

Physik und Medizin

– Steigerung des Interesses am Physikunterricht¹

Hartmut Wiesner

Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München
Vortrag in Wien, Februar 2005

1. Interesse und Physikunterricht

Mehrere Untersuchungen zum Interesse der Schülerinnen und Schüler haben bestätigt, was die Mehrzahl der Physiklehrkräfte auch aus der eigenen Unterrichtserfahrung weiß: das Interesse an den Themen des Physikunterrichts sinkt von anfänglich relativ hohen Erwartungen im Verlaufe des üblichen Physikunterrichts sehr schnell deutlich ab. Dies ist natürlich nicht erwünscht, weil damit die Lernbereitschaft und langfristig der Lernerfolg sinkt, die Offenheit gegenüber naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Ergebnissen – als ein zentrales Bildungsziel - geringer wird und nicht zuletzt, weil für uns das Unterrichten anstrengender wird. Ein Physikunterricht, der sich an den Interessen der Schülerinnen und Schüler orientiert, wird langfristig zu einem überdauernden individuellen Interesse führen. Lernende mit einem höheren Sachinteresse verwenden Lernstrategien, die zu einer tiefgehenden Verarbeitung führen (z.B. bildhafte Vorstellungen erzeugen, Zusammenfassen in eigenen Worten, Herstellen von Querbezügen, Betrachten aus mehreren Perspektiven, ...). Diese Tiefenverarbeitungsstrategien führen zu höheren Lernerfolgen und dies ist natürlich eines der Ziele unserer Bemühungen zur Verbesserung des Physikunterrichts.

Auf die Frage, wie motiviertes Lernen begünstigt werden kann, liefert uns die Instruktions- und Motivationspsychologie allgemeine Vorschläge der folgenden Art (Prenzel 1995):

- Autonomieunterstützung (Spielräume für eigene Lernzugänge, für die Vertiefung des Stoffes, für eigenes, aktives Erarbeiten und für das eigene Zuschneiden von Problemstellungen gewähren)
- Kompetenzunterstützung (Zutrauen verdeutlichen, Rückmeldungen aus der Sache heraus, Anerkennung von Leistungen, individuelle und konstruktive Rückmeldungen, Vermeiden abwertender Rückmeldungen)
- Instruktionsqualität (gute Strukturierung des Lehrstoffs, angemessener Schwierigkeitsgrad, Berücksichtigung von Lernschwierigkeiten, Anschaulichkeit)
- Soziale Einbindung (Akzeptanz durch Klasse und Lehrkräfte, entspannte und freundliche Unterrichts Atmosphäre)
- Nachvollziehbare inhaltliche Relevanz (authentische Aufgaben, lebensweltliche Bezüge, Befriedigung von Deutungsbedürfnissen, Erweiterung der Kommunikationsfähigkeit, instrumentelle Verwendbarkeit).
- Interesse der Lehrenden.

Für den Physikunterricht speziell haben sich aus den Interessensuntersuchungen des Motivationspsychologen Todt von der Universität Gießen und vom IPN an der Universität Kiel u.a. folgende Vorschläge für die inhaltliche Gestaltung eines motivierenden Unterrichts bzw. für die Einbettung in einen motivierenden Kontext ergeben:

- Gesellschaftliche Bedeutung von Physik
- Alltägliche Erfahrungen
- Potentieller Anwendungsbezug
- Anwendungen in der Medizin, im Umweltschutz, Bezug zum eigenen Körper

¹ Geringfügig überarbeitete Fassung eines Vortrags auf der MNU-Tagung in Regensburg, 2003

- Physikalische Geräte in Arztpraxis, Klinik oder auf einer Wetterstation.

Von diesen Vorschlägen haben wir an der Universität München den Bezug zur Medizin und Biologie bzw. die Einbettung in den Kontext Medizin/Biologie-Physik aufgegriffen. R. Berger (2000) hat in seiner Dissertation zwei Lerneinheiten für die Oberstufe zu den Themen Röntgencomputertomographie und Ultraschalldiagnose entwickelt und nachgewiesen, dass damit das Interesse verbessert werden kann. Inzwischen ist in mehreren Zulassungsarbeiten auch eine Elementarisierung für die Mittelstufe in anderen Schulformen erfolgt.

Die Ergebnisse der Arbeit von Berger lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Lernerfolge der Versuchskurse sind in Physik nicht schlechter als die der konventionell unterrichteten Kurse.
- Der Unterricht im medizinischen Kontext ist für die Schülerinnen und Schüler deutlich interessanter als der herkömmliche Unterricht.

Wir haben bisher drei Themen für den Anfangsunterricht in Physik in der Mittelstufe ausgearbeitet und ihre Wirkung mit Hilfe von Unterrichtsbeobachtungen, Interessensbefragungen, Lernerfolgstests und Lehrergesprächen überprüft und Hinweise zur Verbesserung gesammelt. Einer der Gesichtspunkte bei der Konzeption der Einheiten ist neben der Interessensverbesserung, dass die Demonstrationen und Simulationen mit relativ einfachen, selbstherstellbaren Mitteln realisierbar sein sollten.

Wichtig ist uns weiterhin, dass nicht nur der Motivationsaspekt berücksichtigt wird, sondern auch die bisherige Forschung über Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. Denn der Unterricht soll nicht nur interessant, sondern für die Schülerinnen und Schüler auch verständlich sein.

Die Handreichungen mit Hintergrundinformation für Lehrkräfte und Unterrichtsvorschläge mit Unterrichtsmaterialien (Folien, Arbeitsblätter etc.) stellen wir im Internet zur Verfügung (www.physik.uni-muenchen.de/didaktik (Fundgrube)).

2. Unterrichtseinheiten für die Mittelstufe

2.1 Einführung von „Drehmomente – Hebel“ am Ellbogengelenk

Die Hebelgesetze werden seit fast 250 Jahren als sehr wichtiger Teil des Mechanikunterrichts angesehen und auch heute erscheinen noch immer zahlreiche Beiträge und Vorschläge zur unterrichtlichen Behandlung. Ein großer Teil der Vorschläge - sowohl in Zeitschriften als auch in Schulbüchern - schien uns aus der Sicht der Lernenden nicht sehr interessant und relevant zu sein: Kinderwippe, Kneifzange, Nussknacker u.ä. stehen vermutlich genau so wenig im Zentrum der Interessen von 14 und 15jährigen Jugendlichen wie die rotweißgestreiften Hebelstangen oder die Lochscheiben. Wenn man den obigen Vorschlag nach Einbettung in einen medizinischen Kontext ernst nimmt, dann bietet es sich an, Drehmomente und Hebel z.B. am Ellbogengelenk einzuführen und zu entwickeln, und das Armgelenk nicht nur als *Anwendungsbeispiel* für den einseitigen Hebel heranzuziehen, wie es in jedem Schulphysikbuch geschieht. Vielleicht ist es ja bezüglich des Interesses erfolgreicher, Drehmomente und Gleichgewichtsbedingungen in diesem Kontext – Anatomie der Bewegungsapparate – einzuführen und zu entwickeln?

Vorschläge zur Unterrichtsdurchführung

Schritt 1: Einführung

Man zeigt den Schülerinnen und Schülern ein Schnittbild eines menschlichen Armes oder, falls vorhanden, ein Modell aus der Biologiesammlung, damit sie eine Vorstellung über den Aufbau eines realen, menschlichen Armes bekommen. Gleichzeitig kann man auch schon eine erste Einführung in die Funktionen der einzelnen Muskeln und Knochen geben:

Schritt 2: Einführung des einseitigen Hebels

Als starke Vereinfachung betrachtet man einen Arm, bei dem die Muskelkräfte, die die Last halten, durch eine einzige, nach oben ziehende Kraft F_M dargestellt werden (Bild 1). Das Modell wird am günstigsten aus Balsaholz ausgeschnitten, damit kann man zunächst zur Vereinfachung das sehr kleine Eigengewicht vernachlässigen.

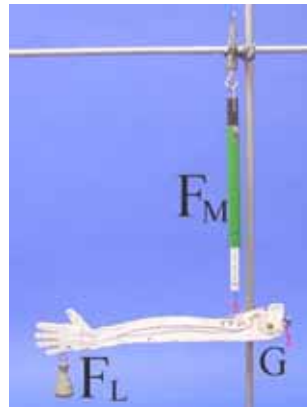


Bild 1: vereinfachtes Armmodell als Hebel

Der Bizeps wird durch eine eingehängte Feder dargestellt. Das angehängte Gewicht simuliert die Last F_L . Der Drehpunkt ist am Rahmen fixiert.

Nun vergleichen die Schülerinnen und Schüler die beiden Kräfte miteinander mit dem Ergebnis: Die Last F_L dreht den Unterarm gegen den Uhrzeigersinn. Die Kraft F_M hingegen dreht den Unterarm im Uhrzeigersinn. Die Kraft F_M ist viel größer als die Kraft F_L . Aber die Angriffspunkte liegen unterschiedlich weit von der Drehachse entfernt. Zu der größeren Kraft gehört der kleinere Abstand und umgekehrt. Für die Wirkung ist also nicht nur der Betrag der Kraft sondern auch der Abstand des Angriffspunktes von der Drehachse von Bedeutung.

Schritt 3: Drehmoment und Drehmomentgleichgewicht – das Hebelgesetz (quantitativ)

Als nächstes wird das Problem gestellt, wann der Arm im Gleichgewicht ist. Es werden einige Messungen mit verschiedenen Lasten durchgeführt, um daraus die Beziehungen zwischen den Kräften und Abständen für den Gleichgewichtszustand zu finden. (Die obere Federanhängung wird je nach Last so verschoben, dass der Unterarm in der horizontalen Lage bleibt).

Es ist es für die Schülerinnen und Schüler leicht festzustellen, dass beim Gleichgewicht Last mal Lastarm = Kraft mal Kraftarm ($F_M \cdot L_M = F_P \cdot L_P$) ist.

Damit ist klar, dass das Produkt aus Kraft und Abstand von der Drehachse die hier für das Gleichgewicht relevante Größe ist. Wegen ihrer Bedeutung bekommt sie einen eigenen Namen: *Drehmoment*

Jetzt kann mit Hilfe dieses Begriffs die Gleichgewichtsbedingung formuliert werden:

Im Gleichgewicht ist das linksdrehenden Drehmoment gleich dem rechtsdrehenden Drehmoment.

