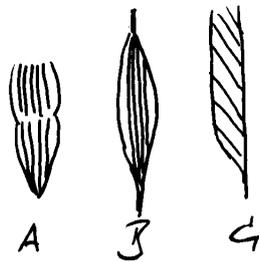
### 1.5.2 Funktionell-anatomische Bedingungen / Betrachtungsweisen für sportliche Bewegungen

Wegen der Bedeutung werden in der Regel die funktionell-anatomischen Betrachtungen neben die biomechanischen Aspekte gestellt. Im Grunde sind jedoch beide Betrachtungsweisen inhaltlich nicht zu trennen. Die Feststellung der Muskeltätigkeit ist ein Arbeitsbereich der Biomechanik und andersherum spielen innerhalb einer funktionellen Muskelanatomie biomechanische Aspekte (beispielsweise Kraft- und Lastarmverhältnisse) eine große Rolle.

Jede sportliche Bewegung ist eine muskuläre Ganzheitsleistung, da jeder Muskel innerhalb seiner momentanen Muskelfunktionsschlinge gesehen werden muss. Jeder Muskel ruft bei seiner Beeinträchtigung als Glied der Muskelschlinge Störungen innerhalb der ganzen Funktionsschlinge und damit im Bewegungsablauf hervor. Die Aufgabe von Muskeln ist nicht ständig ein- und dieselbe, sondern ist abhängig von der jeweiligen Funktion, der Einbettung in die **Muskelschlinge**. Muskelform und Muskelaufgabe beeinflussen sich gegenseitig.

Im Folgenden somit ein wenig über einige „Materialeigenschaften“ von Muskeln:

Nach Art der Faseranordnung im Muskel werden **parallelfasrige** (=ungefederte) und **gefiederte Muskeln** unterschieden. Letztere können weiter untergliedert werden in einfach, doppelt und komplex gefiedert.



*Abb.: Formen und Beispiele für Muskelfaseranordnungen*

*A = parallelfasrig (gerade Bauchmuskulatur), B = spindelförmig (Bizeps), C = einfach gefiedert (kurzer Wadenmuskel)*

Unter dem **Fiederungswinkel** versteht man den Winkel, unter dem die Muskelfasern in das Sehnenblatt der Knochen einlaufen. Der Fiederungswinkel hat Einfluss auf die Hubhöhe (=Verkürzungslänge) eines Muskels. Die Hubhöhe ist der Länge der Einzelfasern proportional.

Dies wird deutlich, wenn parallelfasrige und spindelförmige (=nahezu parallelfasrige) Muskeln sich stark, die gefiederten sich wenig oder kaum verkürzen. Die Bewegungsausschläge, die parallelfasrige Muskeln erzeugen, sind groß (großer Hub) und finden sich überall dort, wo große Bewegungsausschläge und schnelle Bewegungen auszuführen sind, wie beispielsweise der Bizeps am Oberarm oder der äußere Oberschenkelmuskel.

Der Fiederungswinkel hat auch Einfluß auf die Kraftentwicklung. Hierfür sind die Zahl und die Querschnittsfläche aller Einzelfasern entscheidend. Bei einem großen Fiederungswinkel können im Vergleich zu einer parallelfasrigen Struktur viele, wenn auch nur kurze Fasern an der Ansatzfläche angreifen (physiologischer Querschnitt). Die Bruttomuskelzugkraft ist somit groß. Großwinkliger und doppelt gefiederte Muskeln können so trotz ihres unauffälligen Volumens besonders große Kräfte entwickeln. Derartig gebaute Muskeln finden sich im Körper dort, wo Haltearbeit (Stabilisierung der Gelenke) aufzubringen ist. Beispiele für Haltemuskeln sind der Deltamuskel (m. deltoideus) und der Schollenmuskel (m. soleus).

Aus der Betrachtung von Muskelfiederung und physiologischem Querschnitt ergibt sich somit:

- parallelfasrige und kleinwinklig gefiederte Muskeln sind die **Bewegungsmuskeln** (Schnelligkeitsmuskeln)
- großwinklig und vor allem doppelt gefiederte Muskeln sind die **Haltemuskeln** (Kraftmuskeln)

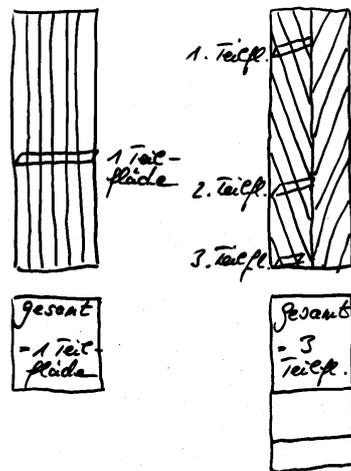


Abb.: Unterschiedliche Kraftentwicklungsmöglichkeiten an verschiedenen Muskelformen  
links: Gesamtfläche = 1. Teilfläche  
rechts: Gesamtfläche = Teilfläche 1 + Teilfläche 2 + Teilfläche 3

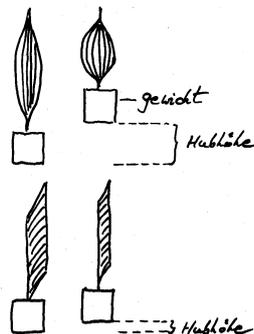


Abb.: Hubhöhe eines Muskels in Abhängigkeit von der Fiederung bei gleicher Ausgangslänge

Konsequenzen für die Praxis:

- Bei der Auswahl von Trainingsübungen muss mit überlegt werden, ob Schnelligkeits- oder Kraftleister geschult werden müssen, je nachdem wie die Bewegung es erfordert. Falsches Training kann die erstrebte Wirkung unter Umständen gar nicht zustande kommen lassen.
- Beim Muskelkrafttraining mit dem Ziel des **Muskelaufbaus (Hypertrophie)** sollte man wissen, dass die Hypertrophiewirkung auf die unterschiedlichen Fiederungstypen nicht gleich ist. Die Kraftmuskeln lassen sich besser verdicken (hypertrophieren) als die parallelfaserigen Muskeln. Dies liegt zum einen daran, dass in starkgefiederten Muskeln mehr Einzelfasern vorhanden sind und hypertroph reagieren. Dies wirkt sich zunächst auf den physiologischen und später auch auf den anatomischen Querschnitt aus. Andererseits drückt sich ein gewisses Längenwachstum der einzelnen Fasern auch als Dickenwachstum des Muskels aus.

### Hebel und Drehmomente

Da Muskelkräfte in sportlicher Bewegung fast immer in Verbindung mit Gelenkbewegungen erzeugt werden, hat auch die Hebellänge des Kraftarms Einfluß auf die Kraftentwicklung und Funktion des Muskels.

Der **Kraftarm** ist der senkrechte Abstand der Wirkungslinie der Muskelkraft vom Gelenkdrehpunkt.

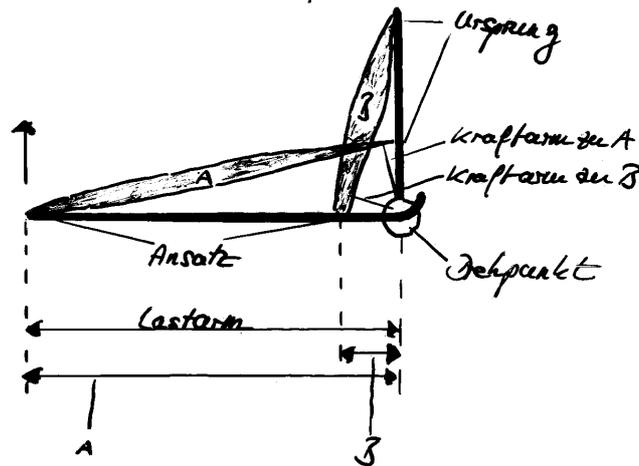


Abb.: Hebelarmverhältnisse am arbeitenden Muskel  
A = lange Ansatzentfernung vom Drehpunkt „langhebelig“  
B = kurze Ansatzentfernung vom Drehpunkt „kurzhebelig“

Im **Kraftmoment** (=Produkt aus physiologischem Querschnitt und Kraftarm) wirkt sich ein langer Hebelarm immer positiv aus. Aus dieser Sicht sind langheblige Muskeln als Kraftleister anzusehen. Es können jedoch nicht alle langhebligen Muskeln als solche bezeichnet werden, da auch die physiologische Querschnittsfläche im Produkt mitspielt (siehe oben). Kurzheblige voluminöse Muskeln können im Drehmoment langheblige schlanke Muskeln übertreffen.

Die Entfernung vom Muskelursprung (=punctum fixum) und Muskelansatz (=punctum mobile) vom Gelenkdrehpunkt hat einen Einfluß auf den Bewegungsausschlag:

- verkürzt sich ein Muskel mit nahem Ursprung und entferntem Ansatz, ergibt sich nur ein geringer Bewegungsausschlag
- verkürzt sich ein Muskel mit entferntem Ursprung und nahem Ansatz, ergibt sich nur ein großer Bewegungsausschlag.

Ansatzweite Muskeln sind typische Haltemuskeln, ansatznahe Muskeln sind typische Bewegungsmuskeln.

Während des Bewegungsablaufes ändern sich die Last- und Kraftmomente. Es gibt daher bei den Gelenken einen engeren Winkelbereich, in dem die größten Kraftmomente aufgebracht werden können (= **optimaler Arbeitswinkelbereich**). Weiterhin kann durch Verkürzung des Lasthebels eine günstige Wirkung auf der Kraftseite (weniger aufzubringende Muskelkraft) erreicht werden. Solche Korrekturen können zur Verbesserung der Bewegungstechnik beitragen.

Als Beispiel der Beeinflussung der Bewegungstechnik durch Helbelarmverkürzung auf der Lastseite ist sicherlich allen bekannt:

gestreckter Rücken (gerades Kreuz) und tiefes Gesäß sind Kennzeichen einer guten, rückschonenden Hebetchnik. Die Belastung der Lendenwirbel allein in Abhängigkeit von der Last, vom Winkel im Hüftgelenk und von der Haltung der Wirbelsäule (gerader und runder Rücken) zeigen nachfolgende Skizzen. Die angegebene Gewichtskraft gibt die jeweils tatsächlich wirkenden Kräfte im Bereich der 5. Lendenbandscheibe wieder.

