

Physik und Medizin

- Chance zur Steigerung des
Interesses am Physikunterricht

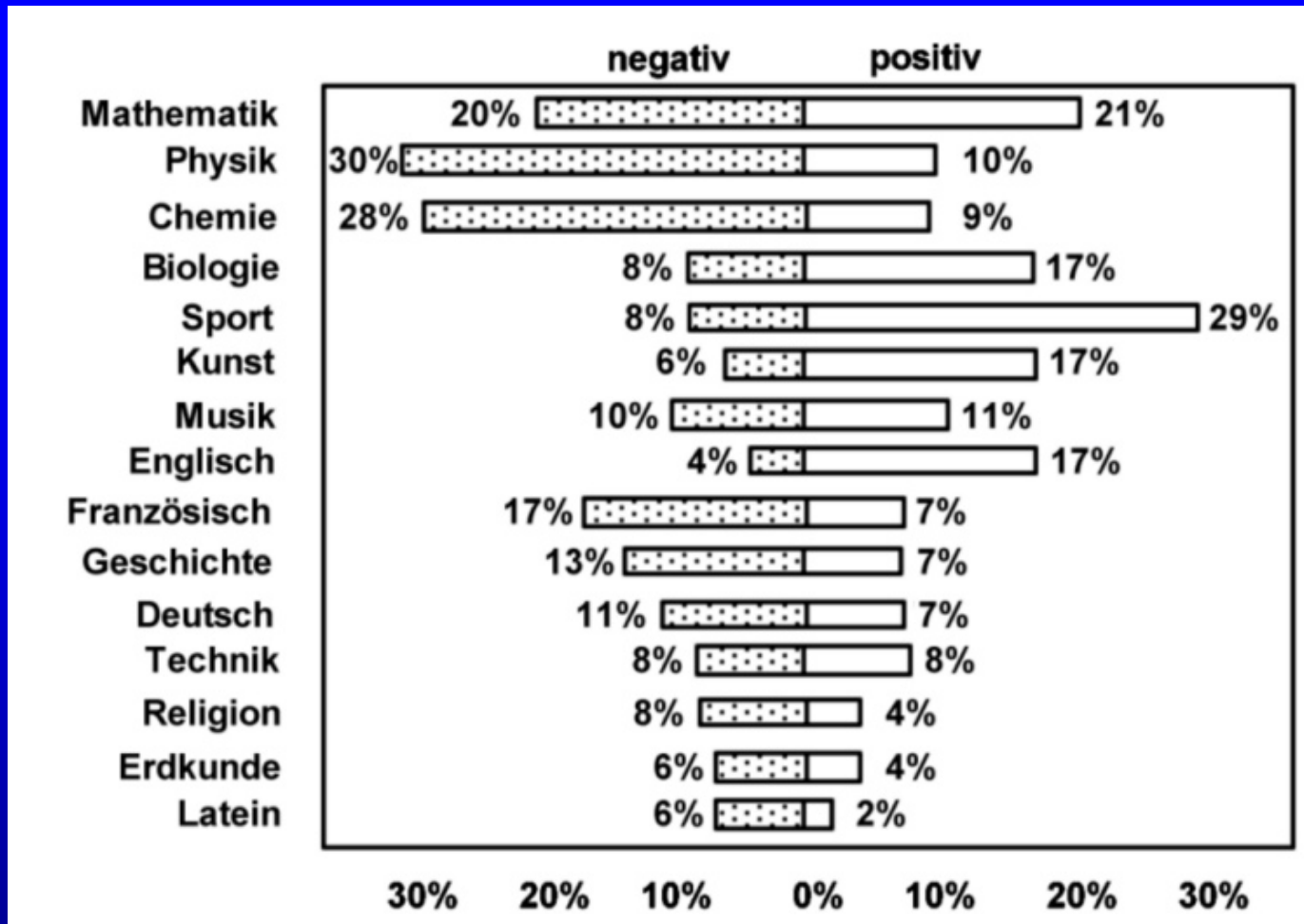
Hartmut Wiesner
Universität München

Erfolgreiches Lernen im Physikunterricht erfordert:

- verständliche Lernangebote
- Lernbereitschaft

- Schülerinnen und Schüler beginnen den Physikunterricht mit großen Erwartungen.
- Nach wenigen Monaten haben sie ihr Interesse weitgehend verloren.

Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



Welches sind die beiden beliebtesten und welches die beiden unbeliebtesten Unterrichtsfächer?

- Dieser Verlust an Interesse ist unerwünscht, denn er führt zu einem
 - Sinken der Lernbereitschaft und damit zu einer
 - Verminderung des Lernerfolgs,
 - Sinken der Offenheit gegenüber naturwissenschaftlichen Fragestellungen,
 - anstrengenderen Unterrichten.

Ein Physikunterricht, der sich an den Interessen der Schülerinnen und Schüler orientiert, führt langfristig zu einem stabilen, individuellen Interesse.

Schülerinnen und Schüler mit einem hohen Sachinteresse verwenden Tiefenverarbeitungsstrategien (z.B. bildhafte Vorstellungen erzeugen, Zusammenfassen in eigenen Worten, Herstellen von Querbezügen, Betrachten aus mehreren Perspektiven, ...).

Deshalb sind sie langfristig erfolgreicher im Lernen.

Wie kann motiviertes Lernen begünstigt werden?

Durch:

- **Autonomieunterstützung**
(Spielräume für eigene Lernzugänge, für die Vertiefung des Lernstoffes, für eigenes aktives Erarbeiten und das 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, Berücksichtigung von Lernschwierigkeiten, angemessener Schwierigkeitsgrad, Anschaulichkeit)

- **Soziale Einbindung**
(Akzeptanz durch Klasse und Lehrkräfte, entspannte und freundliche Unterrichtsatmosphäre)
- **Nachvollziehbare inhaltliche Relevanz des Lehrstoffs**
(authentische Aufgaben, lebensweltliche Bezüge, Befriedigung von Deutungsbedürfnissen, Erweiterung der Kommunikationsfähigkeit, instrumentelle Verwendbarkeit)
- **Interesse der Lehrenden am Inhalt**

Wie kann motiviertes Lernen speziell im Physikunterricht gefördert werden?

Durch:

- Gesellschaftliche Bedeutung der Physik
- Alltägliche Erfahrungen
- Potentieller Anwendungsbezug
- Anwendungen in der Medizin, im Umweltschutz, Bezug zum eigenen Körper
- Physikalische Geräte in Arztpraxis, Klinik ...

Fächer übergreifender Unterricht

relevante und authentische Probleme überschreiten in der Regel Fächergrenzen,
führt interdisziplinäre Betrachtungsweisen ein,
verstärkt den Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler,
verdeutlicht die Bedeutung der Physik,
integriert die verschiedenen Aspekte eines Sachbereichs,
führt damit zu einem tieferen Verständnis
multiple Perspektiven (konstruktivistische Lernauffassung)

Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der
medizinischen Diagnostik - Ein Weg zu interessanterem
Physikunterricht.
Dissertation Universität München

Unterrichtseinheiten für die Oberstufe über:

- Röntgencomputertomographie
- Ultraschalldiagnostik

in denen die üblichen Inhalte über Röntgenstrahlung und Wellen in einen medizinischen Kontext eingebunden sind.

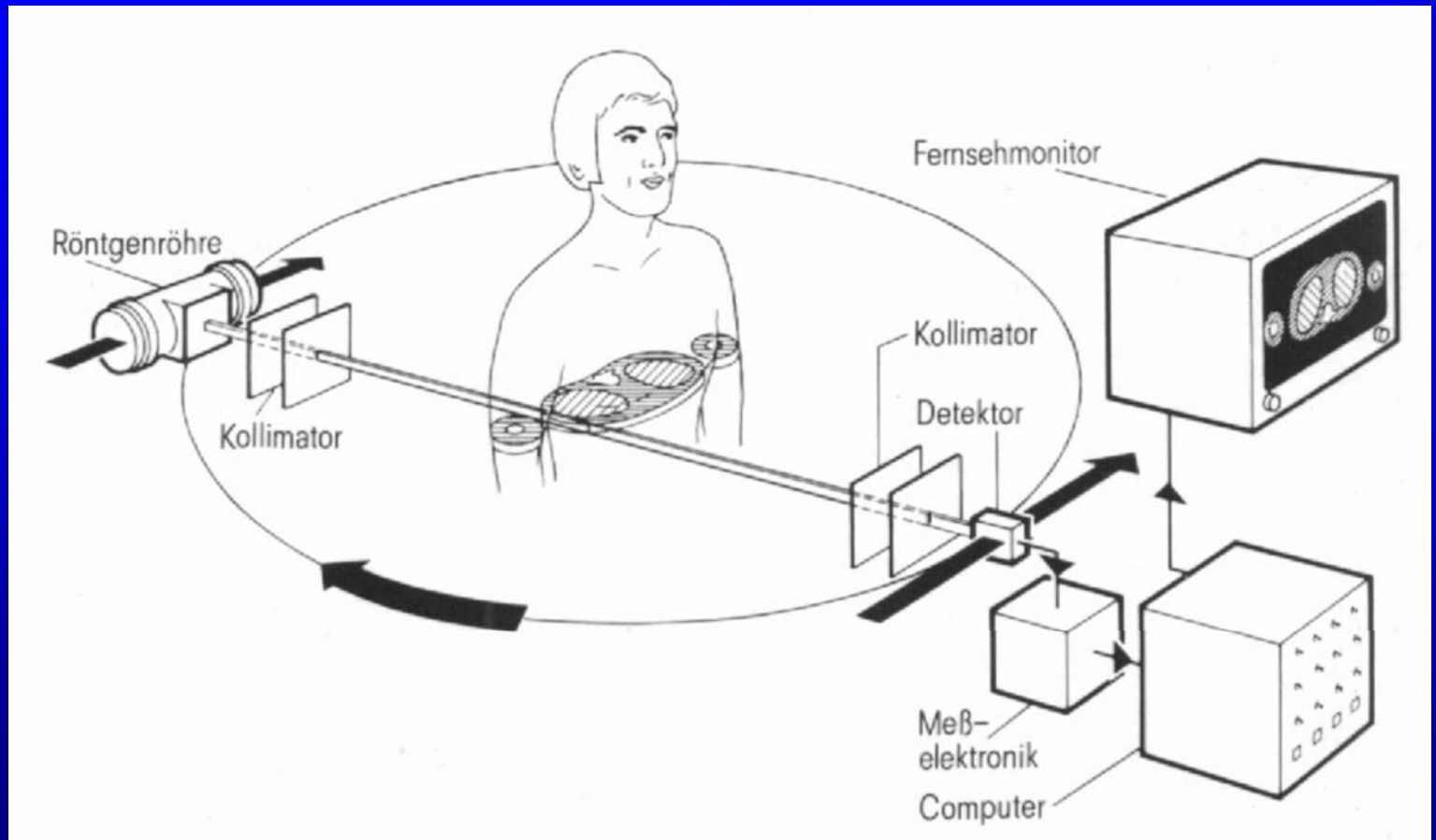
Ergebnis: Physikunterricht im Kontext „Physik und Medizin“ fördert das Interesse, vor allem das Interesse der vor dem Unterricht wenig motivierten Mädchen.

Der gesamte Lehrstoff über Röntgenstrahlung kann anhand der Röntgencomputertomographie gelehrt werden.

CT-Aufnahme:



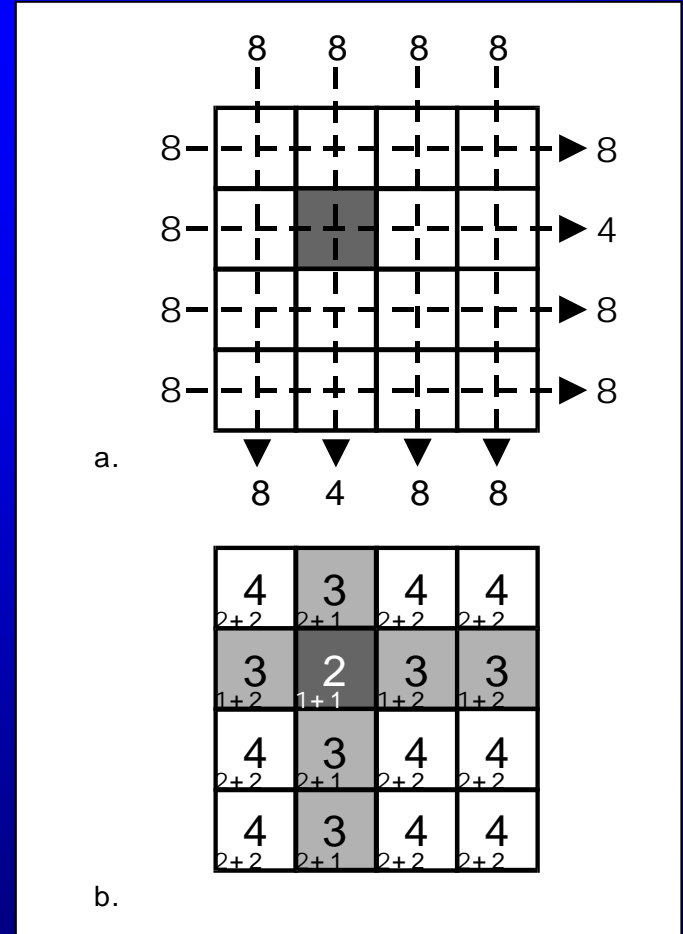
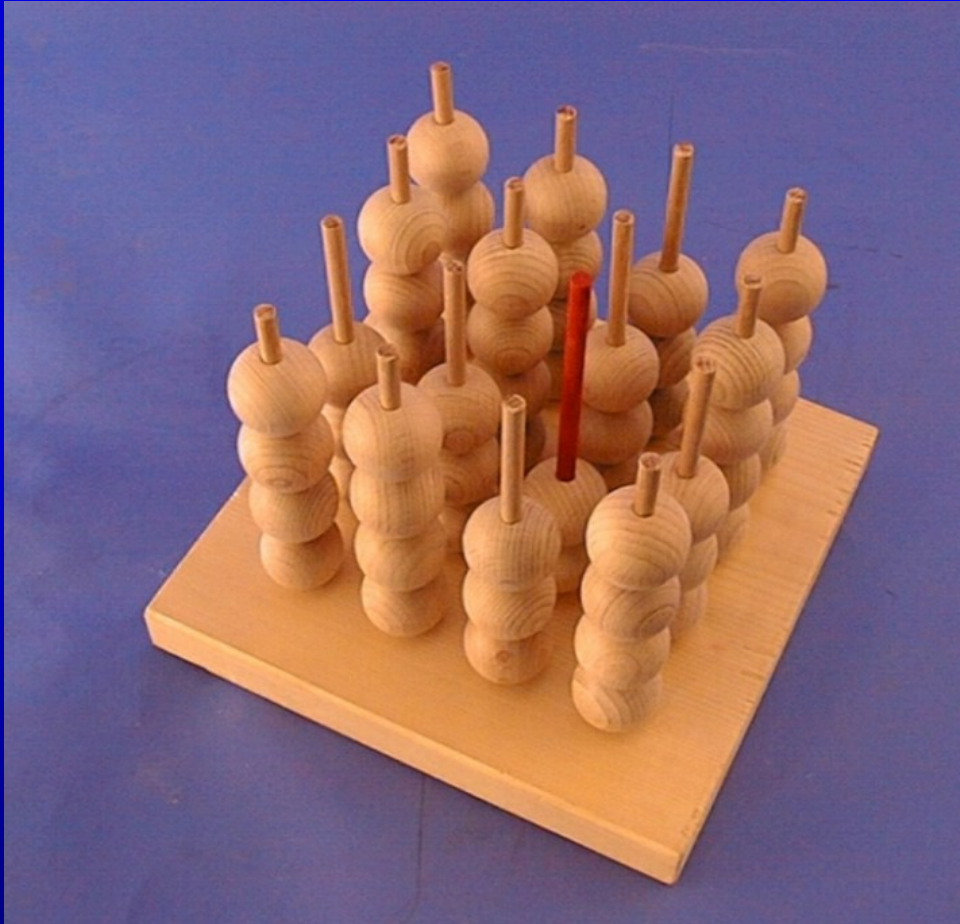
CT-Technik:



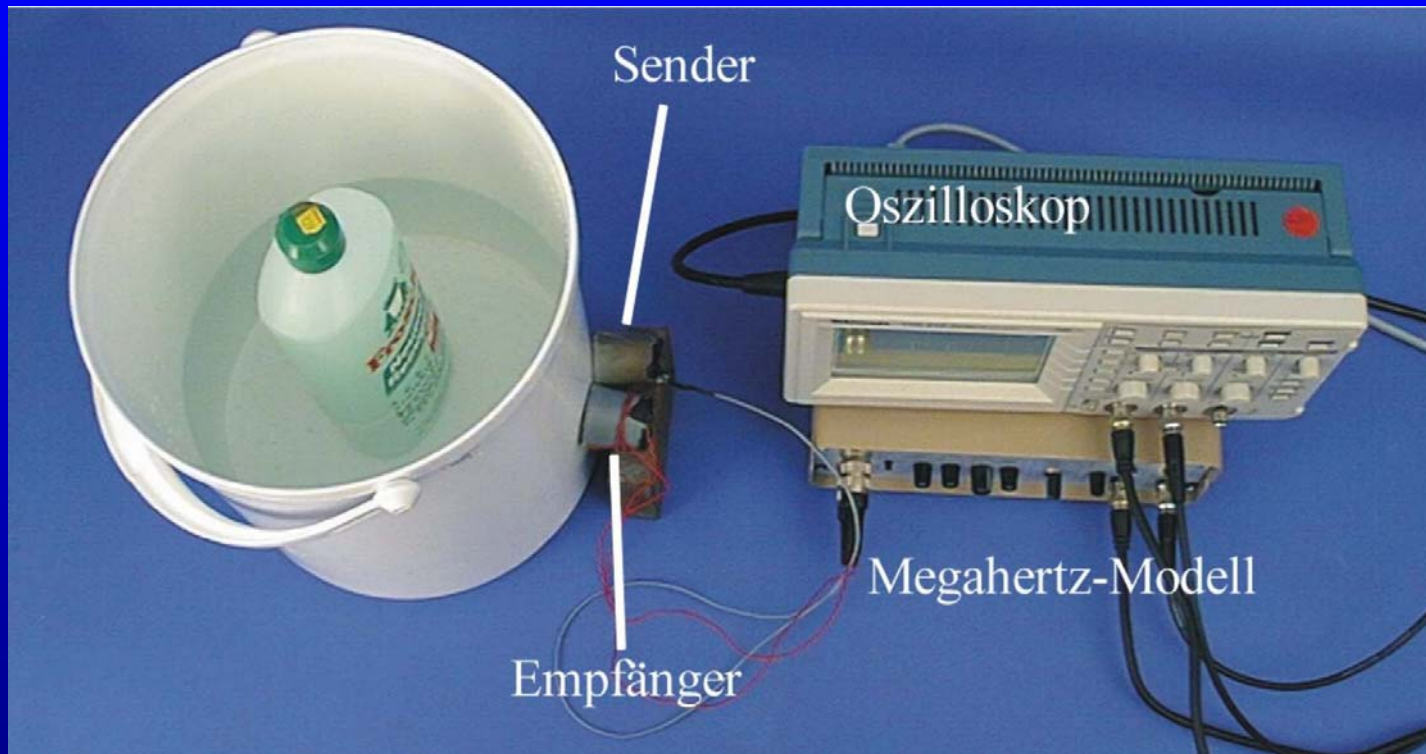
Modellexperiment für einen Röntgencomputertomographie



Rückprojektion



Modellexperiment für die Ultraschall Diagnostik:



Das Untersuchungsdesign:

	Ultraschall-Gruppe	Röntgen- Computertomografie- Gruppe
Wellen	Ultraschalldiagnose	Mikrowellen traditionell
Röntgen-Strahlung	Röntgenstrahlung traditionell	Röntgencomputer- tomografie

Unterrichtseinheiten für die Sekundarstufe mit Kontext „Physik und Medizin“:

- **Drehmomente/Hebel:** Armgelenk, Wirbelsäule, Kauapparate
- **Sehen:** Lernstationen zu Akkommodation, Fehlsichtigkeiten, Augenspiegel, Sehen unter Wasser
- Lernzirkel zur Einführung des **Drucks**, Atmung und Tauchen, Statische und dynamische Aspekte des Blutdrucks
- **Wärmelehre** im Kontext von Biologie und Medizin: Energieumsatz, Temperaturregulierung
- **Vortrieb in Flüssigkeiten**
Bewegung von Fischen und Spermien

Wichtige Gesichtspunkte bei der Entwicklung:

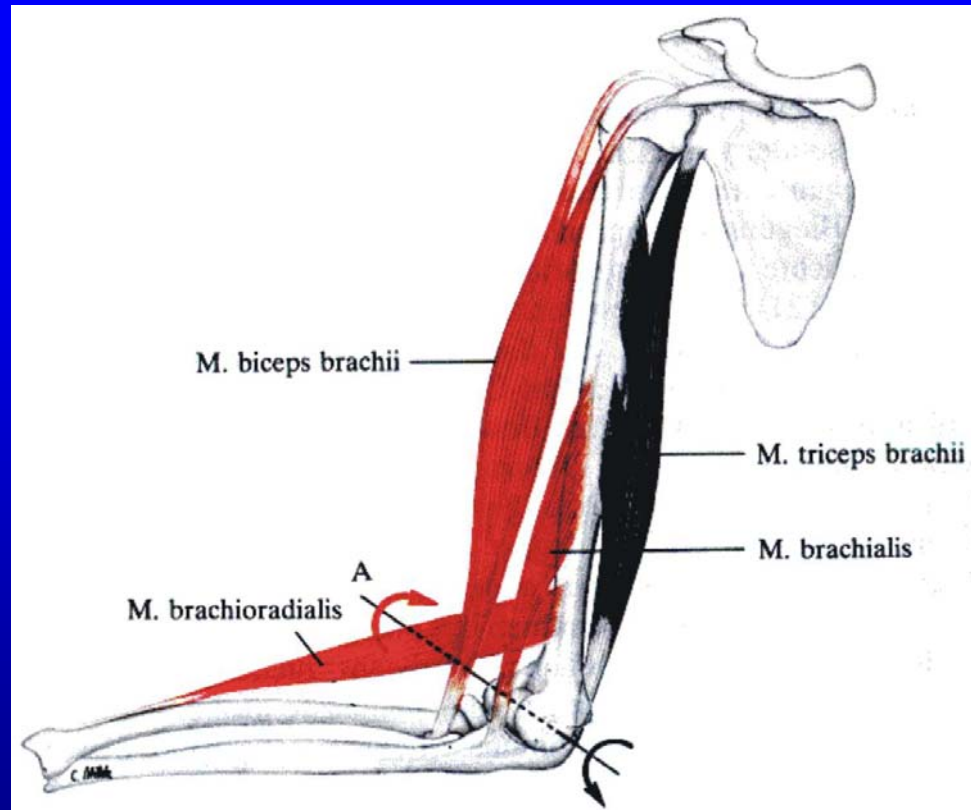
- Verbesserung des Interesses
- Berücksichtigung von Lernschwierigkeiten
- einfache, selbstherstellbare Demonstrationsmittel

Materialien abrufbar:

www.physik.uni-muenchen.de/didaktik (*Fundgrube*)

Das Thema
„Drehmomente - Hebel“
im Kontext von Physik und
Medizin/Biologie

Einfaches Schema des Ellbogengelenks:



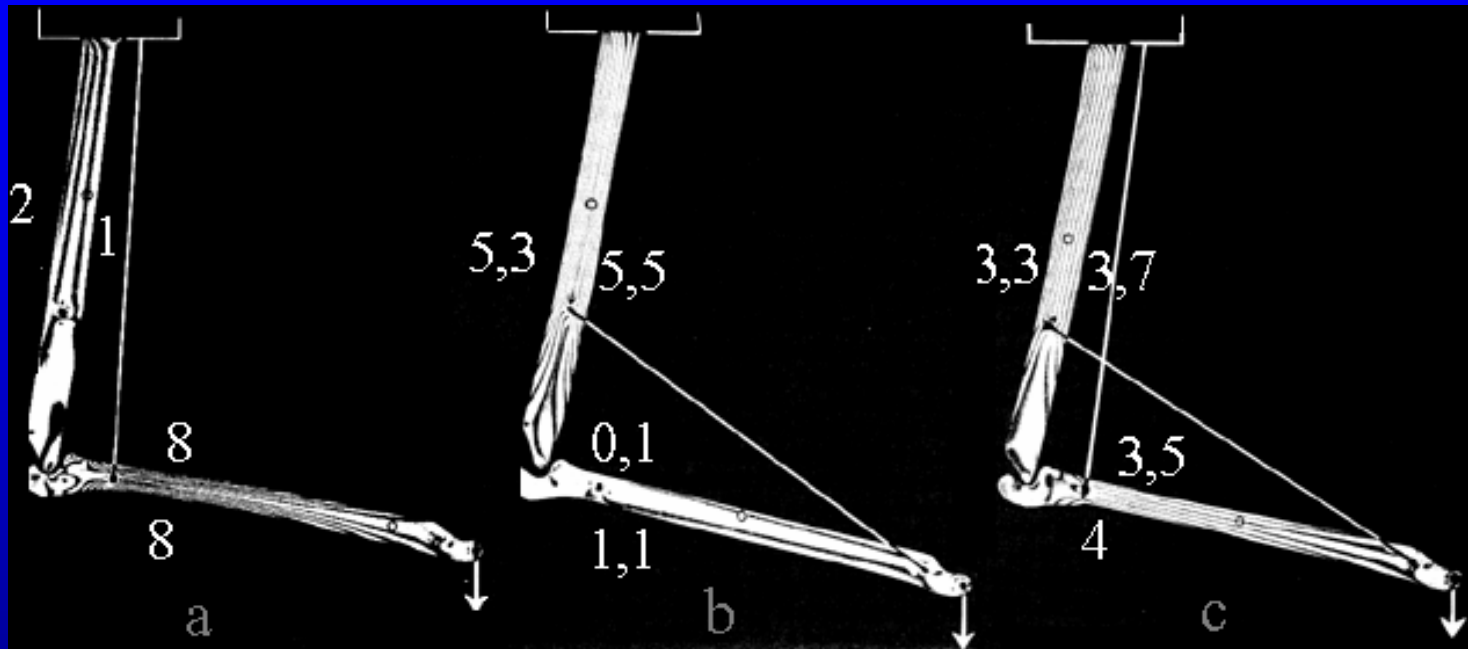
Wozu haben wir den m. brachioradialis?