Schritt 4: Der zweiseitige Hebel

Als nächstes betrachtet man die Bedingungen für das Gleichgewicht, wenn die Trizepskraft nach oben zieht und die Lastkraft ebenfalls nach oben zieht (Bild 2). Dies ist z.B. dann der Fall, wenn man an einem Seil nach unten zieht. Man gibt z.B. $L_M = 2$ cm (Kraftarm des Trizeps) und $L_L = 25$ cm (Lastarm) vor, was etwa der Realität entspricht. Außerdem lässt man die Kraft senkrecht nach oben ziehen.

Einige Messungen mit verschiedenen Lasten führen zu dem Ergebnis, dass das Hebelgesetz auch beim zweiseitigen Hebel gilt und die notwendige größere Kraft im Vergleich zu dem Versuch mit dem Trizeps von der ungünstigeren Länge des zugehörigen Hebelarms herkommt.

Das Hebelgesetz wird nun anhand der üblichen Beispiele weiter geübt.

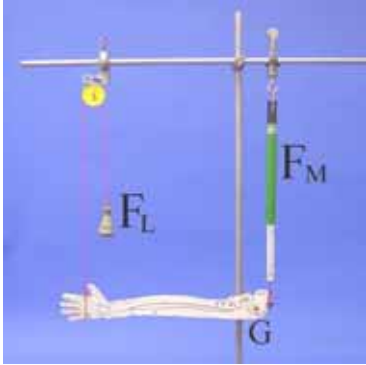


Bild 2: Gleichgewicht bei Betrachtung der Trizepskraft.

Schritt 5: Allgemeine Fassung des Drehmoments (optional)

Schritt 6: Der Schwerpunkt

Für den zweiten Teil der Unterrichtsvorschläge zum Drehmoment, der Belastung der Wirbelsäule, wird der Schwerpunkt benötigt, der ebenfalls am Armmodell eingeführt werden kann. Die Schülerinnen und Schüler werden darauf hingewiesen, dass zur Vereinfachung das Armmodell aus einem sehr leichten Material hergestellt wurde. Dadurch konnte vernachlässigt werden, dass der Unterarm schon aufgrund seines Eigengewichts nach unten gedreht wird. Mit Hilfe eines weiteren Armmodells (auf einen Plastikstab aufgefädelt Muttern) kann gezeigt werden, dass (bei homogener Massenverteilung) die gesamte Masse im halben Abstand angebracht das gleiche Drehmoment ergibt.



Bild 3: a) Das Armmodell ist unterteilt in 40 gleiche Teile. b) Werden alle Teile bei $L/2$ angehängt, ergibt sich das gleiche Drehmoment.

2.2 Belastung der Wirbelsäule

Schritt 1: Einleitung

Zunächst werden einige allgemeine Informationen der folgenden Art gegeben:

Im Laufe der Evolution musste der Mensch, Veränderungen durchmachen, um sich immer wieder neuen Situationen anzupassen. Von größter Bedeutung war der Übergang zur aufrechten Körperhaltung. Diese Aufrichtung bedeutet wegen der Schwerkraft eine erhöhte mechanische Beanspruchung der Wirbelsäule, die als zentrale Achse den Oberkörper in Zusammenarbeit mit Muskeln und Nerven senkrecht halten muss. Außerdem muss der Rücken alle Lasten, die wir heben oder stemmen, tragen.

Schritt 2: Aufbau der Wirbelsäule und Muskulatur

Anhand von Modellen aus der Biologiesammlung, Folien oder multimedialer Lernprogramme werden zunächst der Aufbau der Wirbelsäule, die Belastung der Bandscheiben, die Rumpfmuskulatur und ihre stabilisierende Funktion erläutert.

Die Bandscheiben sind eine Art Wasserkissen, die als Stoßdämpfer dienen und den Druck auf Grund des „hydraulischen Systems“ gleichmäßig auf den ganzen Wirbelquerschnitt verteilen. Unter Belastung werden die Bandscheiben ausgepresst, dies hat eine wichtige Bedeutung für den Stoffwechsel in der Bandscheibe. Die Wirbelsäulenbiegungen dienen der zusätzlichen Stoßdämpfung bzw. Federung des Kopfes und Rumpfes, sie vergrößern die Flexibilität und bieten eine ausbalancierte Stabilität.

Schritt 3: Die Belastung der Rückenmuskulatur bei unterschiedlicher Lage des Schwerpunkts

Wie sich das Tragen schwerer Lasten, Übergewicht oder das falsche Heben auf die Belastung der Wirbelsäule auswirkt wird im Folgenden thematisiert.

Als Anwendung des zweiseitigen Hebels kann die Belastung der Wirbelsäule einer normalgewichtigen Person mit einer übergewichtigen verglichen werden.

Durch folgenden Versuch kann die höhere Belastung mit wachsendem Bauch anschaulich gemacht werden:

In Bild 4a ist ein Modell eines Menschen dargestellt mit dessen Hilfe man zeigen kann, dass nur eine relativ kleine Zugkraft notwendig ist, um die aufrechte Haltung beizubehalten. Bei einem realen Körper in dieser Lage brauchen die Rückenmuskeln also nur verhältnismäßig kleine Kräfte auszuüben, um das Gleichgewicht zu halten.

Wenn, wie in Bild 4b, der Modellrumpf einen Bauch bekommt, braucht man eine größere Kraft F_M um wieder eine aufrechte Haltung herzustellen. Diese Kraft muss bei einem dicken Menschen permanent von den Rückenmuskeln ausgeübt werden, was eine erhebliche Belastung für die Muskulatur und die Wirbelsäule darstellt.

Die Schülerinnen und Schüler werden feststellen: je weiter der Schwerpunkt S eines Körperteiles (in diesem Fall des Oberkörpers) vom Drehzentrum P entfernt verläuft, um so größer ist die von den Rückenmuskeln auszuübende Kraft.

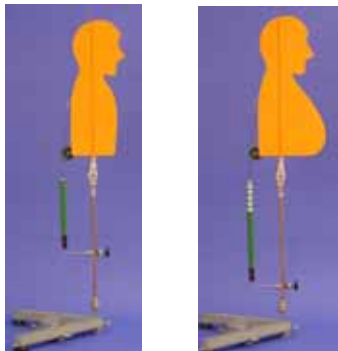


Bild 4: Eine normale aufrechte Haltung (a) braucht nur eine sehr geringe Zugkraft durch die Rückenmuskeln.

(b) stellt einen rundlichen Menschen dar, wobei eine kompensierende Kraft (F_M) durch die Rückenmuskeln erforderlich wird.

Die Bilder sind einem Interaktiven Bildschirmexperiment entnommen: Mit Hilfe des Cursors kann hierbei der Bauch verschoben werden. Damit verschiebt sich der Schwerpunkt und die Rückenmuskeln, durch die Feder dargestellt, müssen also eine höhere Kraft ausüben.

Als Anwendung des Hebelgesetzes kann die höhere Belastung bei Übergewicht auch berechnet werden. Bei der normalgewichtigen Person können folgende Daten zugrunde gelegt werden: Gewichtskraft des Oberkörpers: 400 N, Abstand der Rückenmuskeln von der Wirbelsäule: 5 cm, Abstand des Schwerpunktes von der Wirbelsäule: 3 cm. Daraus lässt sich die Kraft berechnen, die die Rückenmuskeln aufbringen müssen. Die Belastung der Wirbelsäule ergibt sich aus der Summe dieser Kraft und der Gewichtskraft des Oberkörpers (vgl. Bild 5a).

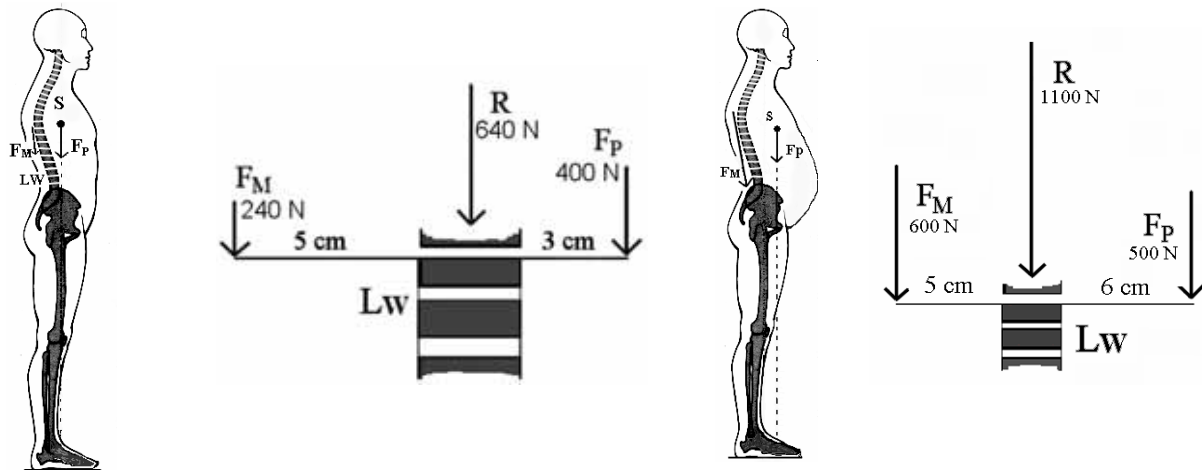


Bild 5: Die Masse des Oberkörpers der Person rechts ist um 10 kg höher als die der Person links. Dadurch verschiebt sich auch der Schwerpunkt. Die Belastung der Wirbelsäule ist fast doppelt so groß.

Die Muskeln, die die Wirbelsäule aufrecht halten müssen, ziehen immer mit einer Komponente nach unten und üben damit auf die Wirbelsäule eine zusätzliche Druckkraft aus. Der Druck auf die Wirbelsäule ist daher nicht nur von dem darüber liegenden Körpergewicht und äußeren Belastungen gegeben, sondern auch von der Kraft, die die Muskeln ausüben um die Gewichtsmomente im Gleichgewicht zu kompensieren.

Hat man diese Aufgabe im Klassenverband gelöst, bietet sich als weitere Übung die Berechnung der Wirbelsäulenbelastung bei einer dickbäuchigen Person (Bild 5b) an: Relativ geringe Gewichtszunahmen führen zu einer Verschiebung des Schwerpunkts und damit zu einer sehr hohen Belastung.