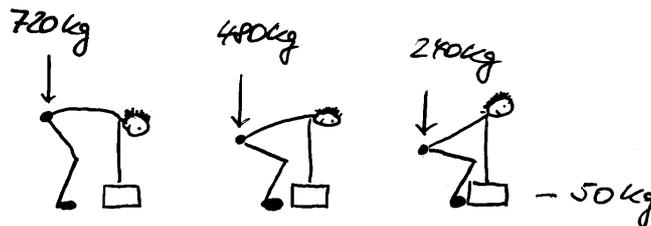


Abb.: Belastung der Lendenwirbelsäule in Abhängigkeit vom Winkel im Hüftgelenk und von der Haltung der Wirbelsäule (gerader und runder Rücken)

### Muskelschlingen (oder auch Muskelketten)

Die Wirkung eines Muskels beschränkt sich nicht nur auf das unmittelbar überzogene Gelenk, sondern ist weitreichender. Der einzelne Muskel ist somit nicht als isolierte Funktionseinheit (in Bezug auf seinen Ursprung und Ansatz) zu verstehen, sondern auch von den jeweiligen Muskelverbindungen abhängig, den sog. Muskelschlingen oder Muskelketten. Innerhalb dieser Muskelketten sind die Einzelmuskeln nicht als Ganzes eingebettet, sondern als Aktone. Dies sind Muskelteile, deren erzeugte Kraftmomente in Bezug auf das Gelenk immer in der Richtung übereinstimmen, somit als funktionelle Teileinheiten innerhalb der Kette agieren. Das Gehirn steuert diese Muskelaktivität, indem es in „Aktionen“ denkt, nicht in einzelnen Muskeln. Bei Muskeltraining sollte dieses deshalb auch möglichst techniknah durchgeführt werden. **Es gilt**, diese **Muskelschlingen zu trainieren** und nicht die Einzelmuskeln, soll das Muskeltraining Erfolg haben. Große Muskelschlingen im Körper gibt es beispielsweise im Schultergürtelbereich oder auch im Rücken- und Bauchmuskelbereich.

Bei konditionellen Muskeltraining sollte also der Wert der einzelnen Übungen im Hinblick auf ihren Beitrag für die sportartspezifische Disziplin genau überprüft werden.

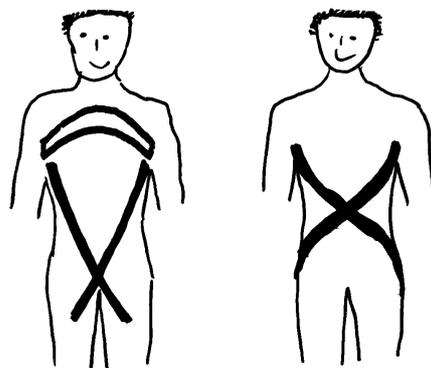


Abb.: links = große diagonale Rumpfschlinge; rechts = kleine diagonale Rumpfschlinge

## Sehnen und Bänder

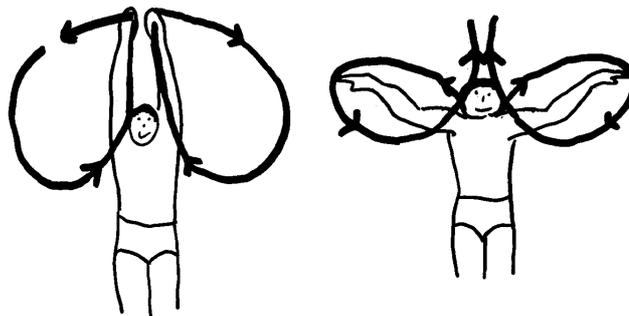
Innerhalb der Belastung bei sportlicher Bewegung sind neben dem aktiven Bewegungsapparat auch mechanische Eigenschaften des passiven Sehnen-Band-Apparates mit zu berücksichtigen. Die Dehnungsfähigkeit dieser Gewebe ist zwar durch Training möglich, sie ist jedoch relativ gering. Für eine hohe Flexibilität ist hierbei das Aufwärmen wichtiger.

### 1.5.3 Bezugssysteme

Die Bewegungsstruktur der Schwimmtechniken kann mit Hilfe von **Lichtspuraufnahmen** festgestellt werden. Hierzu werden den zu beobachtenden Schwimmern beispielsweise batterie-versorgte Lichtquellen am Handgelenk oder Fußgelenk befestigt und dann bei verdunkelter Schwimmhalle und geöffnetem Kameraverschluß die Raumbahnen des Hand- oder Fußgelenkes als Lichtspur auf dem Film abgebildet.

Wenn die Kamera entsprechend der Geschwindigkeit des Schwimmers parallel zu ihm mitgeführt wird, entspricht dies einem **mitbewegten, relativem Bezugssystem**. Hierbei ist der Körper des Schwimmers für die Teilbewegungen das Bezugssystem. Diese Art der Lichtspuraufnahmen ist hilfreich für erste Bewegungserfahrungen und die Grobkoordination, für die Bewegungsvorstellung, Bewegungsanweisungen und Bewegungskorrekturen. Die Bewegungen der Arme und Beine werden ohne Berücksichtigung der Schwimmbewegung beschrieben.

Wenn die Kamera jedoch ortsfest Aufnahmen der Lichtspuren ausführt, entspricht dies einem **absoluten Bezugssystem** und ist wichtig für biomechanische Teilanalysen. Diese Art der Lichtspuraufnahmen ist relevant für die Lernstufe der Feinkoordination und eine gut ausgeprägte Bewegungsvorstellung. Die Bewegungen der Arme und Beine werden von der Bewegung des Gesamtsystems überlagert.



*Abb.: Projizierte Raumbahnen der Schwimmbewegungen  
hier bei der Projektion der Zug-Druck-Phase (Brust)  
links bei mitbewegten (relativem) und rechts bei ortsfestem (absolutem) Bezugssystem*

Eine andere Variante ist die **Impulslichtaufnahme**:

die pulsierende Lichtquelle wird beispielsweise an der Hüfte befestigt. In einer Auswertung der entstandenen Aufnahmen kann dann der Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf des „Hüftpunktes“ bewertet werden.

Welche Informationen können nun aus derartigen Experimenten gezogen werden?

Anhand solcher gewonnener Aufzeichnungen und Bilder kann das Bewegungsmuster, welches beispielsweise die Hände während des Armzuges durch das Wasser zeichnen abbilden. Hieraus können dann, unter Zuhilfenahme der biomechanischen Gesetzmäßigkeiten, je nach Aufgabenstellung beispielsweise

- a.) individuelle Analyse der Schwimmtechnik des Schwimmers
- b.) Bewegungsanalysen die jeweilige Schwimmtechnik betreffend
- c.) wissenschaftliche Beweise für aufgestellte theoretische Überlegungen zu theoretischen Betrachtungen

gewonnen werden.

Aus solchen Untersuchungen mit der Lichtspurtechnik hat man wesentliche Grundsätze zum **Bewegungsmuster der Arme und Hände beim Schwimmen** gewonnen. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt:

#### 1.5.4 Bewegungsmuster der Arme und Hände

In der Kraulschwimmtechnik war viele Jahre die gängige Lehrmeinung, den Arm unter dem Körper gestreckt durchzuziehen und den Ellbogen nicht zu beugen. Nach Analyse von Lichtspuraufnahmen von Spitzenschwimmern wurde klar, dass diese Schwimmer einen kurvigen Armzug zeigten, Hand und Arm sich gleich einer Schiffsschraube durch das Wasser bewegten. Lediglich schlechte Schwimmer oder Schwimmanfänger zeigten die gestreckte Armzugtechnik.

Anhand dieser Beobachtungen ließ sich also die Theorie aufstellen und belegen, dass gute Schwimmer ihre Hände als Propeller bzw. Schrauben benutzen, um sich in genau der gleichen Weise vom Wasser abzudrücken wie die Schiffsschraube.

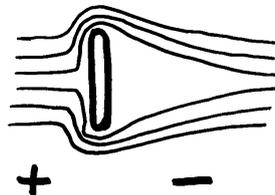
Zur Erklärung dieser Tatsache wurde nun nach den **physikalischen Gesetzmäßigkeiten** gesucht, die hinter diesem Technikmuster stehen.

#### 1. Anstellwinkel – hydrodynamischer Lift – das Prinzip von Bernoulli

Ein Ruderboot wird durch den Einsatz von Ruderblättern bewegt. Der Vortrieb, den wir dabei beobachten können, ergibt sich aus dem Druckunterschied zwischen der Vorderseite des Ruderblattes, wo ein hoher Druck herrscht und der Rückseite des Ruders, wo sich ein Sog bildet und nur geringer Druck herrscht. Bei dieser Art von Antrieb ist der Sog notwendig. Wir haben hier ein Beispiel für eine Anwendung der Sogkraft vorliegen.

Physikalisch lassen sich die dabei wirkenden Kräfte mit dem **Prinzip von Bernoulli** erklären:

erhöhter Druck auf der Rückseite des Ruders



Sog erwächst aus dem geringeren Druck auf der Vorderseite des Ruders

*Abb.: Sogbildung am Ruderblatt, das Boot wird in Richtung des Sogs gezogen*

Diese Anwendung des hydrodynamischen Lifts ist vergleichbar mit dem aerodynamischen Lift. Aufgrund der Ausnutzung dieses Prinzip ist es beispielsweise Flugzeugen möglich, zu fliegen:

Tragflächen von Flugzeugen müssen eine gewölbte Oberfläche aufweisen, nur dann kann diese Tragfläche einen aerodynamischen Lift bewirken. Da die Oberseite stärker gewölbt ist als die Unterseite, muss sich die Luft an der Oberseite zwangsläufig schneller bewegen. Als Folge hieraus ergibt sich an der Oberfläche im Vergleich zur Unterseite ein geringerer Druck.

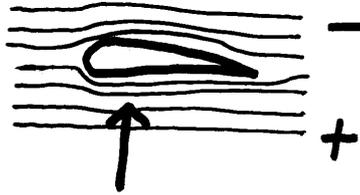


Abb.: Die Luft fließt an der Oberfläche der Tragfläche schneller, dadurch verringert sich der Druck. Dieser ungleiche Druck bewirkt eine Aufwärtskraft: das Flugzeug fliegt.

