

ZU DIESEM HEFT



Liebe Kolleginnen und Kollegen,

gehören Sie zu den Personen, denen Sport gar nichts sagt? Die lieber in Muße im Wald spazieren gehen, im Freundeskreis einen Skat klopfen oder abends am Kamin ein Buch lesen? Oder gehören Sie zu denjenigen, die sich ein Leben ohne Sport nicht vorstellen können? Die locker über weite Wiesen laufen, im Kollegenkreis Volleyball spielen oder nach Feierabend im Schwimmbad ihre Bahnen ziehen?

Egal, welcher Gruppe Sie angehören, eines verbindet uns: Wir wollen jungen Menschen – und uns selbst – immer wieder Wege zur Physik erschließen, Wege, die Kinder, Jugendliche und wir selbst in Muße beschreiten oder locker erlaufen können.

Bewegung und Sport gehören zu diesen Wegen. Wie dieses Themenheft zeigen soll, laden sie uns ein,

- Physik zu lernen in und durch Bewegung,
- fächerübergreifend Sport und Physik zu verbinden,
- Schülerinnen und Schüler abzuholen,
- sich in Spiel und Bewegung zu begegnen,
- Lernfähigkeit und Gesundheit zu fördern,
- Wege zum Wohlbefinden zu beschreiten.

Als begeisterter Schwimmer, Jogger, Bergwanderer und Skitourenfahrer – und als ebenso begeisterter Physiklehrer und -didaktiker – hat mir die Herausgabe dieses Heftes großen Spaß bereitet. Mögen Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler gleich viel Freude und Lerngenuss beim Umsetzen der vorgestellten Unterrichtsinhalte erleben. Bringen wir den Physikunterricht in Bewegung!

Mit diesem Wunsch grüßt herzlich

Ihr

Peter Labudde

Ihre Service-Nummern im Friedrich Verlag

Abo-Service: (05 11) 4 00 04-151

Leserservice: (05 11) 4 00 04-188

Redaktion: (05 11) 4 00 04-125

www.friedrich-verlag.de

Naturwissenschaften im

Unterricht Physik

Heft 70, Juni 2002,
13. Jahrgang

LERNEN IN BEWEGUNG

Herausgeber: Prof. Dr. Peter Labudde, Bern

BASISARTIKEL

Peter Labudde und Ferdy Firmin
Physikunterricht in Bewegung 4

UNTERRICHTSPRAXIS

Martin de Bruin und Peter Labudde
Durch Physik in schwimmerische Höhen aufsteigen –
durch Schwimmen in physikalische Tiefen tauchen 10

Wieland Müller
Vom Spiel zur Physik
Das Beispiel Basketball 15

Wieland Müller
Tauchen
Physik unter Wasser 18

Alex Stacoff und Bruno Leisinger
Biomechanik als Verbindung zwischen Sport und Physik 24

Helmuth Mayr
Sportliches im Physikunterricht 29

Hans Kläy
Das bewegte StrO(H)M-Gesetz 32

Ferdy Firmin
Die aktive Pause als Lernhilfe 35

Kurzfassungen unter
www.friedrich-verlag.de

MAGAZIN

DISKUSSION Jan-Peter Braun
Vom Unanschaulichen zum Wahrnehmbaren
– ein paradoxer Lernweg? 38

ANREGUNGEN Erhard Marhenke
Kapazitätsbestimmung von Kondensatoren 40

Otto Lührs
Stroboskop
Phänomene und Anwendungen 48

AUFGABE Martin Volkmer
Die Laufzeit des Lichtes von der Sonne zu einzelnen Planeten 43

REZENSION Otto Ernst Berge
Donnerwetter – Physik! 44

INFORMATIONEN Bodo Eckert, Werner Stetzenbach und Hans-Jörg Jodl
Low-Cost-/High-Tech-Freihandversuche Physik
Workshop zum Buch 45

Martin Volkmer
Datenübertragung zwischen
galvanisch getrennten Stromkreisen 46

VERSUCHSKARTEI Martin Volkmer
Modell eines Wechselstrommotors 51

Otto Ernst Berge
Der Fahrraddynamo als Motor 51

Vorschau/Rückschau/Impressum 53

Durch Physik in schwimmerische Höhen aufsteigen – durch Schwimmen in physikalische Tiefen tauchen