Oktoberfest in München

- Masse eines Bierkrugs:
mehr als 2 kg



Spannungen in einem Modellarm:



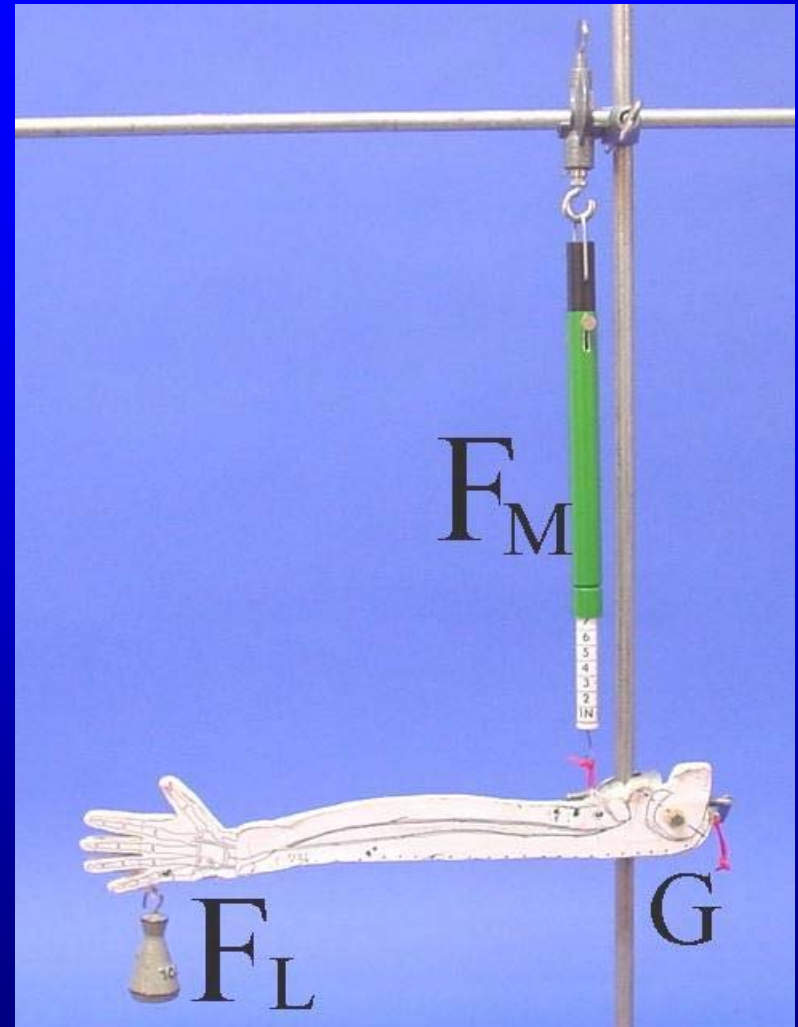
(Zuggurtung)

Reduzierung der Biegespannung durch Zuggurtung:

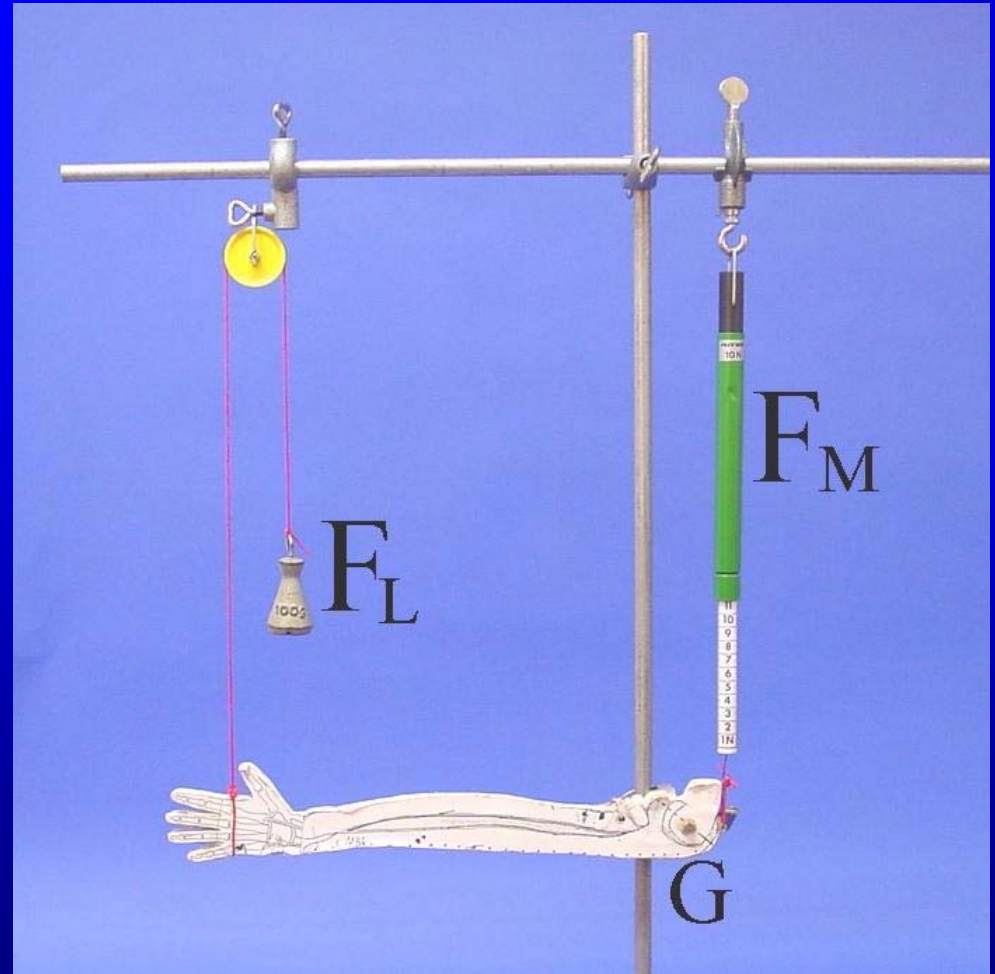


Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

- Einführung: Aufbau des Ellbogengelenks
- Einseitiger Hebel:
- Drehmoment und Drehmomentgleichgewicht - Hebelgesetz

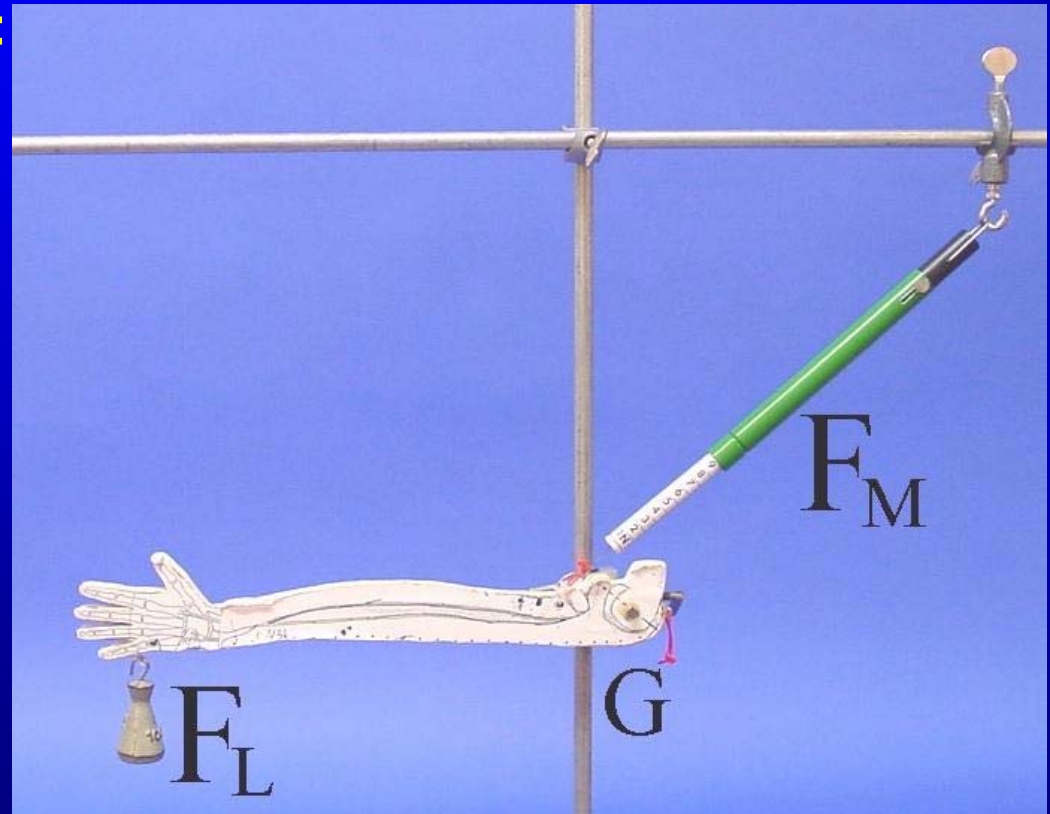


- zweiseitiger Hebel:

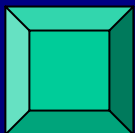


Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

- Anwendungen
- Allgemeine Fassung des Drehmoments:



Veranschaulichung des Schwerpunkts

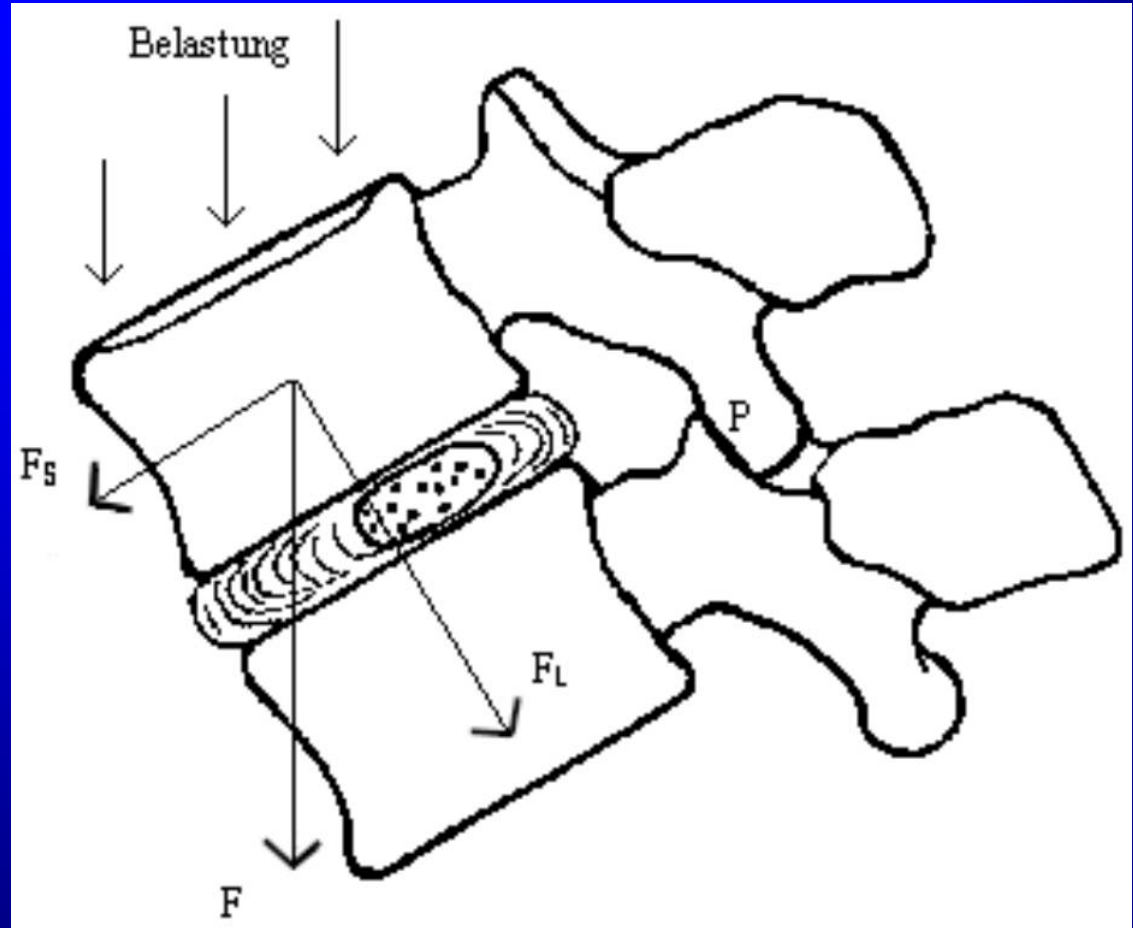
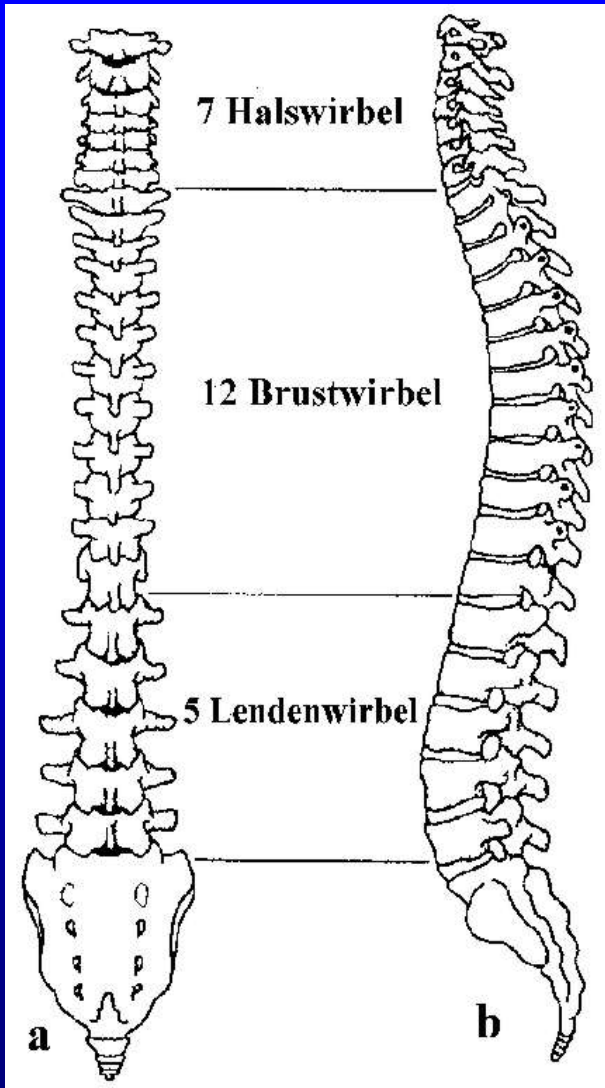


Unterrichtseinheit 2: Die Belastung der Wirbelsäule

Übersicht über die Unterrichtseinheit 2: Die Belastung der Wirbelsäule und das Hebelgesetz

- Einleitung
- Aufbau der Wirbelsäule und Muskulatur
- Die Belastung der Wirbelsäule bei unterschiedlicher Lage des Schwerpunkts
- Die Belastung der Wirbelsäule beim Heben eines Gewichts
- Gute und schlechte Körperhaltungen
- Bedingung für stabiles Stehen

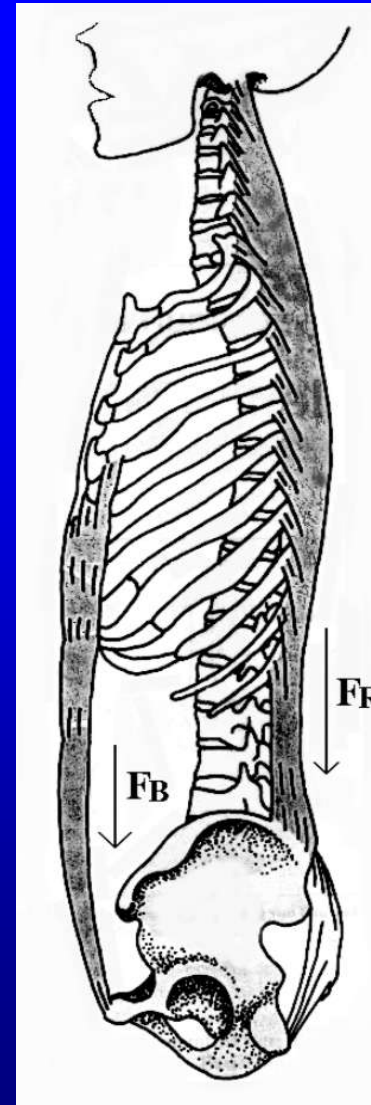
Aufbau der Wirbelsäule:



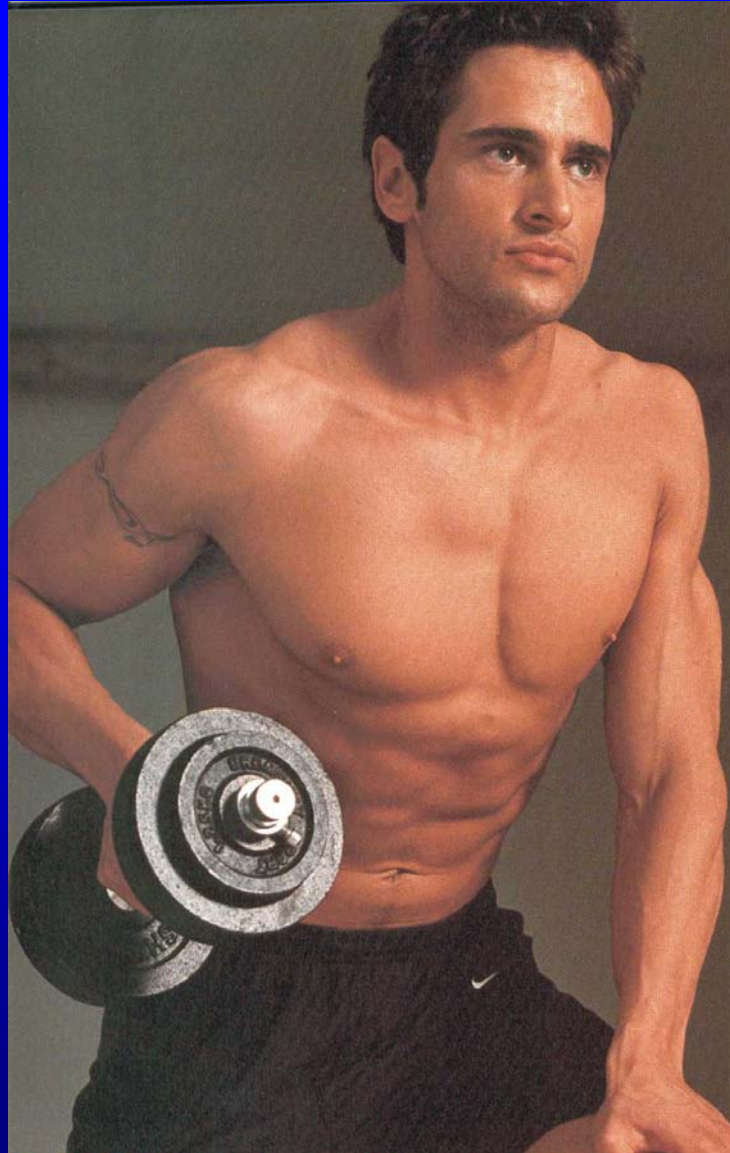
Bauch- und Rücken- muskeln:

Abstand Schwerpunkt
Oberkörper - Zentrum
Lendenwirbel: ca. 3 cm

Abstand Wirkungslinie der
Rückenmuskeln - Zentrum
der Lendenwirbel: ca. 5 cm

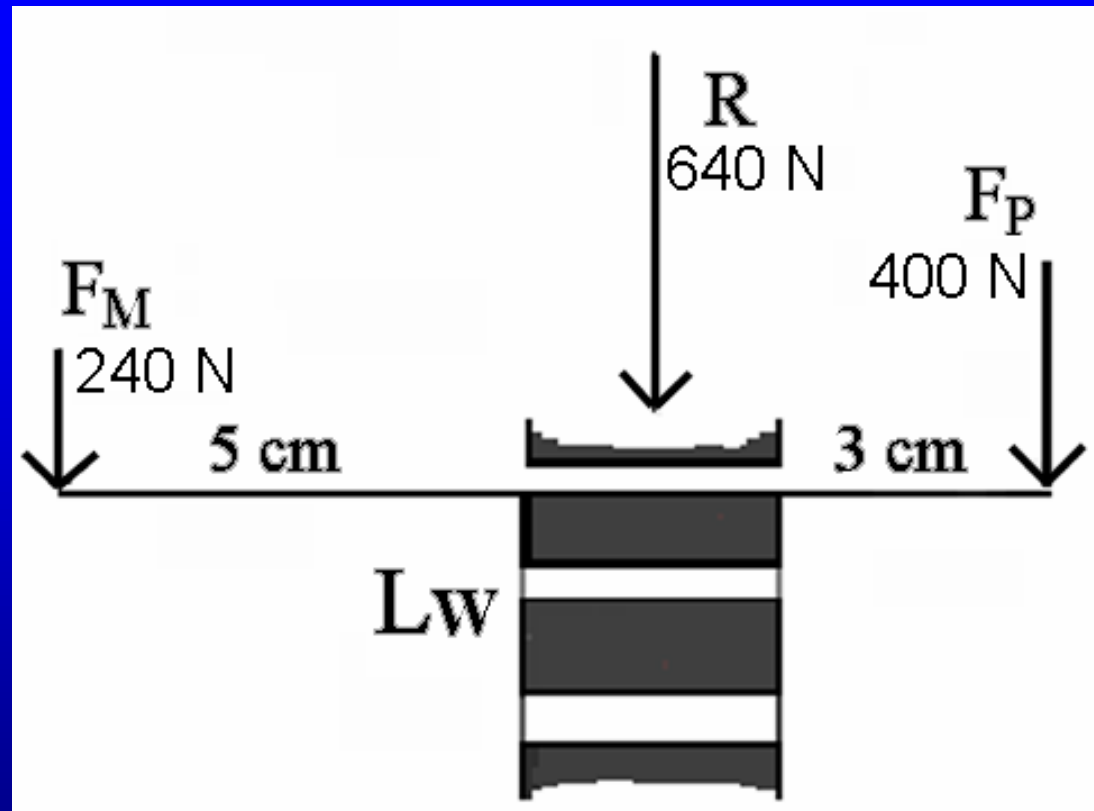
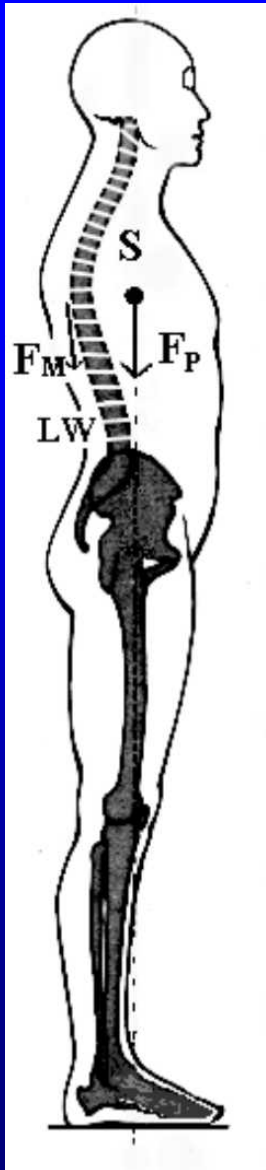


Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



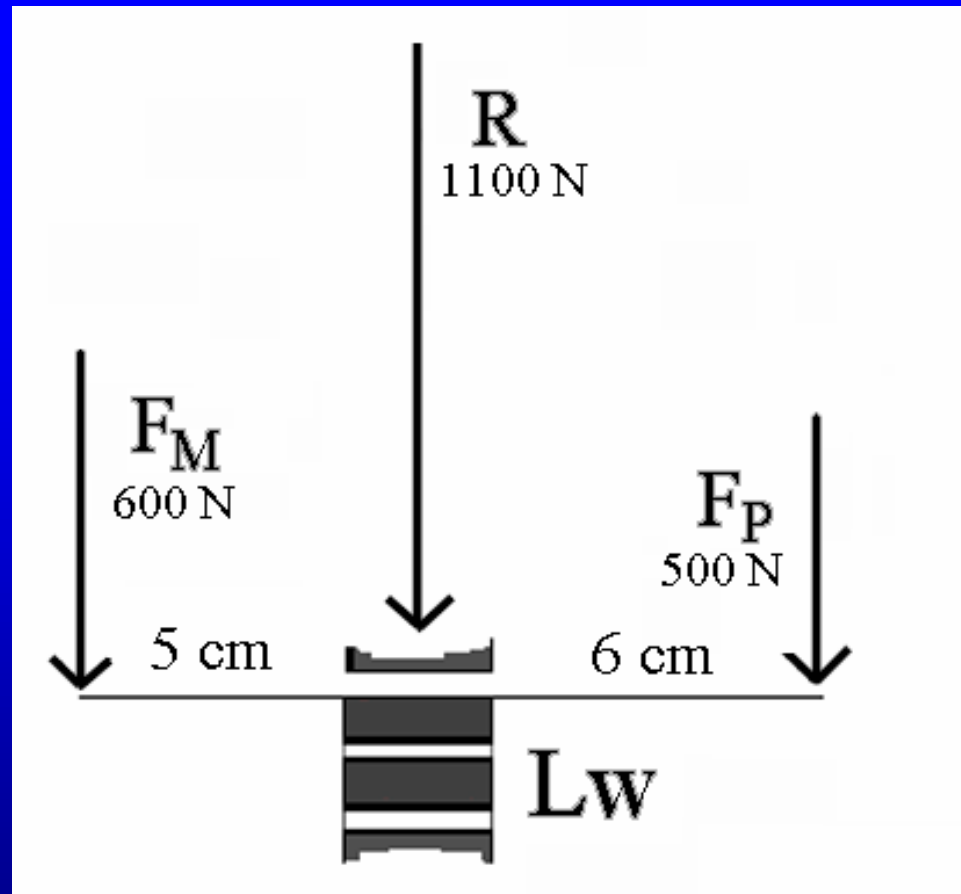
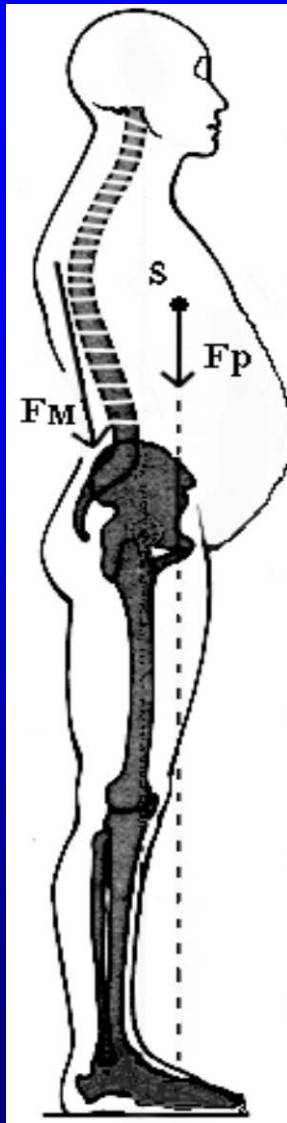
Die Belastung der Wirbelsäule bei einem schlanken Menschen:

Gewichtskraft Oberkörper, Kopf und Arme: etwa 400 N



Belastung der Wirbelsäule: 640 N

Die Belastung der Wirbelsäule bei verschobenem Schwerpunkt (10 kg zusätzlich im Abstand von 20 cm) :