Schritt 4: Belastungen beim Heben eines Gewichtes

Mit einem selbsthergestellten Modell wird demonstriert, dass mit gebeugtem Rücken und gestreckten Beinen der Hebelarm des Oberkörpers bzw. der Last länger als mit geradem Rücken und gebeugten Knien ist und die kompensierende Kraft, die von den gesamten Rückenmuskeln ausgeübt wird, in diesem Fall groß sein muss.

Schritt 5: Gute und schlechte Körperhaltungen

2.3 Unterrichtseinheit 3: Statik des Kauapparates

a) Statik des Unterkiefers der Reptilien

Günstig für den Unterricht ist es, dass ein besonders beeindruckendes Maul, das des Krokodils, mechanisch sehr einfach ist. Wenn das Maul eines Krokodils die Beute hält, muss ein Gleichgewichtszustand erreicht sein. Es muss daher sowohl die Summe der Drehmomente (bezogen auf das Gelenk) als auch die Vektorsumme aller Kräfte, die auf den Unterkiefer wirken, Null sein. Wenn wir nur die wichtigsten Kräfte betrachten (s. Bild 6), gilt:

$$F_K \cdot a_K - F_M \cdot a_M = 0 \quad \text{und} \quad F_K - F_M + R = 0$$

wobei F_K die Reaktionskraft beim Zubeißen, F_M die Muskelkraft, die für das Schließen des Maules verantwortlich ist und R die vom Gelenk ausgeübte Kraft sind; a_K und a_M sind die Kraftarme von den Wirkungslinien der Kräfte F_K und F_M bezüglich des Kiefergelenks.

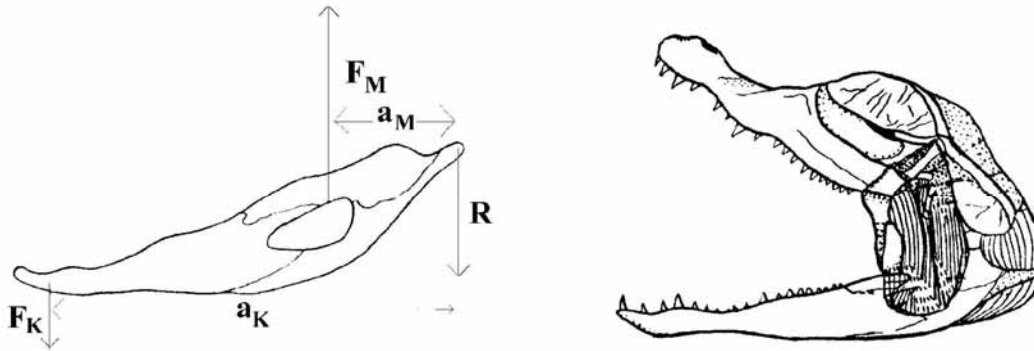


Bild 6: Vereinfachtes Schema von Kaukräften beim Unterkiefer eines Krokodils

b) Statik des Unterkiefers fleischfressender Säugetiere

Die wichtigsten auf den Unterkiefer eines fleischfressenden Säugetieres wirkenden Kräfte sind (Bild 7):

- F_K : Reaktionskaukraft.
- F_T : M. *temporalis* (Schläfenmuskel), der am *processus coronoideus* anheftet
- F_M : Muskel M. *masseter* und M. *pterygoideus*, die schräg nach oben-vorne ziehen
- R : Kraft auf das Gelenk.

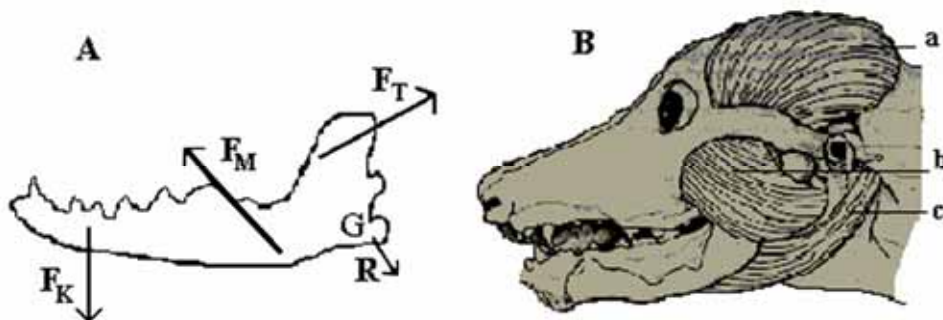


Bild 7 links: Kräfte auf den Unterkiefer eines Säugetieres (Hund). Rechts: Muskeln an einem Hundekopf; (a) M. *temporalis*, F_T , (b) M. *masseter*, F_M und (c) M. *digastricus*, die zur Senkung des Unterkiefers dienen.

Der Betrag des Gesamtdrehmoments um den Drehpunkt G ist $a_K \cdot F_K - a_T \cdot F_T - a_M \cdot F_M$ und muss gleich Null für den Gleichgewichtszustand sein (a_K , a_M und a_T sind die zur Wirkungslinie senkrechten Kraftarme (positive Richtung gegen den Uhrzeigersinn)).

Die Kraft R (Belastung des Gelenks) auf den Drehpunkt ist durch die Vektorsumme aller Kräfte gegeben

$$\mathbf{R} = - (\mathbf{F}_K + \mathbf{F}_T + \mathbf{F}_M).$$

Weshalb ist der Kauapparat im Vergleich zum Krokodil so kompliziert aufgebaut? Der Kauapparat ist deshalb statisch günstiger, weil sich immer Teile der Kraftkomponenten F_K , F_T und F_M aufheben und deshalb die Gelenkbelastung R nie sehr groß wird.

c) Statik des menschlichen Unterkiefers

Beim Menschen sind *processus coronoideus* und Kiefergelenkköpfchen getrennt. Im Gleichgewicht eines menschlichen Unterkiefers (Bild 8) gelten für die Kräfte, die für Öffnungs- und

Schließbewegungen des Unterkiefers verantwortlich sind, die gleichen Formeln wie für Säugetiere $\mathbf{F}_K + \mathbf{F}_M + \mathbf{F}_T + \mathbf{R} = 0$ und $F_K \cdot a_K - F_M \cdot a_M - F_T \cdot a_T = 0$.

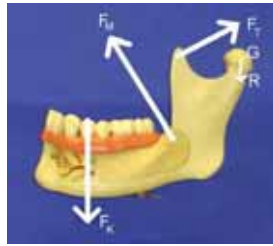


Bild 8: Kaukräfte beim menschlichen Unterkiefer, wobei \mathbf{F}_K die Reaktionskaukraft, \mathbf{F}_M die Kraft durch *M. masseter* und *M. pterygoideus*, \mathbf{F}_T die Kraft durch *M. temporalis* und \mathbf{R} die Belastung des Gelenks ist.

Vorschläge zur Unterrichtsdurchführung

Schritt 1: Einführung

Der Lehrer gibt eine Einführung über die Evolution der Kauapparate von den primitiven Tieren bis zu den Säugetieren bzw. den Menschen. Da die ganze Einheit auf dem Aufbau der Unterkiefer basiert, sollte dabei hervorgehoben werden, dass die Verkürzung des Unterkiefers und das Hinzukommen des processus coronoideus wesentlich für die Entwicklung der heute vorliegenden Unterkiefer der Säugetiere war. Im Laufe der Zeit haben sich die Tiere ihrer Umgebung angepasst, alle Körperteile bilden in der Regel eine zum Überleben optimale Struktur aus. Die Entwicklung des Gebisses ist mit verschiedenen Faktoren, wie der Nahrungsaufnahme, der Art der Nahrung und ihrer Verarbeitung eng korreliert, welche eine bestimmte Form und Größe der Kieferknochen bewirkt haben.

Die Evolution der Kiefer ermöglichte eine bessere Nutzung unterschiedlicher Nahrungsarten. Das Ziel dieser Unterrichtseinheit ist, den Schülerinnen und Schülern zu zeigen, dass die Unterkiefer der heutigen Säugetiere aus physikalischer Sicht günstiger gestaltet sind als die Unterkiefer der Tiere in prähistorischer Zeit oder als die Unterkiefer der säugetierähnlichen Reptilien.

Schritt 2: Gleichgewicht beim Krokodilunterkiefer – Belastung des Gelenks

Nach der Einführung in Schritt 1 wird anhand einer Folie diskutiert, welche Kräfte auf den Unterkiefer des Krokodils während des Zubeißens einwirken. Diese Kräfte können mit Hilfe eines Modells, das man relativ leicht aus Sperrholz oder besser Balsaholz aussägt und an einem Rahmen befestigt, veranschaulicht werden.



Bild 9: Schädel eines Krokodils (aus dem Museum der vergleichenden Anatomie, Bologna)

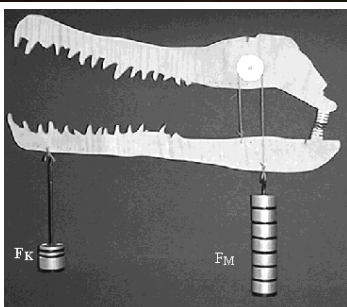


Bild 10: Modell zur Veranschaulichung von Kräften am Krokodilunterkiefer. Die Reaktionskraft, die das Gelenk nach unten ausübt, wird durch die Feder dargestellt. \mathbf{F}_K ist die Kraft, die das Fleisch nach unten ausübt und \mathbf{F}_M die Kraft, die der Kaumuskel nach oben ausübt.

Mit Hilfe des Modells und der Rechnung wird deutlich, dass auf das Gelenk eine große Kraft wirkt. Die Belastung des Gelenks hängt von F_K , F_M und ihren Entfernungen vom dem Gelenk ab. Es ist klar, dass ein wenig oder gar nicht belastetes Gelenk günstiger ist (Abnutzung, Materialersparnis etc.).

Schritt 3: Vergleich der Unterkiefer von Krokodil und Mensch – Reduktion der Gelenkbelastung

Vergleicht man den Schädel eines Krokodils mit dem eines Menschen so stellt man fest, dass der menschliche Unterkiefer einen „Höcker“, den processus coronoideus, hat.

Im Folgenden wird thematisiert, welche Vorteile dieser Knochenfortsatz bringt. Dazu muss man den Schülerinnen und Schülern auch mitteilen, dass bei den Säugetieren nicht nur ein einzelner Muskel für das Schließen des Kiefers verantwortlich ist.

