

# Physik und Medizin

- Chance zur Steigerung des  
Interesses am Physikunterricht

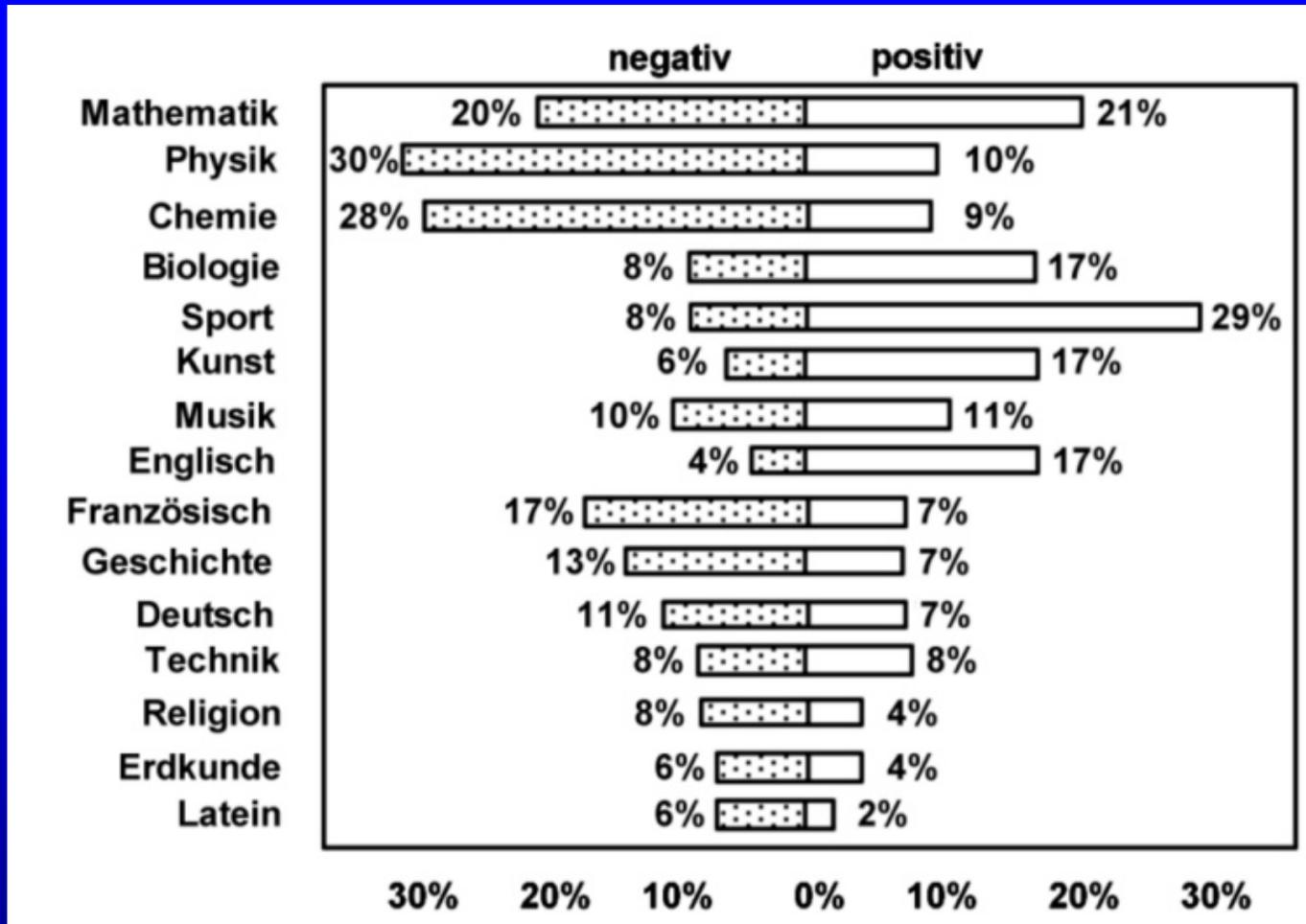
Hartmut Wiesner  
Universität München

## 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.

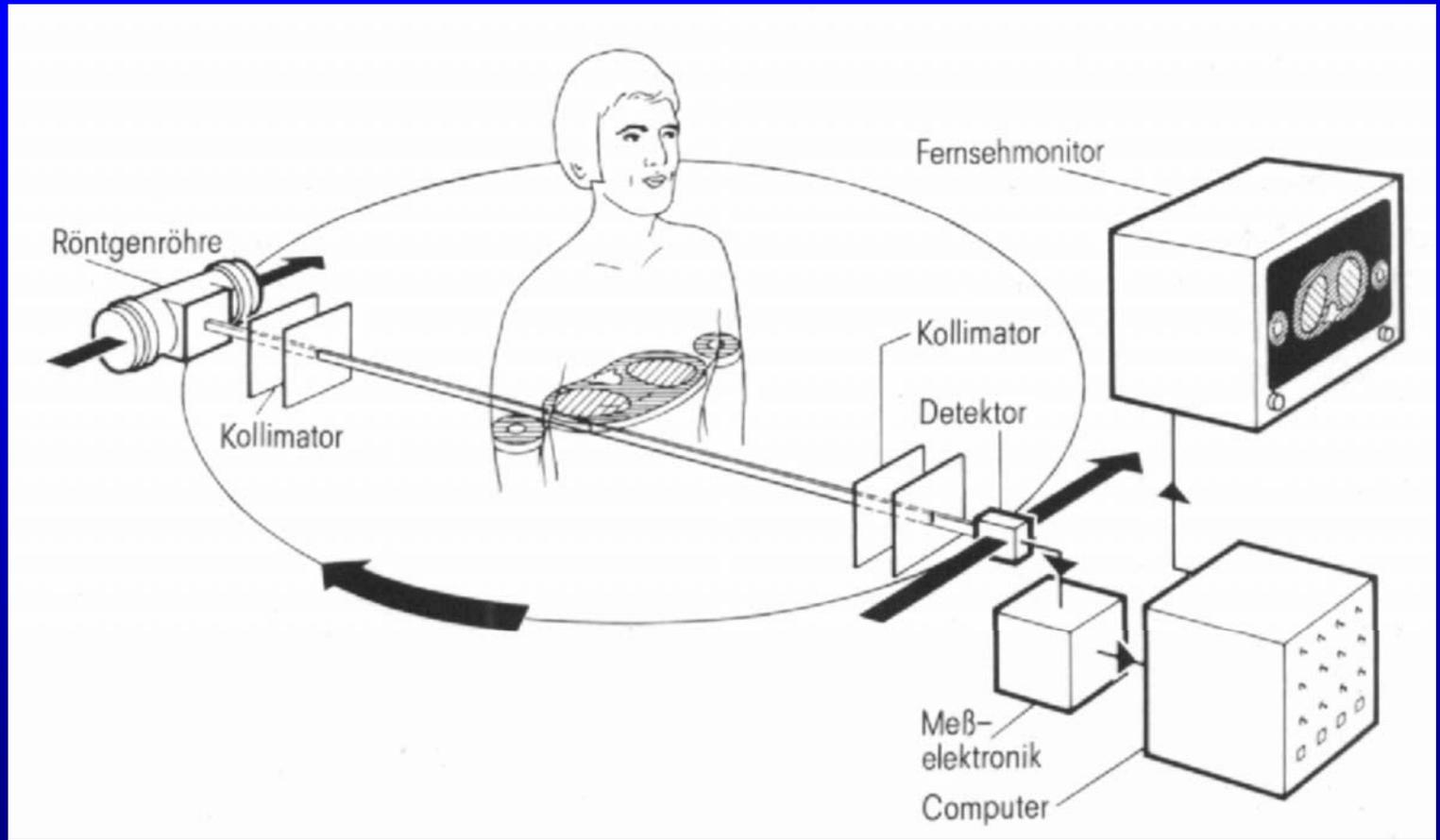
Ergebnis: Physikunterricht im Kontext „Physik und  
Medizin“ fördert das Interesse, vor allem das Interesse  
der vor dem Unterricht wenig motivierten Mädchen.