Von Martin de Bruin und Peter Labudde

Planschen, Baden, Schwimmen oder Tauchen gehören für viele Schülerinnen und Schüler zu den beliebtesten Freizeitaktivitäten. Knüpfen wir als Physiklehrkräfte hier doch an! Geben wir Kindern und Jugendlichen die Chance, Alltagserfahrungen und physikalisches Wissen, Badevergnügen und wissenschaftliche Neugier zu verbinden. Als Sport- bzw. Physiklehrer haben wir damit die besten Erfahrungen gemacht.

Lernen in Bewegung

Die Physik des Schwimmens ist geradezu prädestiniert, um physikalische Sachverhalte mit dem eigenen Körper zu spüren und aufzuspüren. Werden die Körpererfahrungen und Schwimmerlebnisse dann bewusst gemacht – und genau davon handelt dieser Beitrag –, können Schülerinnen und Schüler daraus zentrale physikalische Einsichten entwickeln. Der Kerngedanke dieses Themenheftes – „Lernen in Bewegung“ – wird hier exemplarisch umgesetzt.

Entscheidend ist, dass wir den Lernenden im Physikunterricht Möglichkeiten für eigene Sinneserfahrungen und Wahrnehmungen geben. Ein Schwimmbadbesuch, evtl. zusammen mit der Sportlehrkraft, ist daher eine Bedingung *sine qua non*. Denn eigene Erfahrungen, die Schülerinnen und Schüler während des Physikunterrichts und dann noch zusammen in der Gruppe machen, tragen ganz anders zur Qualität des Lernens und Lehrens bei, als wenn wir im Unterricht nur auf (vermutete) Freizeiterlebnisse verweisen. Oder als wenn wir ausschließlich mit Glasbecken, Schwimmkörper und Federkraftmesser physikalische Gesetze in der Schulstube – quasi

auf dem Trockenen – demonstrieren und zelebrieren.

Da in einigen Ländern für eine derartige Unterrichtseinheit eine Schwimm-Lehrbefähigung oder ein Schwimm-Rettungsausweis gesetzlich vorgeschrieben ist, empfiehlt es sich, mit der Sportlehrkraft zusammenzuarbeiten oder notfalls die verschiedenen Arbeitsaufträge als Hausaufgaben zu erteilen.

Integration in den Physikunterricht

Wir stellen in diesem Artikel vier **Stationen** für das 9. oder 10. Schuljahr vor (S. 11–12). Die dort vorgeschlagenen Aktivitäten lassen sich methodisch auf verschiedene Art und Weise in den Physikunterricht aufnehmen:

- Eine einzelne Aktivität während eines kurzen Schwimmbadbesuches kann dazu dienen, bestimmte physikalische Begriffe und Zusammenhänge zu erarbeiten. Behandelt man im Physikunterricht etwa die Themen „Auftrieb, Schwimmen, Schweben, Sinken“, öffnet die **Station 1** („Auf dem Wasser liegen“, s. S. 11) einen Lernpfad, der andere Lernwege wie Schülerexperimente mit verschiedenen Körpern, Federkraftmesser und Wasser oder das Lesen eines Lehrbuchtextes komplementär ergänzt ([1], S. 119).
- Alle vier Stationen zusammen bilden bei einem zweistündigen Schwimmbadbesuch einen kleinen Lernzirkel [2]: Dieser kann, zum Beispiel in der Mitte des Kapitels Hydrostatik und Hydrodynamik, gleichermaßen motivieren und auflockern wie auch maßgeblich das Verstehen fördern.
- Unsere Arbeitsvorschläge lassen sich aber auch in andere, eher projektartige

Unterrichtskonzepte einbetten, z. B. in ein fächerübergreifendes Projekt „Citius – altius – fortius: Wie können wir unsere sportlichen Leistungen optimieren?“ oder in eine themenzentrierte Unterrichtseinheit, die während eines Quartals der „Physik im Schwimmbad“ gewidmet ist ([1], S. 117).