Die Bilderfolge in Bild 11 zeigt, wie sich das Vorhandensein eines processus coronoideus und das Angreifen zweier Schließmuskeln auf die Gelenkbelastung beim Krokodilunterkiefer auswirken.

An einer Magnettafel werden Ober- und Unterkiefer, der processus coronoideus und die Kraftpfeile aus Tonpapier, bzw. dünnem Holz befestigt. Nun betrachtet man in mehreren Schritten, wie sich die Kraft auf das Gelenk verändert, wenn die beiden Kräfte in unterschiedlichen Winkeln angreifen. In höheren Klassen der Mittelstufe kann dies als Vertiefung formal erarbeitet werden. Eine einfachere Behandlung kann qualitativ anhand dieser Bildfolge erfolgen.

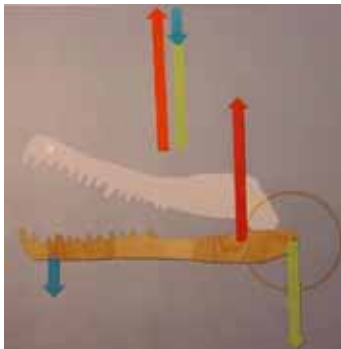


Bild 11a: An einem Krokodilunterkiefer angreifende Kräfte. Es herrscht ein Drehmomentgleichgewicht und ein Kräftegleichgewicht. Die Gelenkbelastung ist hoch.

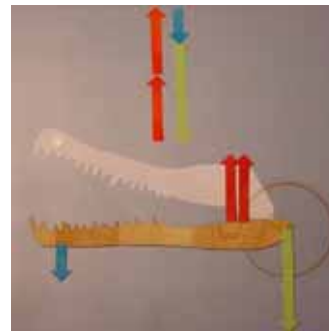


Bild 11b: Die Muskelkraft wurde in zwei gleich große Kräfte zerlegt, dies ändert nichts an der Gelenkbelastung.

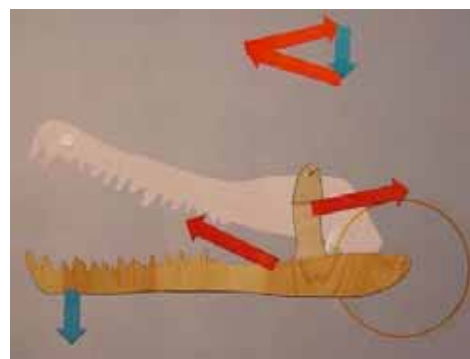
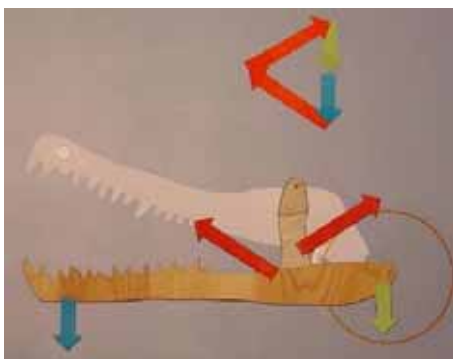


Bild 11c: Dem Krokodilunterkiefer wird ein processus coronoideus angefügt. Man verschiebt die beiden Kraftpfeile, so dass ihre Wirkungslinien den gleichen senkrechten Abstand vom Gelenk beibehalten (die Wirkungslinie wird dann Tangente an den Kreis, dessen Radius gleich dem Kraftarm ist. Dann bleibt das Drehmoment gleich (nur der Angriffspunkt wurde verändert, Kraft und Kraftarm bleiben gleich). Addiert man die Kraftvektoren so stellt man fest, dass die Gelenkbelastung geringer wird.

Bild 11d: Verschiebt man die Kraftpfeile noch weiter (die Wirkungslinien bleiben weiterhin Tangenten an den Kreis), bleibt das Drehmomentgleichgewicht erhalten. Es kann der Punkt erreicht werden, in dem die Gelenkbelastung verschwindet.

Der Mensch als Omnivore („Allesfresser“) muss vielseitige Bewegungen mit dem Unterkiefer ausführen können: Beiss-, Hack- und Mahlbewegungen. Er muss also frei beweglich sein. Ein fixiertes Scharnier-Kiefergelenk wie bei den Karnivoren („Fleischfresser“) ließe keine Mahlbewegungen zu. Dass die Möglichkeit, ein vielseitiges Nahrungsangebot nutzen zu können, ein erheblicher Vorteil ist, liegt auf der Hand.

Modellversuch zum Vergleich der Gelenkbelastung bei Krokodil und Mensch (optional)

Der Vergleich der Gelenkbelastung von Krokodil und Mensch kann ebenfalls mit Hilfe eines Modells veranschaulicht werden (Bild 12). Die Belastung wird jeweils durch die Feder veranschaulicht.

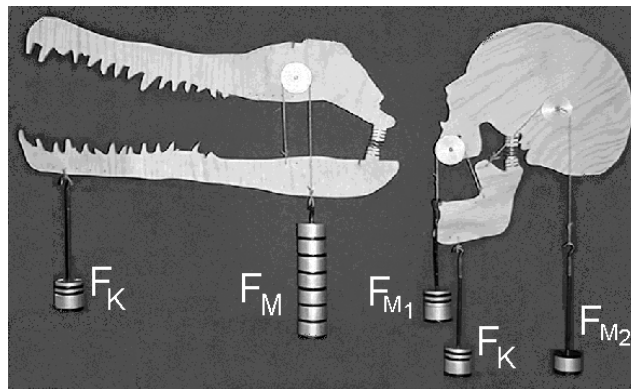


Bild 12: Modelle zum Vergleich der Kaukräfte von Krokodil und Mensch

Die Schülerinnen und Schüler sehen, dass bei gleicher Kaukraft F_K , die Belastung im „menschlichen“ Gelenk kleiner ist und dass sie fast Null sein kann, wenn F_{M1} und F_{M2} bestimmte Richtungen und Werte haben.

2.4 Unterrichtseinheit zum Thema Sehen

Schritt 1: Einführung

In einer Einführungsstunde kann man ansprechen, dass es Lebewesen gelingt, sowohl nahe als auch ferne Gegenstände scharf zu sehen. Vereinfachend wird angenommen, dass das Auge aus einer Linse und einem Schirm – der „Netzhaut“ – besteht, auf dem das Bild aufgefangen wird. Als Modellage kann die optische Bank oder ein Modell mit fester Linse und Bildweite

(z.B. eine Styroporhohlkugel, in die eine Linse eingesetzt und gegenüber Transparentpapier befestigt wurde) dienen.

Mit dem beschriebenen Modell können nur Gegenstände in einer bestimmten Entfernung scharf abgebildet werden. Welche Änderungen an der Anordnung sind nötig, damit unterschiedlich weit entfernte Gegenstände scharf gesehen werden?

Es ergeben sich zwei Möglichkeiten, bzw. eine Kombination dieser beiden Möglichkeiten:

a) Man variiert die Bildweite und lässt die Brennweite fest, d.h. man verschiebt den Schirm, um ein scharfes Bild zu erhalten.

b) Die Brechkraft der Linse wird verändert und die Bildweite bleibt konstant.

Die Natur bedient sich beider Möglichkeiten. Die meisten Fische akkommodieren wie in a) beschrieben, der Mensch z.B. wie in b).

Weiterhin werden die Schülerinnen und Schüler darauf hingewiesen, dass viele Menschen Augenfehler haben und deshalb eine Brille tragen und welcher Fehler vorliegt, wenn jemand kurz- oder weitsichtig ist.

Im Unterricht soll auch behandelt werden, wie ein Augenarzt das Augeninnere beobachten kann.

Die folgenden Lernstationen dienen dazu, dass die Schülerinnen und Schüler eigene Beobachtungen machen, sich Erklärungen suchen und Informationen durcharbeiten. Vor der selbständigen Arbeit mit den Modellen, sollen den Schülerinnen und Schülern die Bestandteile des Modells, insbesondere die veränderbare Linse, demonstriert werden.

Schritt 2: Lernstationen zu Akkommodationsformen, Fehlsichtigkeiten und Augenspiegel

Bevor die Schülerinnen und Schüler mit der eigentlichen Arbeit an den Stationen beginnen, sollen sie ein Gefühl für den Akkommodationsvorgang bekommen. Dazu werden unterschiedlich weit entfernte Gegenstände durch das Augenmodell betrachtet. Diese Erfahrungen werden an der für sie ersten Station, an der ein Augenmodell mit veränderbarer Linse (Gummilinse) steht (Stationen 2 – 5), gesammelt. Es ist daher praktisch beliebig, mit welcher Station die Schülerinnen und Schüler anfangen.

Station 1: Aufbau und Funktion des Auges

Anhand eines auseinandernehmbaren Augenmodells und/oder eines Arbeitsblattes werden der Augenaufbau und die Funktion der einzelnen Teile wiederholt, bzw. erklärt.

Station 2: Bestimmung des Akkommodationsbereichs

Hierbei sollen die Schülerinnen und Schüler herausfinden, in welchem Entfernungsbereich mit Hilfe des Modells ein scharfes Bild aufgefangen werden kann.

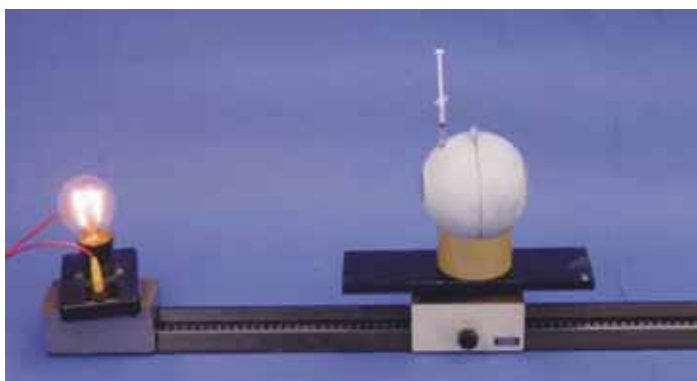


Bild 13: Versuchsanordnung zur Bestimmung des Akkommodationsbereichs. Rechts das Augenmodell mit der Gummilinse.



Bild 14: Geöffnetes Augenmodell mit Blick auf die Gummilinse.

Station 3: Welche Ursache hat Kurzsichtigkeit und wie kann sie behoben werden?

Ein weiteres akkommodationsfähiges Augenmodell zeigt die Einschränkungen bei Kurzsichtigkeit auf. Die Überlegungen, welche Ursachen Kurzsichtigkeit haben kann, führen zu Korrekturmöglichkeiten.

