

Ein innovatives Konzept für den Biomechanikunterricht

Volumenarbeit – ein Beispiel am menschlichen Herzen **Torsten Strathmann, Matthias Strathmann**

Unter mehr als 45 Fächern ist die Physik und angewandte Biomechanik ein wichtiges Thema an Berufsfachschulen für Physiotherapie. Aufgrund des sehr hohen Frauenanteils in der Physiotherapieausbildung und des nachgewiesenen geringeren Interesses am Physikunterricht bei Frauen sollte es ein Ziel sein, diese Problematik mit einzubeziehen und diese Situation didaktisch-methodisch zu berücksichtigen. Um ein Beispiel zu zeigen, wie die Motivation im Physik/Biomechanik-Unterricht bei den SchülerInnen, vor allem bei den Frauen zu fördern ist, wird in diesem Beitrag die Volumenarbeit am Beispiel des menschlichen Herzens veranschaulicht und eine Unterrichtseinheit exemplarisch dargestellt.

Motivation im Physikunterricht

Die Physik ist nach heutiger Kenntnis das unbeliebteste Fach für Mädchen. Wodzinski beschreibt es für die Schülerinnen sogar als »Horrorfach«. Mit 10 % sind sie somit in Physikleistungskursen stark unterrepräsentiert. Leider hat dieses Wissen auch Konsequenzen im beruflichen und sozialen Umfeld. Das frühzeitige Abwenden von der Physik führt laut der Autorin unter anderem dazu, dass viele Mädchen einen geringeren Zugang zu einem wichtigen Teil unserer Kultur haben und bei ihrer persönlichen und beruflichen Entwicklung ein schmaleres Spektrum an Möglichkeiten haben als Jungen. Das Abwenden der Mädchen von der Physik wird unter anderem darin gesehen, dass der traditionelle Physikunterricht die Interessen der Mädchen zu wenig berücksichtigt. Untersuchungen zeigen, dass die Mädchen durchaus Interesse an den Themen des Physikunterrichtes haben. Sie reagieren jedoch – anders als viele Jungen – sehr sensibel darauf, in welchem Kontext das Thema eingebettet ist. Auch bevorzugen Mädchen andere Lernformen als Jungen. Kooperatives Lernen wird beispielsweise von ihnen mehr geschätzt als konkurrierendes Lernen (Wodzinski 2002).



Foto: Matthias Strathmann

Der Biomechanikunterricht an den Physiotherapieschulen ist prädestiniert dafür, um physikalische Kenntnisse am Beispiel aus der Biologie, hier vor allem die des menschlichen Körpers, aufzuzeigen und zu vertiefen. Physikalische Grundlagen sollen nicht nur verstanden, sondern müssen auf den menschlichen Körper übertragen werden können (Felder und Seel 1996).

Besonders für Mädchen ist ein menschliches Herz ansprechender als eine mechanische Pumpe, die Erdöl fördert. Letztendlich ist somit der Kontext, hier der Zugang zur Biologie, entscheidend für ein bestimmtes Lernziel, das vermittelt werden soll. Diese genannten Punkte treffen in einer Physiotherapieausbildung noch stärker zu, da hierbei hauptsächlich die Biologie und Physio-

logie des menschlichen Körpers im Vordergrund des Interesses der SchülerInnen liegen muss. Ein an den Interessen der Mädchen orientierter Unterricht kommt unter anderem auch den Jungen zugute, da dies eine Qualitätssteigerung des gesamten Unterrichts zur Folge hat. Wagenschein formuliert es so: »Wenn man sich nach den Mädchen richtet, ist es auch für Jungen richtig, umgekehrt aber nicht«.

Curriculare und unterrichtliche Einordnung

Als Grundlage des geplanten Unterrichts dienen die Rahmenlehrpläne für die dreijährige Physiotherapieausbildung von Felder und Seel aus dem Jahr 1996. Da in der Ausbildung die Innere Medizin, unter anderem mit ihren Herzkreislauf-erkrankungen, sowie die Sportmedizin und die Trainingslehre einen hohen Stellenwert haben, sollte der Begriff Volumenarbeit (☺_S. 609) aus physikalisch-biomechanischer Sicht berücksichtigt und verstanden werden. In diesem Fach die »reine« Mechanik zu lehren und nur beispielsweise über Kräfte, Vektoren, und Drehmomente am muskuloskeletalen System zu diskutieren, ist bei dem großen Arbeitsspektrum, den die Physiotherapeuten abdecken müssen, nach unserer Meinung längst unzureichend. Aus den bisher, nur in kurzer Form, aufgegriffenen Gründen sollten die Curricula neu aufgearbeitet und durch einige Inhalte erweitert und ergänzt werden. Bedenkt man, dass in fast jeder Fachdisziplin die physikalischen Grundlagen Voraussetzung für das Verständnis von Belastung und Physiologie ist, müssen hier diese Begrifflichkeiten längst verstanden und definiert sein.