Die Hand des Schwimmers kann nach dem Prinzip von Bernoulli den Lift nutzen, um dem Schwimmer Auftrieb zu geben. Hierbei wird allerdings der Druckunterschied zwischen Handfläche und Handrücken durch den Anstellwinkel der Hand zu ihrer Bewegungsrichtung bestimmt und nicht durch ihre Wölbung.

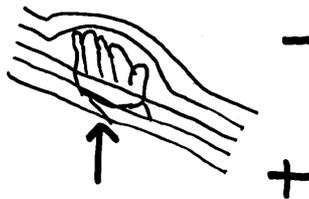


Abb.: Die Hand eines Schwimmers und das Prinzip nach Bernoulli  
Der Druckunterschied zwischen Handfläche und Handrücken wird durch den Anstellwinkel der Hand zu ihrer Bewegungsrichtung bestimmt

Was passiert nun, wenn der Schwimmer seine Hand mit einem zu kleinen wie auch mit einem zu großen Anstellwinkel durch das Wasser bewegt?

Er wird langsamer. Sowohl ein zu kleiner, wie auch ein zu großer Anstellwinkel der Hand zieht ein Nachlassen der Liftwirkung nach sich. Dies bedeutet, dass der Schwimmer seine Hand als eine Schaufel benutzt anstelle eines Schraubenflügels.

Bei Flugzeugen spricht man einem zu groß gewählten Anstellwinkel, dass die Tragfläche durchsackt. Schwimmt der Schwimmer mit zu kleinem Anstellwinkel, nehmen Lift- und Sogkraft ab und die Hand fängt an zu rutschen.

Fazit:

Der Schwimmer muss somit **die Handstellung während eines Zuges ständig ganz genau ausbalancieren**. Der Anstellwinkel der Hand muss ständig dem fortlaufenden Richtungswechsel des Zuges angepaßt werden. Hierbei ist u.U. auch die Neigung des Unterarms mit einzubeziehen, damit die schraubenähnliche Fläche vergrößert wird.

## **2. Armzugmuster**

Aus den Lichtspuraufzeichnungen von Spitzenschwimmern konnte weiter folgende Erkenntnis gewonnen werden:

diese Schwimmer zogen die Hände nicht auf einer Geraden nach hinten, sondern in Form eines „S“ oder umgekehrten Fragezeichens. Die Analyse des Armzugmusters aller vier Schwimmtechniken, Kraul, Brust, Rücken und Delphin ergab gemeinsame Komponenten:

Fazit:

Die **Armbewegungen verlaufen nicht geradlinig**. Die Arme beginnen den Zug mit getrecktem Ellbogen, dann nimmt die Ellbogenbeugung im Verlauf des Zuges zu. Auf der Hälfte des Weges kann man einen Winkel von etwa 90 Grad zwischen Ober- und Unterarm erkennen. Von diesem Punkt an streckt sich das Ellbogengelenk (bis auf das des Brustschwimmers) wieder, bis der Zug abgeschlossen ist und die Arme wieder gestreckt sind.



Abb.: Kraul-Armzugmuster

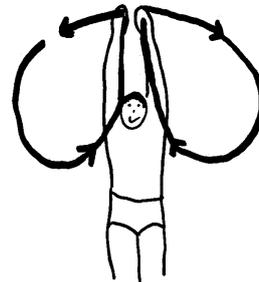


Abb. Brustschwimm-Armzugmuster

### **3. Abdruck von ruhendem Wasser**

Unter Berücksichtigung, dass der Schwimmer seine Hände als Schiffschraube einsetzt, muss auch bedacht werden, dass diese Schiffschraube niemals Wasser geradlinig nach hinten drückt und sich **stets von ruhigem Wasser abdrücken**. Hier ist somit ein weiteres physikalisches Prinzip der Flüssigkeitsmechanik anzutreffen:

Wirkungsvoller Antrieb wird nur dadurch erhalten, indem eine große Menge Wasser ohne starke Beschleunigung über eine kurze Strecke bewegt wird.

Der Umkehrschluss hieraus lautet: wenn eine kleine Wassermasse über eine große Strecke bewegt wird ist dies nicht so effektiv, als wenn eine große Wassermasse über eine kurze Strecke bewegt wird.

Auf den Schwimmer angewendet bedeutet dies:

Wenn der Schwimmer seine Hand beim Armzug geradlinig durchzieht, so schiebt er wenig Wasser unter großer Beschleunigung über eine lange Strecke. Sobald das Wasser in der unmittelbaren Umgebung seiner Hand durch die Armbewegung nach hinten in Bewegung gesetzt worden ist, findet der Schwimmer nur noch wenig Halt oder Abdruckmöglichkeit an diesem nach hinten strömenden Wasser. Er muss seine Hand in Form einer Ellipse bewegen, um fortlaufend auf ruhendes Wasser zu stoßen.

Allgemein lässt sich aussagen:

Ein Schwimmer, der Hand und Unterarm richtig anwinkelt, somit die oben besprochenen physikalischen Gesetzmäßigkeiten voll ausschöpft, wird nicht nur eine gute Schwimmtechnik aufweisen, sondern auch schneller Schwimmer sein.

Schwimmspezifisch-biomechanischen Forschung wozu? – Das Technikkonzept

Welche Folgerungen können nun aus der Betrachtung der biomechanischen Rahmenbedingungen und der Resultate der schwimmspezifisch-biomechanischen Forschung gezogen werden? Nun, diese Dinge sind die Basis für die Formulierung eines **theoretischen Technikkonzeptes**, welches seinerseits **Richtlinien für die Erklärung der Technikmerkmale und Technikfehler** abgibt. Es werden somit Antworten auf Fragen gegeben wie

- „Warum sieht die derzeit gültige Kraulschwimmtechnik genau so aus?“ oder auch auf die Frage
- „Welche Technikfehler gibt es beim Brustbeinschlag und welche Ansatzpunkte habe ich zur Korrektur?“

Bei der Formulierung eines Technikkonzeptes sind folgende vier hydrodynamische Parameter zu berücksichtigen:

### 1. die Raumbahn

Darunter versteht man die dreidimensionale räumliche Bewegungsstruktur der Zug-Druck- und Schlagphasen. Diese bestimmen durch ihre Geometrie, d.h. durch die Richtungen und Längen der Beschleunigungswege die Anströmrichtungen und bei gegebener horizontaler Schwimmgeschwindigkeit die Anströmgeschwindigkeit beispielsweise an der Hand.

### 2. die Anströmgeschwindigkeit

Die absolute Anströmgeschwindigkeit, d.h. die Anströmung der Hände und Arme während der Schlagphasen, wird von der Raumbahn, von der Geschwindigkeit des Gesamtsystems Schwimmer, von der Relativgeschwindigkeit beispielsweise der Hand und von dem Bewegungszustand der Wassermasse (ruhiges Wasser oder in Zug-Druck-Richtung fließendes Wasser) bestimmt.

### 3. der Anstellwinkel

bei gegebener Raumbahn, gegebenen Anströmgeschwindigkeiten und gegebenem Widerstandskoeffizienten werden die Beträge der Strömungskraftkomponenten vom Anstellwinkel beispielsweise der Hand entscheidend beeinflusst

### 4. die Wasserkraft

Der Betrag und die Richtung des Druckwiderstandes und des dynamischen Auftriebs bestimmen letztlich den Betrag und die Richtung der Wasserkraft und damit den Betrag der antreibenden Schubkomponente. Die **Schubkomponente wirkt dabei horizontal in die Schwimmrichtung**. Ihr Betrag wird von der Raumbahn und vom Betrag und der Richtung der Relativgeschwindigkeiten beispielsweise der Hand und dem Anstellwinkel bestimmt.

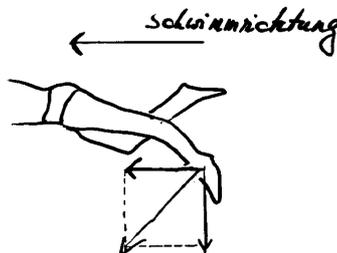


Abb.: Schlagrichtung nach unten, daraus resultiert Schwimmrichtung horizontal!!

### Schwimmtechnikrelevante Rahmenbedingungen

a.) Halte- und Stellreflexe

Die Körperteilbewegungen des Schwimmers (beispielsweise Armzug und Beinschlag) und die Körperhaltung im Wasser werden durch Haltereфлекse und Stellreflexe beeinflusst. Die Muskelspannung der Extremitäten wird durch Bewegungen des Kopfes, die relativ zum Körper erfolgen, verändert, denn die Rezeptoren des Halses melden jede Änderung der Kopfstellung relativ zur Körperstellung. Bei Rückneigung des Kopfes verringert sich beispielsweise die Muskelspannung der Beinstrecker, bei Vorneigung des Kopfes erhöht sich die Muskelkraft der Beinstrecker.

Durch Stellreflexe wird der Kopf immer in die Normallage, Scheitel nach oben, gebracht.

b.) Beweglichkeit im Schultergelenk

c.) Innenrotation der Oberarme

d.) lockere Fußgelenke

die Antriebswirkung des Beinschlages ist beim Kraul, Rückenkraul und Delphin nur bei lockeren Fußgelenken gegeben. Die Abwärtsbewegungen beim Kraul und Delphin müssen mit extrem plantarflektiertem Fußgelenk (Fußsenkung) und die Aufwärtsbewegung mit dorsalflektiertem Fußgelenk (Fußhebung) geschlagen werden.

**Methodischer Hinweis:**

Hier sollte eine Praxiseinheit „Gymnastische Übungen“ Beweglichkeitstraining / isometrische Muskelkontraktion zur Auflockerung des Theorie-Unterrichtes einfließen.

Zeitbedarf (reine Übungszeit): 20 – 30 Minuten, bei Interesse auch bis 45 Minuten ausdehnbar

Raumanforderungen: Turnhalle, ggf. entsprechender Mehrzweckraum

Materialien: Turnmatten (in der Turnhalle) bzw. Iso-Matten für andere Räumlichkeiten, ggf. Handtücher bei sportlichen Teilnehmern möglich; bitte im Vorfeld der Lehrgangsausschreibung berücksichtigen

### Abschließendes Fazit zur Biomechanik:

Warum sollte der Trainer / Ausbilder Grundkenntnisse in Biomechanik aufweisen – eine Frage die sich sicherlich nicht nur am Ende dieses Kapitels stellt.