Dieser Abschnitt ist bewusst nicht mit „Integration in den *normalen* Physikunterricht“ überschrieben. Denn für uns ist die hier beschriebene Art von Physikunterricht *normal*: ein Unterricht, in dem Schülerinnen und Schüler eigene (sinnliche) Erfahrungen machen können, darauf physikalisches Wissen aufbauen und so Lebenswelt und Physik verbinden; ein Unterricht, der Interessen und Vorwissen der Lernenden aufnimmt und der auch immer wieder fachüberschreitend ist.

Physikalische Einsichten

Welche physikalischen Inhalte lassen sich in einem solchen Unterricht erarbeiten? Wie passen die Fachsprachen von Physik und Sport zusammen? Für eine ausführliche Beschreibung der Physik des Schwimmens sei auf den Artikel „Antrieb und Widerstand beim Schwimmen“ in einer älteren Ausgabe dieser Zeitschrift verwiesen [3].

Kernelemente im Schwimmsport

In der Schwimmsportausbildung gehen die neusten didaktischen Ansätze von vier Kernelementen aus ([4], s. a. Kasten auf S. 14):

- Atmen,
- Antreiben,
- Gleiten,
- Schweben.

STATION 1

Auf dem Wasser liegen

Kernelement: Schweben

▼ MATERIAL

Auftriebshilfen (Schwimmring, -brett oder -flügel, Pullbuoy)

▼ ZEITAUFWAND

10 Min.

▼ PHYSIKALISCHE EINSICHTEN

- Den Auftrieb spüren und Möglichkeiten entdecken, ihn gezielt zu beeinflussen.

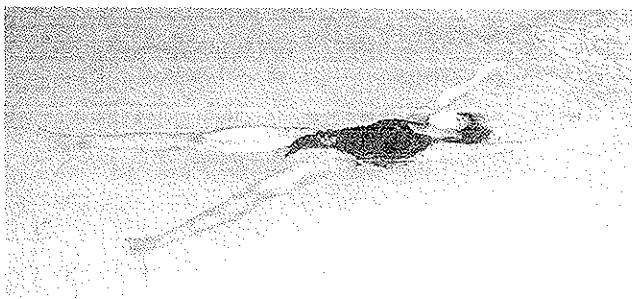


Foto: Martin de Bruin

- Den Auftrieb als Kraft erkennen, die der Gewichtskraft entgegen wirkt.
- Die unterschiedliche Lage von Volumenmittelpunkt und Schwerpunkt wahrnehmen und bewusst verändern.

▼ AKTIVITÄT

Wir legen uns in Rückenlage, ohne unterstützende Arm- oder Beinbewegungen, flach auf das Wasser.

▼ AUFGABEN

- Was geschieht mit der Körperlage? Begründe.
- Setze Schwimmhilfsmittel ein, um die Position zu halten.
- Suche eine optimale Körperposition ohne Hilfsmittel.

Tipp: Beine gespreizt, Hände außerhalb des Wassers, Körper gespannt, Lunge mit Luft gefüllt.

STATION 2

Sich durch das Wasser ziehen lassen

Kernelement: Gleiten

▼ MATERIAL

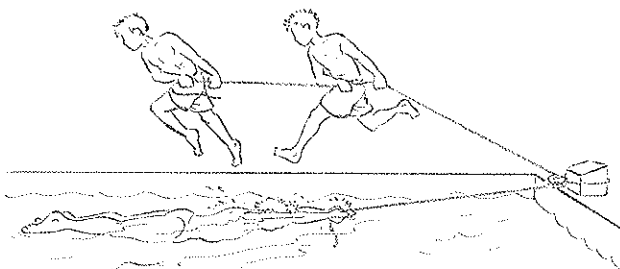
30 m Seil (bei einem 25-m-Becken), Griffe, Umlenkrolle

▼ ZEITAUFWAND

30 Min.

▼ PHYSIKALISCHE EINSICHTEN

- Den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Strömungswiderstand wahrnehmen.