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

CT-Aufnahme:



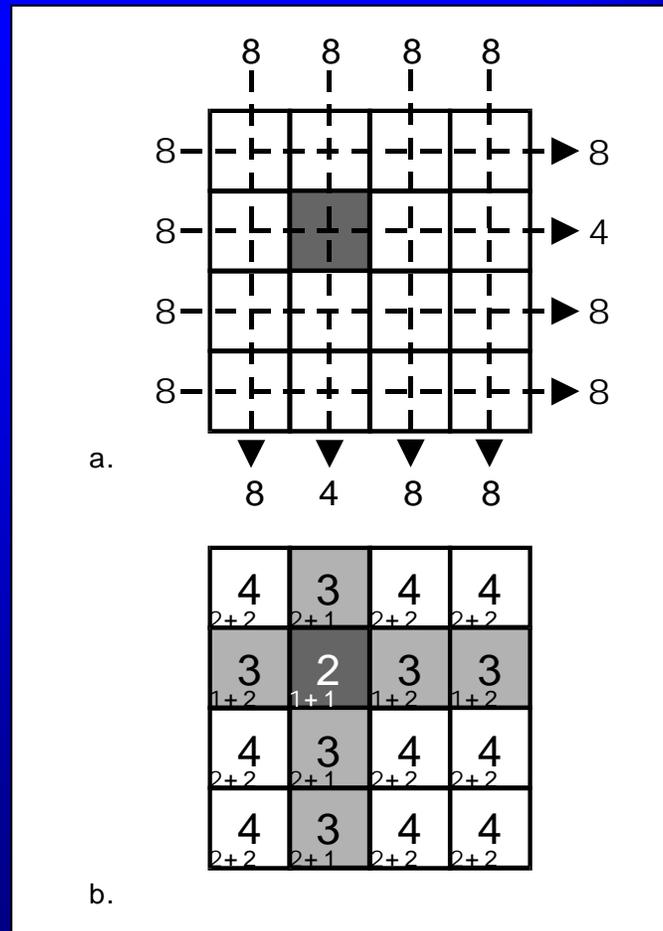
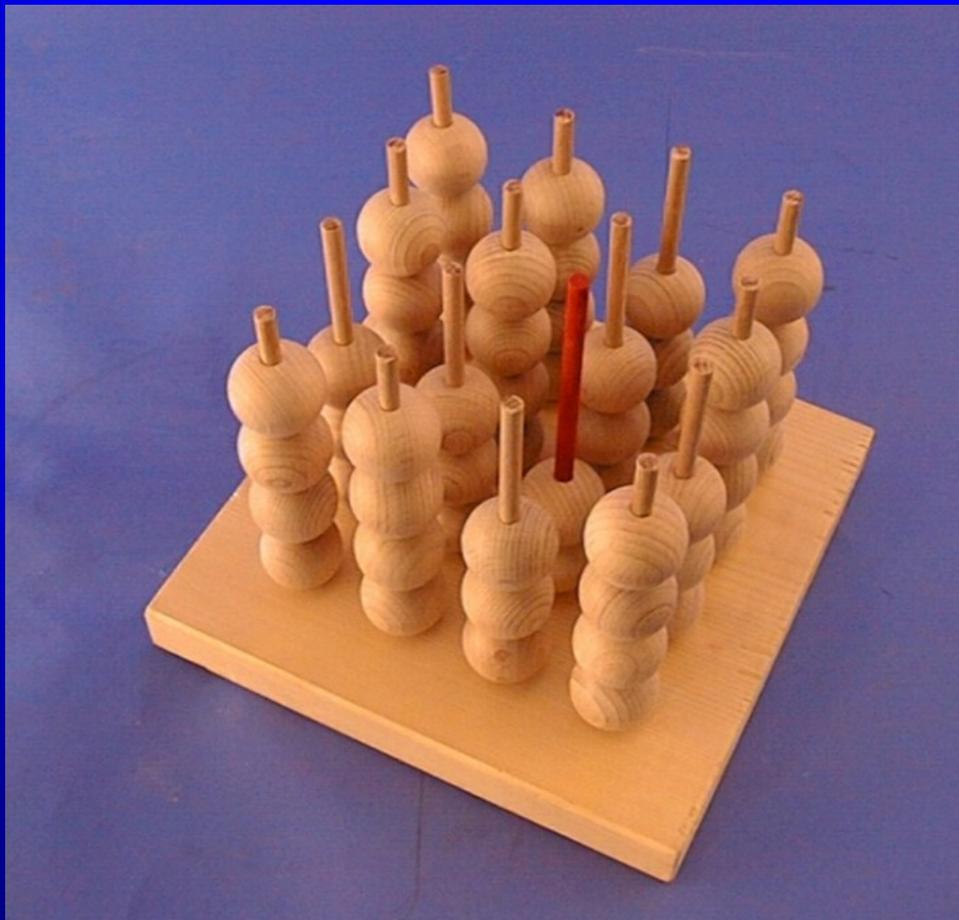
## CT-Technik:



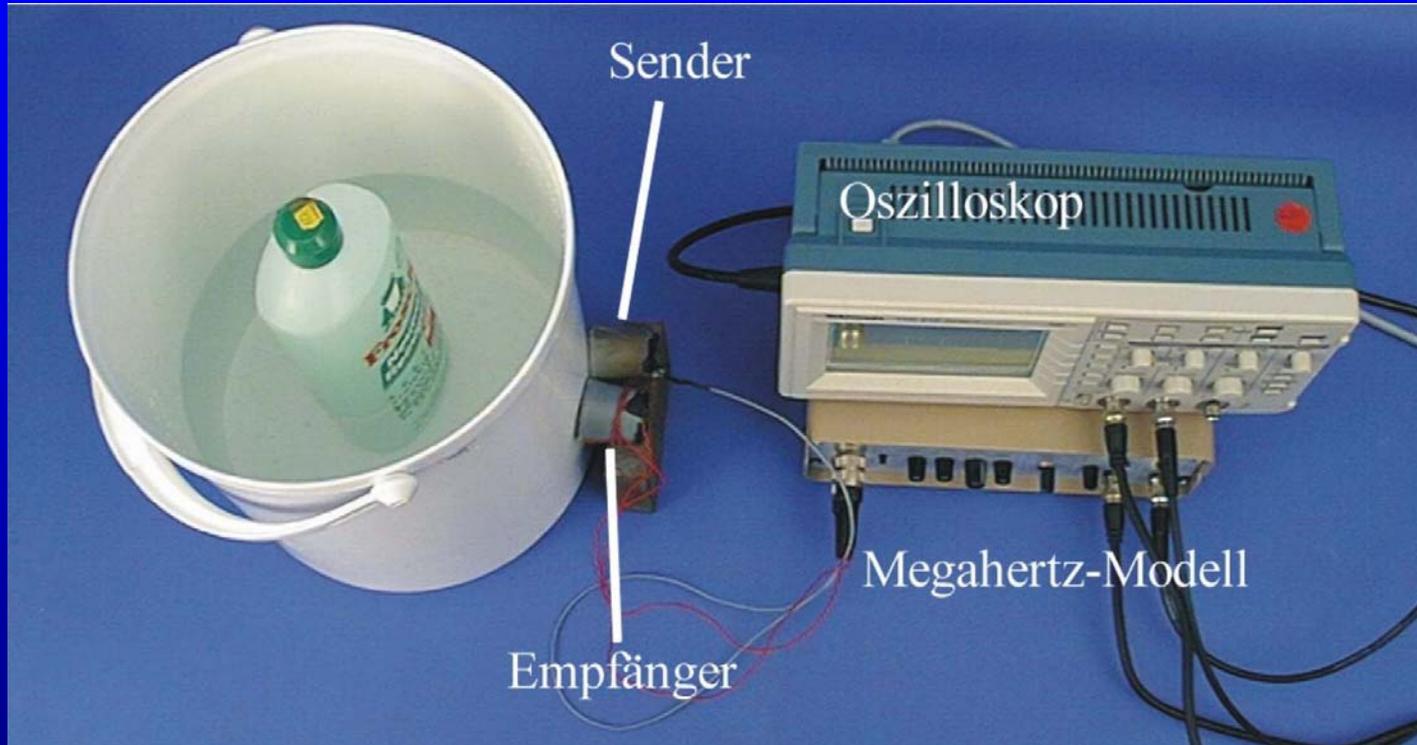
## Modellexperiment für einen Röntgencomputertomographie