Die sportmotorischen Techniken sind die augenblicklich gültigen Lösungsverfahren zur Bewältigung der Bewegungsaufgaben. Ihre Formulierung orientiert sich u.a. an idealen Normen (Spitzensportler / Spitzenschwimmer) und an den biomechanischen Konzepten.



Zusammenfassung (Merksatz):

Das momentane gültige Technikkonzept resultiert daher aus:

- Beobachtungen
- Diskussionen
- biomechanische Untersuchungen und
- theoriebegleiteten Interpretationen.

Es liefert Argumente, mit deren Hilfe aus den beobachteten Technikvarianten und den mit biomechanischen Verfahren erhobenen Meßwerten bzw. Kennlinien (z.B. Raumbahnen, Geschwindigkeits-Zeitverläufe und Druck-Zeit-Verläufe) die biomechanischen „Eckwerte“ bzw. deren Ausprägung und damit die Technikmerkmale bestimmt werden, die ökonomisches und schnelles Schwimmen ermöglichen.

Bei Techniktraining müssen Trainer und Ausbilder

- anweisen
- beobachten
- beurteilen
- korrigieren
- variieren
- wieder beobachten.

Dafür müssen sie u.a. folgende Voraussetzungen erfüllen:

- bewegungstechnische Kenntnisse haben (Technikmerkmale und Fehler erkennen können)
- die Lernvoraussetzungen wie Kraft und Gelenkigkeit kennen
- um die Zusammenhänge zwischen Technikmerkmalen, Fähigkeiten und dem Bewegungsziel wissen
- bewegungsanalytische Fähigkeiten besitzen
- Kenntnis von alters- und stufenspezifischen Bedingungen haben sowie diese beherrschen

Wesentliche Voraussetzungen für ein erfolgreiches Beobachten und beurteilen sind so die Kenntnisse der Technikmerkmale und Technikfehler und das Begreifen der Zusammenhänge zwischen den Technikmerkmalen und dem Bewegungsziel. Das Begreifen der Zusammenhänge ist mehr als bloße Kenntnis haben von den Merkmalen, es setzt eigenmotorische Bewegungserfahrung und das Verstehen der relevanten z.B. biomechanischen Rahmenbedingungen voraus.

## 1.7 Sportliche Technik

Zunächst ist folgende Frage zu beantworten: Was ist sportliche Technik?

Unter Technik im Sport versteht man

- a.) das Idealmodell einer Bewegung, bezogen auf die jeweilige Sportdisziplin und weiterhin
- b.) die Realisation der angestrebten Idealbewegung, also die Lösungsverfahren zur Ausführung der optimalen Bewegungshandlung durch den Sportler.

Sportliche Techniken, verstanden als spezifische Bewegungsabläufe lassen sich mit wissenschaftlichen Analyse- und Beobachtungsverfahren objektiv darstellen. Diese Analysen sind notwendige Voraussetzungen für das eigentliche Techniktraining.

Eine sportliche Technik ist das **Idealbild** eines Bewegungsablaufes, das auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, theoretischen Überlegungen und praktischen Erfahrungen beruht, und das der Sportler versucht anzustreben.

Er wird dabei stets nur einen seinen individuellen Fähigkeiten und Gegebenheiten (z.B. Körpergröße und motorische Begabung) entsprechende **persönliche Technik** erreichen.

Die sportliche Technik wiederum ist **Ausdruck eines zu einem bestimmten Zeitpunkt gegebenen Erfahrungs- und Wissensstand und nicht zeitlos gültig**. Durch ständige Suche nach besseren, erfolgreicherer Möglichkeiten lässt sich in nahezu jeder Sportart eine kontinuierliche technische Weiterentwicklung beobachten.

## 2. Bewegungssteuerung und motorisches Lernen

### 2.1 Die sportliche Bewegung

Zunächst sind hierfür zwei Begriffe zu definieren.  
Was bedeutet „Bewegung“ und was „Motorik“?

Der *Brockhaus* definiert wie folgt:

Bewegung: „*Biologie*: eine Kennzeichnung lebender Organismen besonders der Tiere und Menschen aber auch der Pflanzen

*Aktive Bewegung*: umfasst Lage- bzw. Ortsveränderungen, bei denen der Organismus die benötigte Energie selbst aufbringt.

*Physik*: die Ortsveränderung physikalischer Systeme relativ zu einem anderen Körper oder zu einem Bezugssystem.“

Motorik: „[lat.] die, Gesamtheit der willkürlich gesteuerten Bewegungsvorgänge bei Mensch und Tier“

Sportliche Bewegung kann man als Betrachter von außen sehen. Sie erscheinen in verschiedenen Formen:

- **einfachen** Formen wie eine Schlagbewegung
- **komplexe** Formen wie Fangen und Werfen, Springen
- **azyklischen** Formen wie ein Sprung
- **zyklischen** Formen wie Schwimmen

Sportliche Bewegungen können

- mit oder an Geräten sowie
- einzeln oder in Gruppen durchgeführt werden und
- unterliegen zumeist Regeln, Vorschriften und Vereinbarungen.

Allgemein ist der sportlichen Technik gemeinsam:

1. Alle Bewegungen haben bestimmte vorgegebene **Ziel- und Aufgabenstellungen** (im Sport gibt es keine ziellose Bewegungen).
2. Erfahren die entsprechend der Zielstellung die an der Bewegung beteiligten Objekte (d.h. die zu bewegendende Masse – wie der eigene Körper) stets eine **raum-zeitliche Veränderung**.

In der wissenschaftlichen Auseinandersetzung haben sich verschiedene Betrachtungsweisen ergeben und dementsprechend verschiedene Definitionen (A bzw. B):

A.

Die sportliche Bewegung ist eine Orts- und Positionsveränderung des menschlichen Körpers (oder von Körperteilen) in seiner Bewegung. Das Bezugssystem ist hierbei ein Koordinatensystem. Eine **Ortsveränderung** bedeutet einen durch Koordinaten und Raumkurven feststellbaren Wechsel von Körperpunkten im Raum.

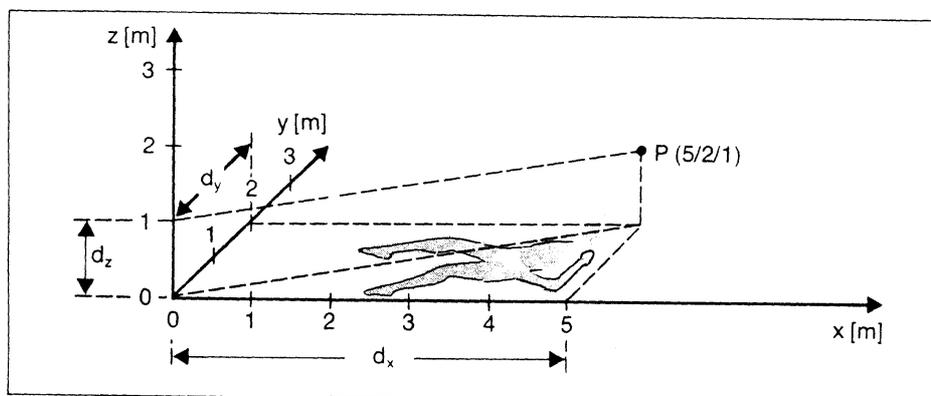


Abb.: Beispiel einer Bewegung als Ortsveränderung: ein Schwimmer im Koordinatensystem und die Koordinatenbestimmung seiner Hand

Eine **Positionsveränderung** ist durch Änderung von Körper- und Raumwinkeln feststellbar.

B.

Die sportliche Bewegung aus handlungstheoretischer Sicht ist ein zielgerichteter komplexer Prozeß.

## 2.2 Strukturierung von Bewegungen

Ein Bewegungsablauf kann in Phasen (=Teilprozesse) aufgegliedert werden. Eine solche Phasengliederung ergibt die Bewegungsstruktur. Die Strukturierung einer Bewegung kann man dabei anhand verschiedener Parameter vornehmen:

- nach zeitlichen Ablaufphasen
- nach Funktionsphasen und
- nach Sequenzen.

Wir betrachten hierbei nur die Strukturierung nach der zeitlichen Ablaufphase. Hiernach wird die Bewegung nach ihrem räumlich-zeitlichen Ablauf aufgegliedert.

Die **Grundstruktur** einer sportlichen Bewegung wird dabei als **dreiphasig** angesehen:

**Vorbereitungsphase – Hauptphase – Endphase.**

Die Reihenfolge dieser drei Phasen ist nicht umkehrbar und es besteht zwischen den einzelnen Phasen verschiedene gegenseitige Beziehungen. Diese Dreiphasigkeit gilt jedoch nur für Bewegungen, die **azyklisch** sind, damit bei Bewegungen, mit deren einmaliger Ausführung das Ziel erreicht wird (beispielsweise ein Sprung):

	Hauptfunktion	Teilfunktion
Vorbereitungsphase -Schwung holen	Schaffung optimaler Voraussetzungen für die Ausführung der Hauptphase	-günstige Körperschwerpunktlage -Vorspannung der Muskulatur
Hauptphase -Sprung	Lösung der Bewegungsaufgabe	-Erreichen des Ziels -optimale Koordination der Teilimpulse
Endphase	Herstellung eines statischen Endzustandes oder eines dynamischen Durchgangsstadiums	-stabile Körperschwerpunktlage oder günstige Körperschwerpunktlage für nachfolgende Hauptphase

Beim Schwimmen, einer zyklischen Bewegung, in deren Ausführung sich die Bewegungen mehrfach wiederholen, kommt es zur Phasenverschmelzung. Die Endphase des vorhergehenden Zyklus fällt mit der Vorbereitungsphase des folgenden Zyklus zusammen.