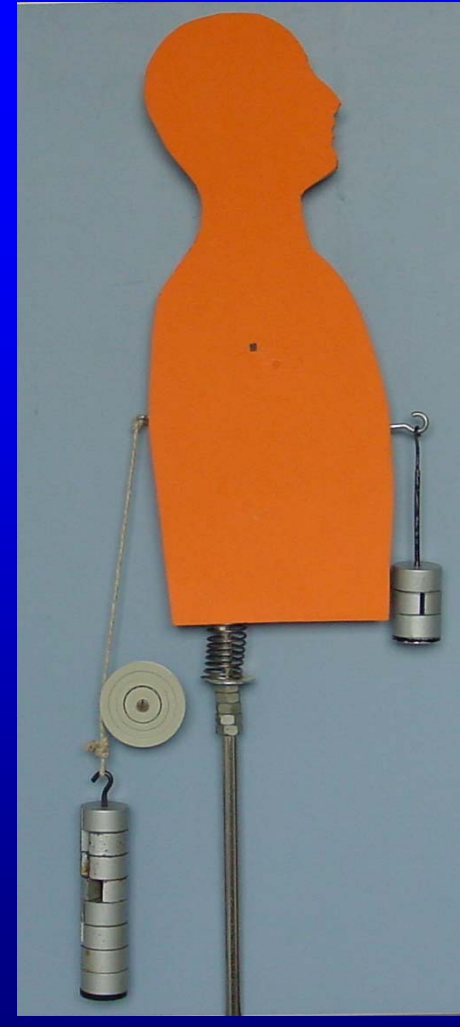
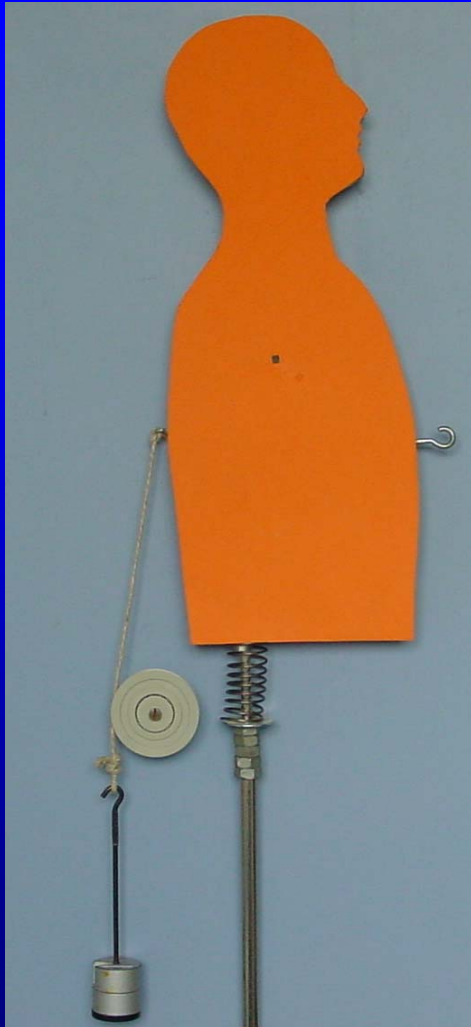


**Belastung der Wirbelsäule: 1100 N !
(vorher 640 N)**

10 kg mehr
am Bauch =

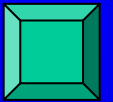
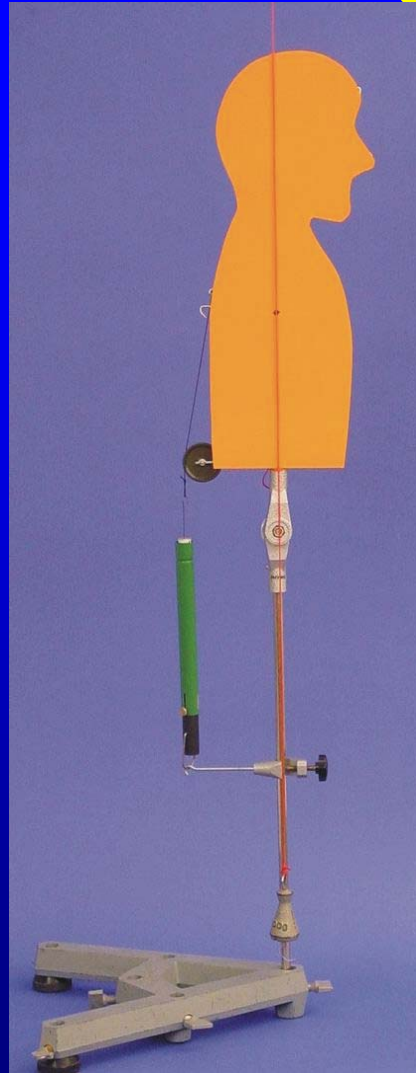


Modell zur Demonstration der Belastung der Wirbelsäule bei unterschiedlicher Lage des Schwerpunkts



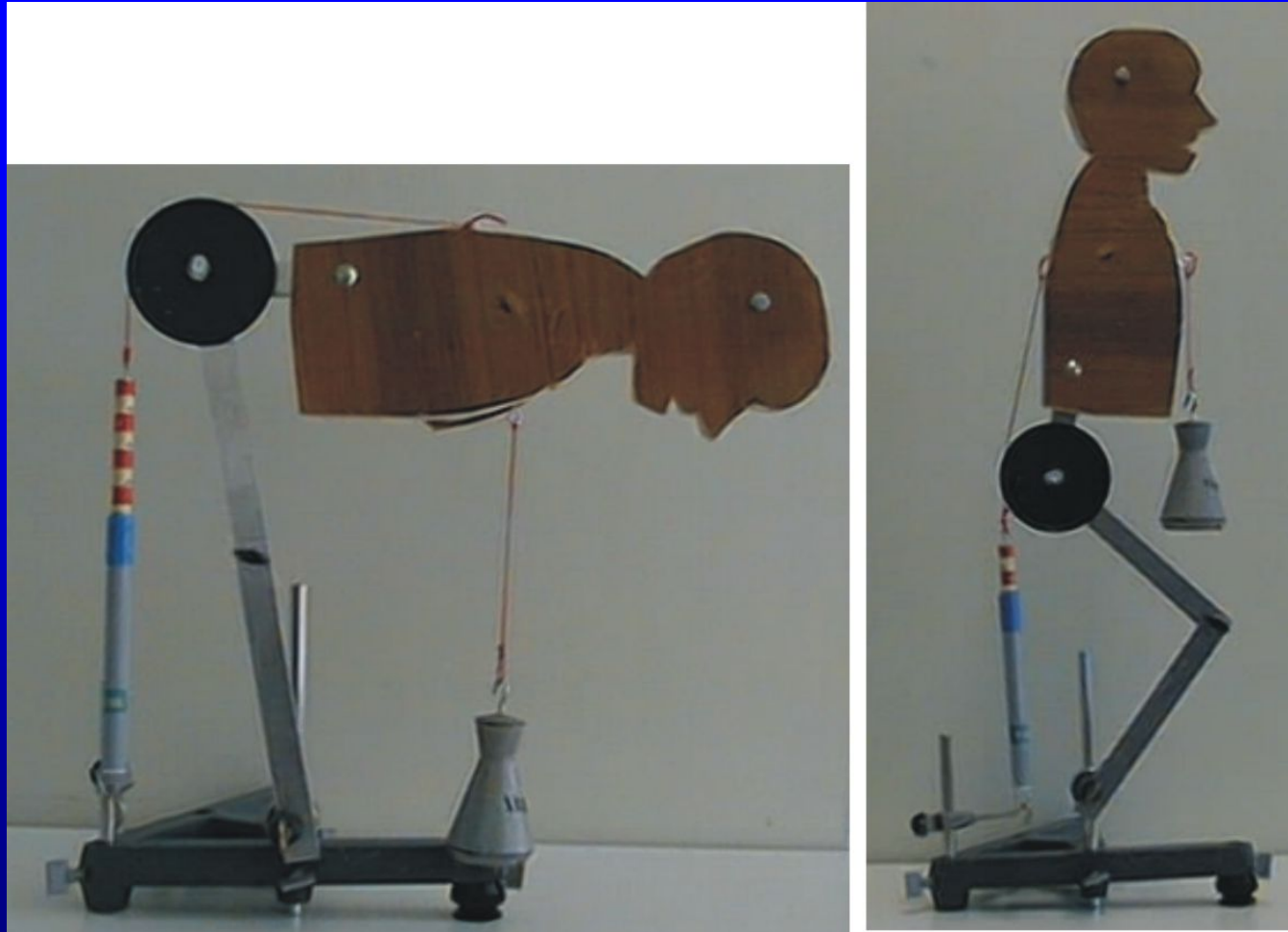
Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

Modell 2 zur Demonstration der Belastung der Wirbelsäule bei unterschiedlicher Lage des Schwerpunkts

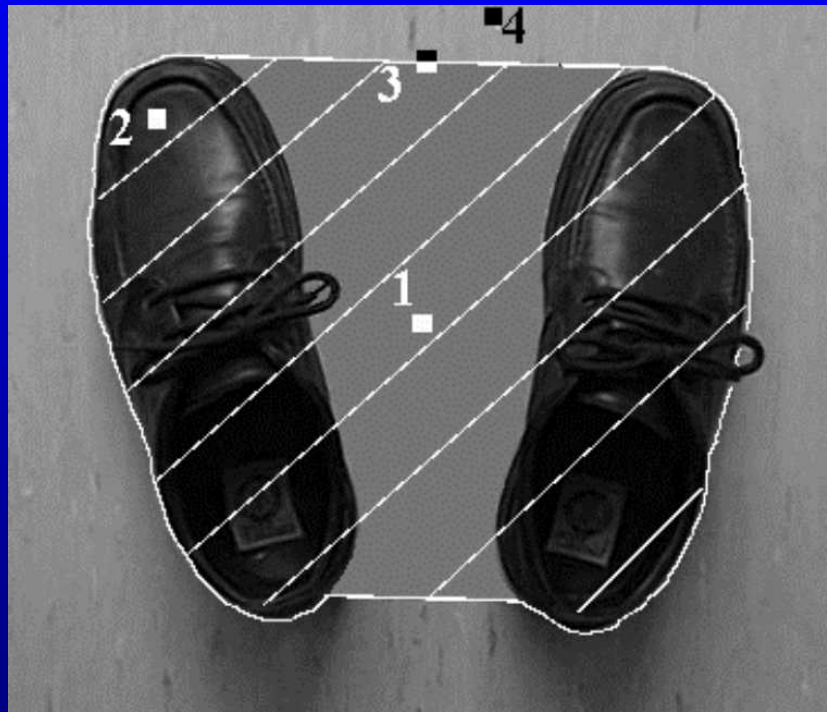


IBE

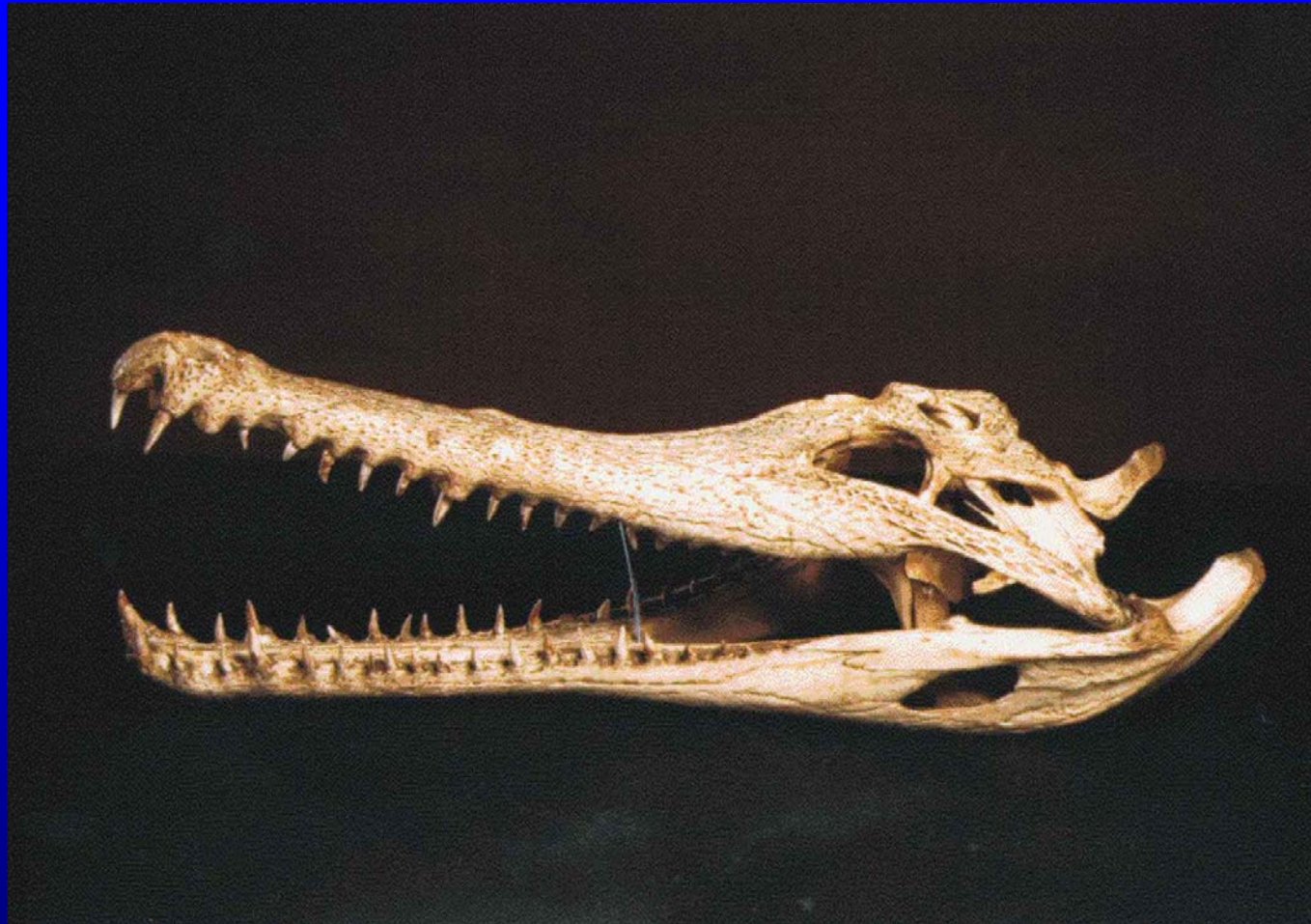
Falsches und richtiges Heben einer Last



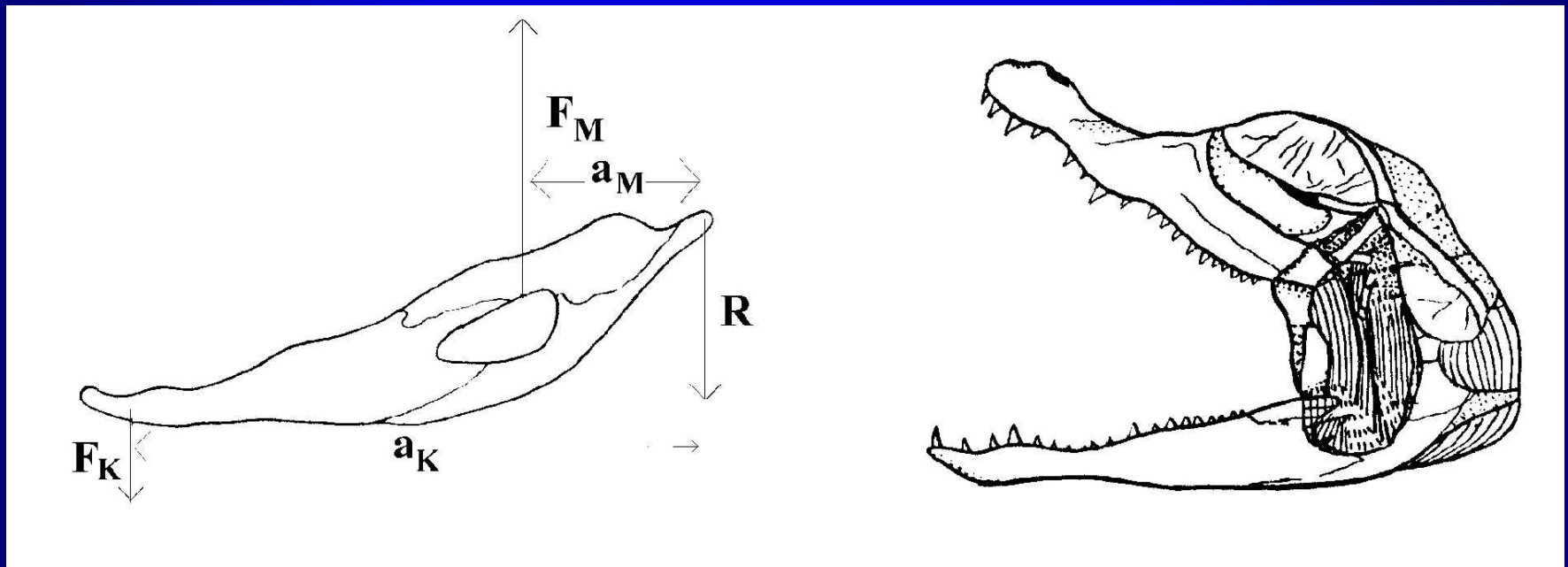
- Gute und schlechte Körperhaltungen
- Bedingung für stabiles Stehen:



Unterrichtseinheit 3: Kauapparate

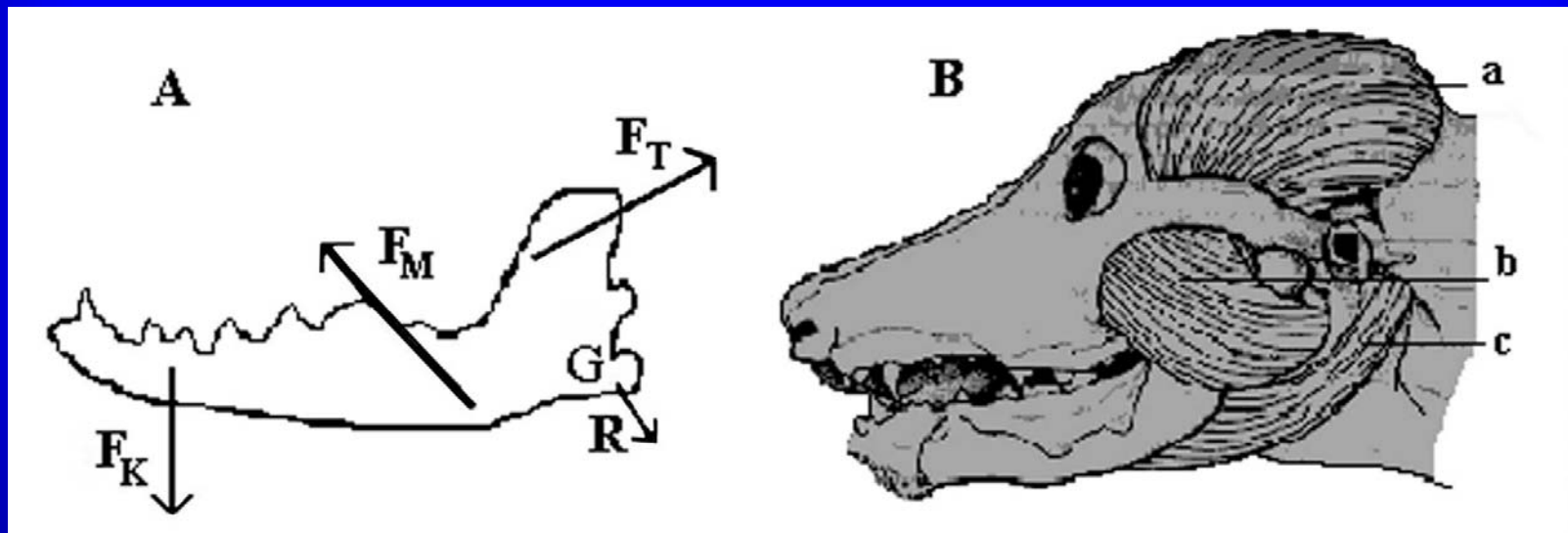


Statik des Unterkiefers eines Reptils:



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

Statik des Unterkiefers eines Hundes (Carnivore):

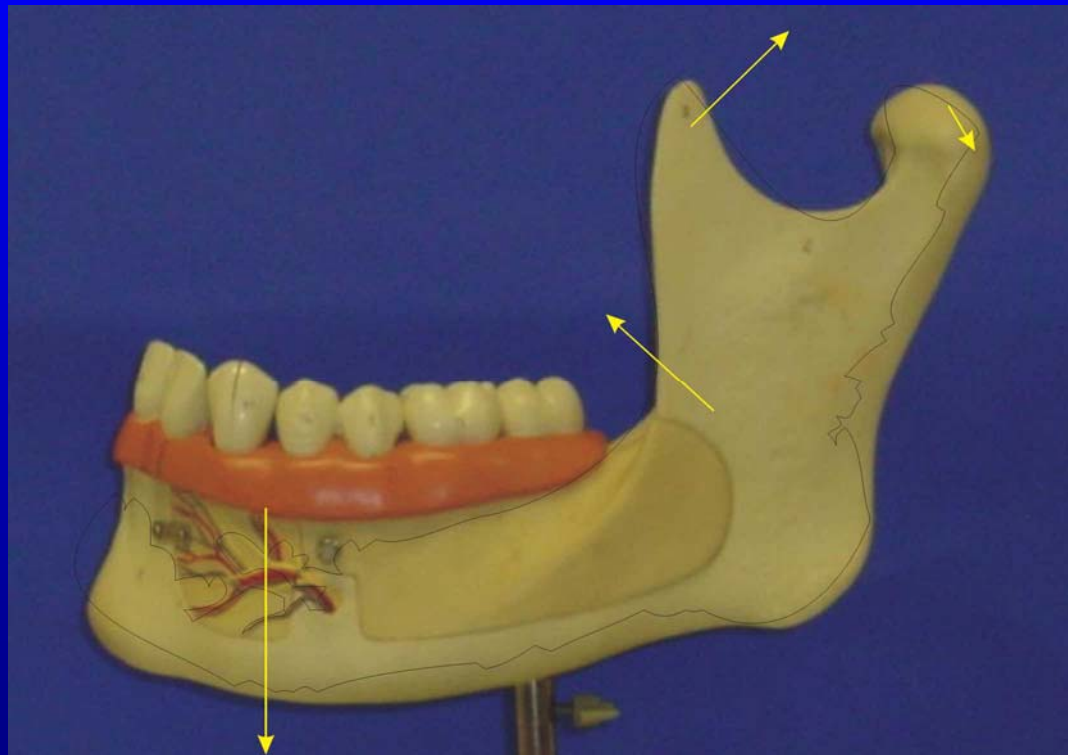


Gleichgewicht von Kräften und Drehmomenten:

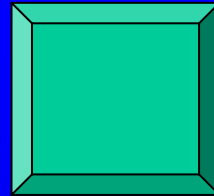
$$\mathbf{F}_K + \mathbf{F}_M + \mathbf{F}_T + \mathbf{R} = 0 \quad \text{und}$$

$$F_K \cdot a_K - F_M \cdot a_M - F_T \cdot a_T = 0.$$

Der Unterkiefer des Menschen:



Menschen und viele Säugetiere haben am Unterkiefer komplexe Muskelsysteme.
Was ist der Grund dafür?



Menschen sind **Omnivore**, deshalb muss der Unterkiefer sehr beweglich sein.

Die Reaktionskraft, die vom Gelenk auf den Unterkiefer ausgeübt wird, muss deshalb sehr klein sein!

Überblick über Unterrichtseinheit 3: Mechanik der Kauapparate:

- Einführung
- Gleichgewicht beim Krokodilunterkiefer - Belastung des Gelenks
- Vergleich der Unterkiefer von Krokodil und Mensch - Reduktion der Gelenkbelastung

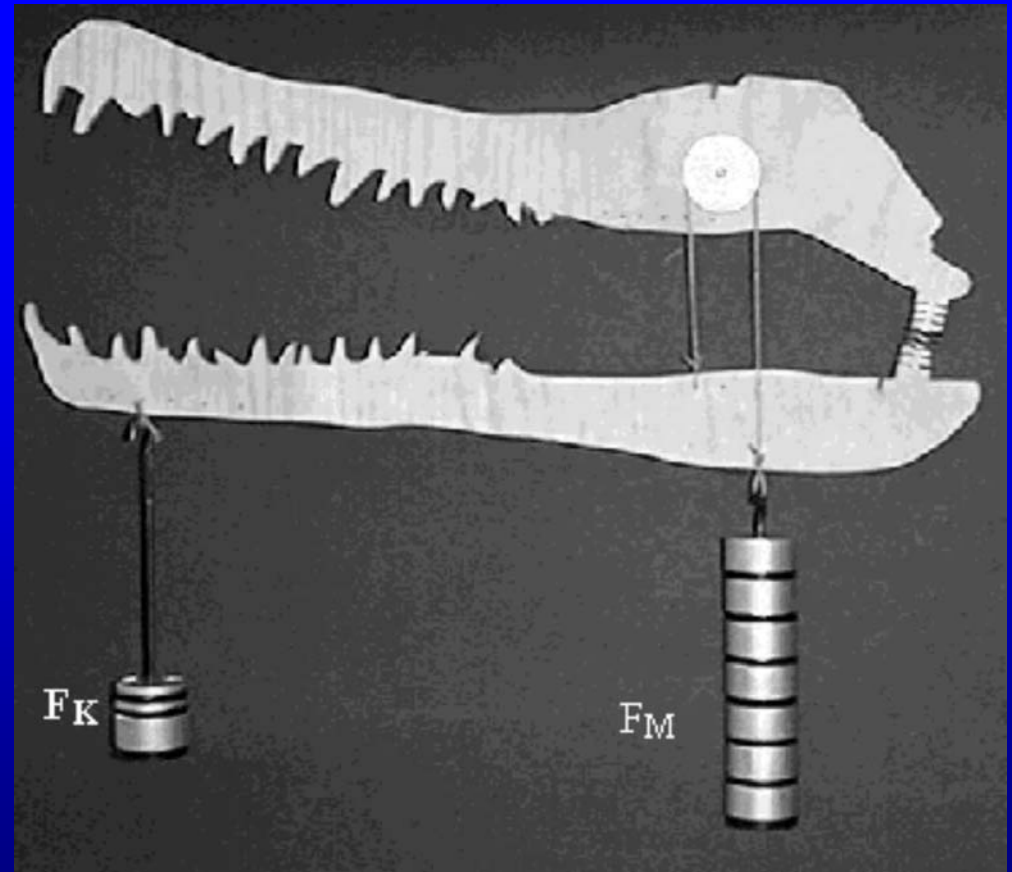
- Einleitung

Kraft- und Drehmomentgleichgewicht beim Krokodilunterkiefer :