Zeichnung: Walter Lübbert

- Die Abhängigkeit des Widerstands von Körperform (Widerstandsbeiwert) und Stirnfläche erkennen.

▼ AKTIVITÄT

Eine Person lässt sich jeweils von 3 bis 4 Mitschülerinnen bzw. -schülern durch das Wasser ziehen. Idealerweise ist am Beckenrand, z. B. am äußersten Startblock, eine Umlenkrolle montiert.

▼ AUFGABEN

- Versuche, möglichst wenig Widerstand zu erzeugen.
- Versuche, möglichst viel Widerstand zu erzeugen.
- Versucht in der Weltrekordzeit über 50 m Freistil von Mark Forster (21,13 s), die Schwimmerin durchs Wasser zu ziehen.

STATION 3

Fortbewegen nach dem Prinzip des Raddampfers

Kernelement: Antreiben

▼ MATERIAL

Am besten ist ein kleines Nichtschwimmerbecken, eine Schulklasse erzeugt dort eine starke Kreisströmung.

▼ ZEITAUFWAND

10 Min.

▼ PHYSIKALISCHE EINSICHTEN

- Das Gesetz der allgemeinen Wechselwirkung (actio = reactio) als Antriebsmöglichkeit erfahren.
- Den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Strömungswiderstand erleben.

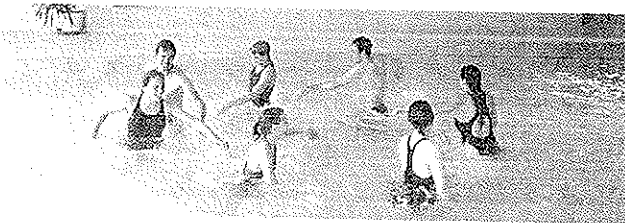


Foto: Martin de Bruin

▼ AKTIVITÄT

Wir joggen im brusttiefen Wasser und ziehen uns dabei mit den Händen im Wasser vorwärts.

▼ AUFGABEN

- Wir gehen im Kreis und erhöhen nach und nach unsere Laufgeschwindigkeit.
- Wir gehen schnell im Kreis und bewegen unsere Hände von hinten nach vorn, also in der Laufrichtung, d. h. wir bremsen ab und erzeugen Gegenwirbel.
- Wir gehen schnell im Kreis und wechseln miteinander die Laufrichtung (180°-Kehrtwendung).
- Wir gehen schnell im Kreis, erhöhen die Laufgeschwindigkeit, legen uns aufs Wasser und lassen uns von der Strömung treiben.

STATION 4

Fortbewegen nach dem Prinzip der Schiffsschraube

Kernelement: Antreiben

▼ MATERIAL

Pullbuoy



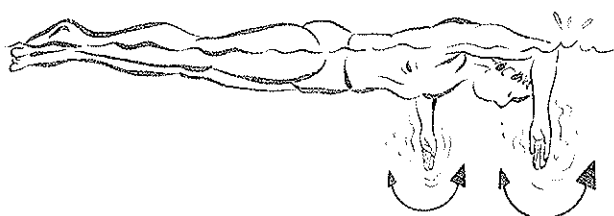
Pullbuoy

▼ ZEITAUFWAND

20 Min.

▼ PHYSIKALISCHE EINSICHTEN

- Den (hydro-)dynamischen Auftrieb spüren und ihn durch Veränderung des Anstellwinkels der Hände verändern.



- Den dynamischen Auftrieb als eine Möglichkeit des Antriebs erkennen (Prinzip der Schiffsschraube).

▼ AKTIVITÄT

Wir sind in Bauchlage, mit einem Pullbuoy zwischen den Knien, auf dem Wasser und bewegen uns nur durch eine Scheibenwischerbewegung der Unterarme und durch das Anstellen der Handflächen vorwärts.

▼ AUFGABEN

- Achte darauf, dass das Ein- und das Auswärtsführen der Hände gleich kräftig geschehen.
- Variiere die Geschwindigkeit der Scheibenwischerbewegung und den Anstellwinkel der Hand.
- Versuche, dich auch in Rückenlage nach dem Schiffsschraubenprinzip fußwärts und kopfwärts fortzubewegen.