Station 4: Welche Ursache hat Weitsichtigkeit und wie kann sie behoben werden?

Ein weiteres akkommodationsfähiges Augenmodell zeigt die Einschränkungen bei Weitsichtigkeit auf. Die Überlegungen über Ursachen der Weitsichtigkeit lassen Korrekturmöglichkeiten erkennen.

Station 5: Kann der Mensch auch unter Wasser gut sehen? – Wie sehen Fische?

Diese Fragestellungen werden mit Hilfe des Modells untersucht. Eventuelle Verbesserungsvorschläge führen zu den Möglichkeiten, wie Fische akkommodieren.

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass eine dicke Linse notwendig und die Akkommodation durch Veränderung des Abstandes Linse – Netzhaut günstig ist, um unter Wasser gut zu sehen.

Station 6: Wie untersucht ein Arzt ein Auge?

Mit Hilfe eines Augenspiegels kann der Augenarzt den Augenhintergrund betrachten. An dieser Station sollen die Schülerinnen und Schüler die Wirkungsweise des Augenspiegels kennen lernen und weiterhin lernen, welche Rückschlüsse über Fehlsichtigkeiten der Augenarzt daraus ziehen kann.

Schritt 3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Klassengespräch werden die Ergebnisse der Lernstationen besprochen und zusammenfassend formuliert.

2.5 Druck – Atmung - Blutkreislauf

Der menschliche Körper braucht zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur und zum Leisten von Arbeit eine bestimmte Energiemenge. Ein Großteil der Energie wird durch die Verbrennung von Nährstoffen gewonnen. Jede Zelle des Organismus muss daher mit Sauerstoff versorgt werden. Bei dem oxidativen Abbau von Nährstoffen entstehen wiederum Abfallprodukte (z. B. Kohlendioxid), die aus den Zellen an die Außenluft abgegeben werden müssen.

Bei kleinen und wenig entwickelten Tieren (z. B. Qualle, Regenwurm) atmen die Zellen direkt über die Haut. Bei Menschen genügt die Gasdiffusion durch die Haut (etwa $1,8 \text{ m}^2$) zur Bewältigung des relativ großen Stoffwechsels nicht, weil eine verhältnismäßig dicke Gewebeschicht zwischen Hautkapillaren und Luft vorhanden ist, so dass nur ein sehr geringer Gasaustausch (ca. 1%) stattfindet.

Hauptaufgabe des Atmungssystems ist die Sauerstoffsättigung des Blutes auf seiner Passage durch die Lungen durch Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlendioxid. Das Atmungssystem hilft dem Körper zu atmen, d.h. Gase mit der Umgebung auszutauschen, indem es das Blutkreislaufsystem mit der Atmosphäre verbindet, die einen unbegrenzten Vorrat von Sauerstoff bietet und eine unbegrenzte Deponie für Kohlendioxid aus dem oxidativen Zellstoffwechsel darstellt.

Unser Unterrichtsvorschlag sieht im Überblick folgendermaßen aus:

2.5.1: Einführung des Druckbegriffs

In einem Lernzirkel werden die grundlegenden Aspekte, die mit dem Druck in Gasen zusammenhängen, bearbeitet und anschließend im Klassengespräch diskutiert und zusammengefasst.

- *Lernzirkel zur Einführung von: Ausdehnungsbestreben von Gasen, Druckausgleich, Druckdefinition, Atmosphärendruck als Schweredruck,...*

2.5.2: Atmung beim Menschen

2.5.3: Tauchen

- *Schweredruck im Wasser*

Die Atemluft muss den Schweredruck des Wassers kompensieren.

- *Lungenriss beim Panikaufstieg*

Bei schneller Änderung des Außendrucks kann es geschehen, dass der Druck in Gasblasen im Körper sich nicht rasch genug ausgleichen an. Die Expansion von Gasblasen kann dann zu Geweberissen führen.

- *Pneumothorax*

Gelangt Luft z.B. aufgrund einer Thoraxverletzung in den Pleuraspalt, kann der betroffene Lungenflügel zusammenfallen und fällt für die Atmung aus.

- *Maximaler Atemdruck*

Durch Atmen gegen eine Wassersäule in einem Schlauch kann der maximale Atemdruck bestimmt werden. Dieser liegt etwa bei 1m Wassersäule. Daraus folgt auch, dass ein Schnorchel nicht beliebig lang sein darf.

2.5.4: Der Einfluss des Schweredrucks beim menschlichen Blutkreislauf

- *Einführung: Funktion des Blutkreislaufs*

Der Transport von Stoffen und Gasen kann im Gewebe über kurze Strecken (bis etwa 1 mm) durch Diffusion der Moleküle stattfinden. Für weitere Strecken ist ein strömendes Medium erforderlich, das alle Bedarfsstoffe enthält und zugleich auch alle Abfallstoffe aufnimmt. Außerdem ist ein Transportsystem erforderlich, welches das Medium zu allen Orten befördert. Im menschlichen Organismus ist das strömende Medium das Blut und das Transportnetz ist durch das Gefäßsystem gegeben. Zusammen mit dem Herz als Antrieb bildet es das Herz-Kreislauf-System, das die zentrale Aufgabe hat, jede einzelne Zelle des Organismus zu versorgen und zu entsorgen.

- *Aufbau des Blutkreislaufsystems*

Anhand von Folien wird der Aufbau der beiden Blutkreisläufe besprochen. Sauerstoffarmes Blut wird von der rechten Herzhälfte durch die Lungenarterien in die Lungen gepumpt. Nach Abgabe von Kohlendioxid und Aufnahme von Sauerstoff fließt das Blut über die Lungenvenen in die linke Herzseite, die es in die Arterien ausstößt. Die Arterien verästeln sich feiner bis in die Haargefäße (Kapillaren), bringen den Sauerstoff und andere Substanzen an die Zellen des ganzen Gewebes heran und sorgen für den Abtransport der Kohlensäure und der Stoffwechselprodukte. Die Haargefäße sammeln sich zunächst in kleinen Venen, die dann in größere Venen münden und das verbrauchte Blut zum Herzen zurückleiten. Dann beginnt der Zyklus von vorne.

- *Blutdruckmessung*

Durch folgenden Versuch soll den Schülern erklärt werden, wie der Blutdruck mit der Manschettenmethode gemessen wird. Um dies im Lehrerexperiment zu zeigen, empfiehlt sich folgende Abwandlung der klassischen Methode.

Man benutzt als Druckmesser eine Manschette, die mit Wasser gefüllt ist und mit einem engen Schlauch (Durchmesser ca. 1 cm) von ca. 2 m Länge verbunden ist. Am Ende des Schlauches befindet sich ein Wasserbehälter, um den Schlauch immer mit genügend Wasser zu versorgen. Dieses System erlaubt es durch Heben und Senken des Behälters den Druck in der Manschette zu regulieren und zu messen. Man beachte, dass 1m Wasserhöhe einem Druck von ca. 10 kPa (76 mm Hg) entspricht.

- *Auswirkungen des Schweredruckes auf die Blutdruckverhältnisse im menschlichen Körper*
Anhand einer Folie werden die Blutdruckwerte an den verschiedenen Körperstellen für die liegende und die stehende Position gegenübergestellt.

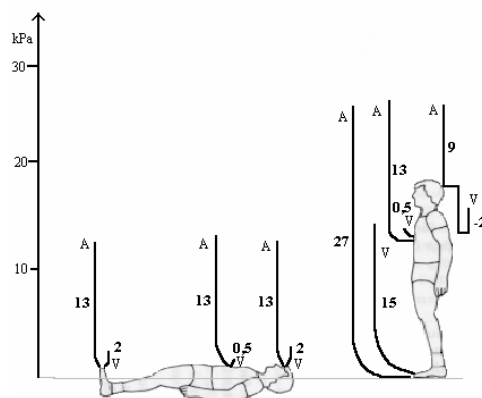


Bild 15: Blutdrücke in den Arterien (A) und in den Venen (V) bei einem Menschen in liegender und in aufrechter Position. In den Kopfvenen eines aufrecht stehenden Menschen ist der Druck negativ.

- *Peripheres Herz: Pumpen durch Muskeln, Lunge, Aorta + Vene*

Hier wird erläutert, dass Muskelkontraktionen, Unterdruck im Thorax und pulsierende Arterien neben einer Vene die treibende Funktion des Herzens unterstützen.

- *Entstehung von Krampfadern*

Anhand eines Folienbildes wird das Aussehen von Krampfadern gezeigt. Dann wird mit Hilfe einer Folie die Funktion der Taschenklappen in den Venen erläutert und die Konsequenzen bei Störungen diskutiert. Das Venengewebe ist gegenüber Dehnungen nicht sehr widerstandsfähig.

2.5.5: Dynamische Aspekte des Blutkreislaufs: Durchblutungsstörungen

- *Qualitative Einführung des Gesetzes von Bernoulli*

Zur Einführung wird das schulübliche Demonstrationsexperiment vorgeführt und die Druckabnahme an der Stelle der erhöhten Geschwindigkeit gezeigt. Dann erfolgt eine qualitative Begründung dafür und damit für das Bernoullische Gesetz (Eine Geschwindigkeitszunahme bedingt eine Differenz von Druckkräften mit resultierender Kraft in Strömungsrichtung. Deshalb muss der Druck vor der Verengung größer als in der Verengung sein). Dies wird nun auf die Stenose und Thrombose angewendet.

- *Stenose*

Verengungen der Arterien können durch Ablagerungen von Fettsubstanzen entstehen. Die Gefahr des Gefäßverschlusses durch die Druckabnahme an der Stelle einer Ablagerung lässt sich mit dem in Schritt 2 erarbeiteten qualitativen Verständnis der Bernoulli'schen Gleichung besprechen

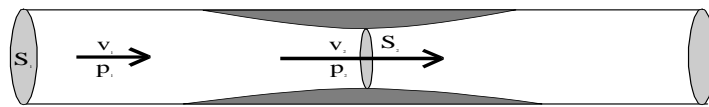


Bild 16: Verengung in einer Arterie. Das Blut fließt durch $S_2 < S_1$, daher ist die Strömungsgeschwindigkeit $v_2 > v_1$ und der Druck $p_2 < p_1$. Der geringe Druck in der Verengung kann zum Verschluss führen.

Der zweite Aspekt, das Abreißen der Ablagerung aufgrund der Druckänderung wird anschließend besprochen.