Die Grundstruktur **zyklischer** Bewegungen ist **zweiphasig**:

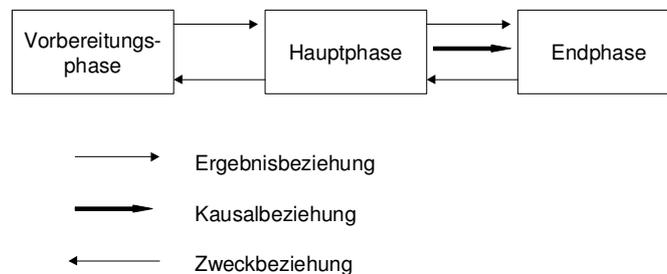
**Hauptphase – Zwischenphase.**

	Hauptfunktion	Teilfunktion
Hauptphase	Lösung der Bewegungsaufgabe	-Erreichen des Ziels -optimale Koordination der Teilimpulse
Zwischenphase	Verschmelzung von End- und Vorbereitungsphase	entsprechendes Entspannen und Anspannen der Muskulatur

Die einzelnen Phasen stehen dabei in verschiedenen allgemeinen Beziehungen zueinander:

- zur **Ergebnisbeziehung**: jede folgende Phase ist abhängig vom Resultat der vorhergehenden
- zur **Kausalbeziehung**: als Folge der Hauptphase gibt es immer wieder eine Endphase. Hingegen muss auf eine Vorbereitungsphase nicht unbedingt eine Hauptphase folgen, die Vorbereitungsphase kann vorher abgebrochen werden
- zur **Zweckbeziehung**: bereits bei der Programmierung wird die Vorbereitungsphase in allen Zügen der Hauptphase untergeordnet und die Hauptphase wiederum von der Endphase beeinflusst

Vorbereitungs- und Hauptphase müssen als ganz enge Einheit in Bezug auf die Kraftentfaltung der Bewegung gesehen werden, denn das Abbremsen an Ende der Vorbereitungsphase muss direkt in die Anfangsbeschleunigung der Hauptphase übergeben; Beispiel: Startsprung und Beginn der Schwimmbewegungen. Die aufgezeigte Trennung zwischen Vorbereitungs- und Hauptphase ist demnach nur eine theoretische, orientiert am bei jeder Bewegung nachweisbaren Umkehrpunkt zwischen Abbremsen und Vorwärtsbeschleunigungen.



### 2.3 Funktionsphasengliederung (Informations-/Orientierungs-/Antriebs- und Ausführungsphasen)

Sportliche Bewegungshandlungen

- setzen sich aus motorischen, psychischen und sensorisch-kognitiven Anteilen zusammen
- sind komplexe Funktionseinheiten zwischen Sinneswahrnehmungen und Bewegungsantwort
- beanspruchen in unterschiedlichem und wechselndem Maße die Aufmerksamkeit des Sportlers. Sie sind nicht bewußtseinspflichtig, wohl aber bewußtseinsfähig.
- sind das Ergebnis der Auseinandersetzung des Sportlers mit einem Bewegungsproblem und bewegen sich zwischen subjektiv empfundener Ist-Lage und erwünschter Soll-Lage
- sind als Regelkreis mit Rückmeldung ihres Verlaufs und Ergebnisses darstellbar.

Die sportliche Bewegung als Ganzheit, als Handlung gesehen, kann am besten durch ein Regelkreismodell dargestellt werden. Es können dabei drei Phasen unterschieden werden:

1. Wahrnehmung
2. Programmierung und
3. Steuerung und Regelung (sichtbare Bewegung)

Jede Bewegung beginnt mit wahrgenommenen Reizen, die durch verschiedene Sinnesorgane erfaßt werden, vom Gehirn verarbeitet und als innere Bewegung programmiert werden. Entsprechende Antriebsmechanismen steuern dann Impulse an bestimmten Muskelgruppen, wodurch eine sichtbare Bewegung entsteht. Rückkopplungsprozesse halten die Bewegung aufrecht oder bewirken, sie zu korrigieren.

### Zur Wahrnehmung:

Jede sportliche Bewegung unterliegt vom Anfang bis zum Ende Motivations- und emotionalen Prozessen und beginnt mit einem äußeren oder inneren Reiz. Diese Reize, auch als Signale oder Information bezeichnet, werden vom Sportler mit seinen Sinnesorganen wahrgenommen:

- dem Sehen (optisch/visueller Analysator)
- dem Hören (akustischer Analysator)
- dem Gleichgewichtsvermögen (vestibulärer Analysator)
- dem Fühlen (taktiler Analysator)
- dem Empfinden (kinästischer Analysator, lokalisiert in Muskeln, Sehnen und Gelenken)

Zu jeder Zeit treffen auf den Menschen eine Vielzahl von Informationen, die jedoch aufgrund der begrenzten Verarbeitungskapazität nicht alle zur gleichen Zeit verarbeitet werden können. Der Mensch wählt deshalb nur bestimmte Informationen in spezifischen Situationen aus. Diese Auswahl ist u.a. abhängig von

- der selektiven, momentanen Aufmerksamkeit
- der Zielgerichtetheit
- der Bedürfnisse
- der Erwartungen
- dem Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung der Information sowie
- den physikalischen Eigenschaften des Reizes.

### Zur Programmierung

Man geht davon aus, dass mit der im Gehirn ablaufenden Auswahl, Zusammenfassung und Verarbeitung von Information (=Afferenzsynthese) der für eine ganz bestimmte Bewegung richtigen Informationen es gleichzeitig zu einer sog. Bewegungsvorstellung kommt. Diese Vorstellungsfähigkeit kann soweit führen, dass man beim Zuschauen einer selbst gern betriebenen und beherrschten Sportart Mitbewegungen vollzieht. Man nennt diesen Vorgang auch **Mitbewegung**, weil eben allein durch die gedankliche Vorstellung einzelne Muskelgruppen durch sog. Mikroinnervation mitangeregt werden. Diesen Effekt wendet man erfolgreich beim sog. **mentalen Training** an.

Die Ausnutzung der Fähigkeit des motorischen Gedächtnisses ist bei fortgeschrittenen Sportlern besser als bei Anfängern. Der Könnler hat nahezu alle Bewegungen, die er gelernt und trainiert hat, im Gedächtnis abgespeichert und kann bei Bedarf jederzeit darüber verfügen.

Den geistigen Bereich der Vorstellungs- und Vorausnahmefähigkeiten von Bewegungen nennt man auch **Bewegungsprogrammierung** oder die Entstehung von **Bewegungsentwürfen**.

### Zur Steuerung und Regelung

Der Sportler verfügt vor und während der Bewegung über eine bestimmte Einstellungs- und Motivationslage (Motivation ist ein Zustand, der eine Handlung in Gang setzt und fortführt). Das Motiviertsein zu einer Bewegung ist unbedingt nötig. In dem Moment des Antriebs tritt der Wille zur Ausführung am entscheidendsten in Aktion. Ausgehend vom entstandenen Bewegungsentwurf kommt es zu einer willentlichen Steuerung über die motorischen Zentren im Gehirn an die Muskulatur.

Der Sportler verfolgt während der Bewegungsausführung stets das Ziel bzw. den anzustrebenden Erfolg der Bewegung. Er versucht, den im Gehirn gebildeten Bewegungsentwurf möglichst genau nachzuvollziehen. Um dieses Bewegungsprogramm exakt in Bewegungsaktionen umsetzen zu können, müssen während der Ausführung der Bewegung ständig alle, mitunter auch die kleinsten Teilschritte der Bewegung mit dem Gesamtziel, den Teilzielen und dem motorischen Verlaufsprogramm verglichen werden. Diesen Vergleichsvorgang nennt man auch **Ist-Soil-Vergleich**.

Bei diesem Vergleich werden die momentan ausgeführten Bewegungen (= Istwert) mit den im Gehirn gebildeten Entwürfen (=Sollwert) verglichen und eventuelle Abweichungen korrigiert.

Diesen Vergleichs- und Korrekturvorgang nennt man auch **Regelung**. Regelungen sind nur aufgrund von rückgemeldeten (rückgekoppelten) Informationen möglich. Beispielsweise spürt der Schwimmer den Abdruck seiner Hände, Unterschenkel oder Füße vom Wasser. Im menschlichen Gehirn werden die rückgemeldeten Signale zum Teil bewußt, zum Teil unbewußt so verarbeitet, dass die Bewegung ohne Zeitverzögerung aufrechterhalten oder korrigiert weiterlaufen kann. Bei sportlich Geübten läuft dieser Vorgang aufgrund des größeren Erfahrungsspeichers im motorischen Gedächtnis schneller und exakter ab als bei sportlichen Anfängern. Diese müssen während einer Bewegungsausführung ihre momentane Stellung überdenken und sind so nicht in der Lage, die Bewegung aufgrund allzu großer Zeitverzögerung zum Gelingen zu bringen.

Externe Rückkopplungen kommen überwiegend von außenstehenden Beobachtern (Trainern oder Ausbildern). Diese vergleichen die soeben gesehene Bewegung (=Ist-Wert) mit den idealen strukturellen, biomechanischen und funktional-anatomischen Bewegungs-Soll-Werten und können so im Sinne einer Schnellinformation (d.h. innerhalb von etwa 30 Sekunden nach Bewegungsende) oder, wenn die Beobachtung und Vergleiche beispielsweise über Video durchgeführt wurden, im Sinne einer Spätinformation (nach dem Training) Korrekturen geben.

Je umfangreicher die wissenschaftlichen Bewegungskennnisse der Trainer und Ausbilder sind und um so größer ihre Bewegungserfahrung, desto schneller und exakter können sie Schnellinformationen geben.

## 2.4 Bewegungsgesetze

Zur Bewegungsbeschreibung sind weiterhin einige physikalische Größen erforderlich:

- Zeit
- Weg
- Geschwindigkeit
- Beschleunigung.

Mit diesen Größen lassen sich Bewegungen beschreiben, in der alle Punkte eines Körpers während der Bewegung parallele Bahnen beschreiben, beispielsweise beim Startsprung. Man nennt diese Bewegungen auch **translatorische Bewegungen**.

Wenn jedoch während der Bewegung alle Punkte eines Körpers konzentrische Bahnen beschreiben, wie beispielsweise bei einem Salto, nennt man diese Bewegungen auch **rotatorische Bewegungen**.

Hierfür benötigt man zur Bewegungsbeschreibung die physikalischen Größen

- Winkel
- Winkelgeschwindigkeit
- Winkelbeschleunigung.

Wenn man eine Unterscheidung der Bewegung nach ihrem zeitlichen Verlauf vornimmt, unterteilt man in eine **gleichförmige** und eine **ungleichförmige** Bewegung.

Ungleichförmige Bewegungen zeichnen sich dadurch aus, dass die Geschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit) der betrachteten Punkte über die Beobachtungszeit nicht gleich ist. Bei gleichförmigen Bewegungen legt der betrachtete Punkt in gleichen Zeitintervallen gleiche Wege zurück, die Geschwindigkeit ist konstant.