1 W_M =Mechanische Arbeit

2 W_V =Volumenarbeit

Unterrichtseinstieg

Es hat sich bewährt, den Unterricht mit einem Modell des menschlichen Herzens zu beginnen. Durch diesen Impuls sollen die SchülerInnen mit dem Lerngegenstand konfrontiert werden. Dieser soll sie motivieren sich aktiv am Unterricht zu beteiligen sowie ihr Interesse an der Mitarbeit wecken. Im folgenden Unterrichtsgespräch ist das Modell außerdem hilfreich, die vier Phasen eines Herzzyklus (1. Anspannungsphase – 2. Austreibungsphase – 3. Entspannungsphase – 4. Füllungsphase) zu wiederholen.

Da den SchülerInnen aus den bereits vorhergehenden Stunden die mechanische Arbeit bekannt ist, muss das Gespräch nun dahingehend erfolgen, dass die Pumptätigkeit des Herzens ebenfalls Arbeit bedeutet. Im Gegensatz zur mechanischen Arbeit, die im Übrigen sehr anschaulich an einem Skelettmuskel dargestellt werden kann und

darin besteht, durch die erzeugte Muskelkraft einen Widerstand zu bewegen ($W_M^1 = \text{Kraft} \times \text{Weg}$) besteht die Arbeit des Herzmuskels darin, durch Druckerzeugung während der Kontraktion ein bestimmtes Blutvolumen in den Kreislauf zu pumpen ($W_V^2 = \text{Druck} \times \text{Volumen}$) (Markworth 1988). Die rein mathematische Herleitung der Volumenarbeit kann an dieser Stelle auch zusammen mit den SchülerInnen erfolgen. Ersetzt man die Kraft in der ersten Gleichung durch die allgemeine Druckgleichung ($\text{Druck} = \text{Kraft pro Fläche}$), gelangt man durch Umformung und Einsetzen zur bereits genannten Volumenarbeit.

Anhand der Gleichung zur Volumenarbeit kann man mit den SchülerInnen rein qualitativ erarbeiten, dass die Herzarbeit umso größer wird, je höher das pro Systole ausgeworfene Schlagvolumen oder je höher der Druck >>>