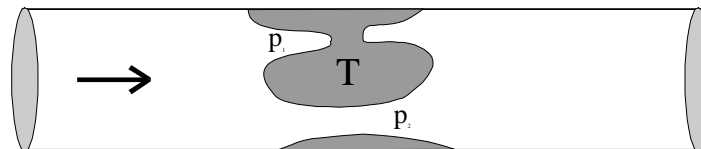


Bild 17: Ausbildung eines Thrombus. In der Einbuchtung herrscht ein größerer Druck (p_1) als in der Verengung (p_2). Die Druckdifferenz ($p_1 - p_2$) kann daher den unteren Teil (T) der Ablagerung leicht abreißen.

- *Kollaterale Verbindung*

Als ein Beispiel für erstaunliche Selbstheilung kann die Ausbildung einer kollateralen Verbindung besprochen werden.

- *Druck im Luftballon in Abhängigkeit vom Durchmesser (Laplacesches Gesetz)*

Zur Vorbereitung, wie gefährlich ein Aneurysma sein kann, wird zunächst an luftgefüllten Luftballons gezeigt, dass der Druck im Ballon mit der Größe abnimmt.

Man bläst die Luftballons verschieden stark auf und stülpt sie je auf ein Ende des Glasrohres. Dann öffnet man den Hahn H. Die Luft strömt (bei passendem Verhältnis der Radien) von dem kleineren Ballon in den größeren Ballon. Dann muss der Druck in dem kleineren Ballon größer sein.

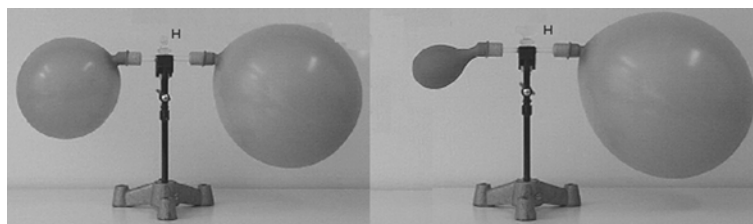


Bild 18: Bei zwei verschieden groß aufgeblasenen Luftballons strömt Luft aus dem kleineren in den größeren Ballon, weil der Druck im kleineren Ballon größer ist.

Die dickere Gummihaut eines kleineren Luftballons presst die Luft in ihm stärker zusammen als die dünnere Haut des größeren Luftballons. Sorgen wir also für einen bestimmten konstanten Druck an der Öffnung dieser Ballons, gedanklich z.B. durch ein sehr großes Gefäß mit leicht komprimierter Luft, kann es passieren, dass er immer weiter aufgeblasen wird und schließlich platzt. Dies wenden wir jetzt auf Blutgefäße an, mit dem Unterschied, dass wir statt Luft die Blutflüssigkeit haben.

Herleitung der Laplace-Gleichung

Die Laplace-Gleichung verbindet im Gleichgewichtszustand die Wandspannung und die Druckdifferenz zwischen Innen- und Außendruck (transmurale Druck) in einer elastischen Kugel.

Eine Kugelschale wird gedanklich in zwei Hälften aufgeschnitten (Bild 19). Der Druck der Flüssigkeit in der Kugelschale treibt die beiden Hälften auseinander, und zwar mit der Kraft $F_D = \pi r^2 p$. Diese muss im Gleichgewicht durch die Spannung σ in der Wand (angedeutet durch die kleinen Pfeile) kompensiert werden. Die Kraft durch die Wandspannung σ ist $F_S \cong 2\pi r D \sigma$. Die Gleichgewichtsbedingung $F_S = F_D$ liefert $p = \frac{2\sigma D}{r}$ (Laplace-Gleichung).

Der Druck p in dieser Beziehung ist der transmurale Druck.

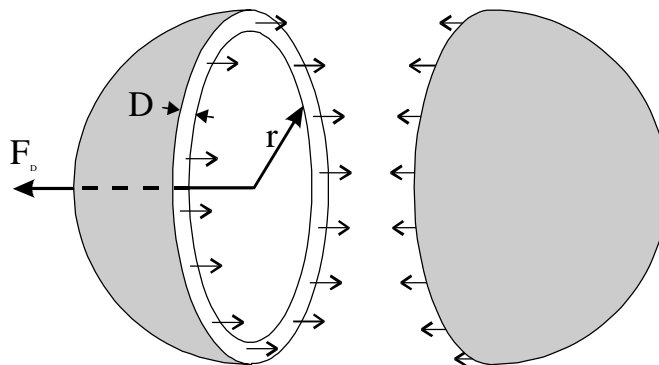


Bild 19: Herleitung der Laplaceschen Gleichung für eine Kugelschale mit der Wanddicke D

Die Wandspannung ist dann $\sigma = pr/2D$. Vergrößert sich der Gefäßradius r etwas, dann steigt auch wegen des Bernoullischen Gesetze der Druck und die Gefäßwanddicke wird kleiner. Alle drei Veränderungen führen also zu einer Zunahme der Spannung in der Gefäßwand, was zum Zerreißen des Gefäßes führen kann (Aneurysma).

- *Aneurysma*

Als Anwendung kann die Gefahr bei einem Aneurysmas diskutiert werden.

4. Wärmelehre

Wir haben Unterrichtsvorschläge zur Wärmelehre entwickelt zu drei Themen entwickelt. Didaktisch besonders ergiebig ist aus unserer Sicht die Temperaturregelung beim Menschen und bei Tieren und in diesem Zusammenhang die Energieflüsse.

Am Beispiel des Eisbären kann bezüglich der Sonnenstrahlung der Vorteil des weißen, lichtdurchlässigen Felles (neben der besseren Tarnung) erarbeitet werden.

Ein weiterer interessanter Inhalt ist die Bergmannsche Regel. Diese besagt, dass Tiere derselben Gattung in kälterer Umgebung größer sind. So sind z.B. Pinguine, die an den Küsten der Antarktis leben, etwa doppelt so groß wie Pinguine auf den Galápagos-Inseln. Dies ist thermodynamisch günstiger, weil der auf die Körpermasse bezogene Energieverlust bei größeren Tieren kleiner ist.

5. Ergebnisse der Evaluation des Unterrichtsvorschlags

Die Erprobung begann am Ende des Schuljahres 1999-2000 und hat insgesamt ein Jahr gedauert. Beteiligt waren 16 Klassen in der Versuchsgruppe (11 Klassen Mechanik, 2 Optik, 3 Druck) und 6 Klassen in der Kontrollgruppe (4 Klassen Mechanik, 2 Druck). Die Lehrkräfte waren dem Lehrstuhl für Didaktik der Physik als kompetent bekannt. Die Lehrer der Versuchsgruppe hatten keine spezifische Unterrichtserfahrung auf dem Gebiet Physik-Medizin.

Die Lehrer bekamen von uns Vorschläge zur Durchführung des Unterrichts, aber sie waren frei, inhaltliche Schwerpunkte zu setzen und durften auf ihre persönliche Art und Weise unterrichten. Dies entspricht u.E. einer realistischen Auffassung über die Adaptation von Unterrichtsmaterialien durch Lehrkräfte.

Die folgende Darstellung ist ein Auszug aus dem detaillierten Bericht in Colicchia (2002).

Erhebung der Interessen

Die Wirkung der medizinisch orientierten Unterrichtseinheiten auf das Interesse wurde hauptsächlich durch die Analyse der Interessenveränderung an Physik untersucht, wobei wir in Anlehnung an Krapp (1996) zwischen Interesse und situationalem Interesse bzw. Interessantheit unterschieden. Die benutzten Items bzw. Fragebögen stammen aus Arbeiten von Horstendahl (1999) und aus der IPN-Interessensforschung (Hoffmann et al., 1997). Diese Fragebögen eröffnen die Möglichkeit, die Ergebnisse unserer Arbeit mit Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen zu vergleichen. Hier können nur einige wenige Ergebnisse vorgestellt werden. Ausführlich werden sie in Colicchia (2002) beschrieben.

3.1 Einstellung der Lehrer

Um die subjektive Sichtweise der Lehrerinnen und Lehrer der Versuchsklassen zu erfassen, wurden sie nach der Durchführung der medizinisch orientierten Unterrichtseinheiten zur Beurteilung des Unterrichts aufgefordert. Die Ergebnisse kann man folgendermaßen zusammenfassen:

Die Lehrer sind überzeugt, dass medizinische Themen hinsichtlich der Interessensteigerung im Physikunterricht erfolgreich eingesetzt werden können. Für sie selbst ist der Unterricht interessanter und bezüglich des Lernerfolgs erwarten sie keine Verschlechterung.

3.2 Änderung des Interesses

Die Prüfung erfolgte durch Gegenüberstellung der Interessenmittelwerte vor und nach dem medizinisch orientierten Unterricht und durch den Vergleich mit den Kontrollklassen.

3.2.1 Fachinteresse

Das Interesse am Schulfach Physik wurde im Vergleich zum Interesse an den anderen Unterrichtsfächern sowohl vor als auch nach den untersuchten Unterrichtseinheiten erhoben. Die Schüler wurden gefragt, wie interessant sie verschiedene Unterrichtsfächer finden.

Das folgende Bild zeigt die übliche leichte Abfalltendenz der Fachinteressen über alle untersuchten Schüler vom Vortest zum Nachtest (linke graphische Darstellung), mit Ausnahme der Biologie. Bei der Versuchsgruppe bleibt die Abfalltendenz des Fachinteresses für alle Fächer (hier auch für die Biologie) erhalten, ausgenommen aber für das Fach Physik.