# 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:

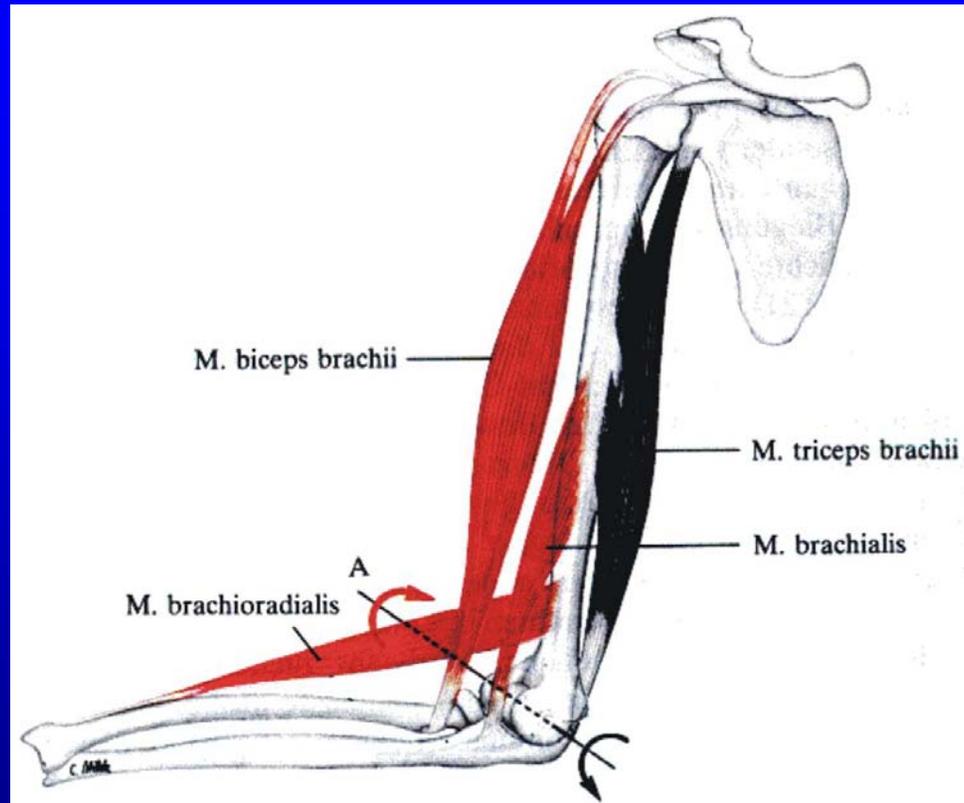
- Verbesserung des Interesses
- Berücksichtigung von Lernschwierigkeiten
- einfache, selbstherstellbare Demonstrationsmittel

Materialien abrufbar:

[www.physik.uni-muenchen.de/didaktik](http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik) (*Fundgrube*)

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

## Einfaches Schema des Ellbogengelenks:



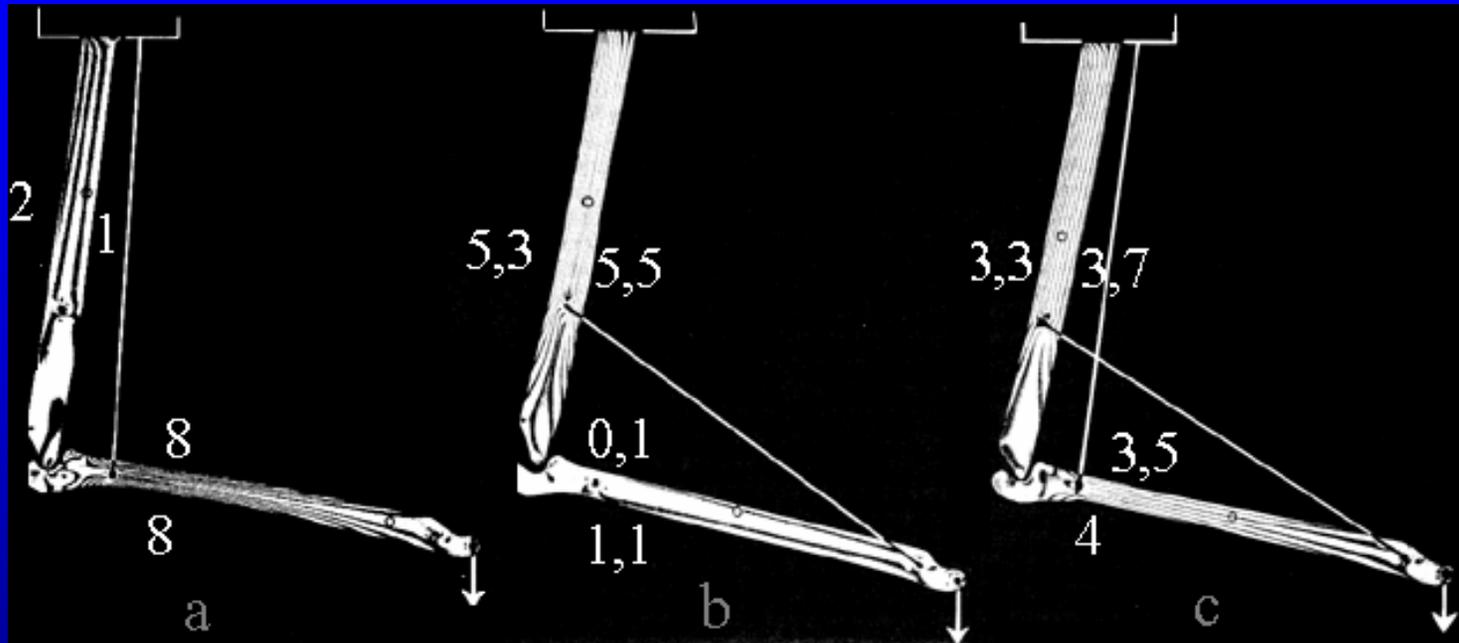
Wozu haben wir den m. brachioradialis?

## Oktoberfest in München

- Masse eines Bierkrugs:  
mehr als 2 kg



## Spannungen in einem Modellarm:



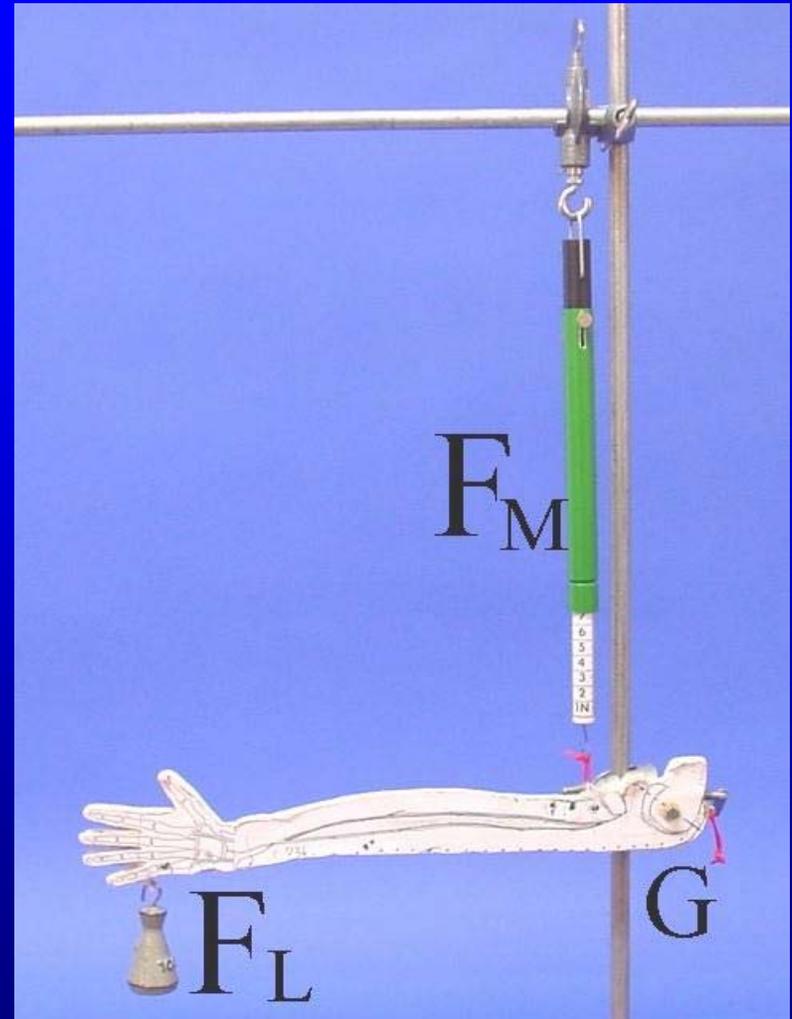
(Zuggurtung)