Bei ungleichförmigen Bewegungen kann man weiter unterteilen in eine **beschleunigte** und eine **verzögerte** Bewegung. Bei einer beschleunigten Bewegung nimmt die Geschwindigkeit im Beobachtungszeitraum zu, bei einer verzögerten Bewegung ab.

Ist diese Geschwindigkeitszu- oder abnahme konstant, dann ist die Bewegung gleichmäßig beschleunigt oder verzögert. Ist die Geschwindigkeitszu- oder abnahme in gleichen Zeitintervallen unterschiedlich, dann liegt eine ungleichmäßig beschleunigte oder verzögerte Bewegung vor.

Die physikalischen Größen

- Weg
- Geschwindigkeit und
- Beschleunigung

stehen nun in funktionellen Zusammenhängen:

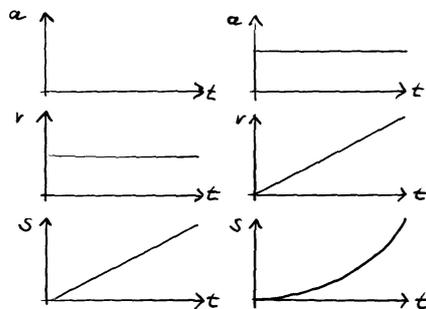
A.

Bei einer gleichförmigen Bewegung werden in gleichen Zeiten gleiche Wege zurückgelegt. Die Geschwindigkeit ändert sich also in der Zeit nicht, die Beschleunigung im betrachteten Zeitraum ist daher gleich Null.

B.

Bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung wird durch die auf den betrachteten Punkt wirkende konstante Beschleunigung die Geschwindigkeit des Punktes immer größer. Die Beträge der Geschwindigkeitszunahme sind über gleich große Zeitintervalle gleich groß. Bewegt sich ein Körper mit zunehmender Geschwindigkeit, dann wird die Strecke, die er in einem konstanten Zeitintervall zurücklegt mit größer werdender Geschwindigkeit immer größer.

Solche Bewegungsgesetze kann man auch graphisch darstellen:



s = Weg  
t = Zeit  
v = Geschwindigkeit  
a = Beschleunigung

Weg-Zeit-Verlauf = s-t-Verlauf  
Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf = v-t-Verlauf  
Beschleunigungs-Zeit-Verlauf = a-t-Verlauf

Abb.: links die gleichförmige Bewegung, rechts die gleichmäßig beschleunigte Bewegung

## 2.5 Bewegungslernen

Das Ausführen einer Technik basiert stets auf dem Prozeß der Bewegungssteuerung und –regulation, d.h. der Aufnahme und Verarbeitung aktueller Informationen und deren Vergleichen und Verbinden mit den im Gedächtnis gespeicherten Bewegungserfahrungen.

Zu Beginn des Lernprozesses erfolgt die Herausbildung eines Sollwertes. Dieser verkörpert das Bewegungsziel, das sich der Sportler alleine setzt oder das von außen durch den Trainer vorgegeben wird. Der Sportler nimmt dabei die Informationen durch die Sinnesorgane auf, verarbeitet die ankommenden Informationen und als Resultat hieraus entsteht eine **Bewegungsvorstellung**.

Da jeder Mensch nur eine beschränkte Kapazität zur Informationsverarbeitung besitzt, entsteht leicht eine Überforderungssituation, wenn zu viele Informationen gegeben werden. Da der Sportler ohne entsprechende Anleitung auch nicht weiß, welche Informationen wichtig sind und welche nicht, besteht die Gefahr, dass unwesentliche Informationen aufgenommen und verarbeitet werden.

Auf der Grundlage der Bewegungsvorstellung entsteht im Sportler ein **Bewegungsentwurf**, wobei die im Bewegungsgedächtnis (motorisches Gedächtnis) gespeicherte Bewegungserfahrungen mit einfließen.

Durch den Vergleich des angestrebten Bewegungsziels in Form der subjektiven Bewegungsvorstellung mit den aktuellen Gegebenheiten wird die Bewegung als Ganzes und in Teilen geistig vorweggenommen. Dieser vorweggenommene Verlauf der Bewegung ist die eigentliche Basis für die Programmierung der Bewegung.

Je genauer die Vorstellung vom Ablauf der Technik einschließlich der erwarteten Sinneseindrücke ist, desto besser wird der Bewegungsentwurf sein und desto genauer wird auch die Ausführung reguliert und kontrolliert werden.

Die Bewegungsausführung beginnt, wenn der Sportler die Entscheidung zur Bewegungsausführung gefällt hat (auch unbewußt) und die Nervenimpulse aus dem Zentralnervensystem zur Kontraktion der Muskulatur führen.

Während des Bewegungsablaufs wirken Störgrößen aus der Umwelt, die die Bewegung erschweren oder verhindern können (z.B. kaltes Wasser). Im Techniktraining des Anfängers versucht man diese Störgrößen möglichst zu eliminieren oder gering zu halten. Es werden erleichterte Bedingungen geschaffen. Der erfahrende Sportler kann Störfaktoren in seiner Bewegungsausführung entsprechend berücksichtigen.

Um ein Bewegungsziel zu erreichen sind Rückmeldungen während des Bewegungsablaufes erforderlich. Diese Rückinformationen sind die Basis für die Regulation der Bewegung, ihre Abstimmung und Anpassung an die aktuelle Umweltsituation.

Je weniger Aufmerksamkeit ein Sportler auf die Ausführung der Gesamtbewegung richten muss, desto besser kann Einzelheiten bewußt wahrnehmen. Mit zunehmender Automatisierung der Bewegung wird es für den Sportler leichter, sich auf einzelne Punkte in der Bewegung zu konzentrieren.

Das Ergebnis der Bewegungshandlung, der Ist-Wert, wird vom Sportler selbst wahrgenommen, wenn er dazu in der Lage ist (ein Sportler im Anfängerstadium kann diesen Vergleich nur unzureichend wahrnehmen und ist weitgehend auf entsprechende Hinweise des Trainers angewiesen) und/oder vom Trainer mitgeteilt. Das Ergebnis des Soll-/Ist-Vergleiches geht in die Vorbereitung der nächsten Bewegungsausführung mit ein.

Durch wiederholtes Ausführen des Bewegungsablaufes werden im Gedächtnis des Sportlers zwei Dinge gespeichert:

1. es festigen sich spezielle Sinneseindrücke, die mit der Bewegung einhergehen; beispielsweise spürt der Schwimmer einen erhöhten Wasserwiderstand wenn er den Arm richtig durch das Wasser zieht im Vergleich zum falschen Armzug und
2. der Sportler lernt, seine Bewegungsausführungen durch Selbstbefehle zu unterstützen. Solche Selbstbefehle bestehen aus ein oder zwei Wörtern oder Lauten, beispielsweise „uff“.

### **Schaffen einer Bewegungsvorstellung**

Der Sportler kann eine Bewegungsaufgabe nur dann richtig ausführen, wenn er sie verstanden hat:

- er muss eine Vorstellung vom Ablauf der Bewegung haben und
- er muss die Erklärungen und Anweisungen verstehen, die ihm der Trainer gibt.

Die verwendeten Begriffe und Formulierungen des Ausbilders/Trainers müssen der Bewegungserfahrung, dem Wissen und dem Alter des Sportlers entsprechen.

Als Hilfsmittel zur Schaffung einer Bewegungsvorstellung werden häufig Filme und verbale Beschreibungen eingesetzt. Die beste zusätzliche Informationsquelle zur Entstehung einer umfassenden Bewegungsvorstellung ist das eigene Ausführen der Technik.

Alle Arten von Darstellungs- und Beschreibungsmöglichkeiten sportlicher Techniken sind Verkürzungen der Wirklichkeit und mit mehr oder weniger großen Informationsverlusten behaftet.

Die gesamte Information, die ein Sportler mit der Zeit über die zu erlernende Technik in seiner Bewegungsvorstellung zusammenfasst besteht aus

- einem Teil Fremdinformationen (durch Demonstrationen, Filme, Bilder, Beschreibungen) und
- einem Teil Eigeninformation (durch Ausführen der Technik).

Das Ausprobieren einer Technik ist damit ein zwar notwendiges, aber noch nicht hinreichendes Mittel zur Bildung einer umfassenden Bewegungsvorstellung. Erst das bewußte Aufarbeiten der eigenen Bewegungserfahrung (mit Hilfe des Ausbilders/Trainers) schafft die optimale Grundlage für das Techniktraining.

Die Entwicklung der Bewegungsvorstellung steht in enger Verbindung mit der Fähigkeit zur Bewegungswahrnehmung und des Bewegensehens.

Innerhalb des Anfängertrainings im Schwimmen sieht diese Vorgehensweise zur Schaffung einer Bewegungsvorstellung etwa wie folgt aus:

- Erarbeitung einer groben Bewegungsvorstellung außerhalb des Wassers (Demonstration und Trockenversuche; kurze Erläuterungen)
- verlangsamer Bewegungsvollzug im Wasser unter erleichterten Bedingungen ohne Fortbewegung
- verlangsamer Bewegungsvollzug im Wasser unter erleichterten Bedingungen mit Fortbewegung

Die Entwicklung der Bewegungsvorstellung und das Erlernen der Technik gehen dabei Hand in Hand und verschmelzen miteinander. Wichtig für die Verfeinerung der Technik ist, dass der Ausbilder/Trainer den Sportler immer wieder nach den wesentlichen Merkmalen der Technik und speziellen Einzelheiten nachfragt.

### **Lernmotivation**

Eine Technik wird zudem aber auch nur dann erfolgreich erlernt werden können, wenn der Sportler dazu nicht nur fähig, sondern auch bereit ist. Es gehört daher mit zu den Aufgaben des Ausbilders/Trainers, dem Sportler die Notwendigkeit des Techniktrainings einsichtig zu machen und so zu gestalten, dass der Sportler eine hohe Lernbereitschaft aufbaut und erhält.



### **3. Körperliche Fähigkeiten und Fertigkeiten (Schnelligkeit, Kraft, Ausdauer, Beweglichkeit und koordinative Fähigkeiten)**

#### **3.1 Motorische Leistungsfähigkeit**

Die motorische Leistungsfähigkeit eines Menschen wird durch den Ausprägungsgrad der notwendigen motorischen Bewegungsqualitäten bestimmt.