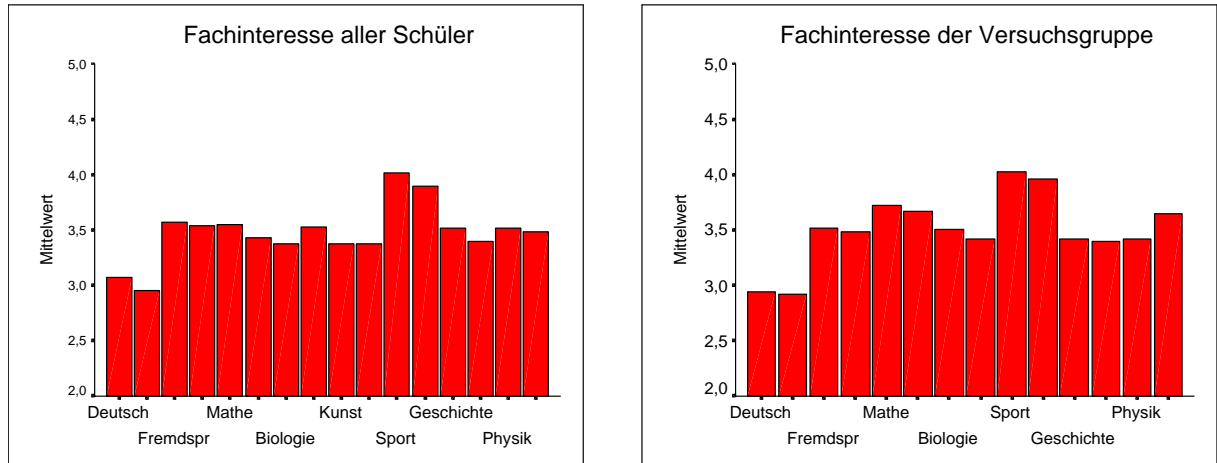


Abb. 20: Fachinteresse aller Schüler und das der Versuchsgruppe

Das folgende Bild zeigt die Interessensänderung im Fach Physik für Kontroll- und Versuchsgruppe. Während das Interesse in der Kontrollgruppe sehr signifikant sinkt (von 3,71 auf 3,45), nimmt das Fachinteresse bei der Versuchsgruppe sehr signifikant zu (von 3,43 auf 3,65).

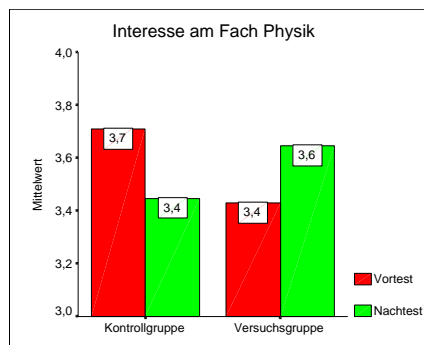


Bild 21: Interesse der Schüler an Physik bei der Kontroll- und Versuchsgruppe im Vortest und Nachttest.

Die folgenden Diagramme zeigen das Fachinteresse in Vor- und Nachttest für die Gebiete Mechanik (n = 193), Druck (n = 63) und Optik (n = 37) getrennt. Im Bereich Mechanik ist die Zunahme in der Versuchsgruppe und die Abnahme in der Kontrollgruppe hoch signifikant, im Bereich Optik ist sie signifikant (hier gibt es keine Kontrollgruppe). In dem Gebiet Druck sind die Steigerung des Fachinteresses in der Versuchsgruppe und die Abnahme in der Kontrollgruppe statistisch nicht signifikant.

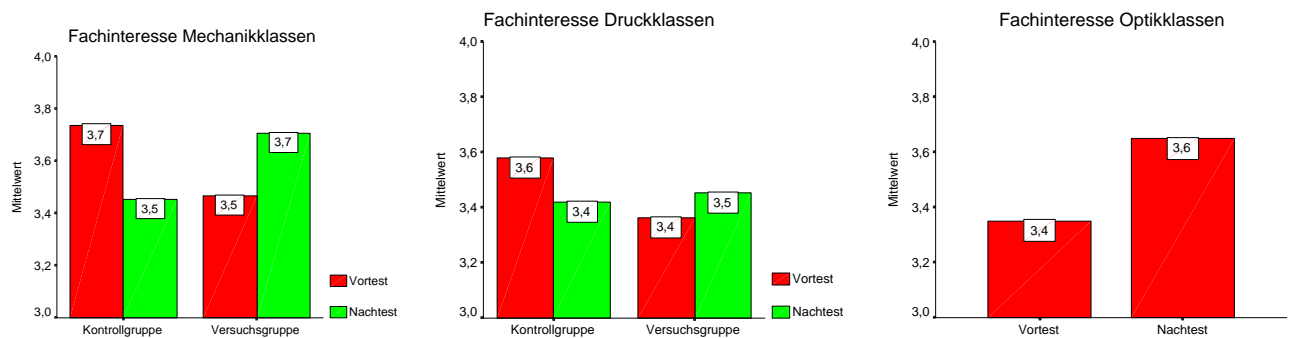


Bild 22: Mittelwerte des Fachinteresses für Kontroll- und Versuchsgruppe in den Gebieten Mechanik, Druck und Optik.

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die geschlechterspezifischen Änderungen des Interesses

ses am Fach Physik für Kontroll- und Versuchsgruppe. Das Fachinteresse sinkt in der Kontrollgruppe für Jungen und Mädchen, während es für Schülerinnen und Schüler in der Versuchsgruppe in gleichem Maße steigt.

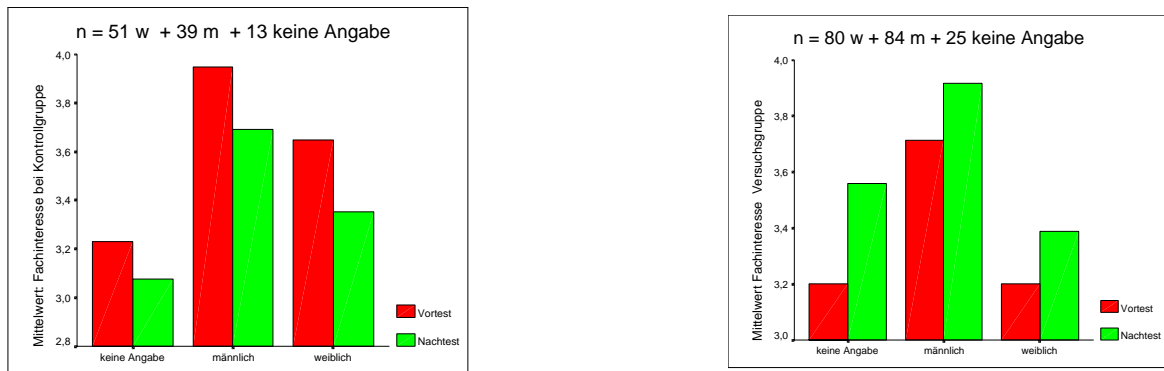


Bild 23: Geschlechterspezifische Änderung des Fachinteresses für Schülerinnen und Schüler in Kontroll- und Versuchsgruppe. Die links stehenden Säulen in den graphischen Darstellungen zeigen die Schüler, die ihr Geschlecht nicht angegeben haben.

Der empirisch begründete Vorschlag [Häußler & Hoffmann (1990, 1995)], durch einen medizinischen Kontext das Interesse auch der Mädchen zu steigern, wird durch dieses Ergebnis bestätigt.

Auf Grund der Ergebnisse folgt:

Das Fachinteresse für Physik wird sowohl bei den Schülerinnen als auch bei den Schülern durch den medizinisch orientierten Physikunterricht im Vergleich zum herkömmlichen Physikunterricht erhöht.

3.2.2 Allgemeines Interesse am Physikunterricht

Der folgende Fragebogen wurde unverändert am Anfang und am Ende der untersuchten Einheiten eingesetzt, um die mögliche Änderung des Interesses an Physik unabhängig von ganz konkreten Inhalten festzustellen. Die Auswertung erfolgte so, dass höhere Zahlen immer als positiver anzusehen sind.

A) Ich bin sicher, dass ich durch den Physikunterricht etwas mehr über mich selbst erfahre.
B) Die Gedanken, die ich mir über die Themen des Physikunterrichts mache, haben für mich persönlich nur wenig Bedeutung.
C) Ich schätze den Physikunterricht vor allem wegen der interessanten Themen.
D) Physik ist für mich ein Fach, das mir wichtig ist.

Beispiele aus dem Fragebogen zur Feststellung des allgemeinen Interesses am Physikunterricht

Das Bild zeigt das allgemeine Interesse am Physikunterricht über alle untersuchten Schülerinnen und Schüler aus der Kontroll- und Versuchsgruppe vor und nach dem Unterricht. Das allgemeine Physikinteresse sinkt bei der Kontrollgruppe signifikant (von 3,24 auf 3,10), während es bei der Versuchsgruppe (von 3,03 auf 3,12) signifikant zunimmt.

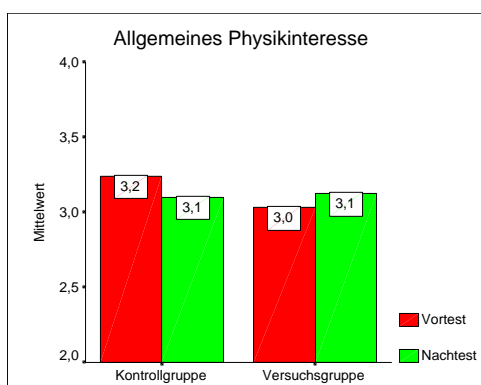


Bild 24: Allgemeines Interesse am Physikunterricht für Kontroll- und Versuchsgruppe vor und nach dem Unterricht.

Die folgenden Diagramme zeigen das allgemeine Physikinteresse, aufgeteilt nach Mechanik (Versuchsgruppe n = 183, Kontrollgruppe n = 87); Druck (Versuchsgruppe n = 44, Kontrollgruppe = 19) und Optik (n = 33). In allen drei Gebieten steigt das Interesse in der Versuchsgruppe an (sehr signifikant in der Mechanik), bei der Kontrollgruppe fällt es sowohl im Bereich Mechanik (signifikant) und Druck. Für die Optik gab es keine Kontrollklassen.

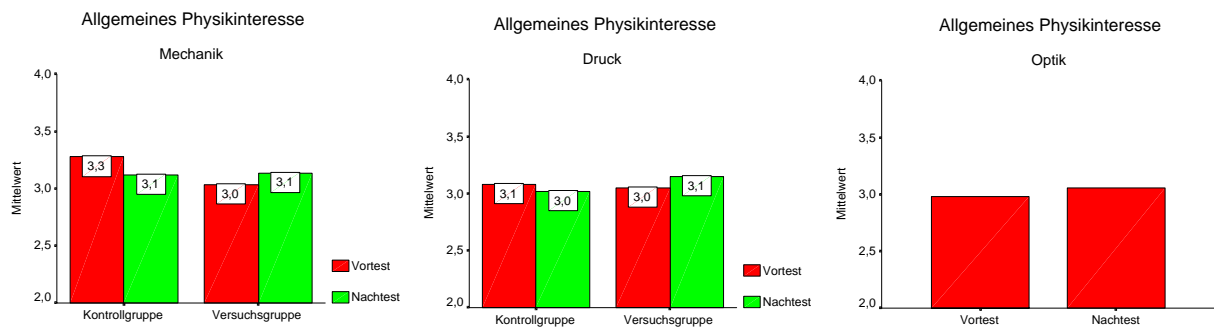


Bild 25: Mittelwerte des allgemeinen Physikinteresses für Kontroll- und Versuchsgruppe in den Gebieten Mechanik, Druck und Optik.