Physik des Schwimmens: Überblick

(Statischer) Auftrieb

Schwimmsport und Physik meinen mit diesem Begriff dasselbe: Der Auftrieb – in der Physik wird von Auftriebskraft gesprochen – ist gleich dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit (archimedisches Gesetz).

Der Mensch kann im Wasser den Auftrieb erhöhen, indem er die Lungen mit möglichst viel Luft füllt (vgl. Station 1), den Körper vollständig ins Wasser eintaucht oder indem er sich Schwimmhilfen bedient wie Schwimmring, -flügel oder Pullbuoy (to pull: ziehen, rudern; buoy: Boje; to buoy up: schwimmend erhalten; buoyancy: Auftrieb). Der Pullbuoy ist aus keinem Schwimmtraining wegzudenken: Zwischen die Beine geklemmt erhöht er den Auftrieb und ermöglicht so ein gezieltes Armtraining ohne Beineinsatz (vgl. Station 4).

Statischer Auftrieb und Gewichtskraft

Viel Luft in der Lunge erhöht den Auftrieb. Die Beine sinken ab, weil Auftrieb und Gewichtskraft nicht am selben Punkt ansetzen (s. Abb. 1). Durch ein Grätschen der Beine bzw. durch das Aus-dem-Wasser-Heben der Hände rückt der Schwerpunkt näher an den Volumenmittelpunkt, und die Beine sinken nicht mehr ab (vgl. Station 1).

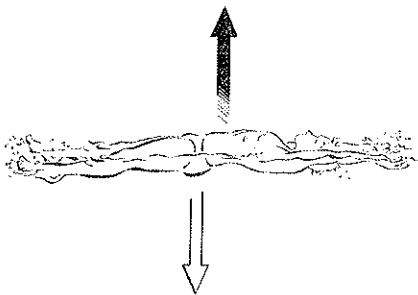


Abb. 1: Gewichtskraft und Auftriebskraft greifen nicht immer am selben Punkt an

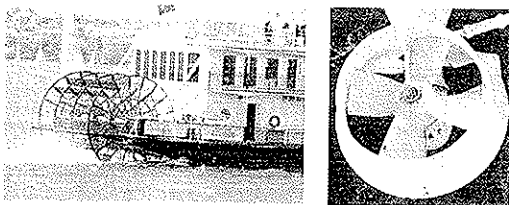


Abb. 2: Beim Schwimmen erfolgt der Antrieb nach dem Prinzip des Raddampfers oder nach dem Prinzip der Schiffsschraube

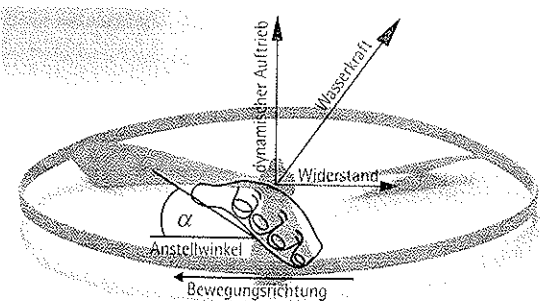


Abb. 3: Dynamischer Auftrieb nach dem Prinzip der Schiffsschraube

Der hier skizzierte Effekt führt u. a. dazu, dass man bei einem Kopfsprung nach dem Eintauchen ins Wasser schneller wieder auftaucht.

Strömungswiderstand F_w

Der Strömungswiderstand ist von folgenden Größen abhängig:

- Widerstandsbeiwert c_w (Widerstandszahl, in manchen Schwimmbüchern auch als Wirbelwiderstand bezeichnet),
- Wasserdichte ρ ,
- Geschwindigkeit v ,
- Stirnfläche A (in einigen Sportbüchern als Frontalwiderstand notiert).