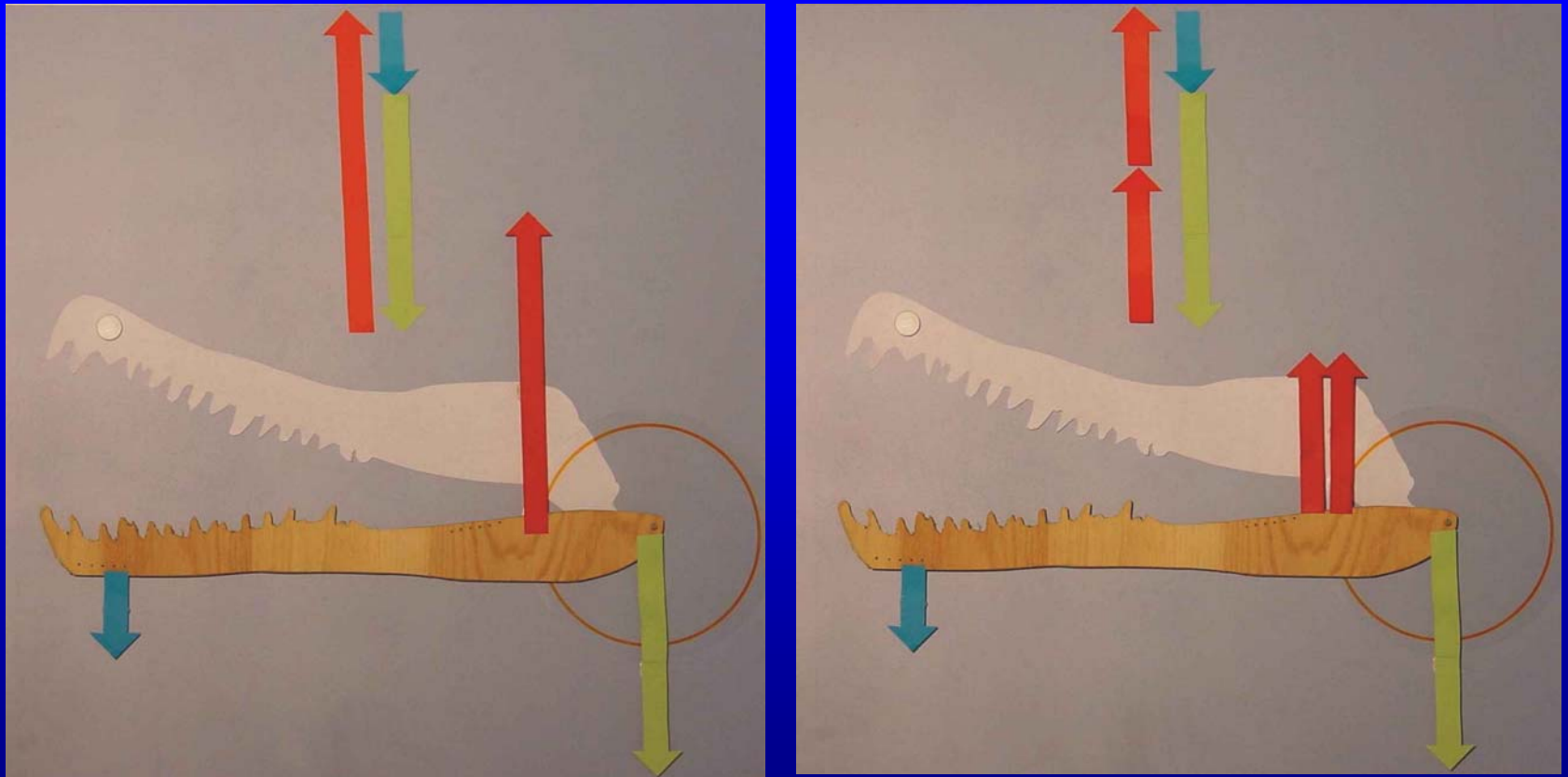
$$F_K \cdot a_K - F_M \cdot a_M = 0$$

und

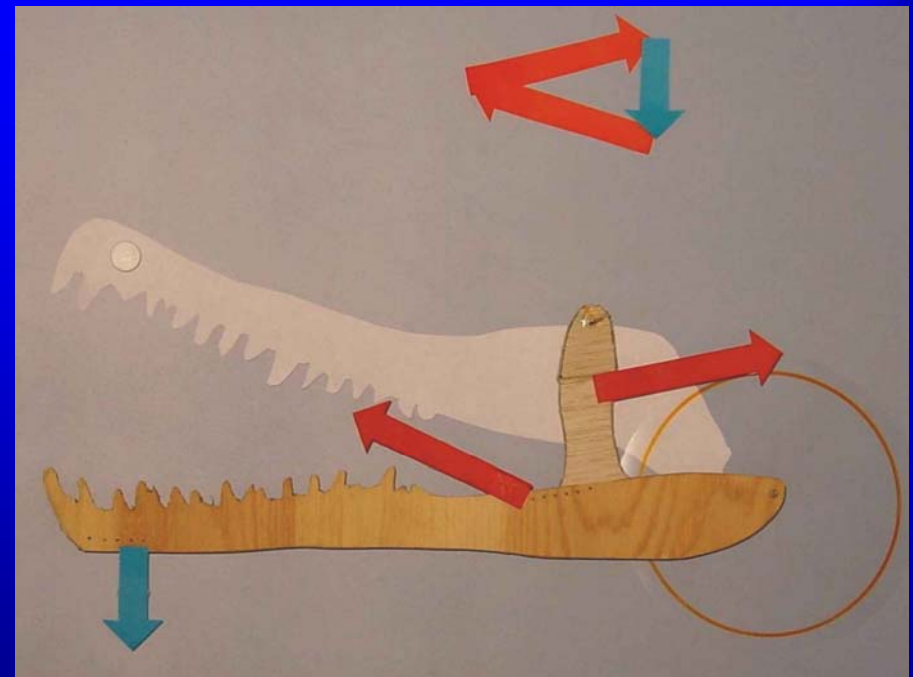
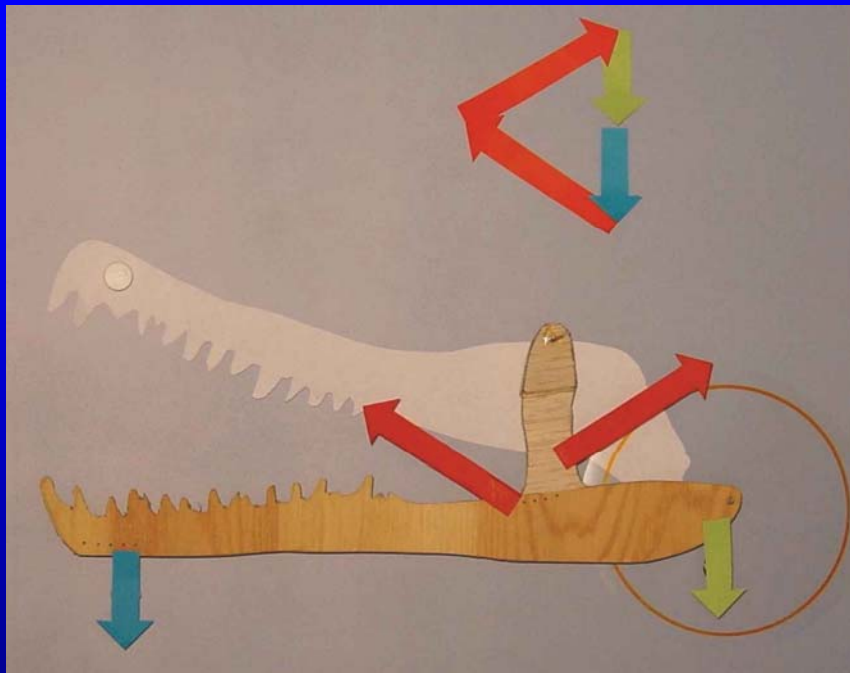
$$F_K - F_M + R = 0$$



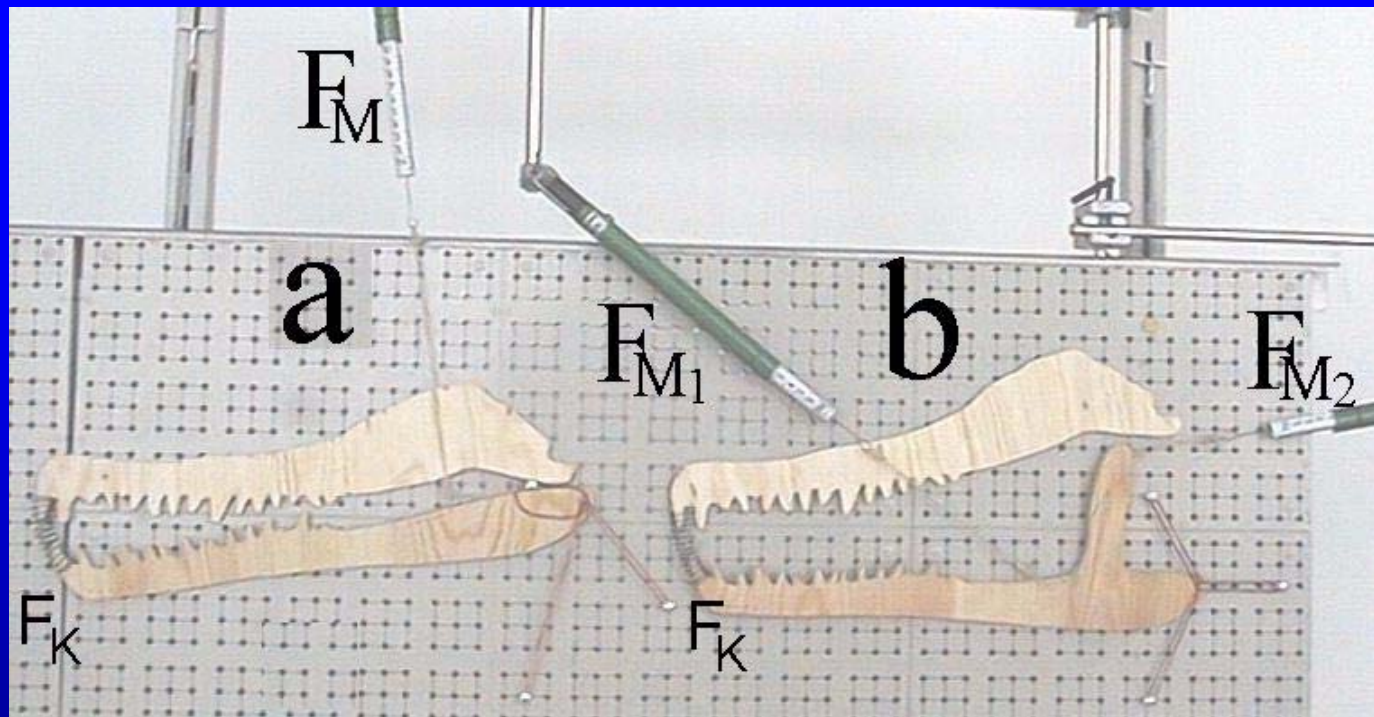
Reduzierung der Gelenkbelastung I:



Reduzierung der Gelenkbelastung II:

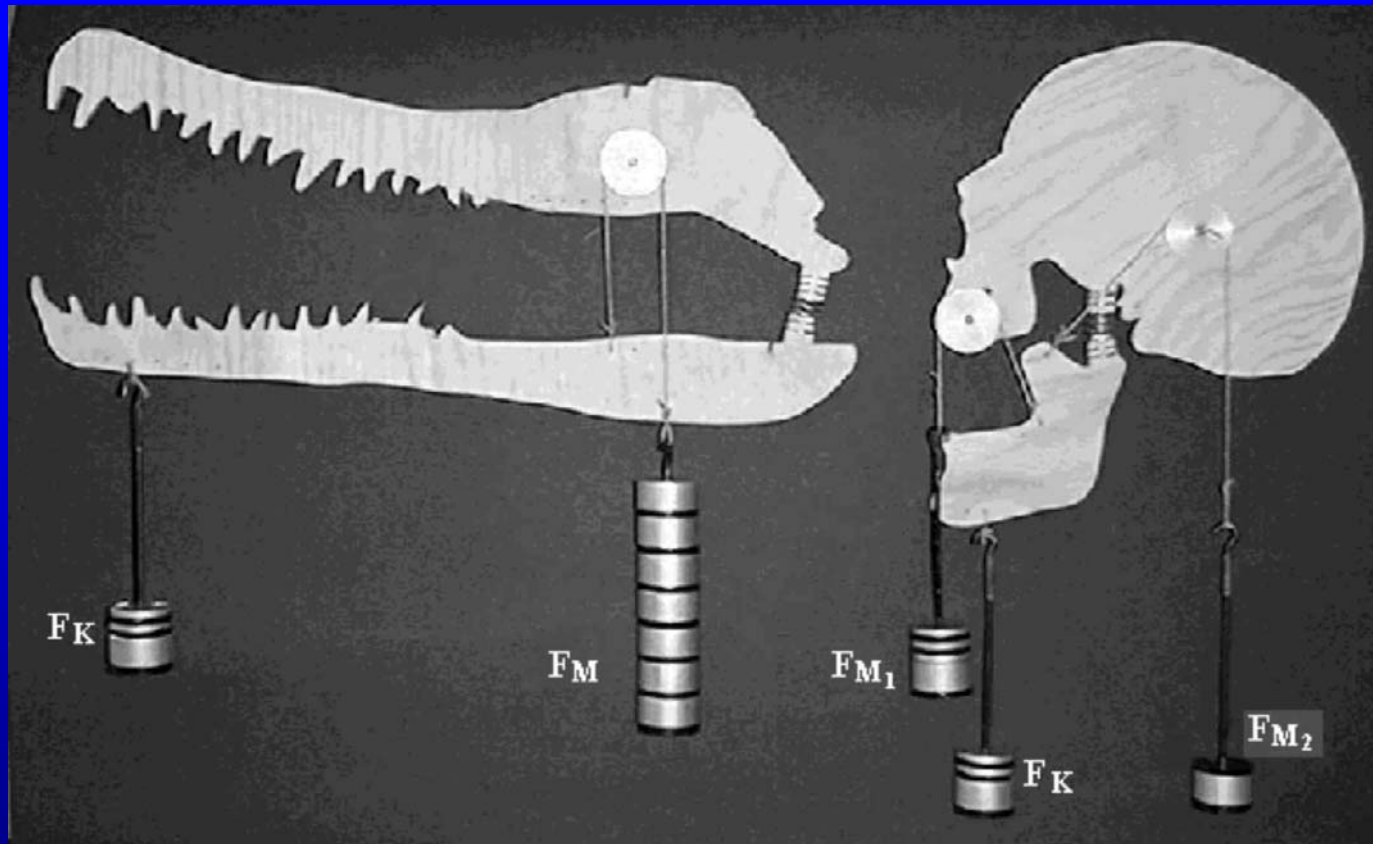


Die Belastung des Unterkiefergelenks mit und ohne processus coronoideus:



Die drei Gummibänder zeigen die Belastung des Unterkiefergelenks an.

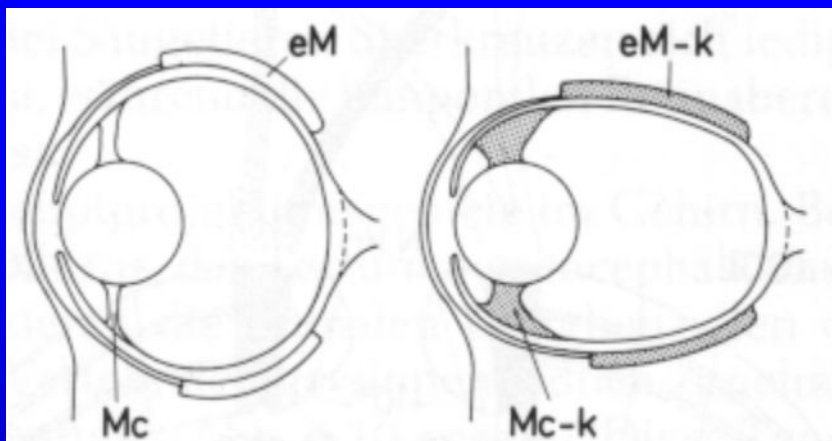
Demonstration des Gleichgewichts beim Unterkiefer:



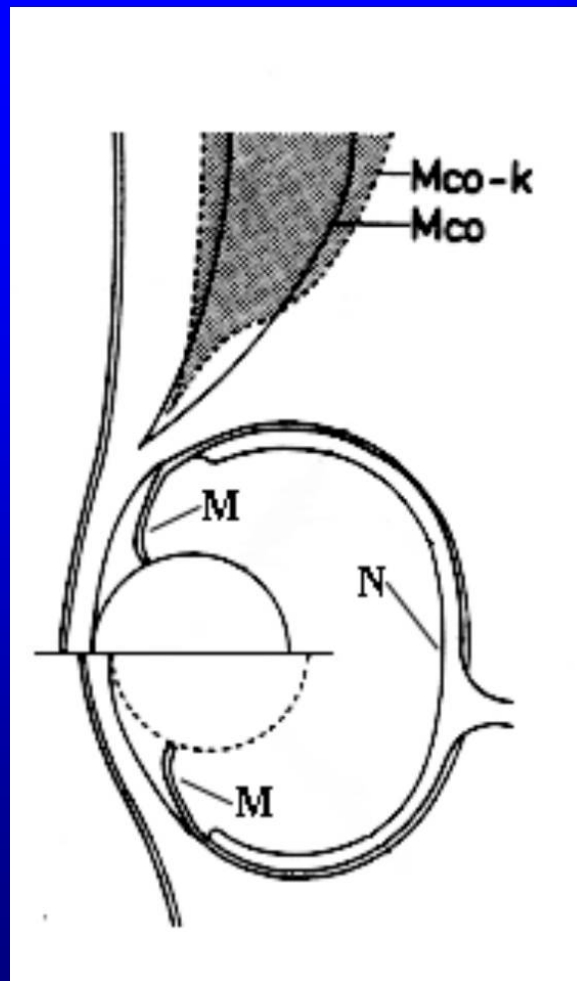
Unterrichtseinheit zum Sehen:

- Einführung (Akkommodation)
- Lernstationen zu Akkommodationsformen, Fehlsichtigkeiten, Augenspiegel und Sehen unter Wasser

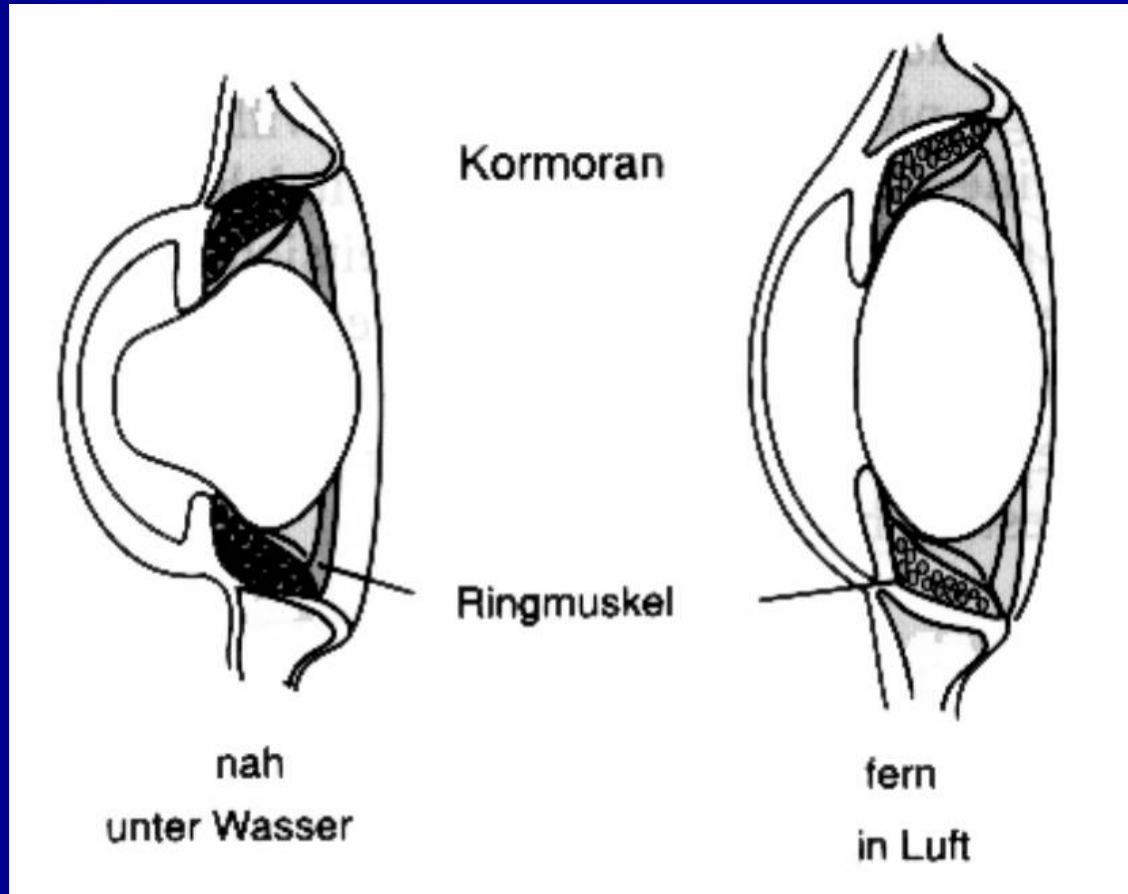
Akkommodation durch Änderung des Abstandes zwischen Linse und Netzhaut:



Octopus

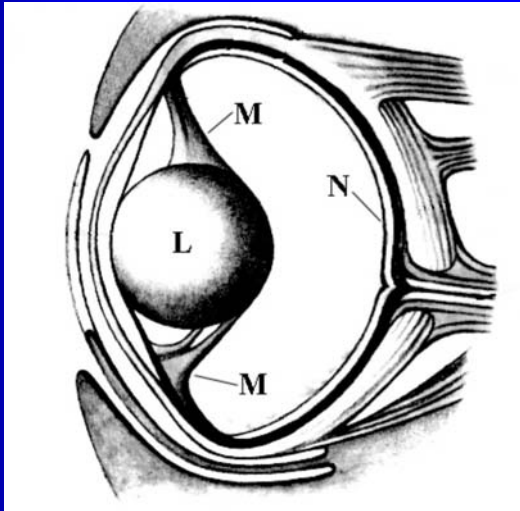


Neunauge

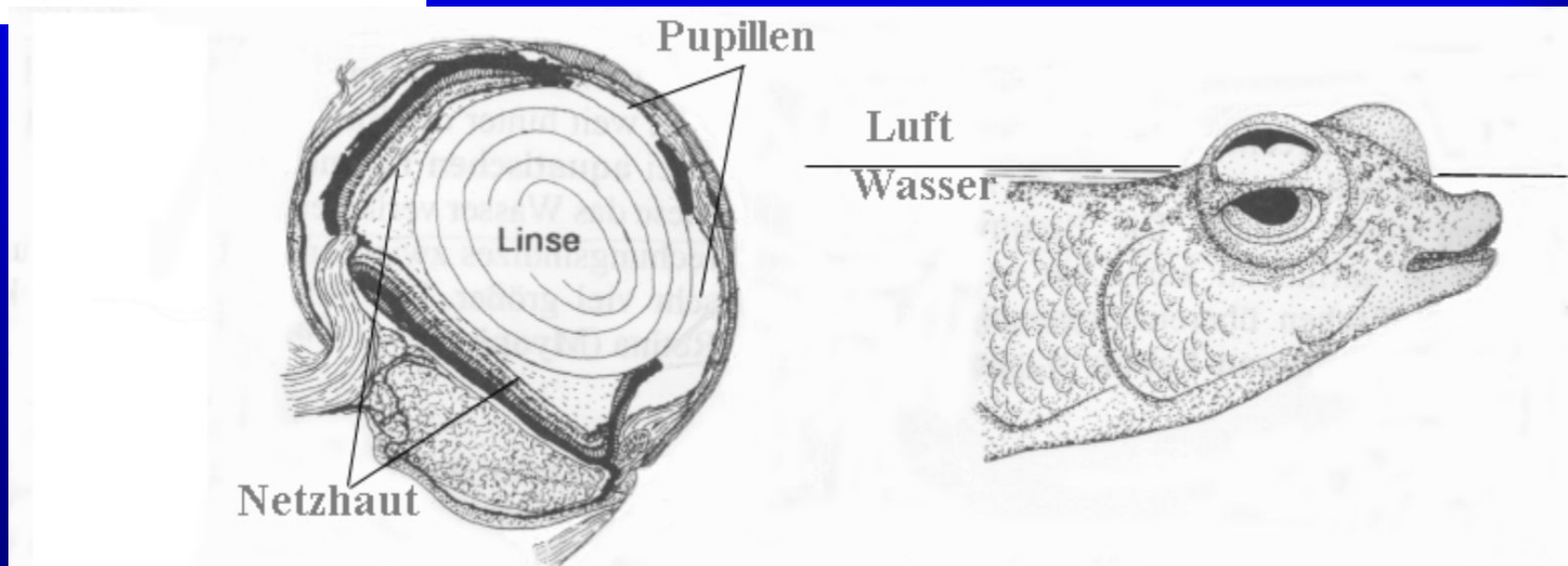


Kormoran

Haifisch

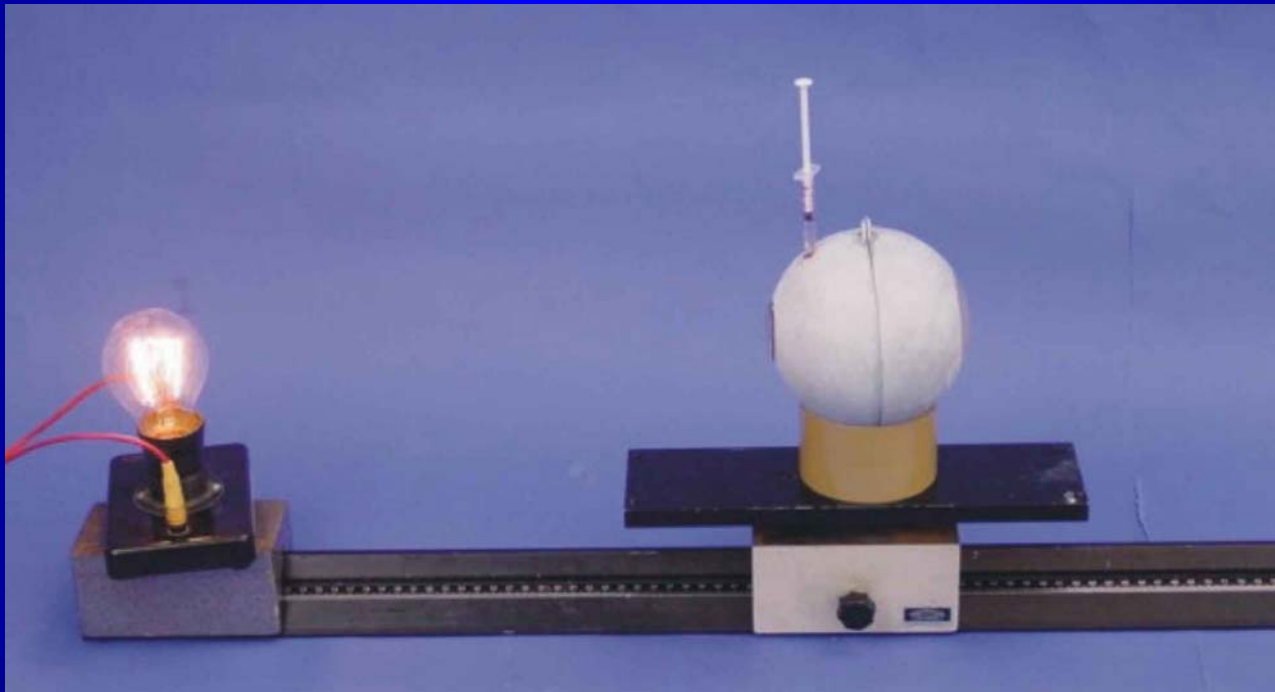


Vieraugenfisch



Lernstation 1: Aufbau und Funktion des Auges

Lernstation 2: Bestimmung des Akkommodationsbereichs



Augenmodell mit Gummilinse



Gummilinse

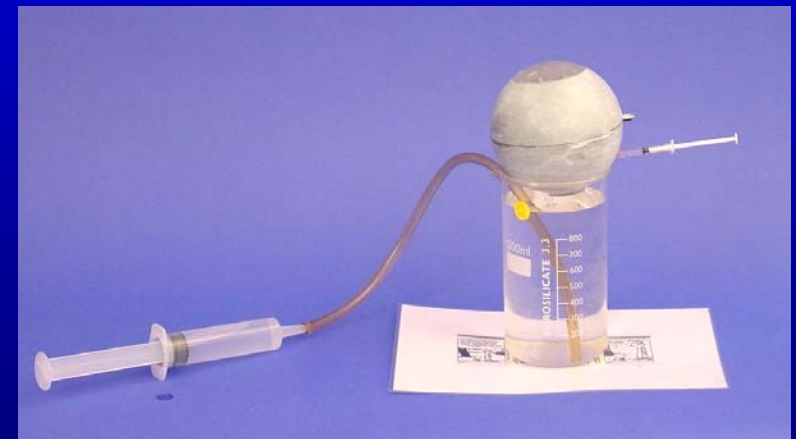




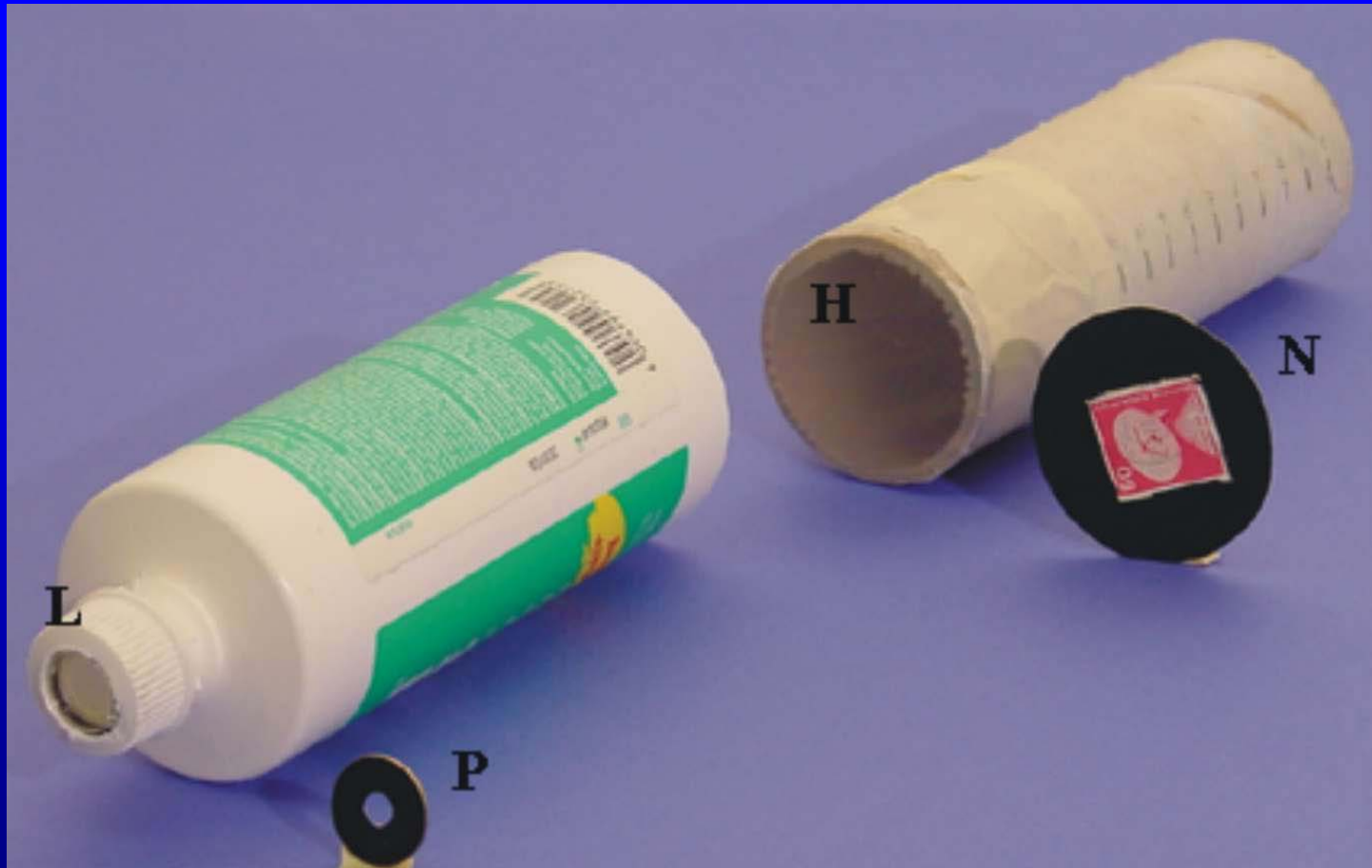
Lernstationen 3
und 4: Kurz- und
Weitsichtigkeit

Lernstation 5: Kann der
Mensch auch unter Wasser
gut sehen?

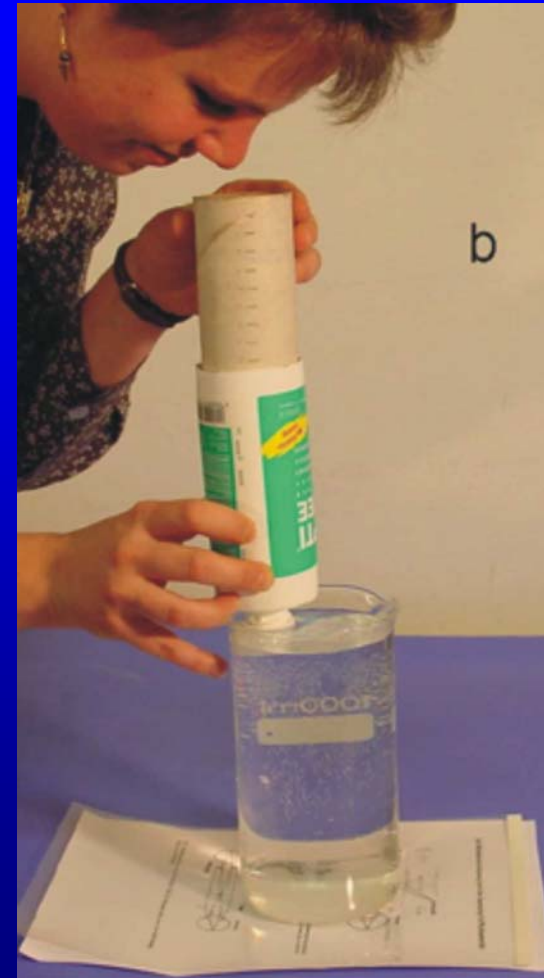
- Wie sehen Fische?



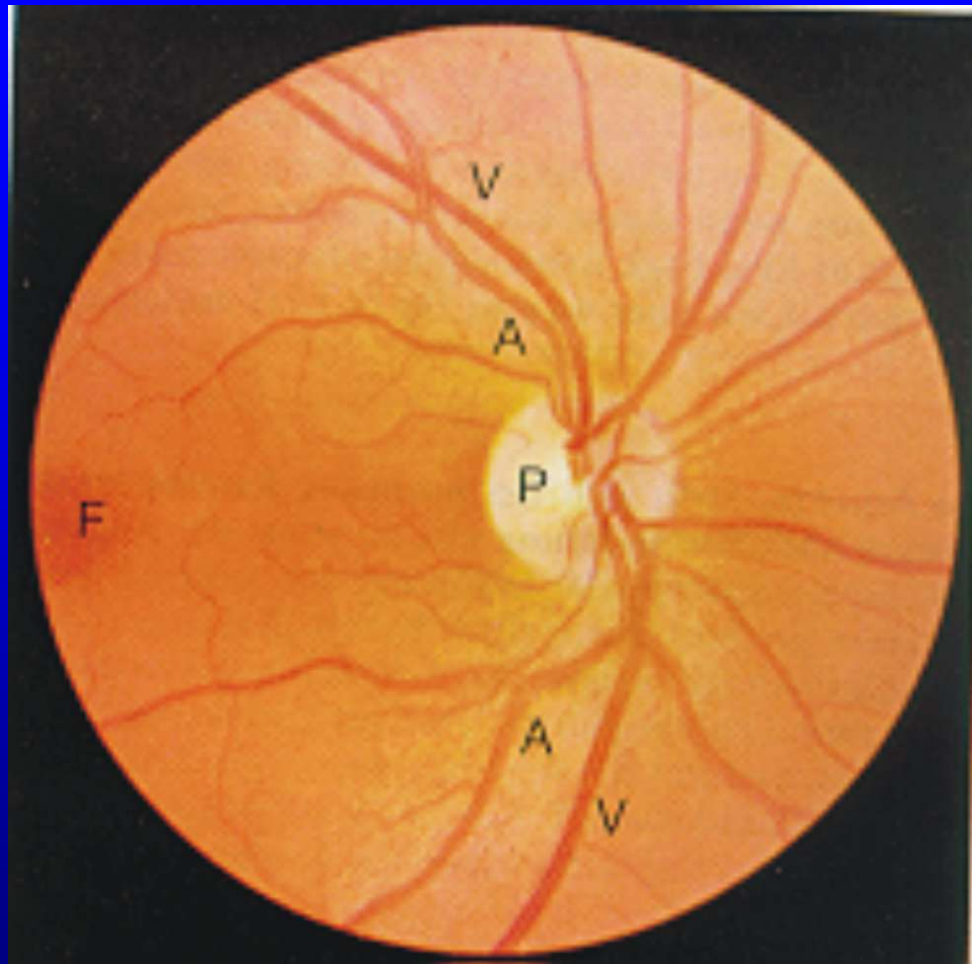
Augenmodell zur Untersuchung des Sehens unter Wasser



Schülerversuche: Sehen unter Wasser



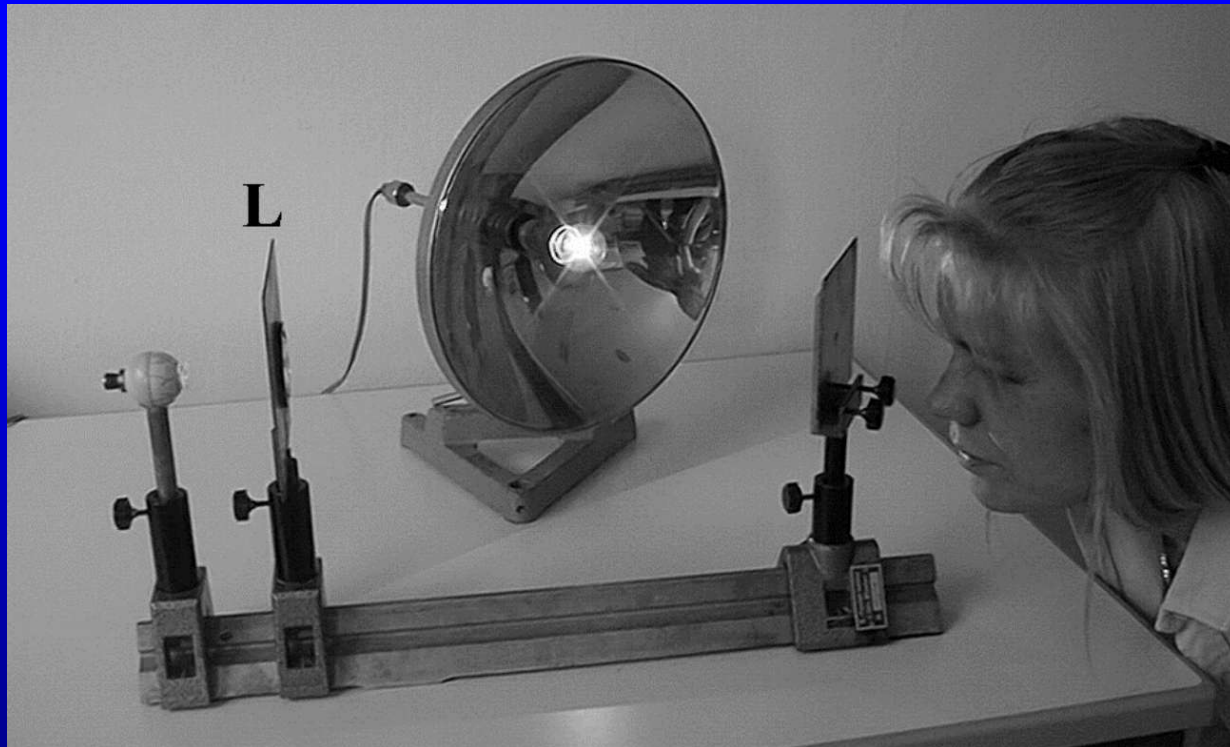
Lernstation 6: Wie untersucht ein Arzt die Netzhaut?



Simulation der Netzhautbeobachtung

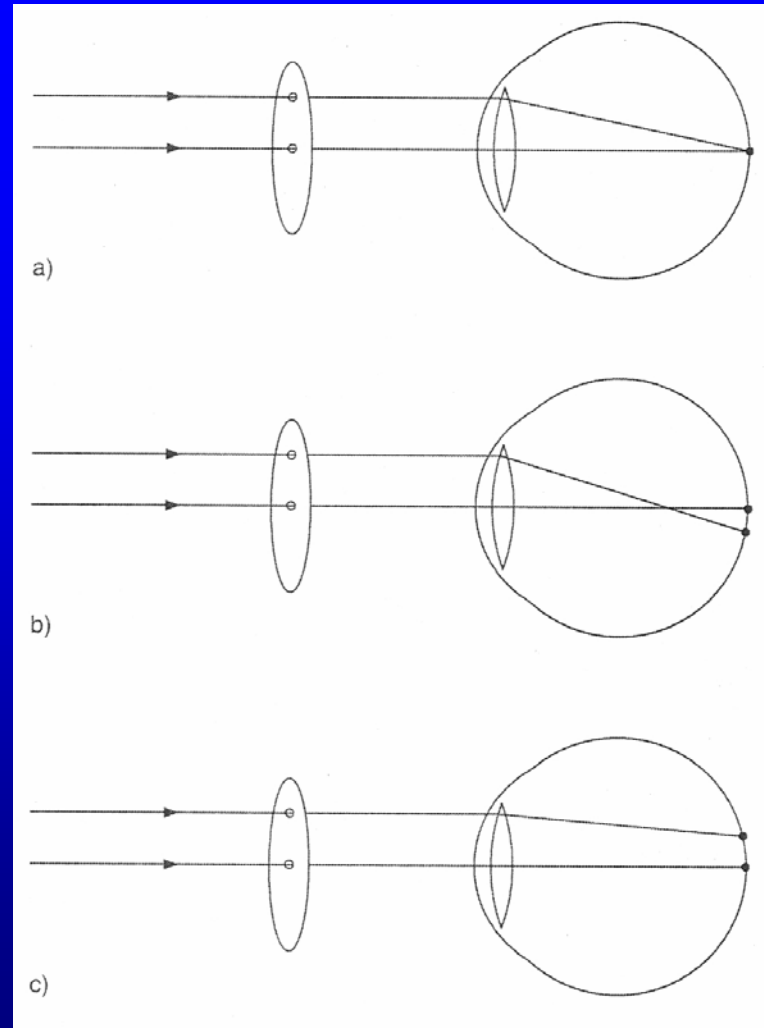


Bestimmung des Grades der Fehlsichtigkeit mithilfe eines Augenspiegels:

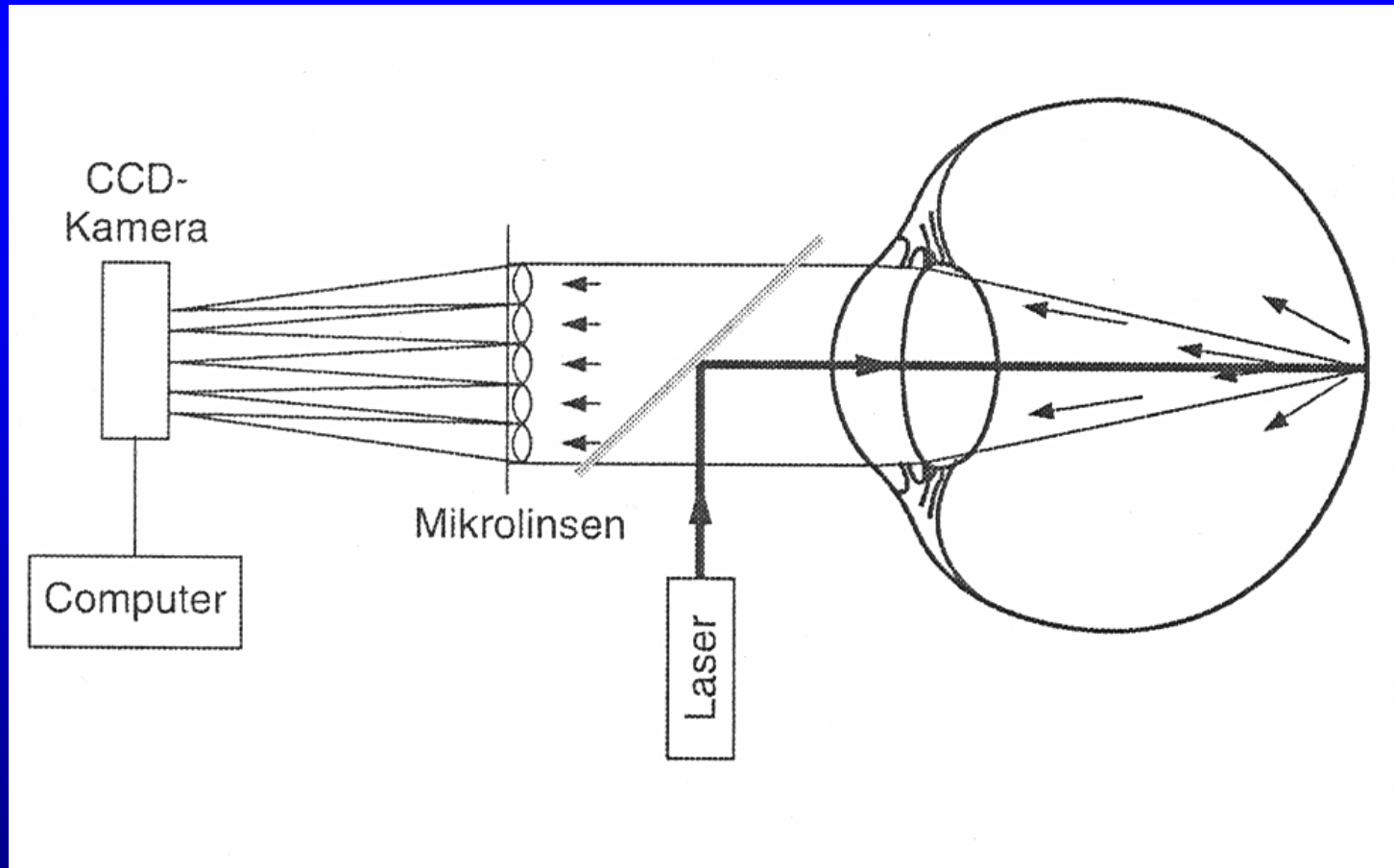


Objektive Refraktionsmessung

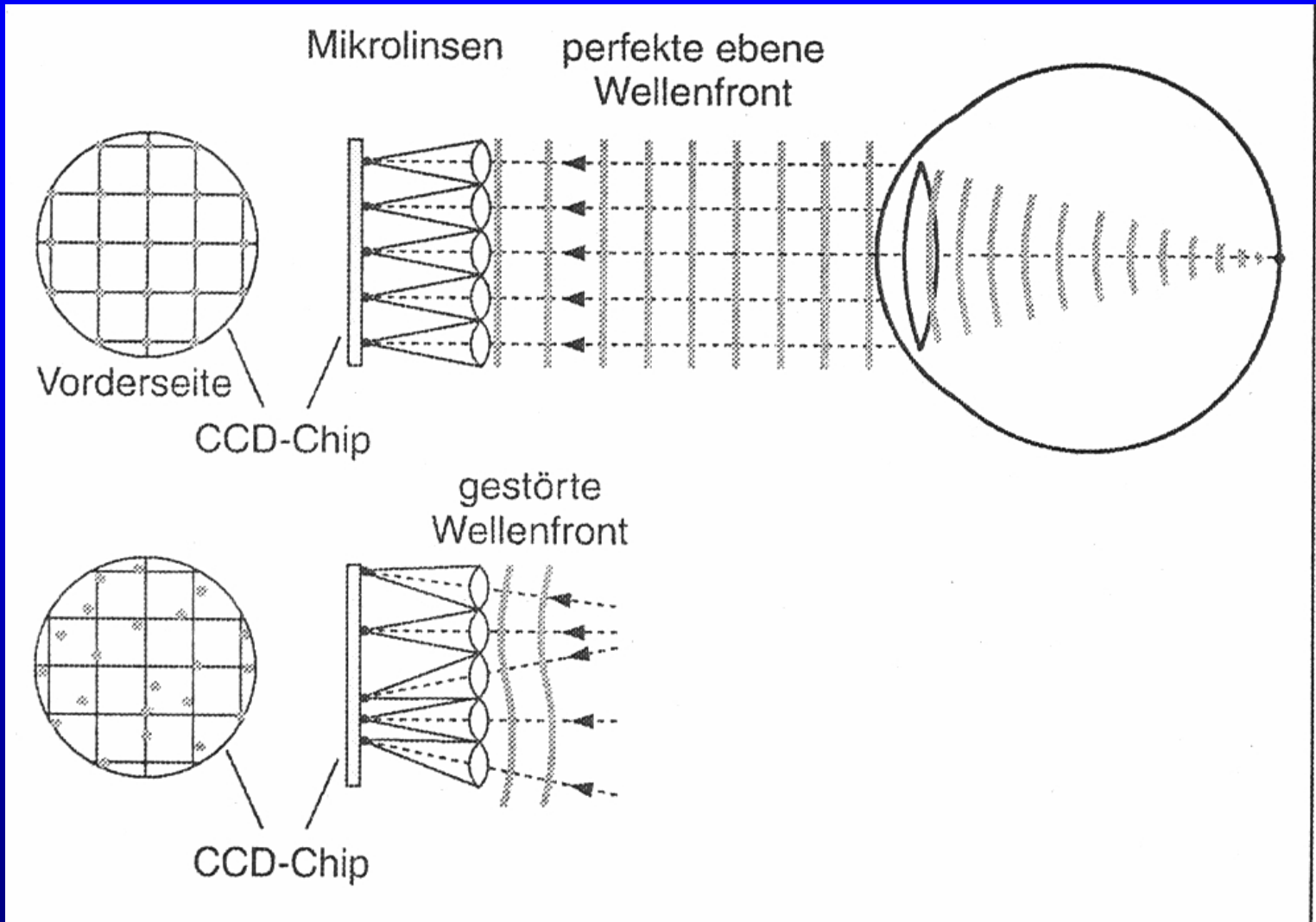
Scheiner- Verfahren



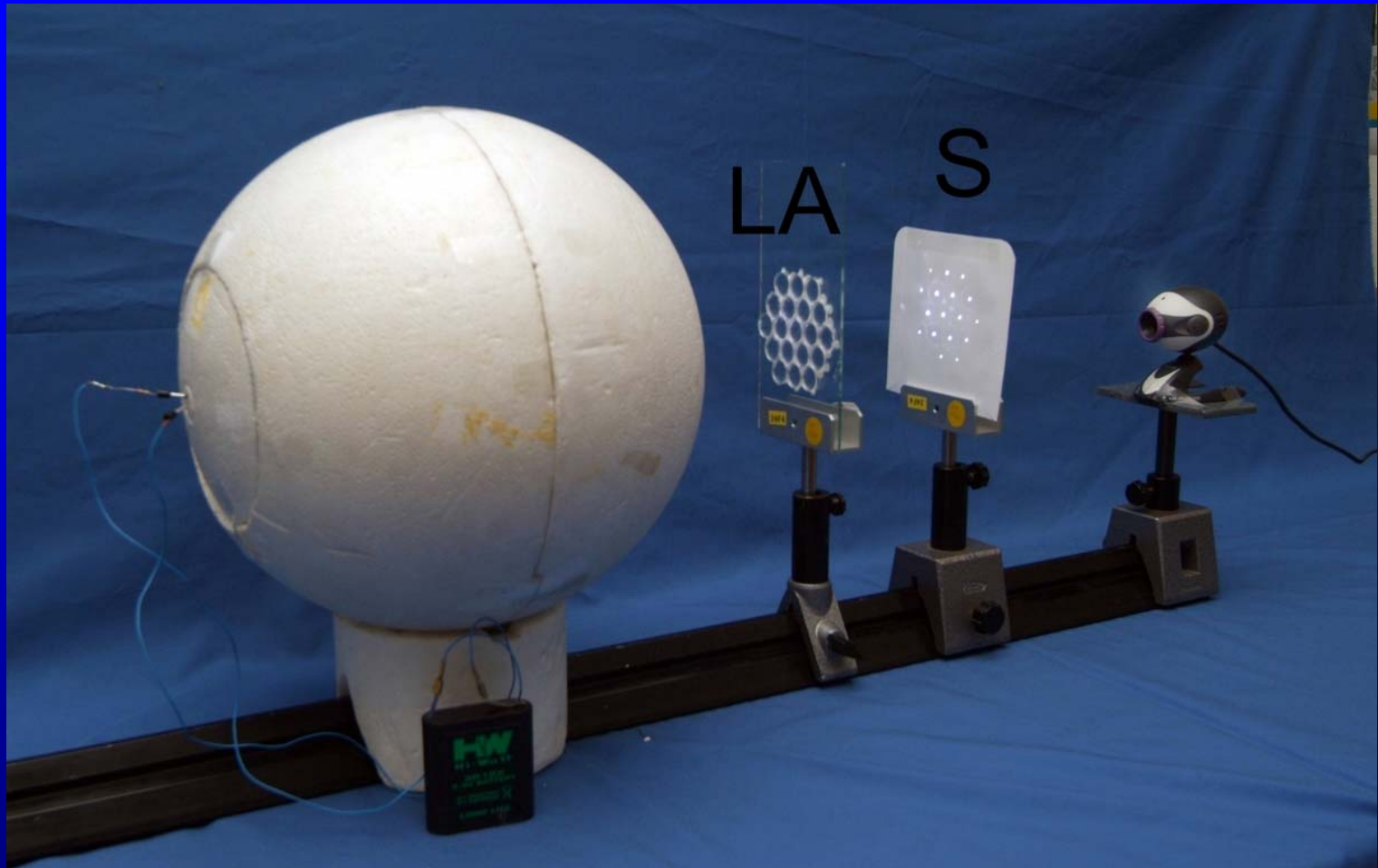
Hartmann-Shack-Verfahren



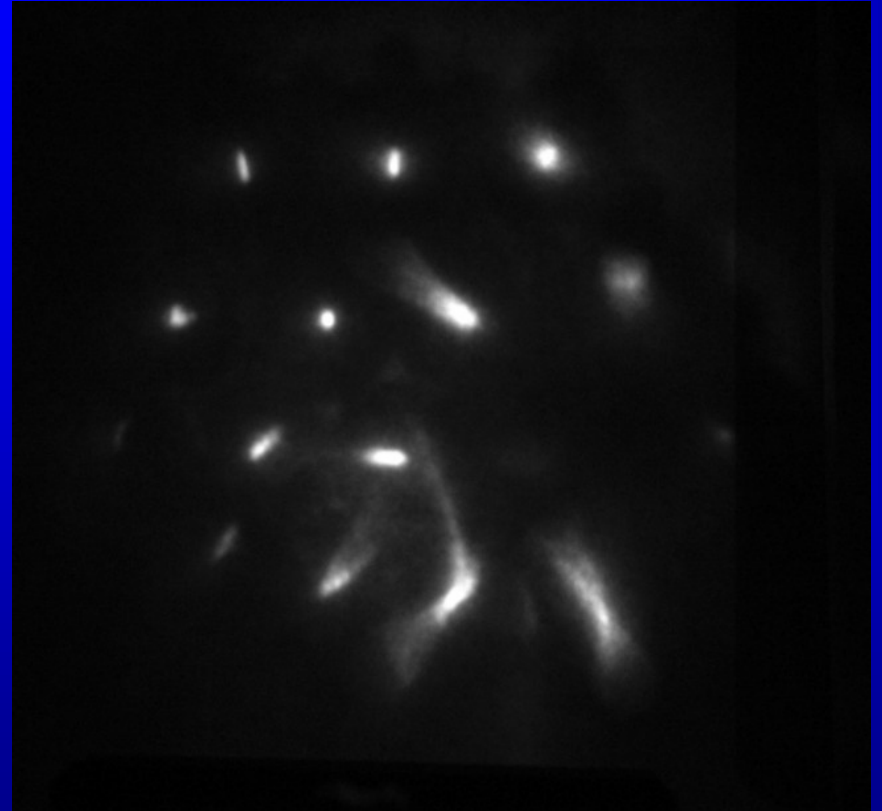
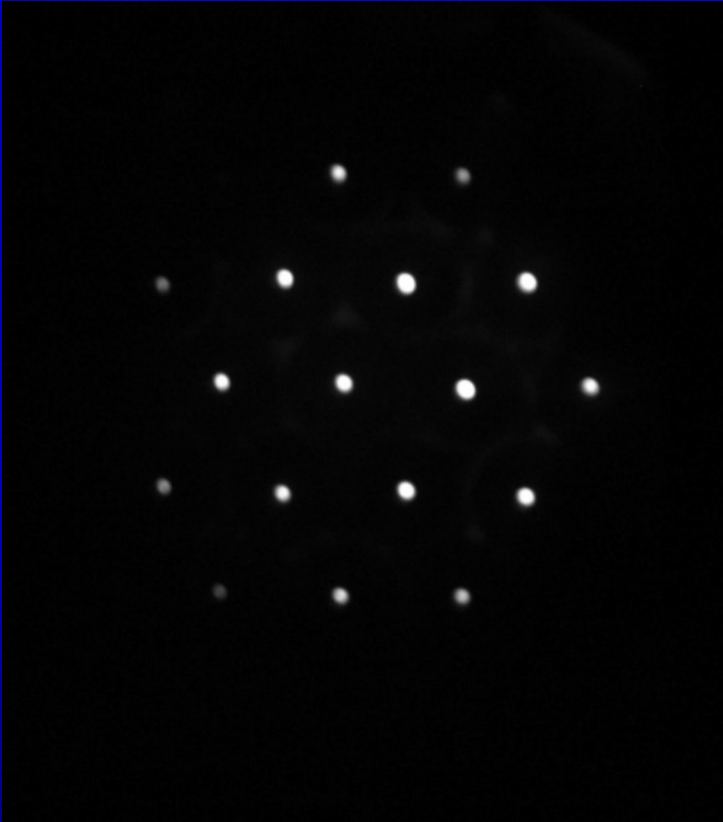
Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