Die beiden folgenden Diagramme zeigen das allgemeine Interesse am Physikunterricht geschlechtsspezifisch. Man findet in der Kontrollgruppe eine Abnahme sowohl bei Schülerinnen als auch bei Schülern. In der Versuchsgruppe findet man hingegen sowohl für Schüler als auch etwas stärker für die Schülerinnen eine Zunahme. Die Abnahme bei den Schülerinnen der Kontrollgruppe ist signifikant, die Zunahme bei den Schülerinnen der Versuchsgruppe ist ebenso signifikant.

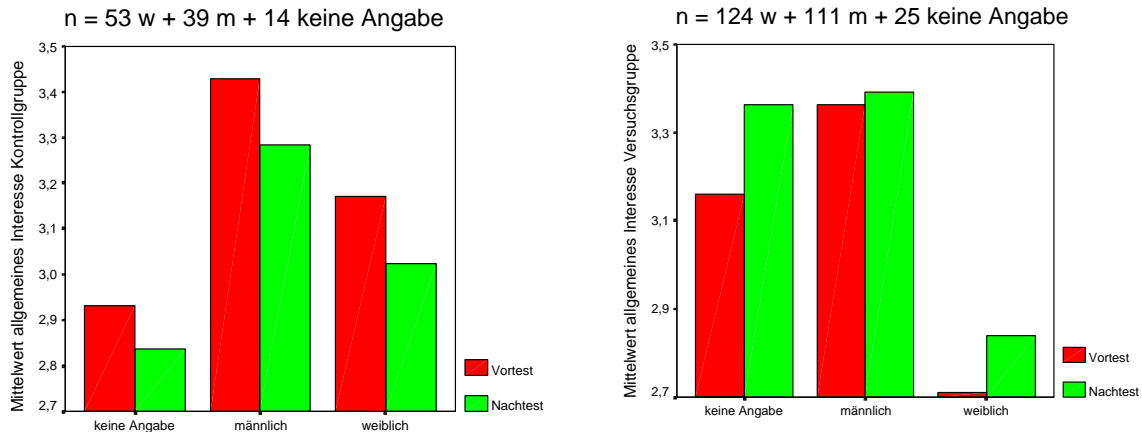


Bild 26: Allgemeines Interesse am Physikunterricht vor und nach dem Physikunterricht geschlechtsspezifisch für Kontroll- und Versuchsgruppe.

Bei der Versuchsgruppe gibt es nur Zunahmen, die bei den Mädchen deutlich höher sind. Bei der Kontrollgruppe gibt es gleich große Abnahmen des allgemeinen Physikinteresses.

Aus den Ergebnissen folgt:

Das allgemeine Interesse am Physikunterricht erhöht sich durch den medizinisch orientierten Physikunterricht im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht sowohl bei den Schülerinnen als auch bei den Schülern. Beim traditionellen Physikunterricht sinkt es bei den Schülerinnen und Schülern.

3.2.3 Interessantheit

Zur Messung der Interessantheit (motivierende Wirkung der Unterrichtseinheit) wurden 19 Items verwendet. Sie wurden von den Schülerinnen und Schülern nach Abschluss der Unterrichtseinheit sowohl in Versuchs- als auch in Kontrollklassen bearbeitet. Einige Beispielimite:

A. Der Unterricht war abwechslungsreich.
B. Ich war neugierig darauf, was in der nächsten Stunde behandelt wird.
C. Ich bedauerte es, als der Unterricht ausfiel.
D. Der Unterricht beschäftigte sich mit Dingen, die mir im täglichen Leben begegnen.
E. Ich freute mich auf den Unterricht.
F. Im Unterricht gab es etwas Neues für mich zu entdecken.
G. Es gab Dinge, die mich besonders interessiert haben.
H. Ich habe auch außerhalb des Unterrichts über manche Dinge nachgedacht, die im Unterricht behandelt wurden.
I. Ich habe in Büchern nachgeschlagen, um mehr Informationen über das behandelte Gebiet zu bekommen.

Bild 27 zeigt die Interessantheit für Versuchs- und Kontrollgruppe über alle Items. Der Unterschied zwischen der Interessantheit bei Kontrollgruppe und Versuchsgruppe ist statistisch nicht signifikant. Der Vergleich ist aber etwas fragwürdig, weil die Ausgangsbewertung unbekannt ist.

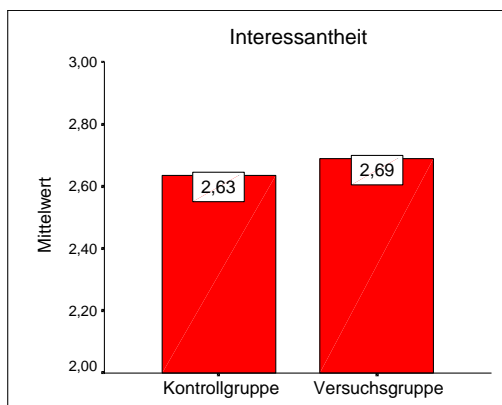


Bild 27: Interessantheit für Kontroll- und Versuchsgruppe.

Für uns war dieses Ergebnis etwas erstaunlich. Es passte weder zu früheren Untersuchungen noch zu unseren Erwartungen. Die Unterrichtsbeobachtungen und Videoaufzeichnungen und gelegentliche Schüleräußerungen deuten allerdings an, dass der Unterricht in den Versuchsklassen des Öfteren aus Sicht der Schüler als nicht so perfekt gestaltet wie gewohnt ablief. Dies mag zu diesem Ergebnis mit beigetragen haben.

3.3 Ergebnisse zum Lernerfolg

Zur Bewertung des Lernerfolgs wurden bei den Inhalten Mechanik und Optik sowohl in den Versuchsklassen als auch in den Kontrollklassen Lerntests geschrieben. Die Items sind nicht direkt auf den Kontext Medizin bezogen. Hier gehen wir nur auf den Lernerfolg in Mechanik ein, weil in diesem Bereich auch Kontrollgruppenergebnisse vorliegen.

Im Diagramm sind die Leistungen der Kontroll- und Versuchsgruppe dargestellt, angegeben in der schulüblichen Notenskala. In dem Test haben die Schüler der Kontrollklassen eine Durchschnittsnote vom Lehrer von 3,5 bekommen. Im Vergleich mit der Zeugnisnote (3,4) gibt es einen geringen Abfall der Leistung. Bei den Versuchsklassen nimmt hingegen die Lernleistung signifikant zu. Die Erprobung fand bei Versuchs- und Kontrollklassen ungefähr in derselben Jahreszeit statt.

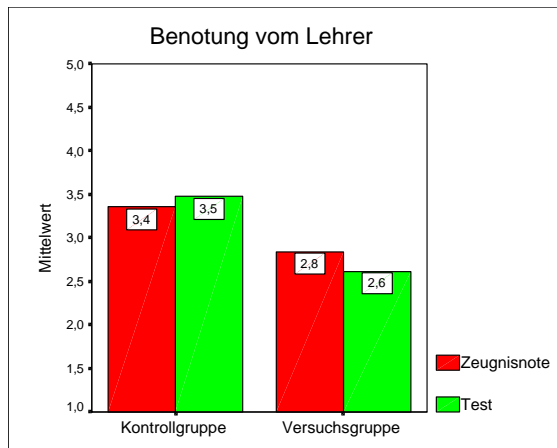


Bild 28: Lernleistung im Test und in dem vorherigen Physikunterricht von Schülern der Versuchs- und Kontrollgruppe, angegeben in schulüblicher Notenskala

4. Zusammenfassung

Auch wenn die dargestellten Effekte nicht sehr stark sind, belegen sie erneut, dass Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie das Interesse erhöht. Dies gilt sowohl für Mädchen als auch Jungen. In einem solchen Unterricht lernen sie fachlich zumindest genau soviel wie in dem üblichen fachsystematisch orientierten Physikunterricht.

Der von uns beobachtete Unterricht ließ noch zahlreiche Mängel erkennen. Dies hat vermutlich eine Rolle dabei gespielt, dass die Interessantheit des Unterrichts nicht deutlich besser ausfiel. Die Erwartung, dass ein routinierterer Unterricht deutlichere Effekte erzielen wird, ist für uns naheliegend.

Interessant ist, dass Fachinteresse und allgemeines Interesse am Physikunterricht, die längerfristig von größerer Bedeutung für Einstellungen und Lernerfolg sind, sehr signifikant bzw. signifikant gesteigert werden konnten, im Gegensatz zur Untersuchung von Berger (2000). Wir vermuten, dass Änderungen in diesen Bereichen zu Beginn des Physikunterrichts in der Schule sehr viel leichter zu erreichen sind als in der Oberstufe nach langjährigen Erfahrungen mit üblichem Unterricht und den entsprechenden Prägungen.

Literatur

- Berger, R. (2000): Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – ein Weg zu interessantem Physikunterricht. Logos, Berlin
- Colicchia, G. (2002): Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten zur Steigerung des Interesses uf für den fachübergreifenden Physikunterricht. Dissertation Universität München
- Häußler, P., Hoffmann, L. (1990): Wie Physikunterricht auch für Mädchen interessant werden kann. Naturwissenschaften im Unterricht S. 12-18
- Häußler, P., Hoffmann, L. (1995): Physikunterricht an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. Unterrichtswissenschaft, S. 107-126
- Hoffmann, L., Häußler, P., Peters-Haft, S. (1997): An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht. IPN, Kiel
- Horstendahl, M. (1999): Motivationale Orientierungen im Physikunterricht, Logos, Berlin
- Krapp; A (1996): Psychologische Bedingungen Lernens: Untersuchungsansätze und Bedingungen zu Motivation und Interesse. In: R.Duit, Chr. V. Rhöneck: Lernen in den Naturwissenschaften, Kiel
- Prenzel, M. (1995): Zum Lernen bewegen. Blick in die Wissenschaft4, S. 58-66