## Reduzierung der Biegespannung durch Zuggurtung:

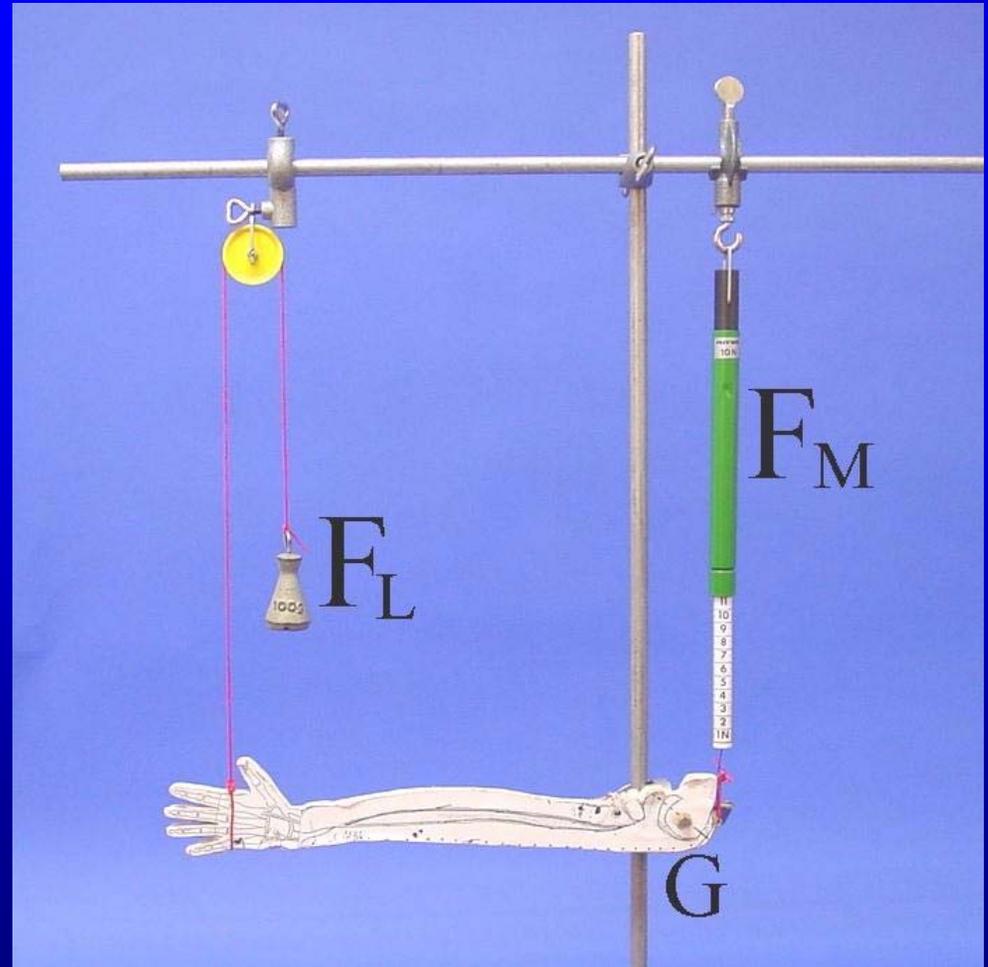


## Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

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

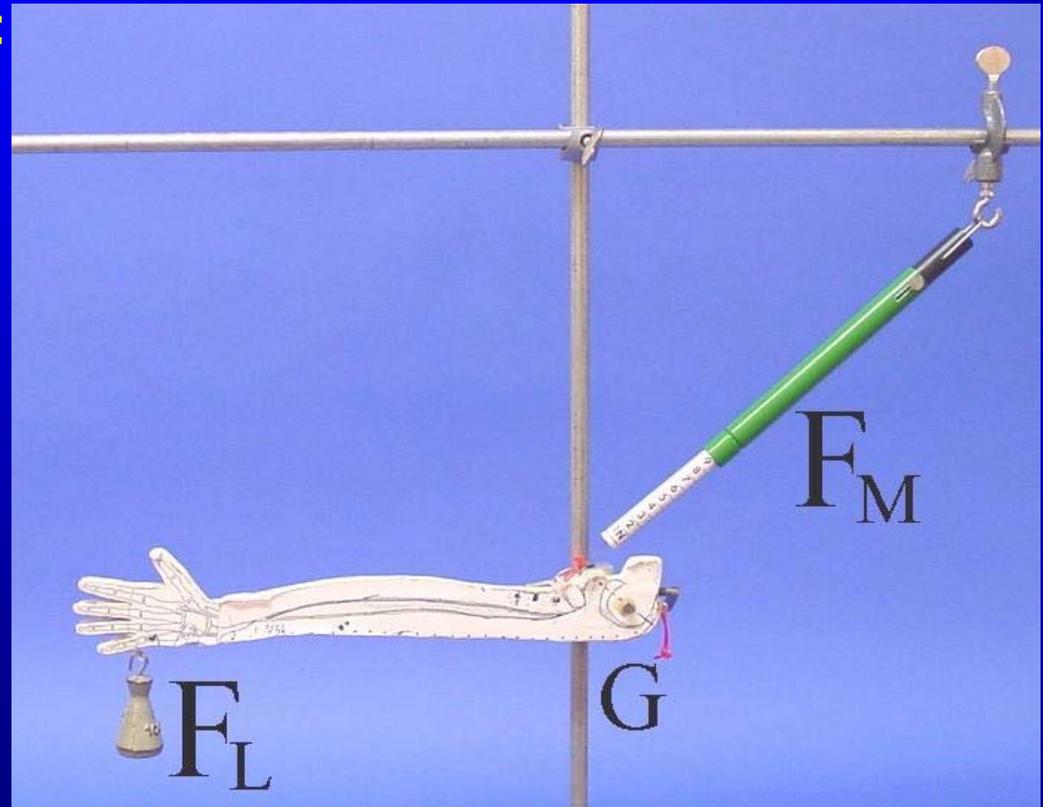


- zweiseitiger Hebel:

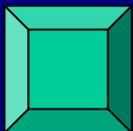


## Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

- Anwendungen
- Allgemeine Fassung des Drehmoments:



# Veranschaulichung des Schwerpunkts

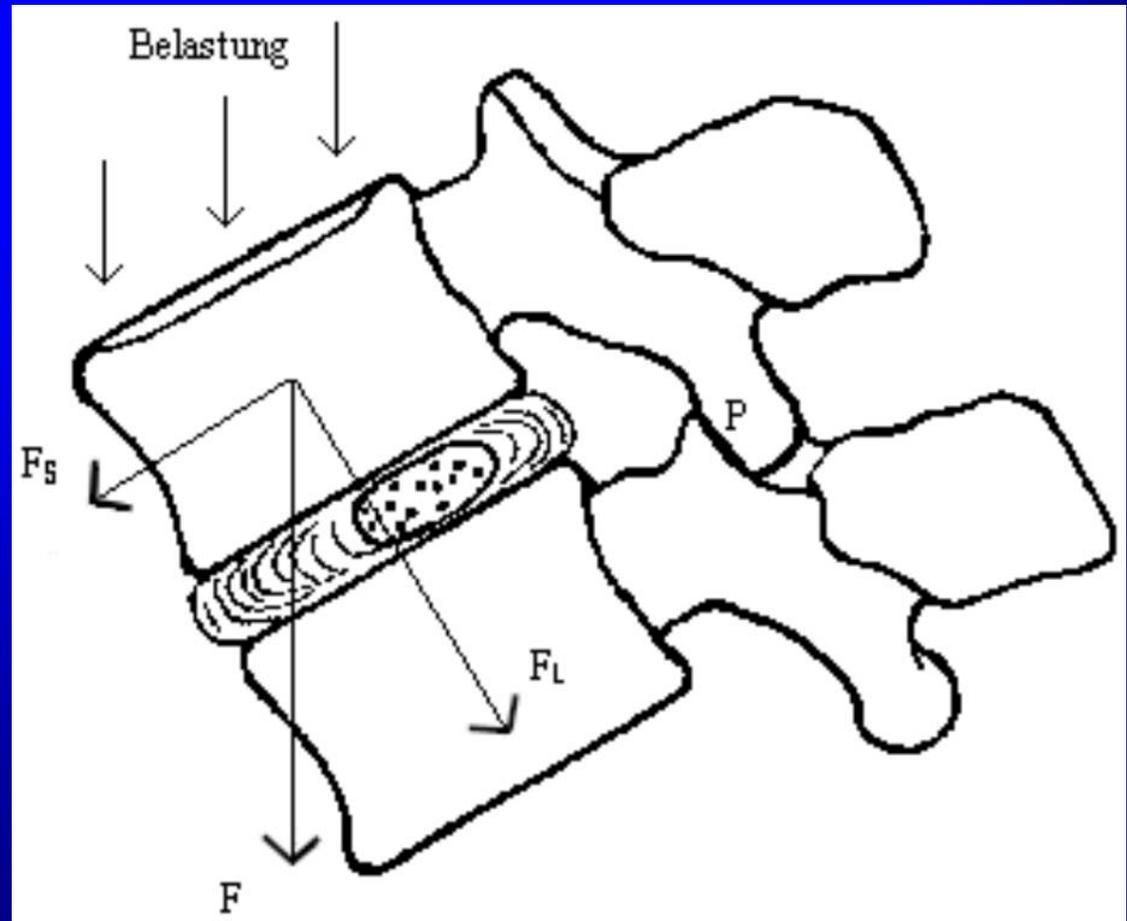
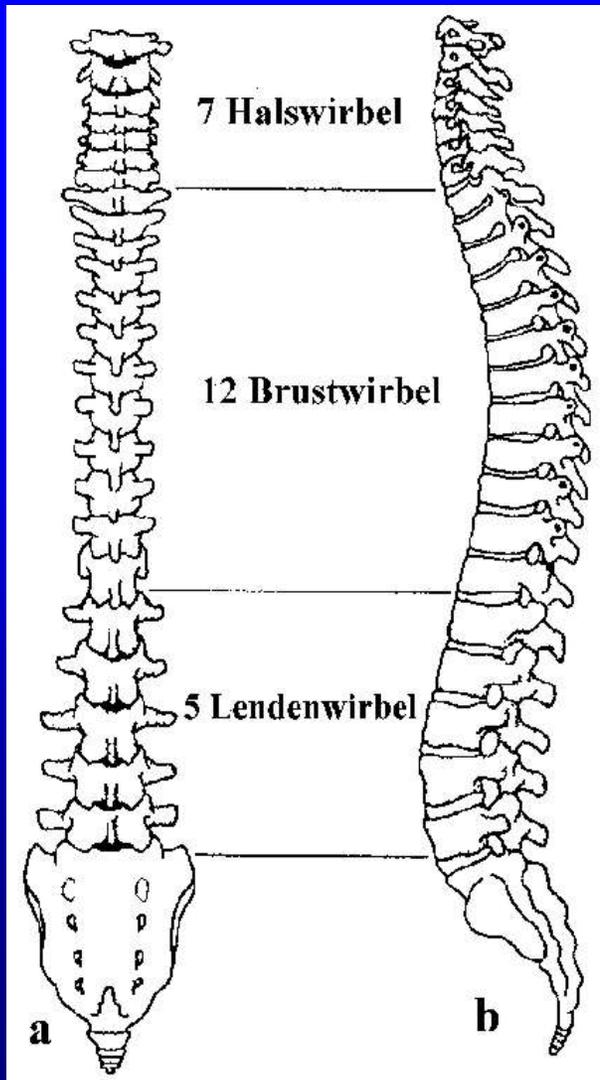


# Unterrichtseinheit 2: Die Belastung der Wirbelsäule

## 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

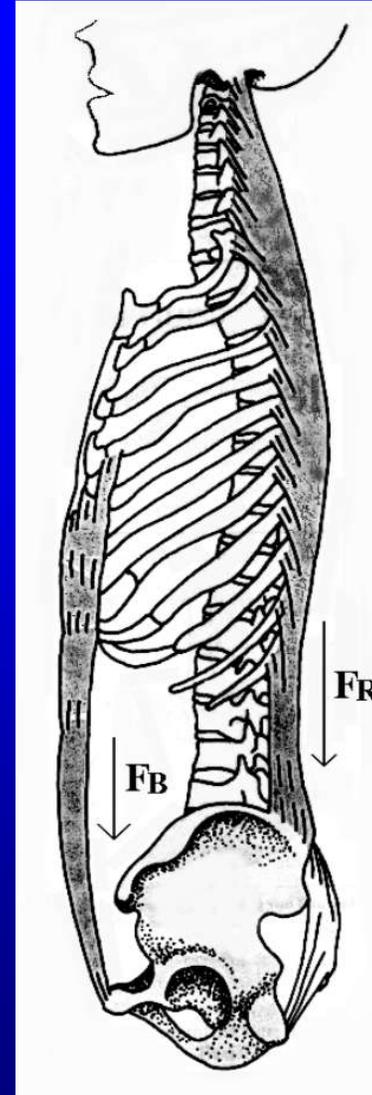
## Aufbau der Wirbelsäule:



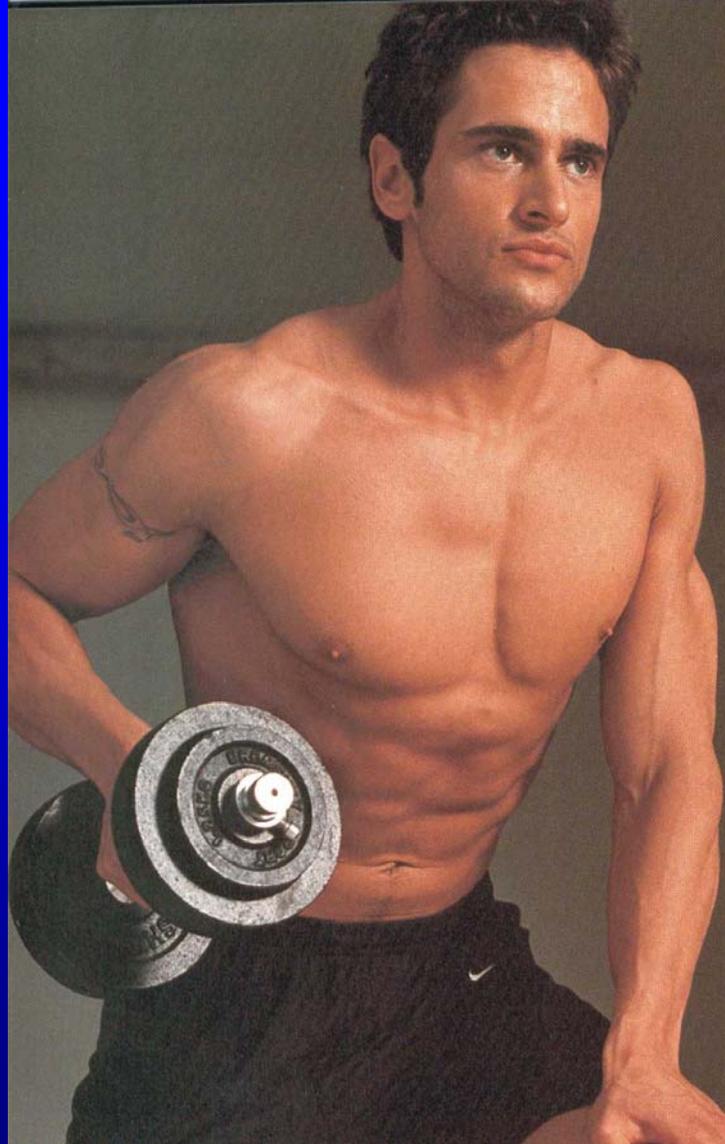
## Bauch- und Rücken- muskeln:

Abstand Schwerpunkt  
Oberkörper - Zentrum  
Lendenwirbel: ca. 3 cm

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

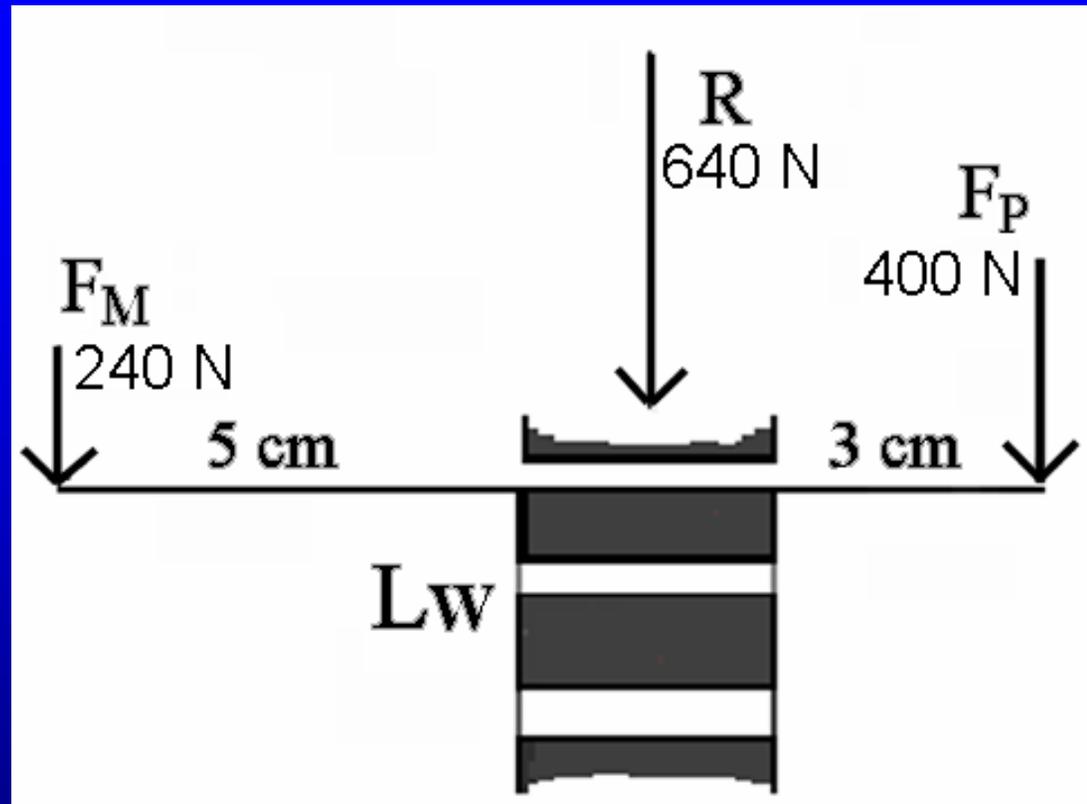
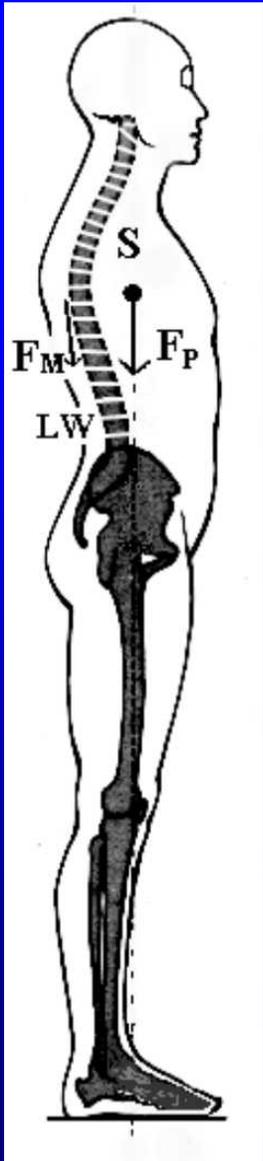


## Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



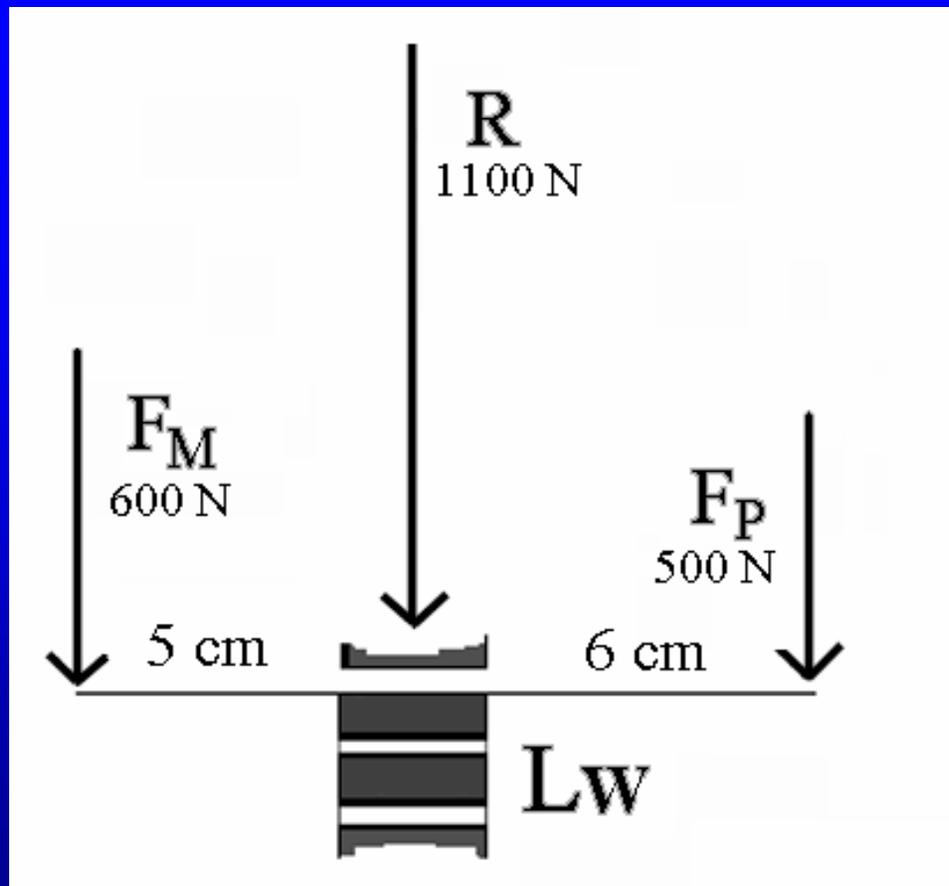
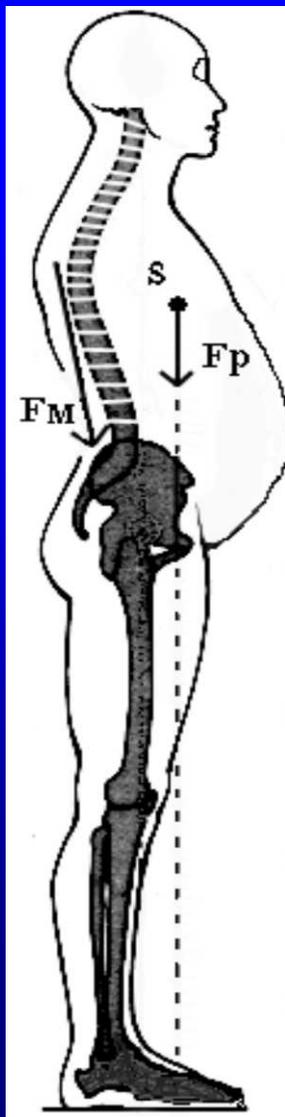
## Die Belastung der Wirbelsäule bei einem schlanken Menschen:

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) :

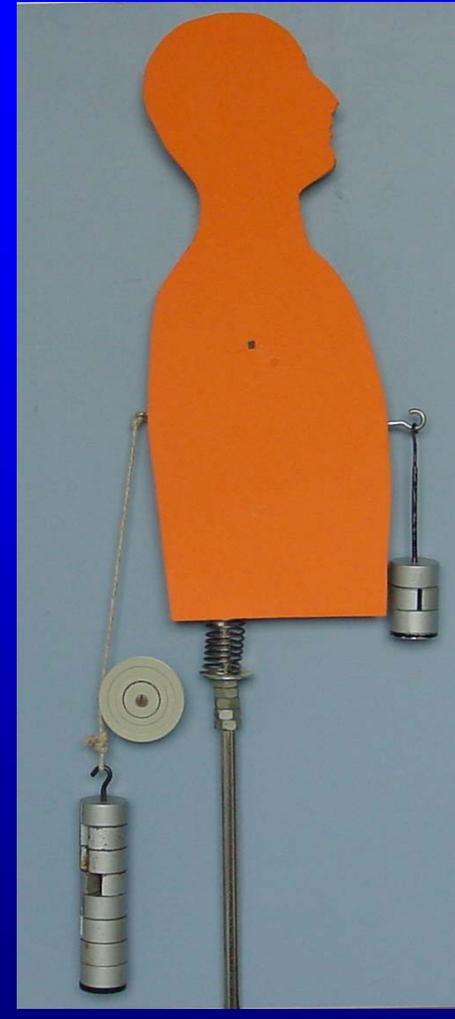
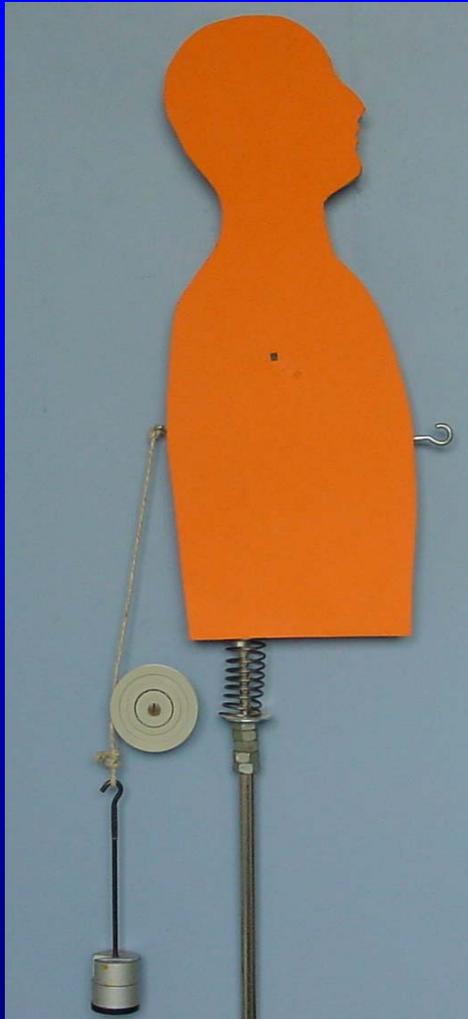


**Belastung der Wirbelsäule: 1100 N !  
(vorher 640 N)**

10 kg mehr  
am Bauch =

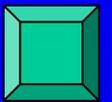


# Modell zur Demonstration der Belastung der Wirbelsäule bei unterschiedlicher Lage des Schwerpunkts



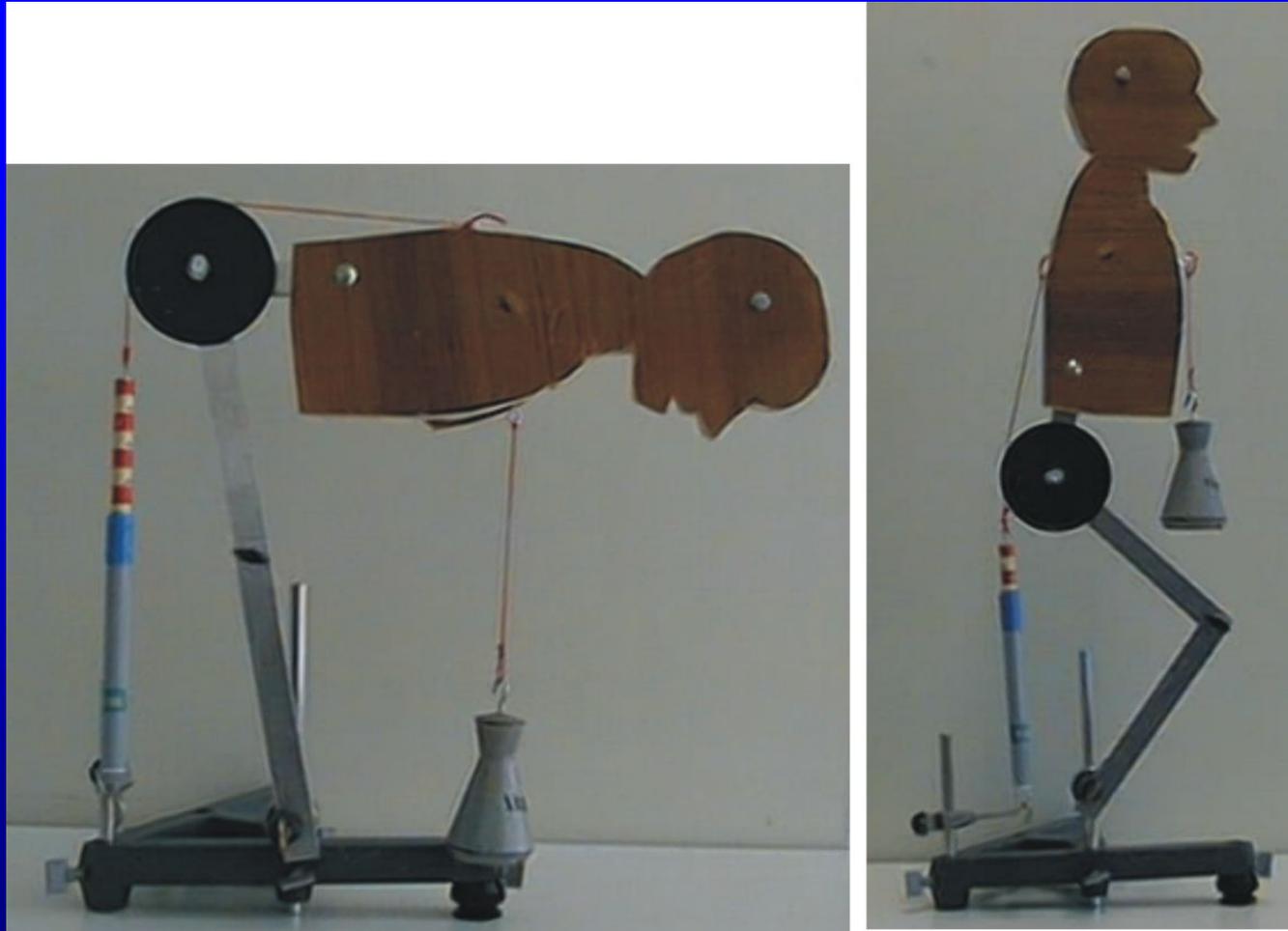
Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