Demonstrationsanordnung für das H-S- Aberrometer



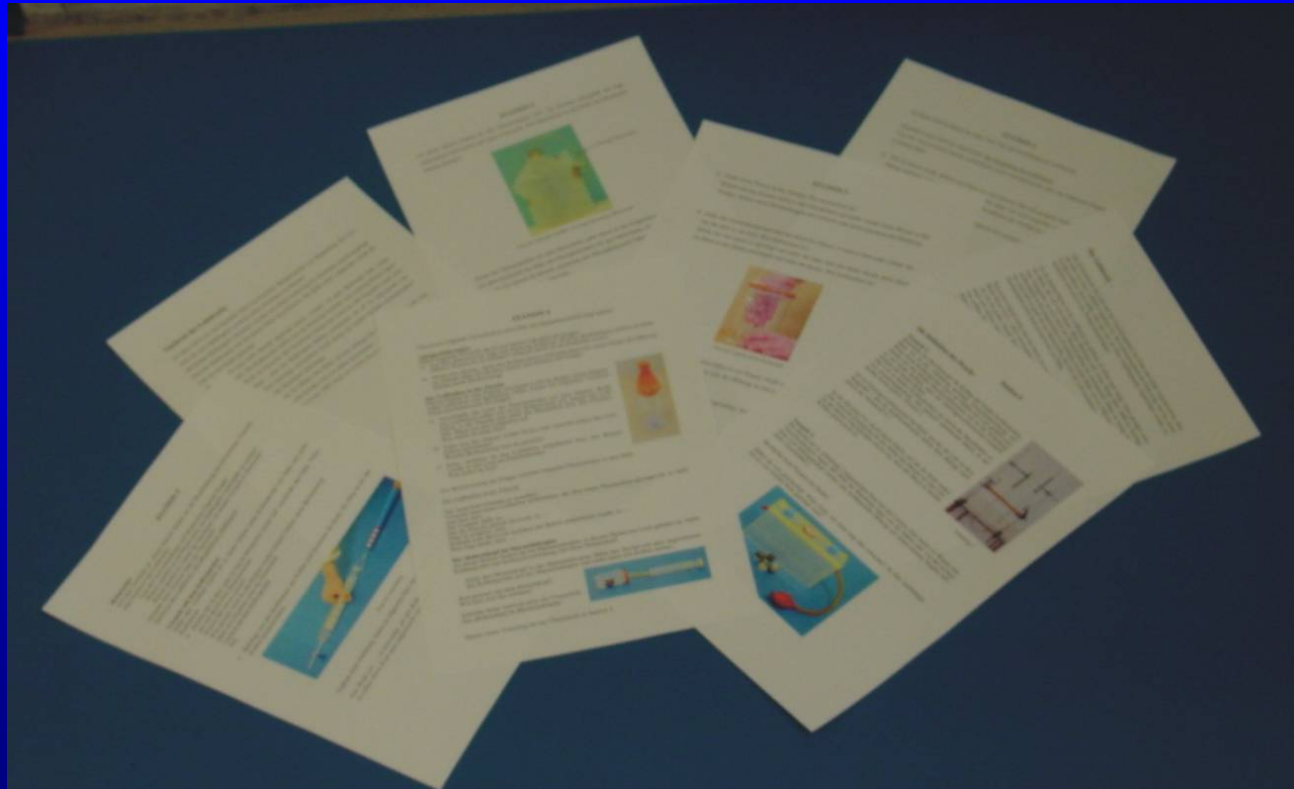
Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



Druck, Atmung, Blutkreislauf

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

...



Tauchen:

Schweredruck in Wasser

Lungenriss beim Panikaufstieg

Pneumotorax

Maximaler Atemdruck

Unterrichtseinheit 11: Der Einfluss des Schweredruckes beim menschlichen Blutkreislauf

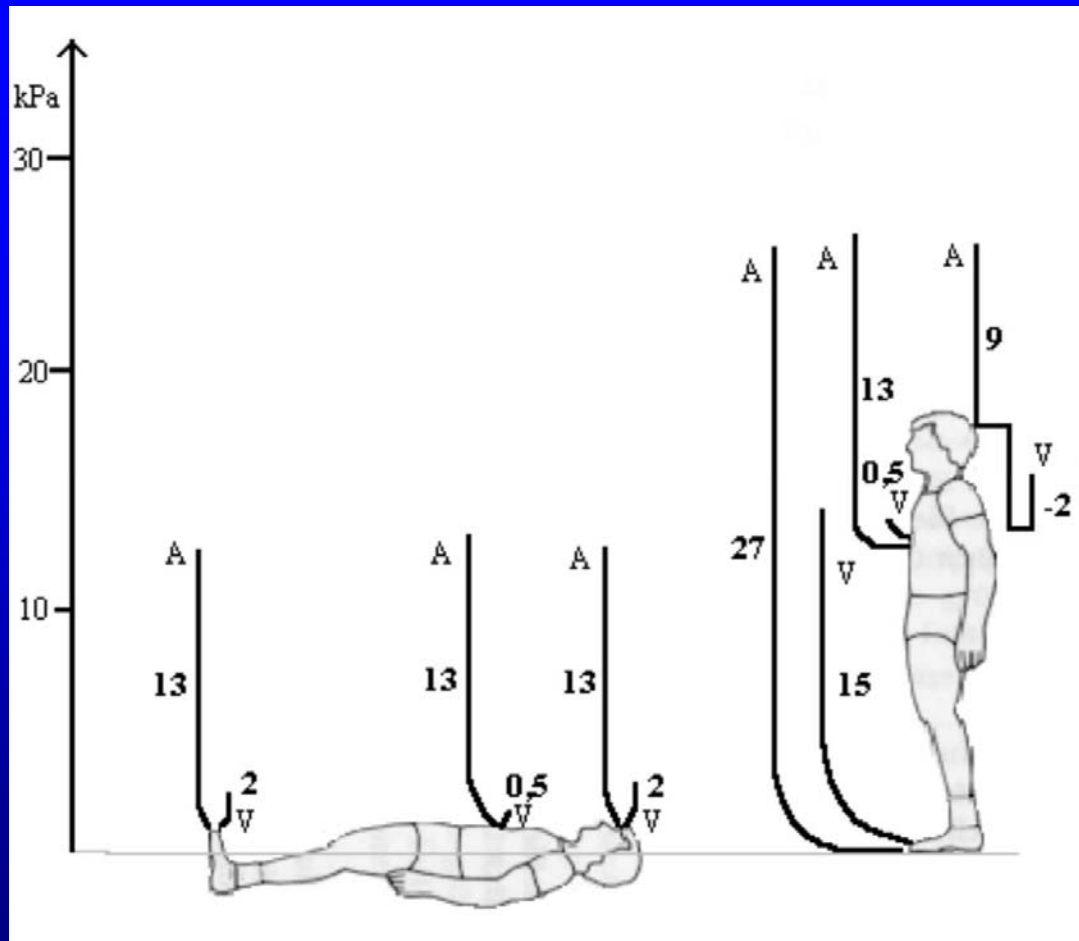
- Funktion des Blutkreislaufs
- Aufbau des Blutkreislaufsystems
- Blutdruckmessung:



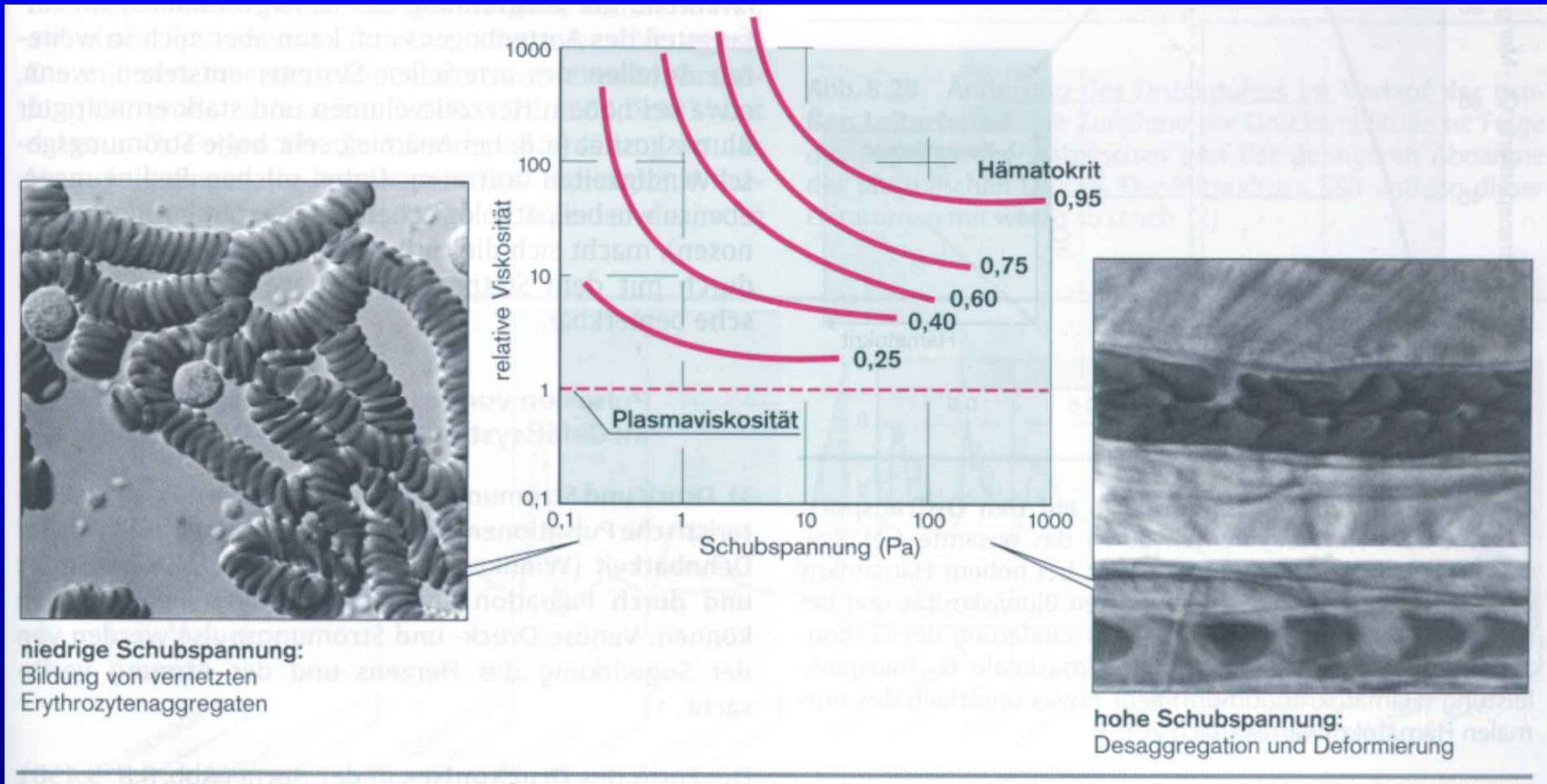
Demonstration:
Schweredruck in
Abhängigkeit von der
Körperposition



Blutdruck in den Arterien und Venen in horizontaler und vertikaler Position:

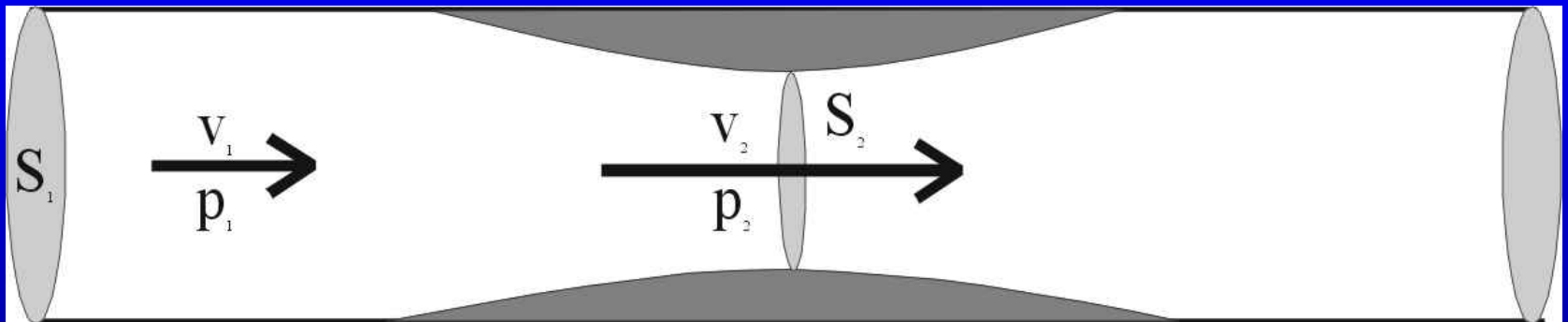


Die Viskosität des Blutes hängt von der Scherspannung ab:



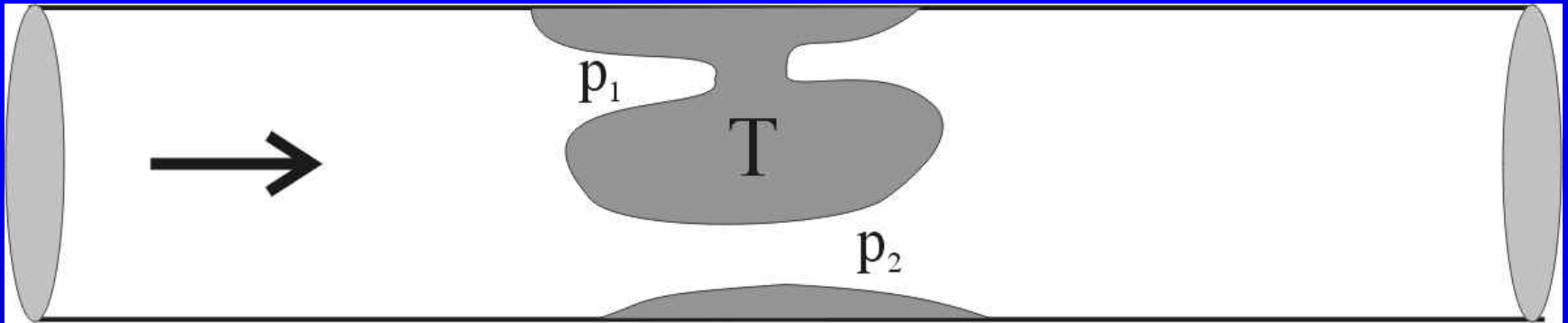
- Qualitative Einführung des Gesetzes von Bernoulli

- Stenose:

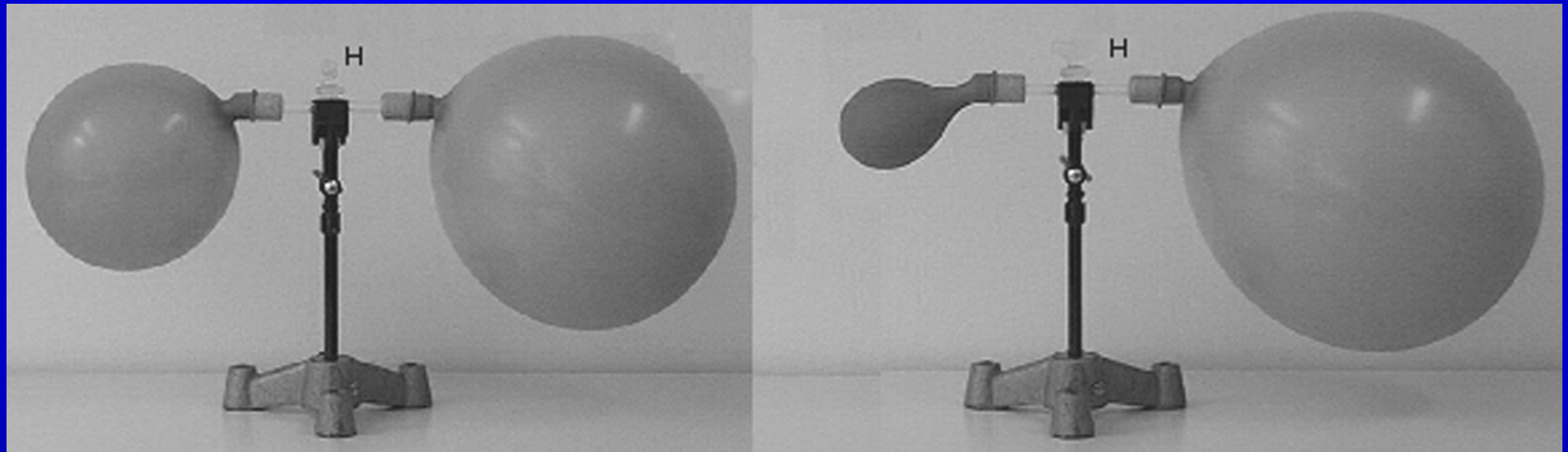


Strömungsgeschwindigkeit $v_2 > v_1$, also $p_2 < p_1$

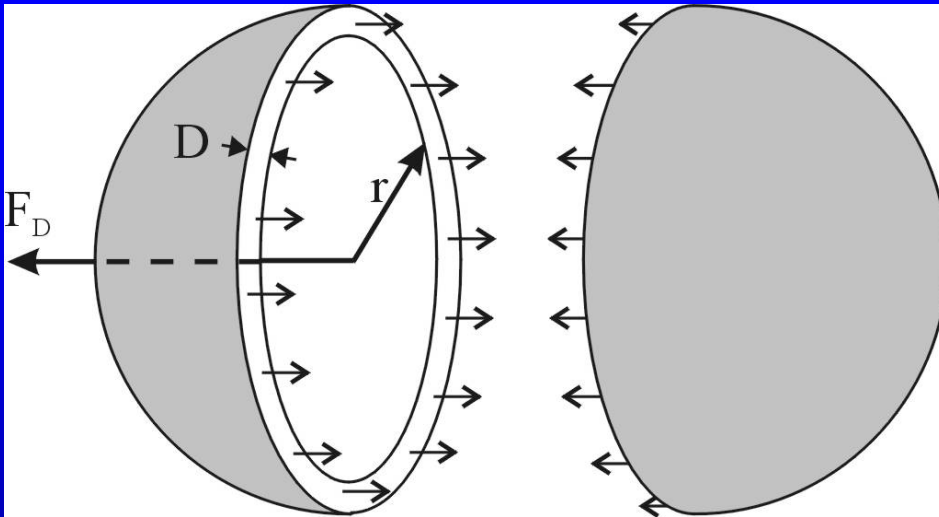
- Thrombose



Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



Gesetz von Laplace:



Druckkraft, die die beiden Halbkugeln auseinander treibt: $F_D = \pi r^2 p$

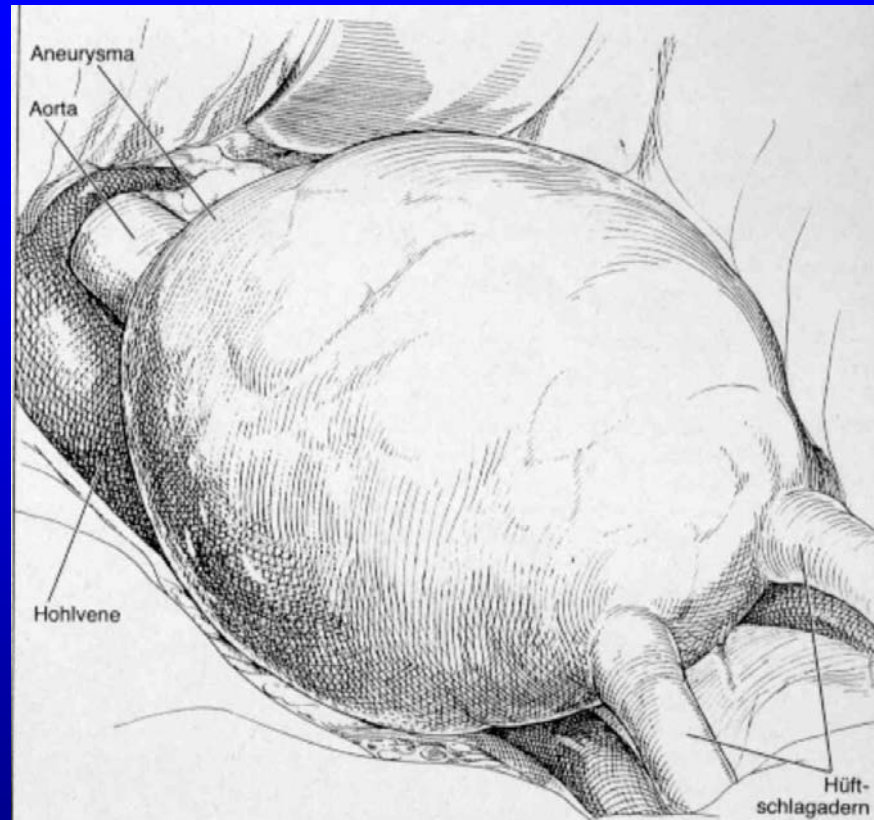
Spannung σ in der Wandschicht ergibt eine kohäsive Kraft:

$$F_s \cong 2\pi r D \sigma$$

Gleichgewicht: $F_D = F_s$

$$\sigma = r p / 2D$$

- Aneurysma



Simulation der Gefährlichkeit eines Aneurysma:



Wärmelehre

Temperaturempfinden

Temperaturregelung beim Menschen und bei Tieren
(Energieflüsse; Eisbär; Gegenstromprinzip)

Bergmann'sche Regel: Tiere der selben Gattung sind in kälterer Umgebung größer (thermodynamisch günstiger, weil der auf die Körpermasse bezogene Energieverlust bei größeren Tieren kleiner ist)

....

Wärmehaushalt des Eisbären



Wärmeverlust \approx
 $62,8 + 4 \cdot v_L$

Diffuses
Sonnenlicht:
 $70 - 130 \text{ W/m}^2$

Wäre ein schwarzes Fell thermodynamisch nicht günstiger?

Nicht zwangsläufig!