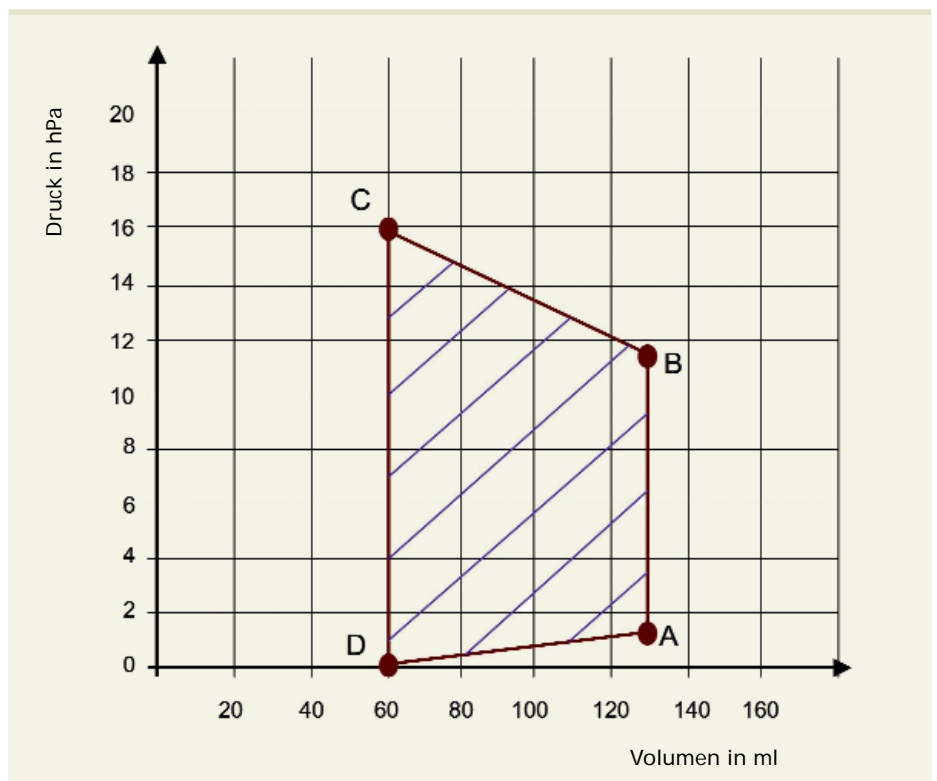


Abb. 1_ Vereinfachtes Herzarbeitsdiagramm

ist, den das Herz aufbringen muss, um ein bestimmtes Schlagvolumen gegen den Widerstand im peripheren Kreislaufsystem auszuwerfen. Ein Lernziel sollte sein, gemeinsam mit den SchülerInnen ein vereinfachtes Herzarbeitsdiagramm zu erstellen. Trägt man die Beziehung zwischen Druck und Volumen in ein Koordinatensystem ein, entsteht ein Druck-Volumen-Diagramm, das als sogenanntes Herzarbeitsdiagramm bezeichnet wird und den Kardiologen Aufschlüsse über die Herzaktivität gibt. Das Herzarbeitsdiagramm ist unabhängig von der Herzfrequenz. Man kann es als zeitliche Folge von Systole und Diastole nach ablaufenden Druck- und Volumenänderungen, je nachdem welche Klappen gerade geöffnet oder geschlossen sind, betrachten. Dabei muss man die vier unterschiedlichen Phasen eines Herzzyklus betrachten (Markworth 1988).

Gruppenarbeitsphase

Als Vorarbeit zur Erstellung eines solchen Diagramms hat sich eine arbeitsteilige Gruppenarbeit bewährt. Je nach Klassenstärke werden vier Gruppen von vier bis sechs Schülern gebildet. Die SchülerInnen werden so aktiv in die Unterrichtsgestaltung mit eingebunden und an physikalische Arbeitsweisen herangeführt. Die Bildung von vier Gruppen bietet sich an, da sich jede Gruppe mit einer anderen Phase eines Herzzyklus befasst. Gruppe 1 beschäftigt sich also mit der Anspannungsphase usw. Die SchülerInnen sollen nun anhand von fachlichen Sachinformationen die unterschiedlichen Drücke und Volumina des jeweiligen Herzzyklus herausarbeiten. Die Sachinformationen können den SchülerInnen anhand von Texten zur Verfügung gestellt werden (zum Beispiel aus Sport Medizin 1, Markworth 1988). Die Arbeitsergebnisse können auf einer



Abb. 2_Herzarbeit pro Tag

Folie festgehalten werden. In der anschließenden Phase der Präsentation stellen die einzelnen Gruppen ihre Ergebnisse dem Plenum vor.

Ergebnissicherung

Die Ergebnisse von Drücken und Volumina aus den verschiedenen Phasen werden gemeinsam in das Diagramm eingetragen, das als Tafelbild erstellt werden kann (Abb. 1).

Fachlich sei an dieser Stelle angemerkt, dass der menschliche Blutdruck nach wie vor in [mmHg] (lies: Millimeter pro Quecksilbersäule, ☺_S. 608) gemessen und angegeben wird. Dies ist rein physikalisch gesehen keine zulässige Druckeinheit und führt auch bei Berechnungen zu einem falschen Ergebnis. An dieser Stelle muss der Druck mit der üblichen SI-Einheit Pascal ($Pa = \frac{N}{m^2}$) angegeben werden. Die Unterschiede sollten den SchülerInnen zu diesem Zeitpunkt bereits klar sein. Als Umrechnung kann angegeben werden: 10 mmHg \triangleq 1,3 kPa.

Nach Fertigstellung des Diagramms wird an dieser Stelle visualisiert, dass die blau schraffierte Fläche die vom Herz insgesamt verrichtete Volumenarbeit eines Herzzyklus ist.

Die bisherigen gewonnenen Erkenntnisse sollen die SchülerInnen nun in einen praktischen Anwendungsfall transferieren.