Es gilt:

$$F_w = 1/2 c_w \rho A v^2 .$$

Schwimmerinnen und Schwimmer können bei entsprechender Technik den Widerstandsbeiwert und die Stirnfläche möglichst klein halten und damit den Strömungswiderstand ihres Körpers reduzieren (vgl. Station 2, teilweise auch Station 3). Umgekehrt ist es für den Antrieb nach dem Raddampferprinzip (s. Abb. 2) natürlich notwendig, dass die antreibenden Hände das Wasser „möglichst gut greifen“ (wie die Schwimmfachleute sagen), dass man also die Hände mit möglichst großem Widerstand durch das Wasser bewegt und so den Körper nach vorne antreibt (vgl. Station 3).

Dynamischer Auftrieb

Je nach Anstellwinkel erfährt ein Flügel in der Luft einen größeren oder kleineren (aero-)dynamischen Auftrieb. Für eine Hand im Wasser gilt das Gleiche: Je nach Anstellwinkel und Geschwindigkeit wird ein größerer oder kleinerer (hydro-)dynamischer Auftrieb erzeugt.

Im Schwimmsport nutzt man diesen zum Antrieb und spricht vom Fortbewegen nach dem Prinzip der Schiffsschraube oder auch vom hydrodynamischen Lift (vgl. Station 4; siehe auch Abb. 2 und Abb. 3). Der dynamische Auftrieb wird beim Schwimmen zum Auftreiben (beim Synchronschwimmen) oder zum Antreiben eingesetzt. Die Hand, die in Abbildung 3 nach links gezogen wird, erzeugt einen Auftrieb nach oben. In Station 4 erzeugt die Hand, wenn sie senkrecht nach unten zeigt und zur Seite gezogen wird, einen Antrieb nach vorne.

Antriebsarten beim Schwimmen: Zusammenfassung

Es kommen beim Schwimmen zwei Arten von Antrieb zum Zuge:

- nach dem Prinzip des Raddampfers und
- nach dem Prinzip der Schiffsschraube [5].

Zieht oder drückt die Hand während der Unterwasserphase des Armzugs – sei es beim Brust-, Rücken-, Kraul- oder Delfinschwimmen – genau entgegen der Fortbewegungsrichtung, wird der Vortrieb vorwiegend durch das Raddampferprinzip erzeugt. Bewegen sich die Hände oder Füße diagonal zur Schwimmrichtung, bewirkt hauptsächlich das Schiffsschraubenprinzip die Fortbewegung.

Physik des Schwimmens

Aus physikalischer Perspektive geht es

- beim Element *Antreiben* um das allgemeine Wechselwirkungsgesetz, den Strömungswiderstand der antreibenden Hände bzw. Beine sowie zum Teil um den hydrodynamischen Auftrieb (hier zum Antrieb genutzt),
- beim Element *Gleiten* um den Strömungswiderstand des Körpers,
- beim *Schweben* um den hydrostatischen Auftrieb.

Ein kurzer Überblick mit **Informationen** über die zugrunde liegende Physik findet sich auf S. 13.

Bewegtes Lernen: weitere Ideen

Neben den vier auf S. 11-12 vorgestellten **Stationen** seien noch einige weitere Ideen zum „Lernen in Bewegung“ skizziert:

- Wird bei **Station 2** der Haltegriff durch einen Holzflügel (**Abb. 4**) ersetzt, lassen sich der dynamische Auftrieb und seine Abhängigkeit vom Anstellwinkel mit den Händen „(be-) greifen“.
- Verbindet man beim Kraulschwimmen die Füße mit einer Leine über einen Kraftmesser mit dem Beckenrand, kann man die „Armkraft“ messen (100 bis 250 N!).
- Ein 3-m-Sprungbrett oder ein Sprungturm eröffnen Körpererfahrungen und tief gehende Diskussionen zum freien Fall: Welche Kräfte wirken beim Fall? Was heißt eigentlich „schwerelos“? Zudem lässt sich der Zusammenhang zwischen Fallzeit und -strecke hier nicht „theoretisch trocken“ bestimmen wie im Physikzimmer, sondern „praktisch nass“.
- Eine Wasserrutschbahn lädt ein, Reibung zu erleben und qualitative Experimente zum Reibungskoeffizienten durchzuführen: Ist die Reibung einer trockenen oder einer möglichst feuchten Rutschbahn geringer? Hängt die Reibung vom Stoff des Badeanzugs