„Dunkle Haare und Federn schützen die Haut vor den schädigenden Wirkungen ultravioletter Strahlungsanteile. Obwohl sie eine beträchtliche Strahlungswärme absorbieren, stellen sie dennoch einen Überwärmungsschutz dar, da die Wärme konvektiv abgeführt werden kann, ehe sie die Hautoberfläche erreicht. Weiße Haare oder Federn reflektieren zwar einen größeren Teil der kurzwelligigen Strahlung, lassen aber die längerwellige Strahlung weitgehend ungehindert zur Haut gelangen. Dunkel pigmentierte Tiere sind daher für tropische Gebiete mit starker Sonneneinstrahlung u.U. besser angepasst.“

Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

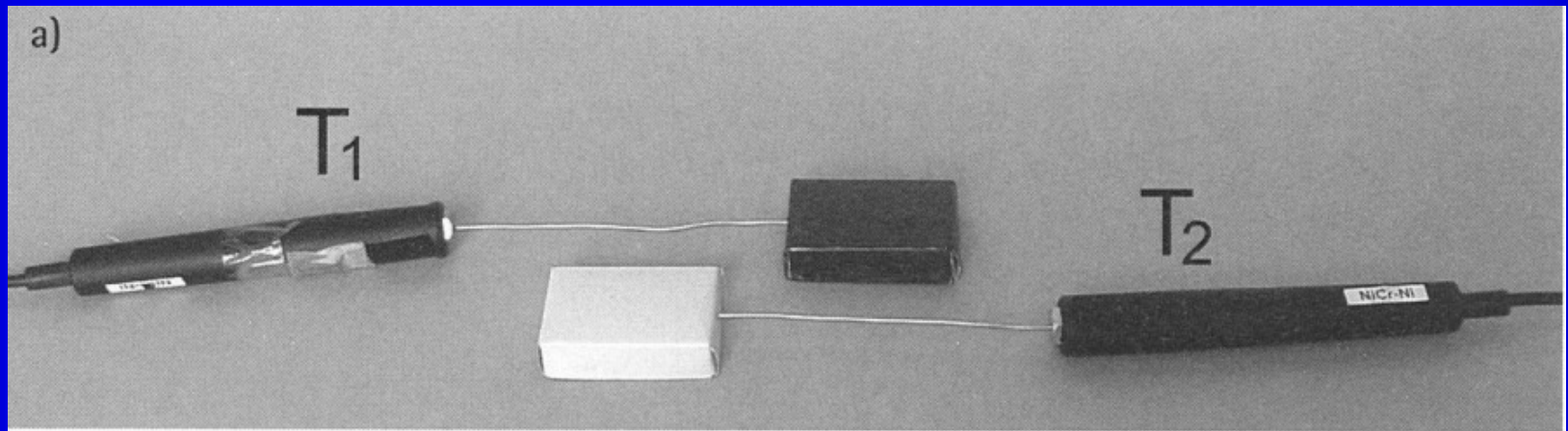
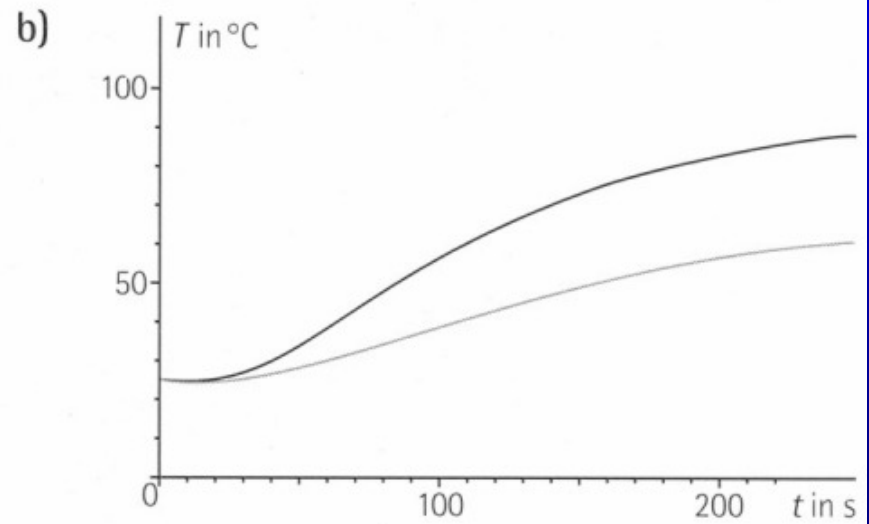


Abb. 1: a) Versuchsanordnung;
b) Temperaturverlauf in
den beiden Dosen
(Kurve oben: schwarze Dose;
unten: weiße Dose)



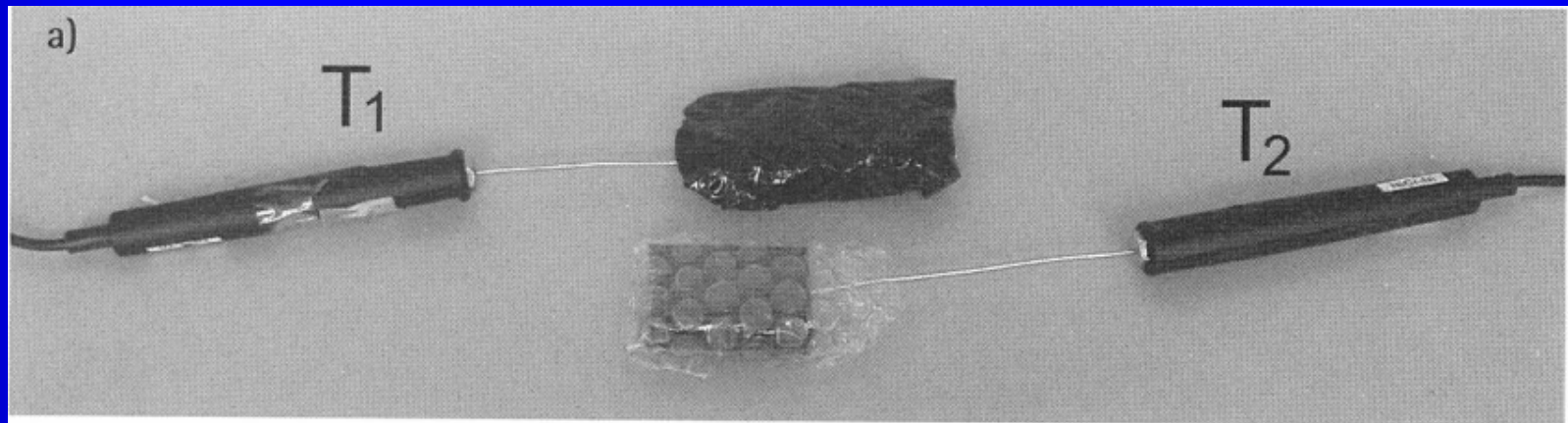
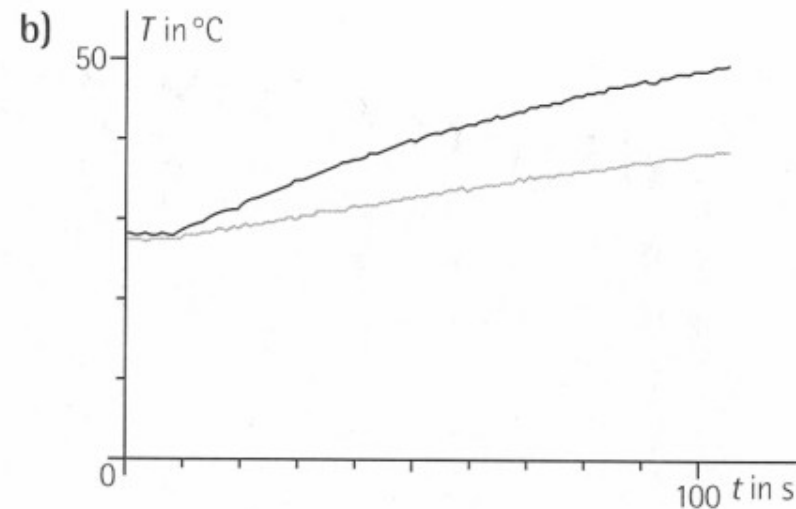
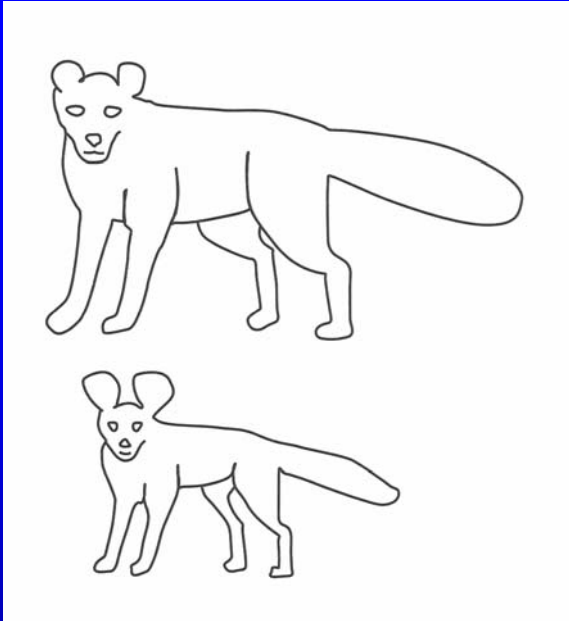


Abb. 2: Simulation eines schwarzhäutigen Bären mit lichtdurchlässigem (unten) und dunklem Fell (oben);
b) obere Kurve: Temperaturverlauf in der mit durchsichtiger Folie umwickelten schwarzen Dose; unten: Temperaturverlauf in einer schwarzen Dose, umwickelt mit schwarzer Folie

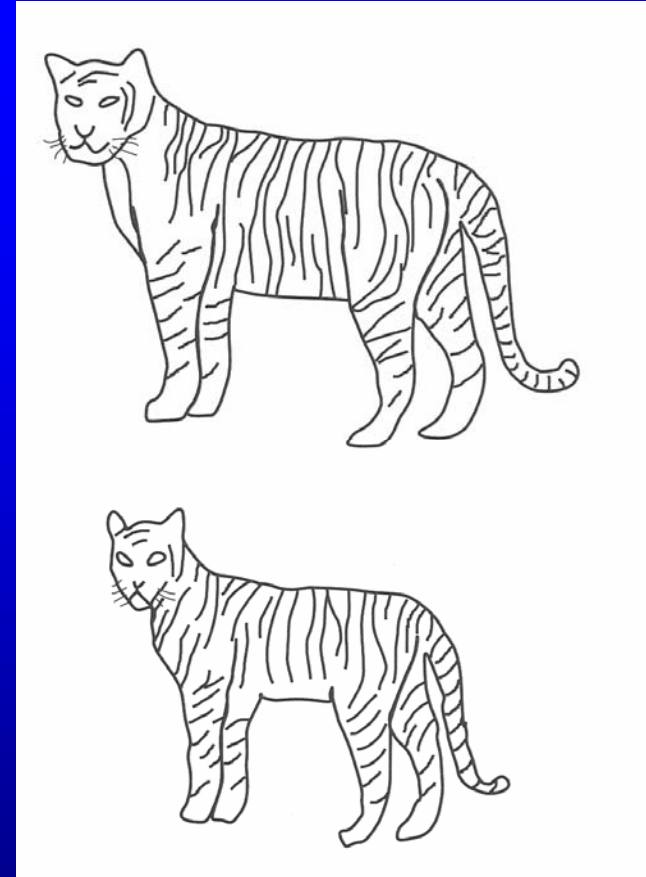


Transparentes Isoliermaterial

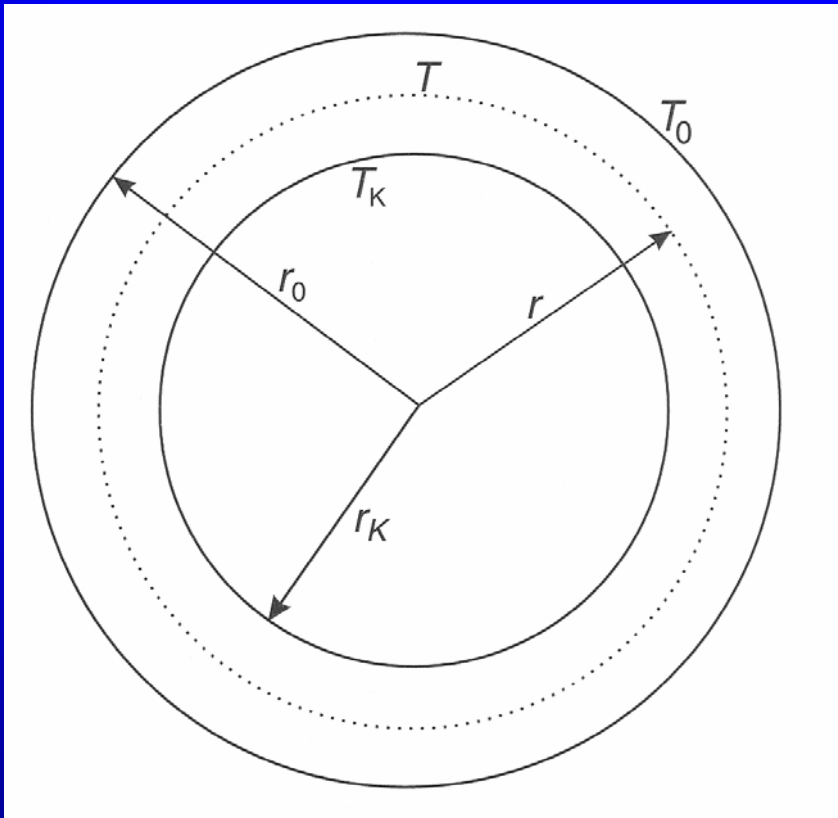
Bergmann'sche Regel



Polar- und
Wüstenfuchs

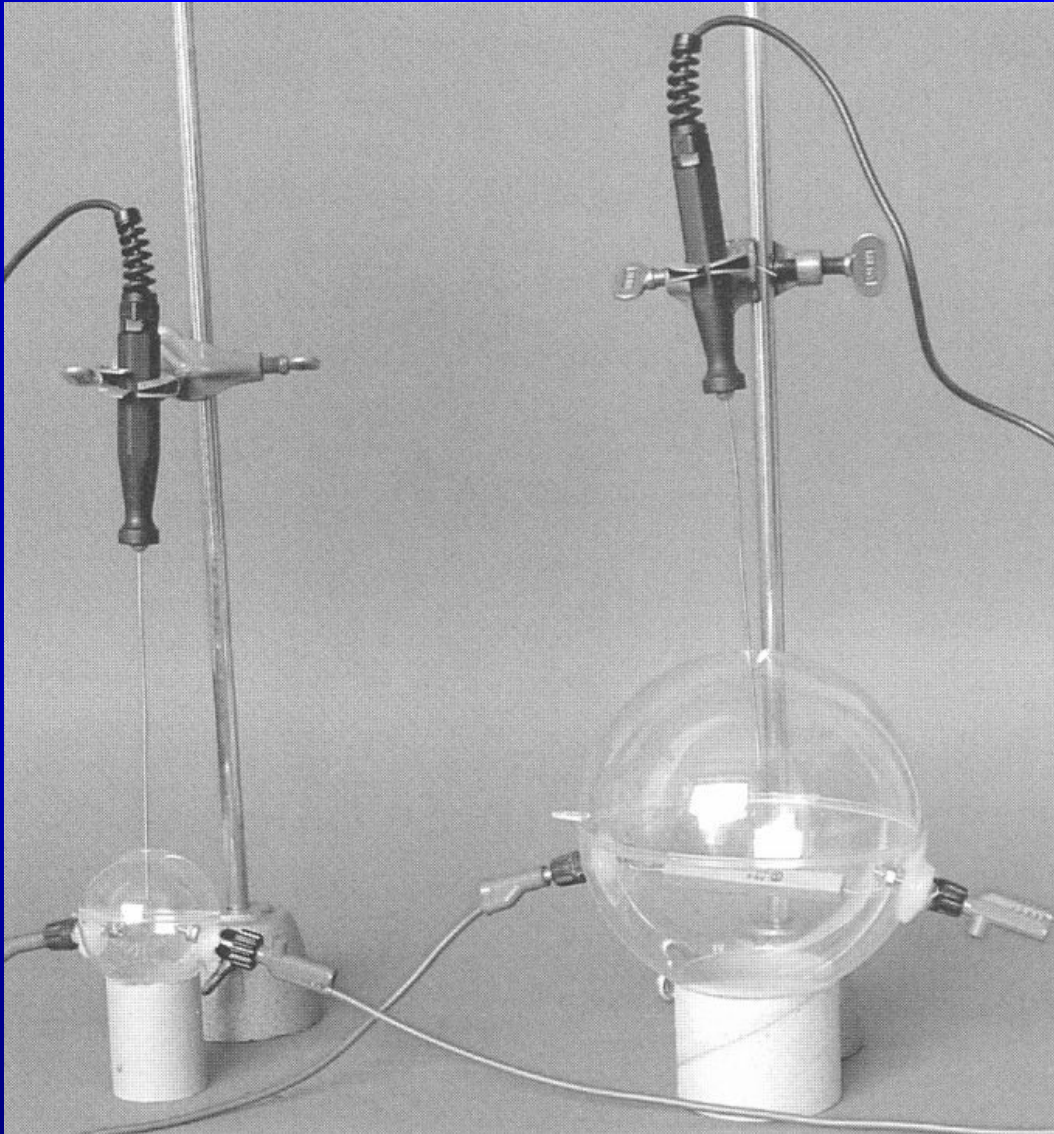


Sibirischer und Sumatratiger

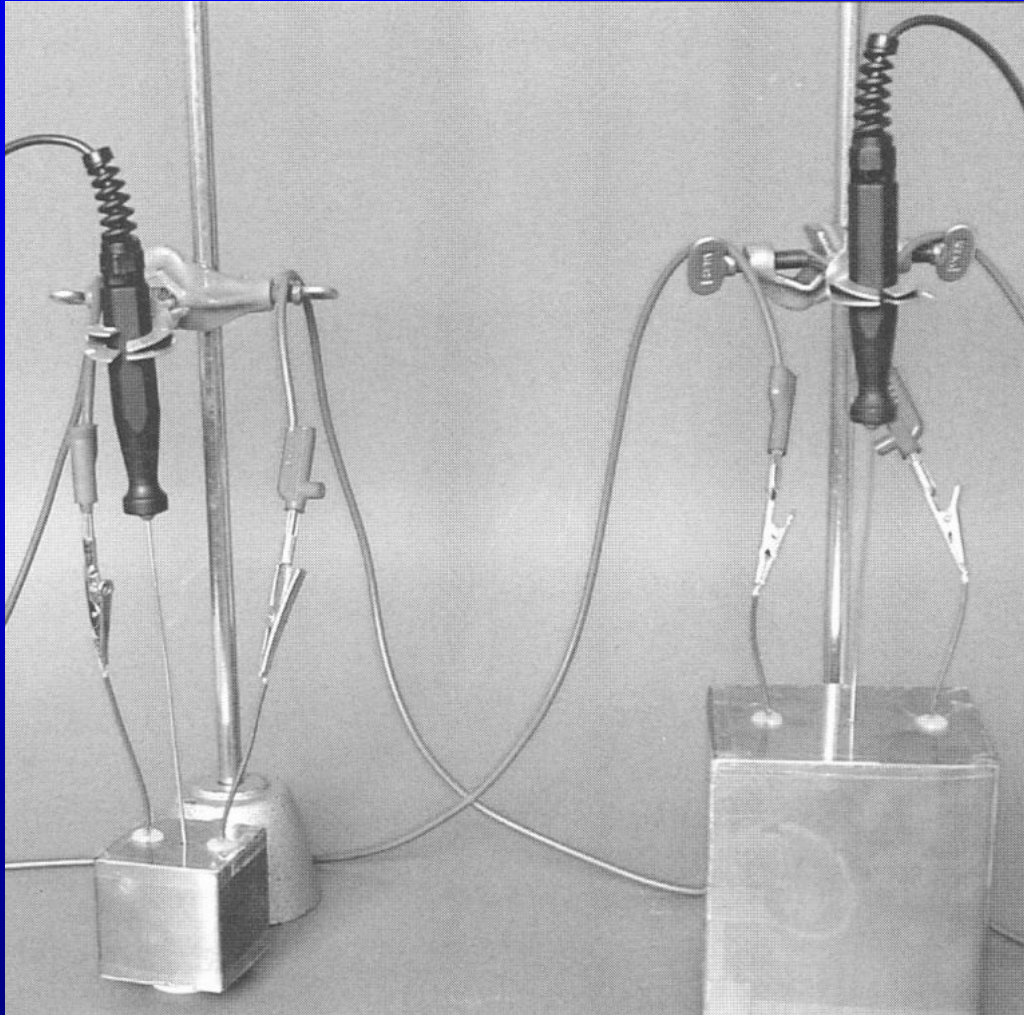


Auf das Volumen bezogener Wärmestrom:

$$\frac{\dot{Q}}{V} \approx -3 \frac{\lambda}{d} (T_K - T_0) \frac{1}{r_0}$$

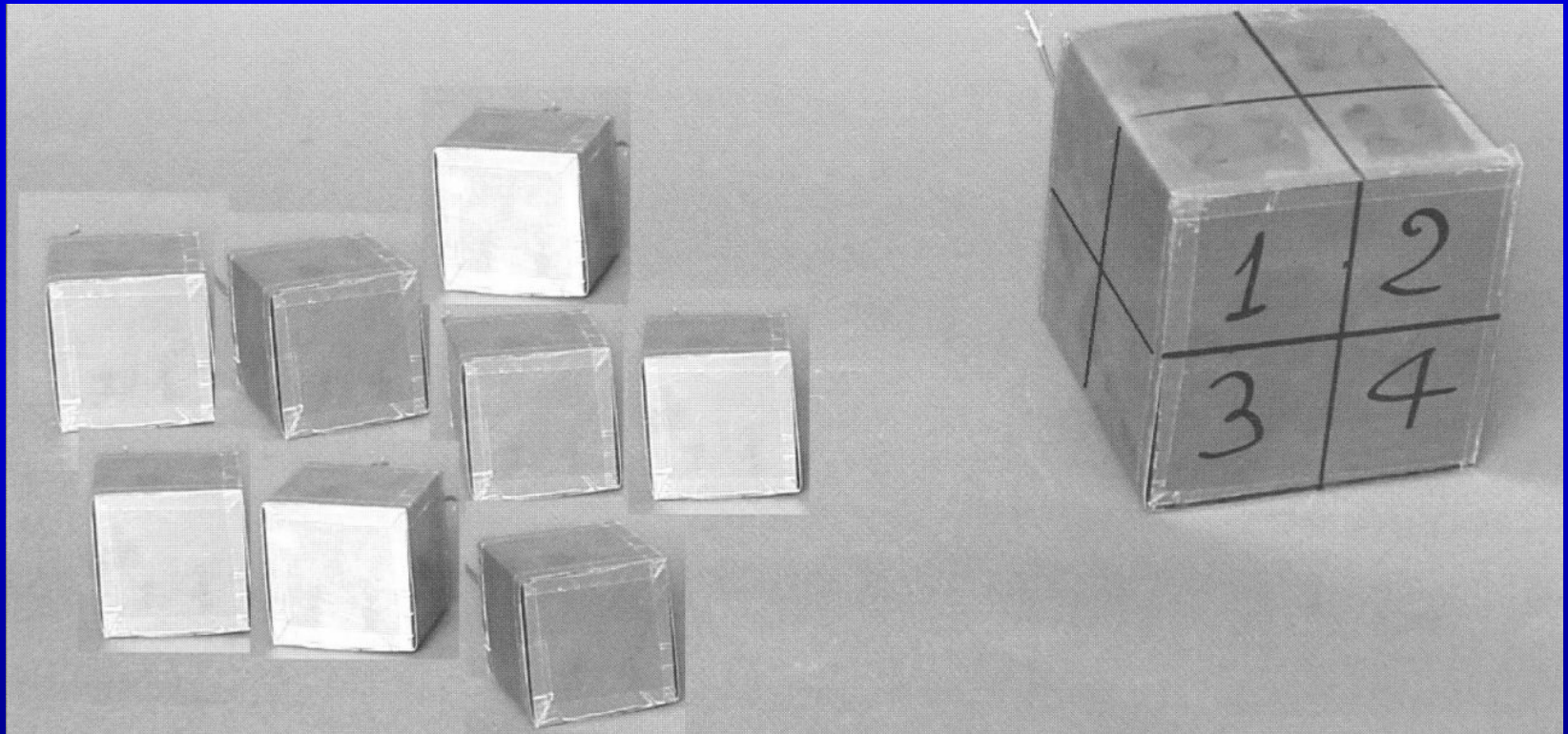


Demonstrations-
anordnung für
Bergmann'sche
Regel



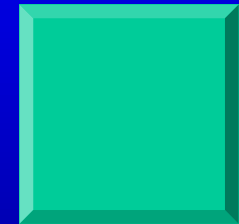
Demonstrations-
anordnung für
Bergmann'sche
Regel

Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



Vortrieb in Flüssigkeiten

- **Rückstoß pur**
- **Rudern**
- **Oszillation**
- **Undulation**



Sex in the classroom?

oder

Bewegung bei kleinen Reynoldszahlen

Fortbewegung durch Undulation



Start

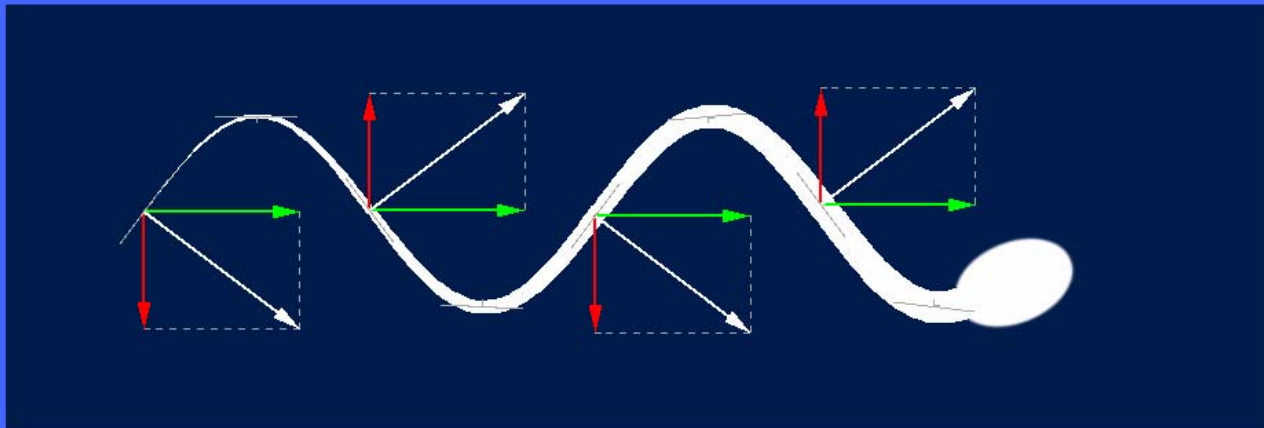
Stop

Schritt vor

Geschwindigkeit



- Deutsch
- English



Seitkräfte

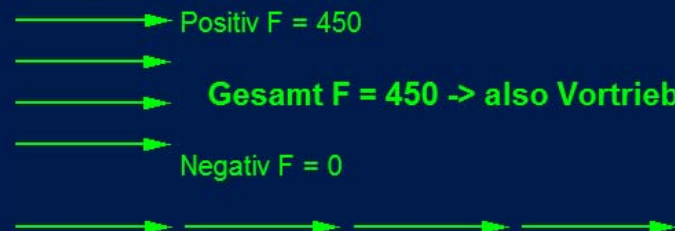


Positiv $F = 169$

Gesamt: $F \approx 0$

Negativ: $F = 170$

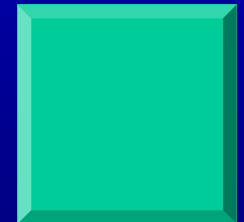
Vortriebskräfte



Positiv $F = 450$

Gesamt $F = 450 \rightarrow$ also Vortrieb

Negativ $F = 0$



Ergebnisse einer Evaluation

Erprobungsdauer: Ende Schuljahr 1999/2000 bis Ende Schuljahr 2001

Versuchsgruppe: 16 Klassen (11 Mechanik, 2 Optik, 3 Druck)

Kontrollgruppe: 6 Klassen (4 Mechanik, 2 Druck)

Realitätsnahe Adaptation der Unterrichtsmaterialien durch die Lehrkräfte

Erhebungsinstrumente: Fragebögen von Horstendahl, IPN,...