Die Herzarbeit eines Schülers soll berechnet werden. Dem Schüler werden dabei mit Hilfe eines Blutdruckmessgerätes der Blutdruck sowie der Puls gemessen.

Beispiel aus einem Unterricht:

Bei einem Ruhepuls von 80 Schlägen pro Minute und einem pro Schlag durchschnittlich ausgeworfenen Volumen von 70 ml beträgt das Gesamtvolumen $V = 5,6 \text{ Liter} \triangleq 5,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Bei einem gemessenen Blutdruck von 125/75 mmHg ergibt sich ein durchschnittlicher Druck von $p = 100 \text{ mmHg} \triangleq 13 \text{ kPa} = 13000 \text{ Pa}$.

Wie bereits erwähnt, berechnet sich die Volumenarbeit mit: $W_V = V \times p$

Eingesetzt ergibt:

$$W_V = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 13.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 72,8 \text{ J}$$

Um den didaktischen Konflikt mit dem Drehmoment zu vermeiden, ist die Angabe in Joule anstelle von Newtonmeter zu empfehlen.

Erfahrungsgemäß ist es wichtig, den SchülerInnen klar zu machen, was es heißt, eine Arbeit von 72,8 Joule (☺_S. 608) zu verrichten. Würde man diese Arbeit auf eine Tagesleistung umrechnen, gelangt man auf rund 100 kJ. Dies wiederum würde ausreichen, um eine erwachsene Person von 100 kg auf einen 100 m hohen Turm zu heben (Abb. 2). Als weiteren Diskussionspunkt bzw. Ausblick für die nächsten Stunden bietet es sich an, auf mögliche Auswirkungen einer Herzvergrößerung, das sogenannte Sportlerherz, einzugehen.

Aus Platzgründen mussten wir leider auf die Kleinschrittigkeit der unterrichtlichen Verlaufsplanung verzichten. Wir hoffen trotzdem, dass die Gedankengänge und unser didaktisch-methodisches Vorgehen nachzuvollziehen ist. ■

LITERATUR

- Bittmann F, Müller W, Winter R. 2002. *Impulse Physik 2, Medizin und Physik*. 1. Auflage Stuttgart
- Felder H, Seel F. 1996. 8. *Angewandte Physik und Biomechanik*. Basel und Saarbrücken
- Gehlert B, Pohlmann H. 2001. *Praxis der Unterrichtsvorbereitung*. 2. Auflage. Troisdorf: Bildungsverlag EINS
- Herzog W, Labudde P et al. 1997. *Koedukation im Physikunterricht. Schlussbericht zuhänden des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung*. Bern: Universität Bern

- Klafki W. 1996. *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. 5. Auflage. Weinheim: Beltz Verlag
- Kuchling H. 2004. *Taschenbuch der Physik*. 18. Auflage. Leipzig: Carl Hanser Verlag
- Meyer H. 1991. *Leitfaden zur Unterrichtsvorbereitung*. 11. Auflage. Bielefeld: Cornelsen Verlag
- Wodzinski R. 2002. Mädchen im Physikunterricht. In: *Physikdidaktik in der Praxis*, ed. E Kircher; W Schneider. 27-46

BILDNACHWEIS

- Abb. 2 mit freundlicher Genehmigung des Klett-Verlags. *Impulse Physik 2, Medizin und Physik*, 1. Auflage 2002 Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart, 978-3-12-772561-2, Abb. 27.4



INTERNET

www.ipn.uni-kiel.de



TORSTEN STRATHMANN

Seit 1996 Dipl.-Ing. Fachrichtung Maschinenbau. In 2004 Abschluss als Dipl.-Berufspädagoge mit dem Studienschwerpunkt Schule. Fachrichtung Metalltechnik und Physik. Unterrichtlicher Tätigkeitsschwerpunkt Physik in der Fachoberschule und Automatisierungstechnik in der Fachschule für Technik; Kinzig-Schule in Schlüchtern.
Kontakt_t_strathmann@web.de



MATTHIAS STRATHMANN

Seit 1998 Physiotherapeut B.Sc., freiberuflicher Tätigkeit in mehreren Praxen, unter anderem tätig in einer Berufsfachschule für Physiotherapie mit dem Schwerpunkt angewandte Physik und Biomechanik. Redaktionsmitglied der pt.
Kontakt_matthias.strathmann@gmx.de