Die Kernelemente im Schwimmsport

Mithilfe der so genannten Kernphilosophie soll das Wesentliche aller Schwimmsportarten (Schwimmen, Rettungsschwimmen, Synchronschwimmen, Tauchen, Flossenschwimmen, Wassergymnastik und Wasserball) beschrieben und entdeckt werden. Der Weg zum optimalen Bewegen im Wasser geht dabei von den folgenden vier Kernelementen aus [4]:

- **Atmen:** Befindet sich der Mensch im Wasser, muss er lernen, die Atmung bewusst zu kontrollieren und unter Wasser gegen den Wasserdruck auszuatmen.
- **Antreiben:** Aktions-/Reaktionskräfte und teilweise auch dynamische Auftriebskräfte bilden die Grundlage des Antriebs im Wasser.
- **Gleiten:** Die Widerstandskraft, die auf den Körper im Wasser entgegen der Schwimmrichtung wirkt, kann durch eine günstige Körperposition reduziert werden.
- **Schweben:** Durch den Auftrieb wird der Körper im Wasser getragen. Durch das Positionieren unserer Hebel (Arme, Beine) kann man das Gleichgewicht in der Schwebelage erleben.

bzw. der Badehose ab? Welchen Einfluss hat eine Unterlage?

Mit diesen Ideen und den vier Stationen beschreiben wir Experimente, die durchaus Platz als Hausaufgaben oder in einem Physikpraktikum haben können, Heim- bzw. Praktikumsversuche der vielleicht (noch) ungewohnten Art. Körper- und Sinneserfahrungen sollen Schülerinnen und Schülern andere Lernkanäle öffnen – mit den Zielen eines positiveren emotionalen Bezugs zur Physik, mehr sozialen Lernens in der Klasse und, last but not least, eines ursprünglicheren, tieferen Verstehens der Physik.

Literatur

- [1] Labudde, P.: Erlebniswelt Physik. Bonn: Dümmler, 1993.

- [2] „Unterricht-Physik“-Themenhefte mit Lernzirkeln sind z. B. UP 36, 48 und 58 sowie das Themenheft bzw. die CD-ROM „Lernen an Stationen. Elektrizitätslehre“ (UP 51/52).
- [3] Rodewald, B.: Antrieb und Widerstand beim Schwimmen. In: Unterricht Physik 3 (1992), Heft 3, S. 28–33.
- [4] Bundesamt für Sport (Hrsg.): J+S Schwimmsport Grundlagen. Bern: Bundesamt für Sport, 2001. www.baspo.ch/d/sportarten/schwimmen/lehrmittel.htm
- [5] Reischle, K.: Biomechanik des Schwimmens. Bockenem: Verlag Sport Fahnemann, 1988.
- [6] Interverband für Schwimmen (Hrsg.): Grundlagentests Schwimmen. Aesch: 2000. www.ivsch.ch
- [7] Schnittger, R.: Der Vortrieb beim Schwimmen. In: Lehrhilfen für den Sportunterricht (ständige Beilage zu „Sportunterricht“) (1996), Heft 8, S. 113–120.

► **Martin de Bruin**,
Turn- und Sportlehrer, seit 1982 als Dozent für Schwimmsport am Institut für Sport und Sportwissenschaft der Universität Bern in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften tätig.

Universität Bern
Institut für Sport und Sportwissenschaft
Bremgartenstr. 145
CH – 3012 Bern
martin.debruin@issw.unibe.ch

Prof. Dr. Peter Labudde,
Physik-, Chemie- und Mathematiklehrer, seit 1988 als Dozent für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bern in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften tätig.

Universität Bern
Höheres Lehramt
Postfach
CH – 3000 Bern 9
labudde@sis.unibe.ch

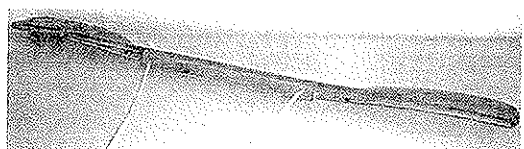


Foto Martin de Bruin

Abb. 4: Holzflügel