Ausführliche Ergebnisse: Dissertation Colicchia (2002)

Einstellung der Lehrkräfte

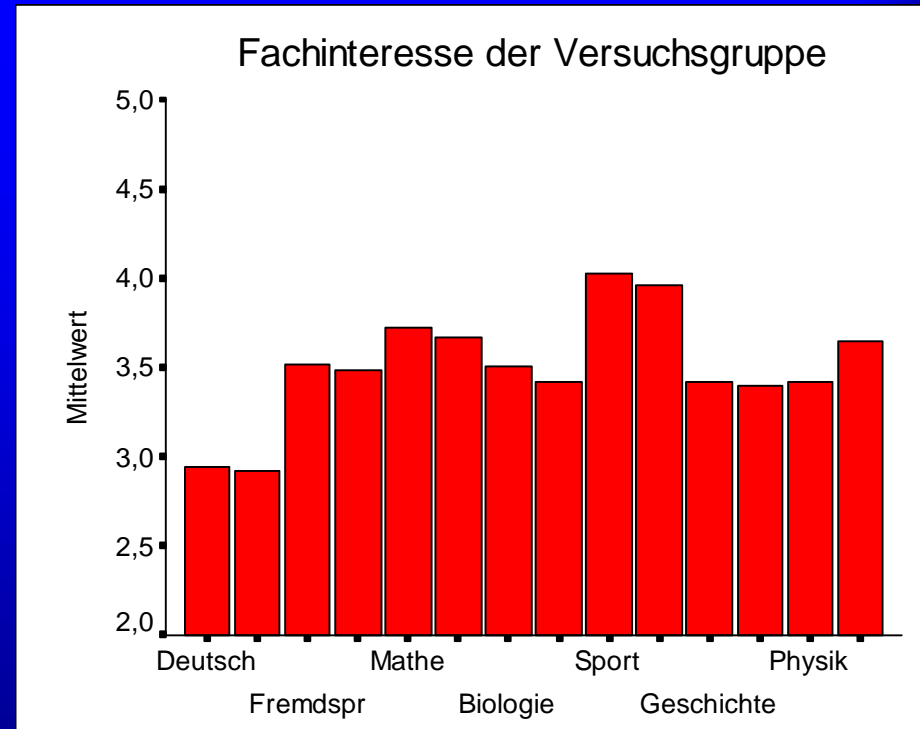
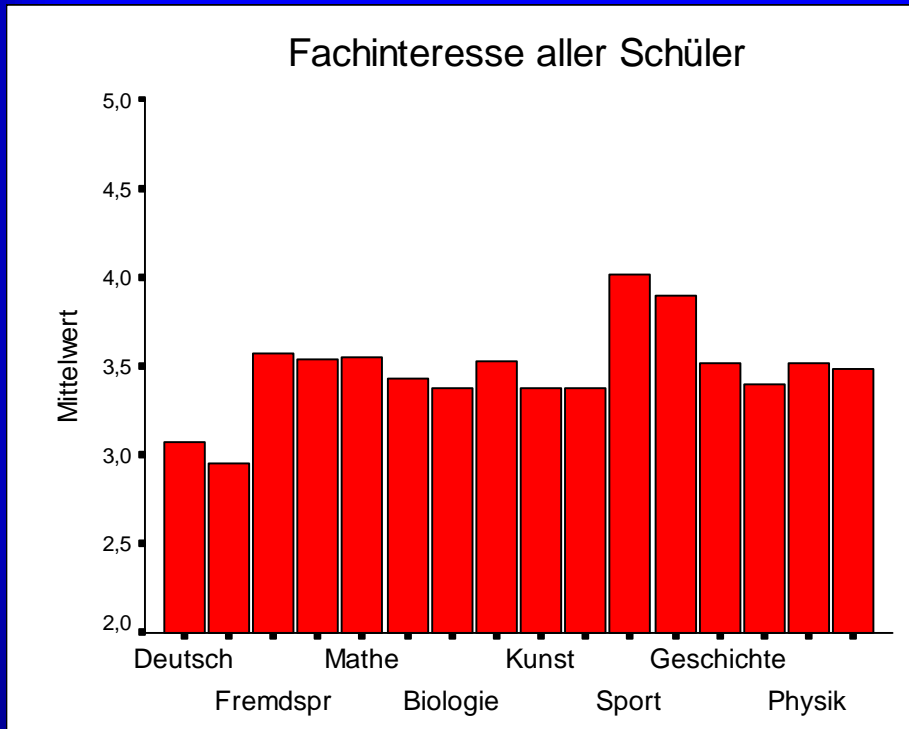
Nach Durchführung des Unterrichts sind die Lehrkräfte der Versuchsklassen überzeugt, dass

- medizinisch orientierte Themen zur Verbesserung des Interesses geeignet sind
- für sie selbst der Unterricht interessanter ist
- gleich gute oder bessere Lernerfolge erreicht werden
- der Vorbereitungsaufwand sich in Grenzen hält

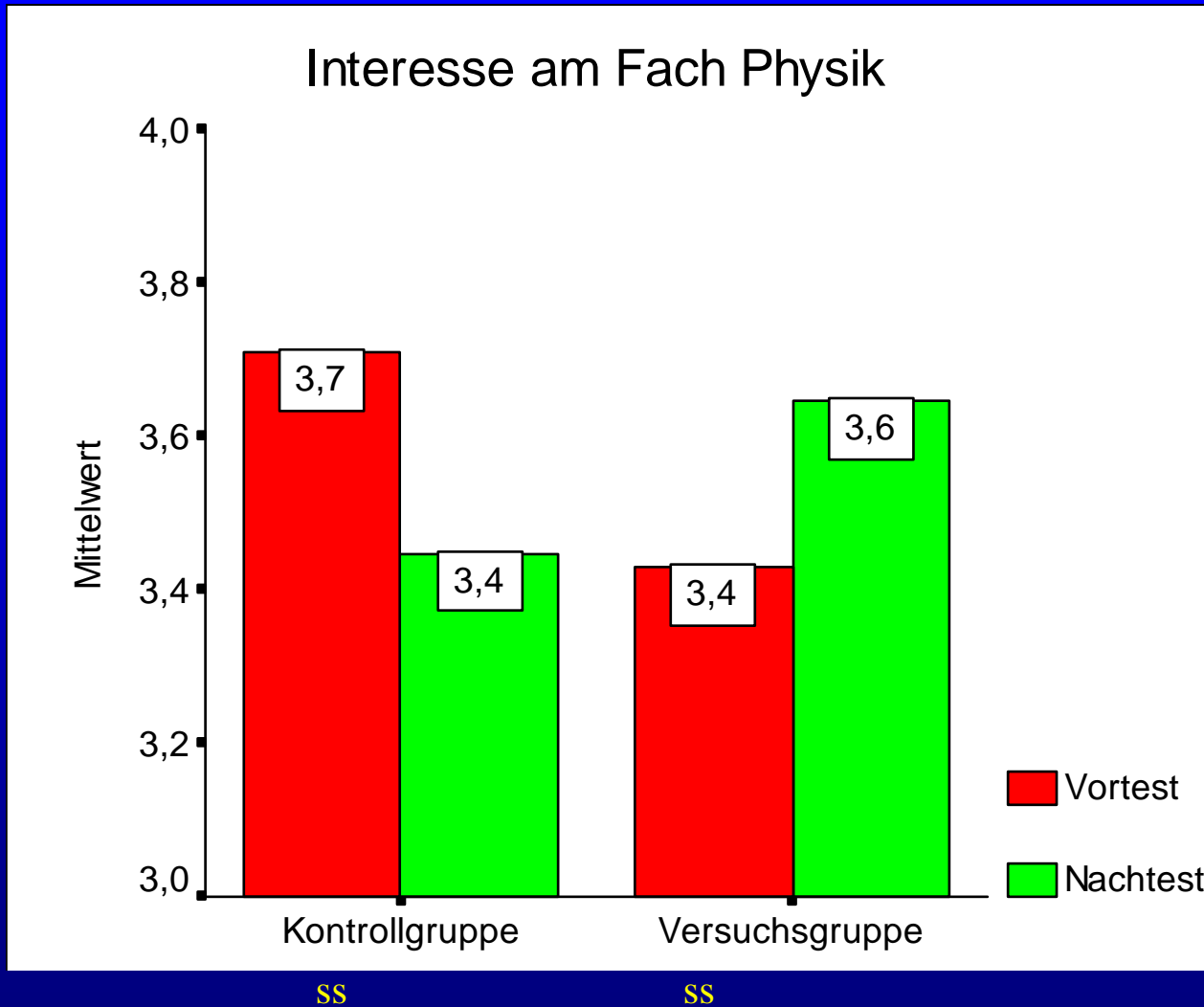
Änderung des Interesses

Vergleich der Interessenmittelwerte vor und nach dem medizinisch orientierten Unterricht und Vergleich mit den Kontrollklassen

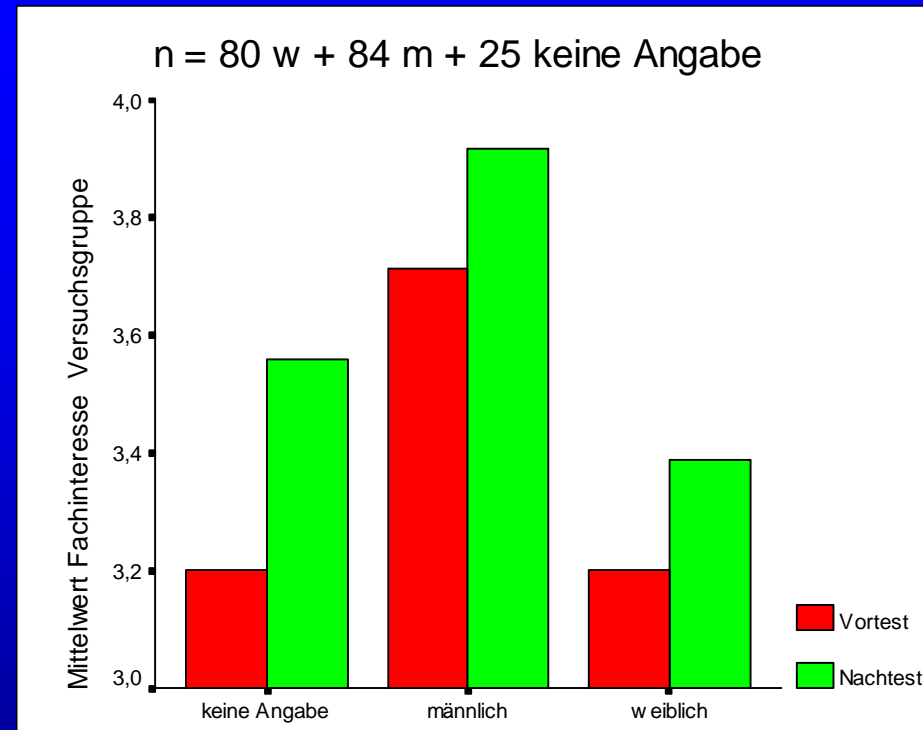
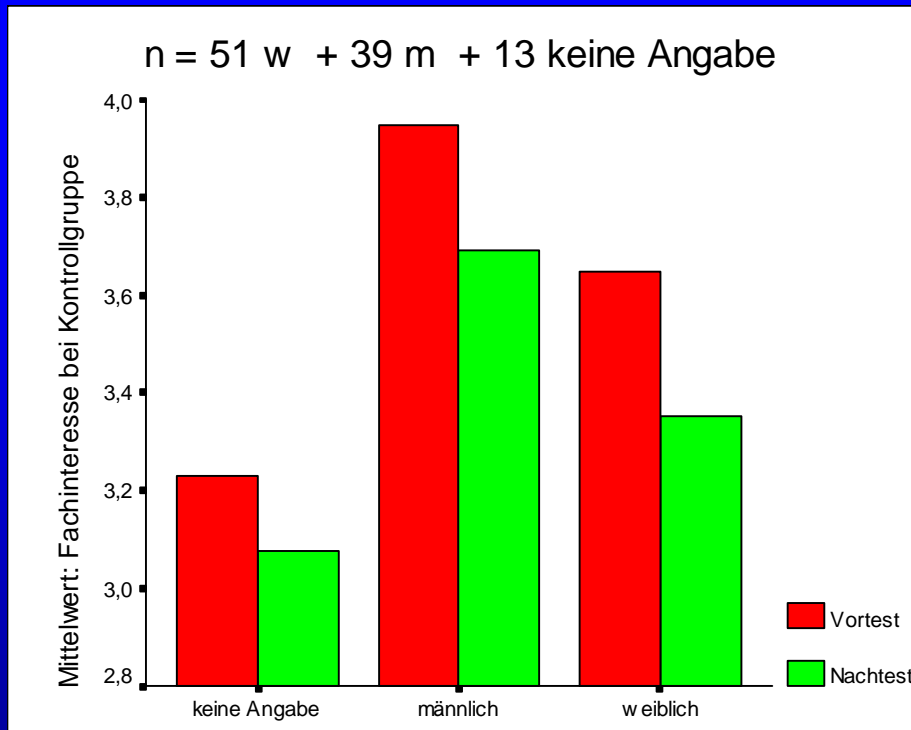
Interesse am Fach Physik



Änderung des Interesses am Fach Physik

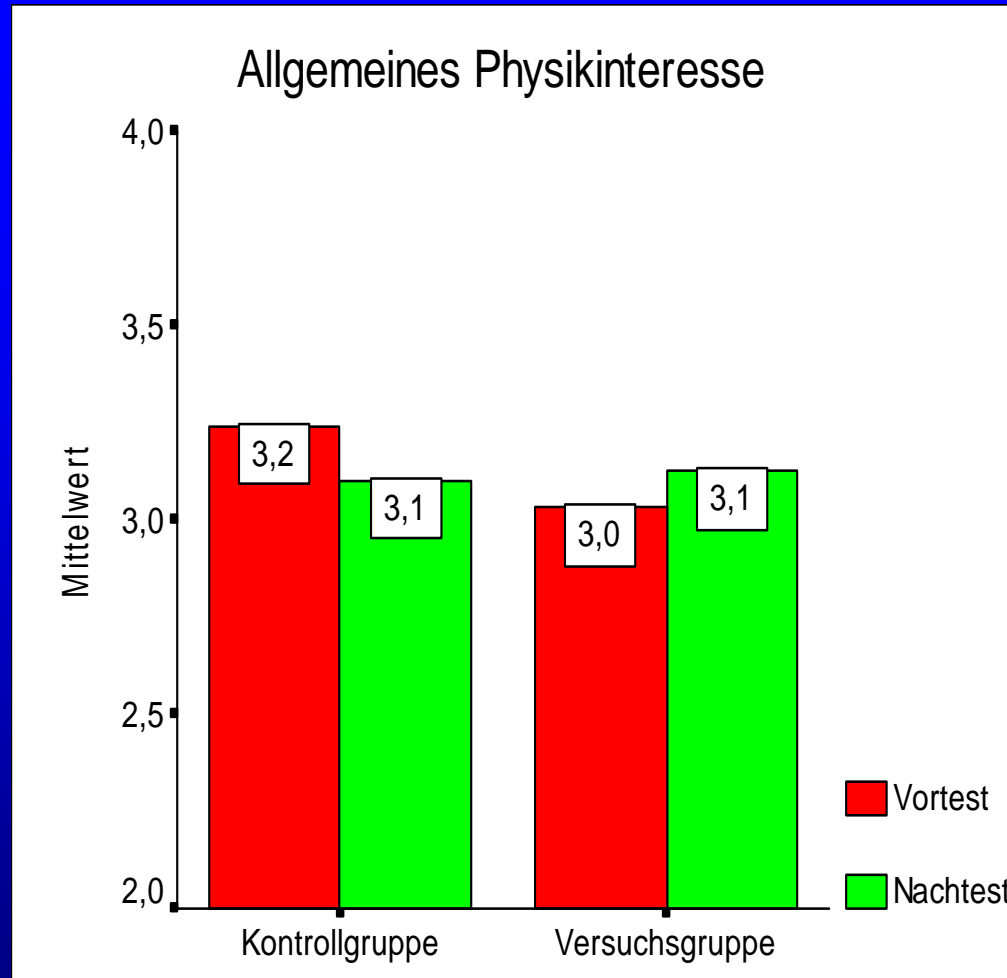


Geschlechtsspezifische Änderung des Fachinteresses



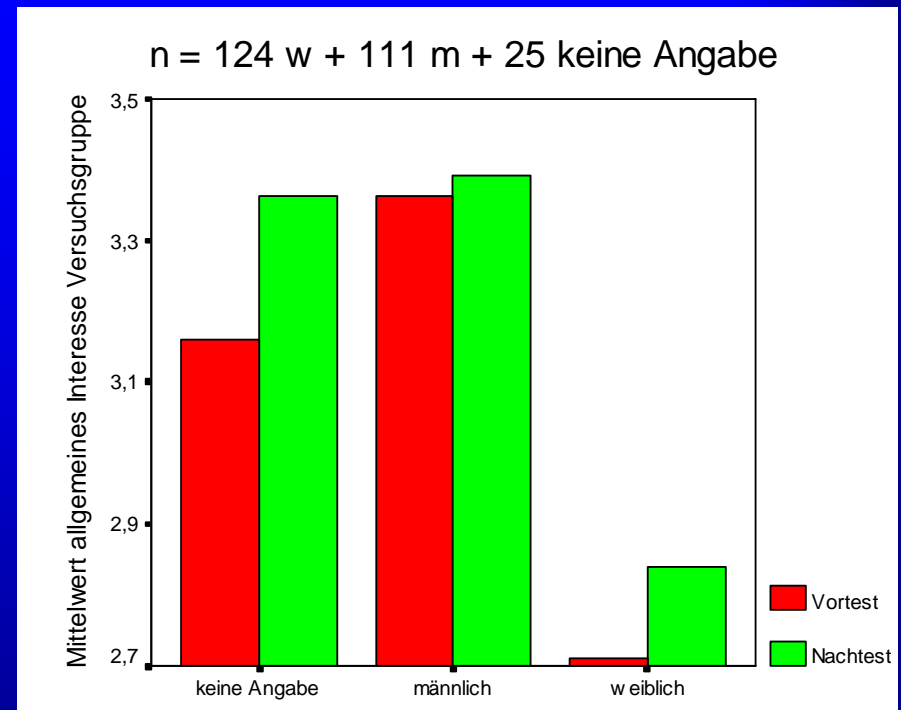
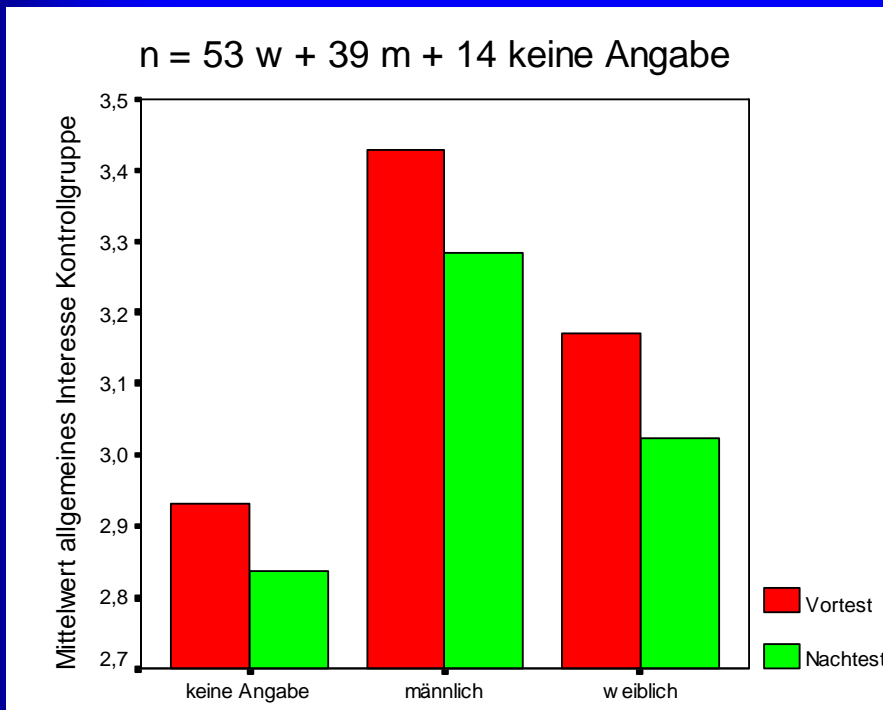
Das Fachinteresse für Physik wird sowohl bei den Schülerinnen als auch bei den Schülern durch den Kontext Medizin/Biologie im Vergleich zum herkömmlichen Physikunterricht erhöht.

Allgemeines Interesse am Physikunterricht



Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

Allgemeines Physikinteresse geschlechtsspezifisch



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.

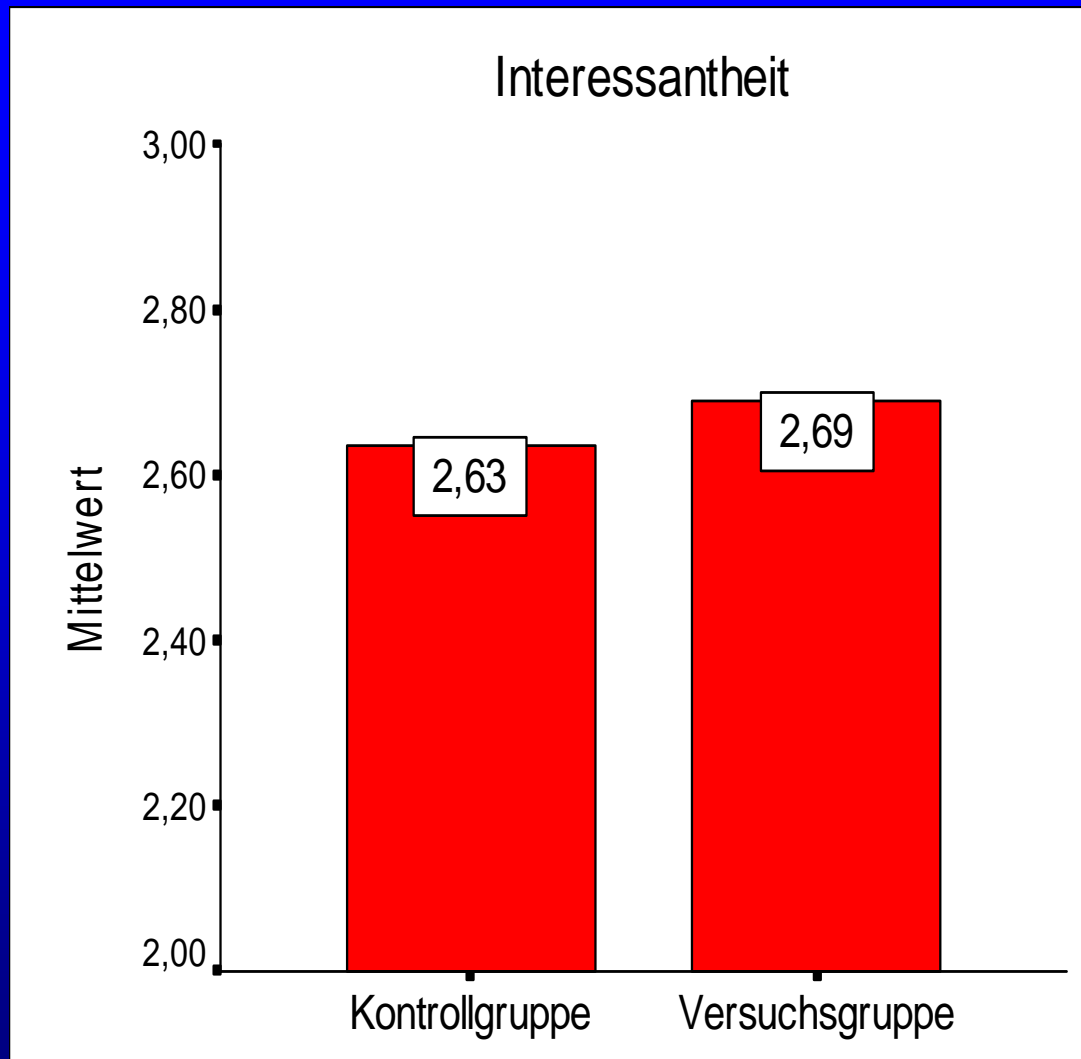
Beim traditionellen Physikunterricht sinkt das Interesse.

Interessantheit des Unterrichts

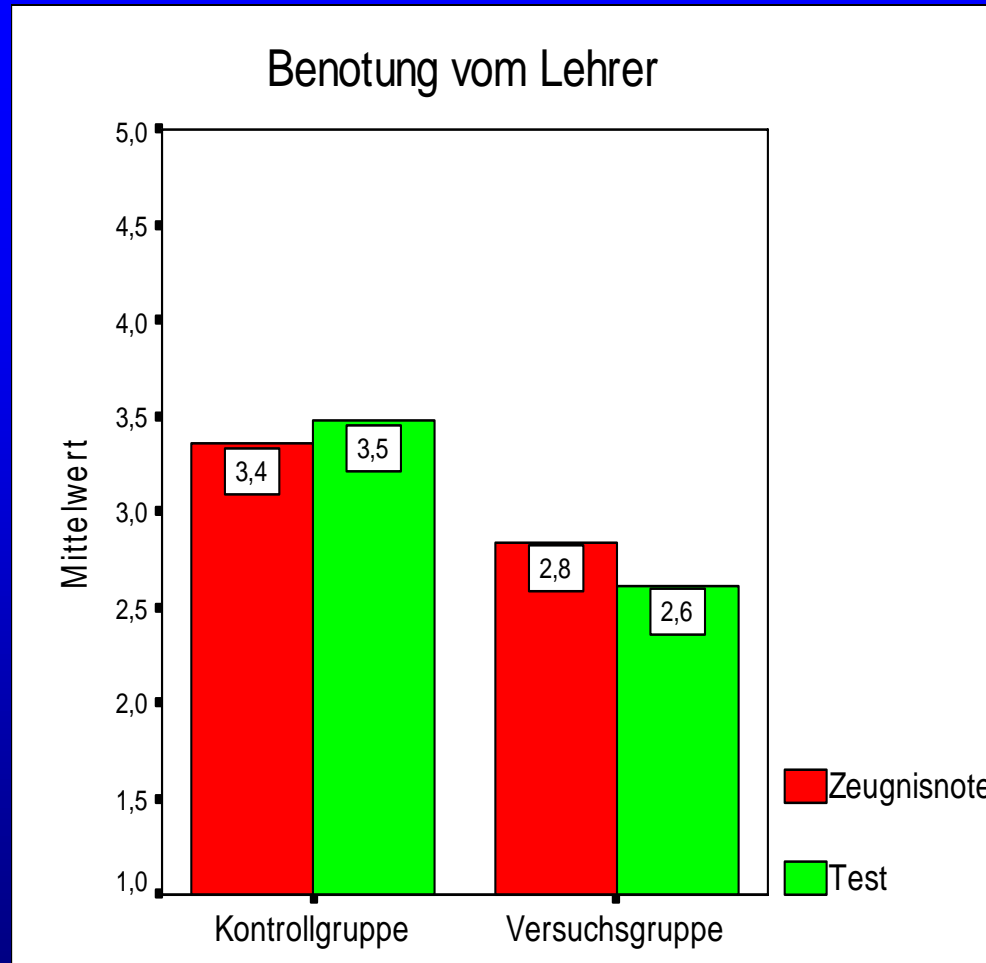
- Der Unterricht war abwechslungsreich.
- Ich war neugierig darauf, was in der nächsten Stunde behandelt wird.
- Ich bedauerte es, als der Unterricht ausfiel.
- Der Unterricht beschäftigte sich mit Dingen, die mir im täglichen Leben begegnen.
-

Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

Interessantheit



Lernerfolg in Mechanik



Zusammenfassung

- Physikunterricht im Kontext Medizin/Biologie erhöht das Interesse bei Schülerinnen und Schülern.
- Die Lernerfolge eines Physikunterrichts im Kontext Medizin/Biologie sind höher als im traditionellen Physikunterricht.
- Fachinteresse und allgemeines Interesse am Physikunterricht lassen sich möglicherweise zu Beginn des Physikunterrichts, also in der Sekundarstufe, leichter steigern als in der Oberstufe.
- Auch für die Lehrkräfte ist der Unterricht interessanter.



www.physik.uni-muenchen.de/didaktik (*Fundgrube*)
Hartmut.Wiesner@physik.uni-muenchen.de