Je nach motorischer Beanspruchung werden Bewegungsmuster sehr umfangreich und differenziert oder sehr rudimentär und grob gespeichert. Die motorischen Fähigkeiten entwickeln sich relativ unabhängig voneinander und mit unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten.

##### **1. Koordination:**

Eine Vielzahl motorischer Fähigkeiten wird unter dem Begriff Koordination zusammengefasst. Unter Koordination versteht man das Zusammenwirken von Zentralnervensystem und Skelettmuskulatur innerhalb eines gezielten Bewegungsablaufes als Organisation der Steuerung eines Bewegungsvollzugs.

Die Koordination ist keine angeborene Größe, sondern entwickelt sich in der tätigen Auseinandersetzung mit gestellten Aufgaben. Die bei Geburt vorhandene ungerichtete und willkürliche Reaktionen auf Reize wird abgelöst durch bewußte Steuerungsvorgänge. Einfache Bewegungsmuster werden in der Kombination mit anderen zu komplexen Bewegungsketten. In einer Vielzahl von Entwicklungsschritten, zunächst im Versuch-Irrtum-Lernen, später auch durch gedankliches Vorstellen und Bewerten, wird immer differenzierter gesteuert und schließlich eine koordinative Feinsteuerung erreicht.

Die Ausbildung und Qualität koordinativer Funktionen beeinflusst die Geschwindigkeit und die Qualität der Lernprozesse von Bewegungsfertigkeiten und sportlichen Techniken.

Steuerungsfähigkeit, Rhythmusfähigkeit, Differenzierungsfähigkeit, Gleichgewichtsfähigkeit und Reaktionsfähigkeit werden dabei als grundlegende Fähigkeiten angesehen, die mit der Koordination eng verbunden sind.

##### **2. Beweglichkeit (Gelenkigkeit)**

Hiermit wird die Fähigkeit umschrieben, die Bewegungsmöglichkeit der Gelenke so optimal wie möglich auszunutzen. Die Beweglichkeit ist abhängig von der Gelenkform, der Länge und Dehnbarkeit der Gelenkbänder, vom Widerstand des Muskelzuges, gegen den bei einer Drehung gearbeitet wird und von den das Gelenk umgebenden Weichteilen.

Kleinkinder besitzen eine hohe Elastizität aufgrund des noch nicht verfestigten Halte- und Stützapparates. Der Höhepunkt der Beweglichkeitsentwicklung liegt zwischen dem 12. bis 14. Lebensjahr. Schädigungen können dann auftreten, wenn Gelenke unökonomisch, einseitig oder überlastend trainiert werden.

##### **3. Ausdauer:**

Hierunter versteht man die Widerstandsfähigkeit des Menschen gegen Ermüdung bei sportlichen Belastungen.

Um motorische Ausdauerleistungen unterschiedlicher Art vollbringen zu können, kann der Mensch je nach Art der Aufgabe verschiedene kapazitive Systeme seines Organismus ausschöpfen bzw. beanspruchen. Die hierbei wichtigsten Systeme sind die aerobe und die anaerobe Kapazitäten.

Die aerobe Kapazität ist das maximale Sauerstoffaufnahmevermögen pro Minute. Sie wird bei intensiver dynamischer Arbeit großer Muskelgruppen von wenigstens 3 Minuten Dauer erreicht.

Die anaerobe Kapazität ist die maximal eingehbare Sauerstoffschuld bei bis zu 3minütiger dynamischer Arbeit maximaler Kapazität.

Wird Ausdauertraining altersadaequat angeboten, so ist eine hohe Steigerung der Ausdauerkapazität erkennbar. Eine Entwicklung der allgemeinen aeroben Belastung wird erreicht, wenn

- es sich um dynamische Beanspruchung großer Muskelgruppen handelt, wie beispielsweise beim Schwimmen
- die Belastung kontinuierlich mindestens fünf, besser zehn Minuten oder länger beträgt
- die Belastungsintensität so hoch ist, dass wenigstens 50, besser 70 % der maximalen Kreislauf-Leistungsfähigkeit erreicht wird.

Leistungsbegrenzend für die aerobe Ausdauer wirken die Leistungsfähigkeit von Herz, Kreislauf und Atmung sowie der Stoffwechsel der beanspruchten Muskulatur. Schäden können lediglich bei Beanspruchung unter anormalen Umweltbedingungen (hohe Temperatur, voller Magen, u.a.) oder bei Vorschäden auftreten. Ausdauertraining muss ein Teil des Gesamtrainings sein und nicht als spezielle Form hervorgehoben werden.

#### **4. Schnelligkeit**

Hierunter versteht man die Fähigkeit des Menschen, motorische Aktionen mit höchster Intensität in einem unter den gegebenen Bedingungen minimalen Zeitabschnitt zu vollenden.

Im Bereich der Schnelligkeit kann man unterscheiden in:

- Reaktionsschnelligkeit, der Fähigkeit, Reize möglichst schnell in Bewegung umzusetzen
- Aktionsschnelligkeit (Schnelligkeit bei azyklischen Bewegungen), der Fähigkeit, azyklische Bewegungsabläufe in kürzester Zeit durchzuführen
- Schnellkoordination (Schnelligkeit bei zyklischen Bewegungen), der Fähigkeit, zyklische Bewegungen in kürzester Zeit und ohne Ermüdung durchzuführen
- Kraftschnelligkeit, der Fähigkeit, alle Bewegungsformen gegen größere Widerstände kürzest möglich auszuführen

#### **5. Kraft**

Unter Kraft versteht man die Fähigkeit des Menschen, aufgrund von Innervations- und Stoffwechselprozessen in der Muskulatur einen äußeren Widerstand zu überwinden oder ihm entgegenzuwirken.

Die Muskeln können Kraft entwickeln ohne Veränderung der Muskellänge (statisches Verhalten), bei Verkürzung (dynamisch überwindendes Verhalten) und bei Verlängerung (dynamisch nachgebendes Verhalten).

Unterschieden wird nach

- Maximalkraft, der höchstmöglichen Kraft, die von der Muskulatur entwickelt werden kann
- Schnellkraft als Fähigkeit, mit hoher Kontraktionsfähigkeit Widerständen entgegen zu wirken und
- Ausdauerkraft als Wiederholbarkeit von Kraftleistungen bei ausdauernder Belastung

Dynamische Kraftarbeit beruht auf exzentrischer (dehnend) und konzentrischer (zusammenziehend), statische Arbeit auf isometrischer (mit hoher Spannung) Arbeitsweise der Muskulatur. Überdurchschnittliche Kraftzuwachsrate werden erst nach dem 13./14. Lebensjahr erreicht.

### **3.2 Biomechanisch-anthropometrische Betrachtungen**

Für Sportler und Trainer ist es wichtig, neben den physiologischen und anatomischen Kenntnissen des Körpers auch Informationen über die mechanischen Parameter des Körpers zu erhalten.

So ist es heutzutage in Spitzensport wichtig, schon frühzeitig zu erkennen, ob ein Sportler bestimmte mechanische Voraussetzungen für die entsprechende Sportart erfüllt. So werden heute an vielen angehenden Spitzensportlern Körperbaumerkmale vermessen und diese dann mit dem körperbaulichen Anforderungsprofil der betriebenen Sportart verglichen.

Weitere Beispiele für die Leistungen der biomechanischen Anthropometrie sind:

- Die Optimierung von Beschleunigungsweglängen. Hierzu werden Informationen über die Länge der an der Bewegung beteiligten Gliedmaßen benötigt.
- Die Abschätzung von Belastungen in Bändern, Sehnen und Gelenken bei definierten Bewegungen verlangt die Kenntnis der Elastizität der Bänder und Sehnen und die Anatomie der Gelenke.

Um die Körperbaumerkmale eines Sportlers zu erfassen, kann man eine direkte oder indirekte Messung durchführen. Bei der direkten Messung benötigt man u.a. einen Zollstock, bei der indirekten Messung werden die Körperbaumerkmale an Photographien erstellt, die den Sportler in verschiedenen Ansichten zeigen.

Im allgemeinen werden etwa 32 anthropometrische Merkmale erfasst. Man unterscheidet hierbei zwischen Längenmerkmalen und Volumenmerkmalen. Zu den Längenmerkmalen zählen beispielsweise Körper-, Schulter- und Hüfthöhe, Oberarm- und Unterarmlänge sowie Handbreite. Zu den Volumenmerkmalen zählt man die Umfänge von beispielsweise Ober- und Unterarm, Oberschenkel sowie Knie.

Fazit:

Die biomechanische Anthropometrie leistet demnach Hilfestellung bei der Eignungsfeststellung eines Sportlers für eine bestimmte Sportart.

Weiterhin ist sie notwendig für die Bestimmung von Belastungsgrößen auf das Knochenskelett und den Bänderapparat des jeweiligen Sportlers.

#### **4. Methodische Wege des Erlernens einer sportlichen Technik (Erarbeitung/Durchführung von Übungsreihen)**

Das Hauptanliegen des Techniktrainings im Sport lässt sich in etwa wie folgt umschreiben:

Durch planvolle und aktive Auseinandersetzung des Sportlers mit der sportlichen Technik sollen spezielle Bewegungserfahrungen vermittelt werden, die mit Hilfe von Zusatzinformationen (beispielsweise Demonstration und Bewegungsbeschreibungen) zu einer angemessenen Bewegungsvorstellung (Bewegungsbild) zu verbinden sind, um daraus geeignete Bewegungsprogramme (Nerv-Muskel-Befehle) und erforderliche Fähigkeiten zur Bewegungskoordination (Steuerung und Regelung der Bewegung) zu entwickeln.

Inhalt des Techniktrainings ist die Schulung des Bewegungsverhaltens des Sportlers nach objektiven und allgemeingültigen Merkmalen der sportlichen Technik unter Berücksichtigung der individuellen Besonderheiten des Sportlers.

Techniktraining verlangt, zumindest vom Ausbilder und Trainer, ein möglichst umfangreiches und detailliertes Wissen zur speziellen Technik und zu allgemeinen Bewegungsgesetzmäßigkeiten.

Techniktraining ist ein langfristiger Prozeß und beginnt beim Anfänger. Aber auch der weiter fortgeschrittene Sportler und der Leistungssportler trainieren Technik. Das Techniktraining auf den verschiedenen Könnensstufen sieht allerdings nicht gleich aus.

### **Techniktraining folgt im wesentlichen den gleichen Gesetzmäßigkeiten wie Bewegungslernen.**

Bewegungslernen im Sport bedeutet das Sich-Aneignen, Verbessern und Automatisieren von sportlichen Fertigkeiten/Techniken als Ergebnis ihres wiederholten und bewußten Ausführens. Dabei werden Lernfortschritte vor allem durch eine Verbesserung des Zusammenspiels von Zentralnervensystem und Muskulatur bewirkt.

### **Das Fundament ist entscheidend oder die „Schritt für Schritt“-Technik**

Die Informationen sollten sich so oft wie möglich wiederholen und alle Informationskanäle sollten genutzt werden, aber immer nur eine Anweisung oder eine Korrektur mitteilen. Erfahrungen und erste Kenntnisse vermitteln mit

- Bildreihen
- Demonstrationen an Land und im Wasser
- Filmen
- taktilen Bewegungshilfen.

Dabei

- immer nur kurze Anweisungen geben und
- nur kurze Strecken schwimmen lassen.

Zunächst nur Körperlage, Kopfhaltung und Kopfbewegung, Ausatmung ins Wasser, Rücken- und Kraulbeinschlag sowie Brustarmzug stufenspezifisch korrigieren, da dies die leichten Teilbewegungen sind.

**Überkorrekturen** und Korrekturen bzw. Anweisungen mit Körper- oder Umweltbezug sind leichter nachvollziehbar:

- Bauch an die Decke (Rückenlage)
- Kopf aufs Wasser (Rückenlage)
- Ohren mit den gestreckten Armen einklemmen (Gleitlage)
- Gesicht ins Wasser und bis 3,5,7,.... zählen

Allgemeine Möglichkeiten, stufenspezifische und altersspezifische Bewegungsvorstellungen und Kenntnisse zu vermitteln:

- möglichst viel korrigieren (aber immer nur den wichtigsten Fehler) und differenziert informieren
- Informationen wiederholen, alle Informationskanäle nutzen (sehen, hören, fühlen,.....)
- die Technikanteile und Technikmerkmale vom Schwimmschüler aussprechen lassen
- auf Zusammenhänge zwischen den konditionellen Fähigkeiten und schwimmtechnischen Merkmalen hinweisen
- zur Eigenkontrolle motivieren
- Diskussionen über die Schwimmtechnik führen

Hierfür stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Filme, Videos, Zeichnungen, Demonstrationen (auch in Zeitlupe)
- vergleichende Technikanalysen (mit Video, Film,.....)
- richtige und falsche Bewegungsabläufe gegenüberstellen
- Technikbeschreibungen altersspezifisch erklären

**Methodische Hinweise:**

Nachfolgende Aufgabe kann wiederum als Gruppenaufgabe angeboten werden. Je nachdem, ob zwei oder drei Schwimmtechniken durchgesprochen werden, werden entsprechende Gruppen eingeteilt.

Aufgabe dieser Gruppen ist es, Übungsformen für das Techniktraining der jeweiligen Schwimmtechnik nach folgendem Raster aufzustellen und abschließend der Gruppe zu präsentieren.

*(weitere Mustervorlagen siehe Anlage C)*

<b>Übungsformen und Bewegungshilfen, Brustschwimmen</b>	<b>Anzusteuernde Technikanteile und -merkmale</b>	<b>ggf. Anmerkungen</b>
Teilbewegung Brustarmzug Teilbewegung Brustbeinschlag		immer im Wechsel mit der Gesamtbewegung
ein Brustarmzug und zwei Brustbeinschläge oder ein anderes Zahlenverhältnis	zeitliche Kopplung	
Brustarmzug mit Partnerhilfe oder pull-buoy	hoher Ellbogen	
Strecke mit möglichst wenig Zyklen bewältigen - mit Komplettbewegung - nur mit Armzug - nur mit Beinschlag	betonter Krafteinsatz	keine Gleitphasen
.....		

Übungsformen und Bewegungshilfen, <b>Kraulschwimmen</b>	Anzusteuernde Technikanteile und -merkmale	ggf. Anmerkungen
Wechselzug, einfach, zweifach,...	Zeitpunkt der Einatmung und Kopfhaltung beachten	immer im Wechsel mit der Gesamtbewegung
Armzug einarmig (mit Partnerhilfe, Flossen oder pull-buoy, mit und ohne Beinschlag)	auf Strecken-Beugen Strecken der Arme achten hoher Ellbogen körpernahe Rückholbewegungen	einzelne Technikanteile nacheinander bearbeiten
Strecke mit möglichst wenig Zyklen bewältigen - mit Komplettbewegung - mit Armzug - mit Beinschlag - Beinschlag mit Schwimmbrett	betonter Krafteinsatz	keine Gleitphasen
nach jedem Zug Gleitphase einlegen	Rollbewegung zur Zug-Druckseite	Rollbewegung wird überbetont
Beinschlag in Seitenlage		
Kurzsprints (5m)		

Übungsformen und Bewegungshilfen, <b>Rückenkraulschwimmen</b>	Anzusteuernde Technikanteile und -merkmale	ggf. Anmerkungen
Doppelarmzug und normale zeitliche Abfolge im Wechsel (mit Partnerhilfe, Flossen oder pull-buoy)	Körperlage und Kopfhaltung Arme sind getreckt – gebeugt – gestreckt Rückholphase mit gestrecktem Arm Schultern bei Rückholphase anheben	einzelne Technikanteile nacheinander ausführen lassen
Strecke mit möglichst wenig Zyklen bewältigen - mit Komplettbewegung - mit Armzug - mit Beinschlag - Beinschlag mit Schwimmbrett	betonter Krafteinsatz	zeitliche kopplung nicht verändern, keine Gleitphasen
nach Zug-Druckphase jeweils eine Gleitphase einlegen	Rollbewegung zur Zug-Druck-Seite	Rollbewegung wird überbetont
Doppelarmzug und Brustbeinschlag		
Kurzsprints (5m)		

## 5. Anlagen

### Anlage 1

Aufgabenzettel

#### A. Anfängerschwimmen:

Aufgabenstellung  
 Welche Kräfte wirken?  
 Wo setzen diese Kräfte an?

Bälle unter Wasser drücken	
Quallenposition	
Gleiten und Schweben (im Bauch und Rückenlage) - alle Körperteile unter Wasser - Gesicht im Wasser (Bauchlage) Kopf auf dem Wasser (Rückenlage)	
Warum muss man beim Einsatz von Bewegungshilfen darauf achten, dass keine störenden Drehbewegungen um die Breiten- oder Längsachse auftreten?	

*Lösungshinweis: an Auftriebskraft denken!*

#### B. Schwimmtraining

Aufgabenstellung  
 Welche Kräfte wirken?  
 Wo setzen diese Kräfte an?

1.

auf den Beckenboden legen	
nur durch Ausatmen absinken	
Schwimmbretter oder pull-buoys zum Beckenboden transportieren	
kopfwärtiges Abtauchen wird unterstützt, wenn die Beine schnell aus dem Wasser gehoben werden	

*Lösungshinweis: an Auftriebskraft denken!*

2.

Beine sinken in Rücken- und Bauchlage ab	
Beine treiben mit pull-buoy-Unterstützung auf	

*Lösungshinweis: an Gleichgewichtszustände denken*

## Anlage 2

### Aufgabenkatalog:

Bewegungsexperiment	Fragestellung/Aufgabe				
In der „Quallenposition“ schweben und anschließend ausatmen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen?				
Zwei senkrecht stehende Schwimmbretter erst zur Hälfte, dann vollständig unter Wasser drücken.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen? Erforderlichen Kraftaufwand abschätzen.				
Im schulertiefem Wasser auf einen, zwei, drei, ..... Schwimmbrettern stehen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen? Erforderlichen Kraftaufwand abschätzen.				
Senkrecht gestelltes Schwimmbrett im Wasser schieben und ziehen (halb bzw. vollständig eingetaucht, langsam und schnell)	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen? Erforderlichen Kraftaufwand mit den Zahlen 1,2,3 und 4 einschätzen und zuordnen:  <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">angeströmte Fläche klein</td> <td style="width: 50%; border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">angeströmte Fläche groß</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">langsam             schnell</td> <td style="text-align: center;">langsam             schnell</td> </tr> </table>	angeströmte Fläche klein	angeströmte Fläche groß	langsam             schnell	langsam             schnell
angeströmte Fläche klein	angeströmte Fläche groß				
langsam             schnell	langsam             schnell				
Senkrecht im Wasser schweben (voll eingeatmet) und beide Arme langsam aus dem Wasser nehmen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen?				
Im bauchtiefen Wasser stehen und die Hand (Fingerspitzen zeigen zum Boden) eine kurze Strecke durchs Wasser ziehen.	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Welche Beobachtungen werden am Handrücken gemacht? Gibt es mögliche Gründe für die Beobachtungen?				
Paddeln (Hände an der Hüfte) in Rückenlage, Handrücken einmal fußwärts und einmal kopfwärts ausrichten (langsam und schnell paddeln); linker Handrücken fußwärts und rechter Handrücken kopfwärts (in Hockschwebe)	Beschreiben der gemachten Erfahrungen. Beide Bewegungsrichtungen des Körpers und die Handstellungen vergleichen.				

**Anlage 3**

Übungsformen und Bewegungshilfen, <i>Brustschwimmen</i>	Anzusteuernde Technikanteile und -merkmale	ggf. Anmerkungen

Übungsformen und Bewegungshilfen, <i>Kraulschwimmen</i>	Anzusteuernde Technikanteile und -merkmale	ggf. Anmerkungen

Übungsformen und Bewegungshilfen, <i>Rückenkraulschwimmen</i>	Anzusteuernde Technikanteile und -merkmale	ggf. Anmerkungen

## 6. Benutzte und weiterführende Literatur (Quellenverzeichnis):

- James E. Councilman, Handbuch des Sportschwimmens, sport fahnenmann verlag, Bockenem, 1980 (*wird leider nicht mehr aufgelegt*)
- Klaus Reischle, Biomechanik des Schwimmens, sport fahnenmann verlag, Bockenem, 1988
- Grosser/Hermann/Tusker/Zintl, Die sportliche Bewegung, blv Verlagsgesellschaft, München, 1987
- Grosser/Neumaier. Techniktraining, blv Verlagsgesellschaft, München, 1982



**Auf den nächsten Seiten folgend: Folienvorlagen**