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



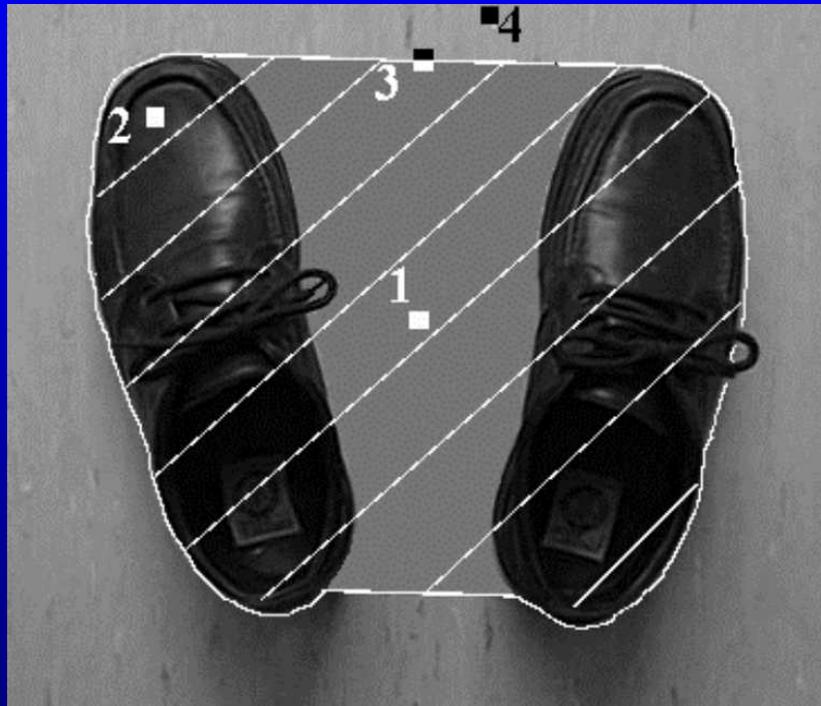
IBE

# Falsches und richtiges Heben einer Last

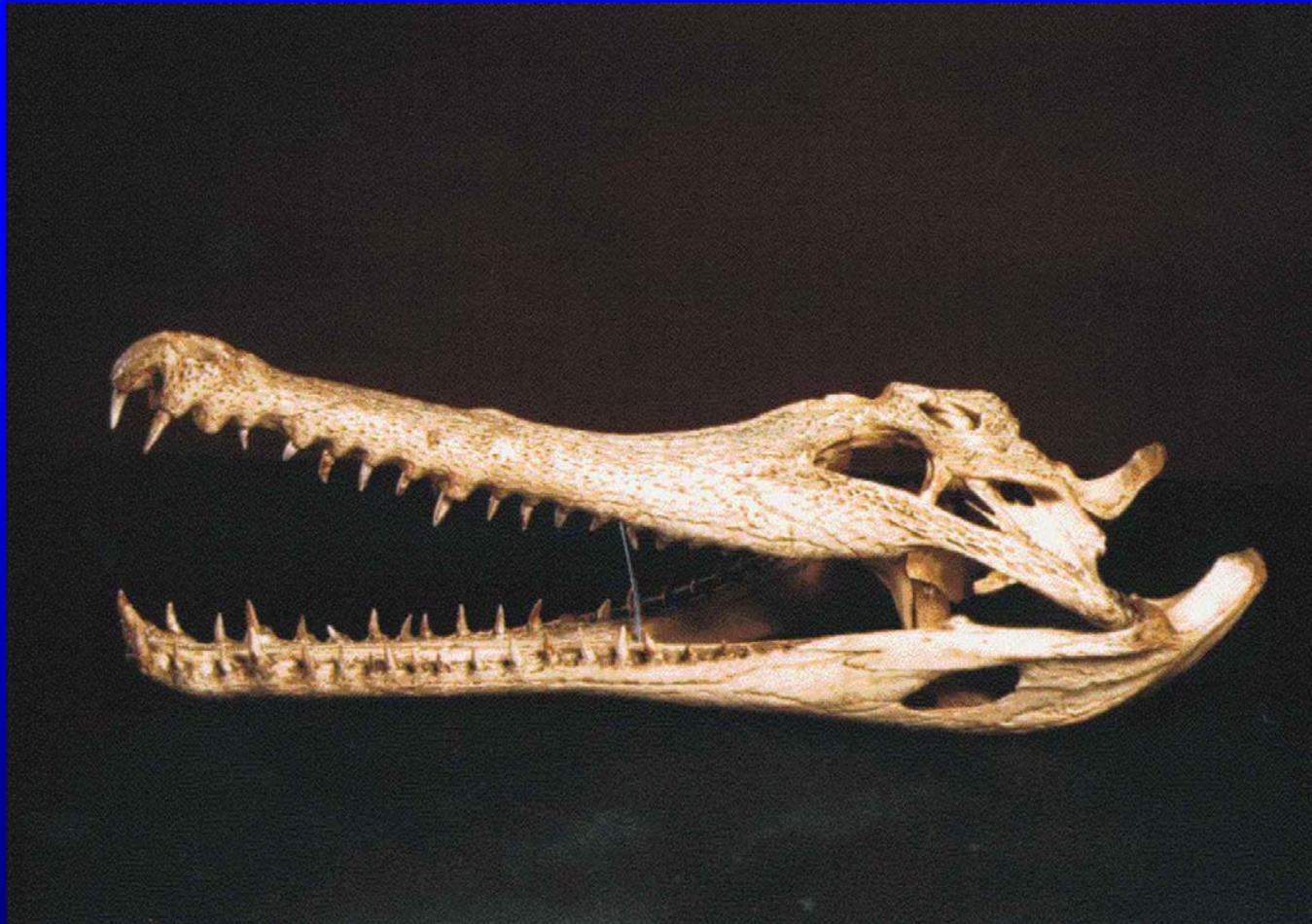


## Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

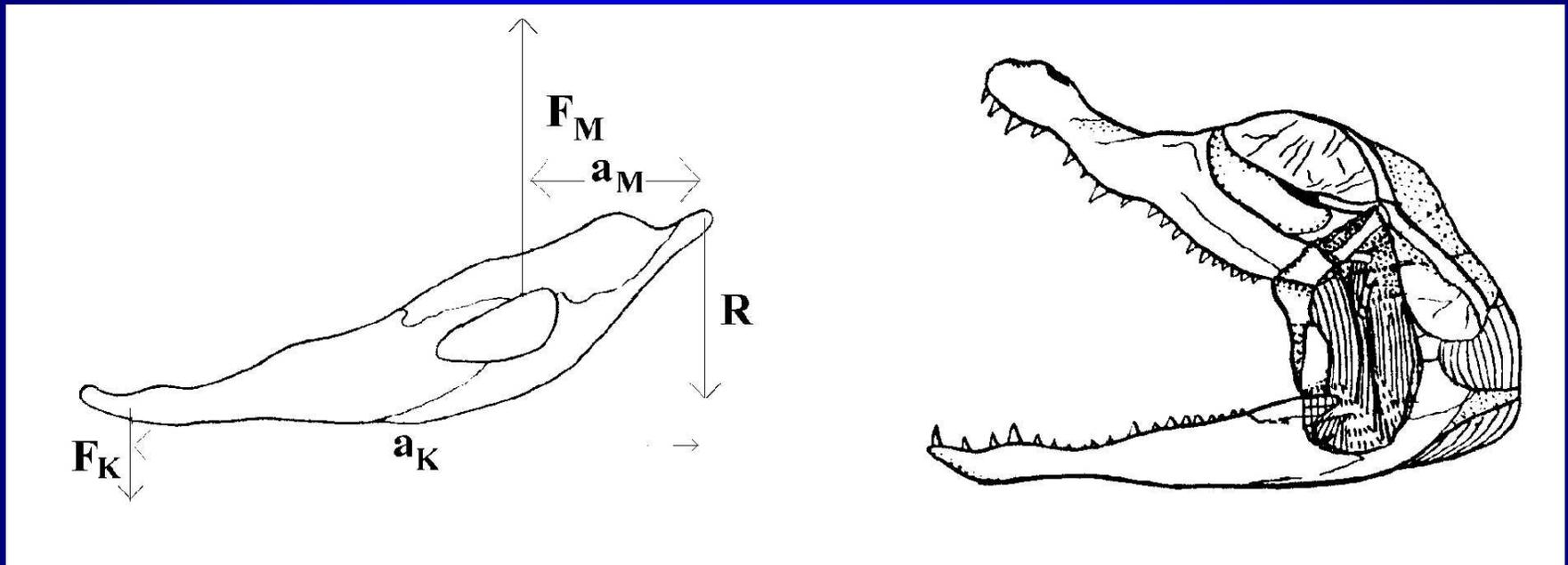
- Gute und schlechte Körperhaltungen
- Bedingung für stabiles Stehen:



## Unterrichtseinheit 3: Kauapparate

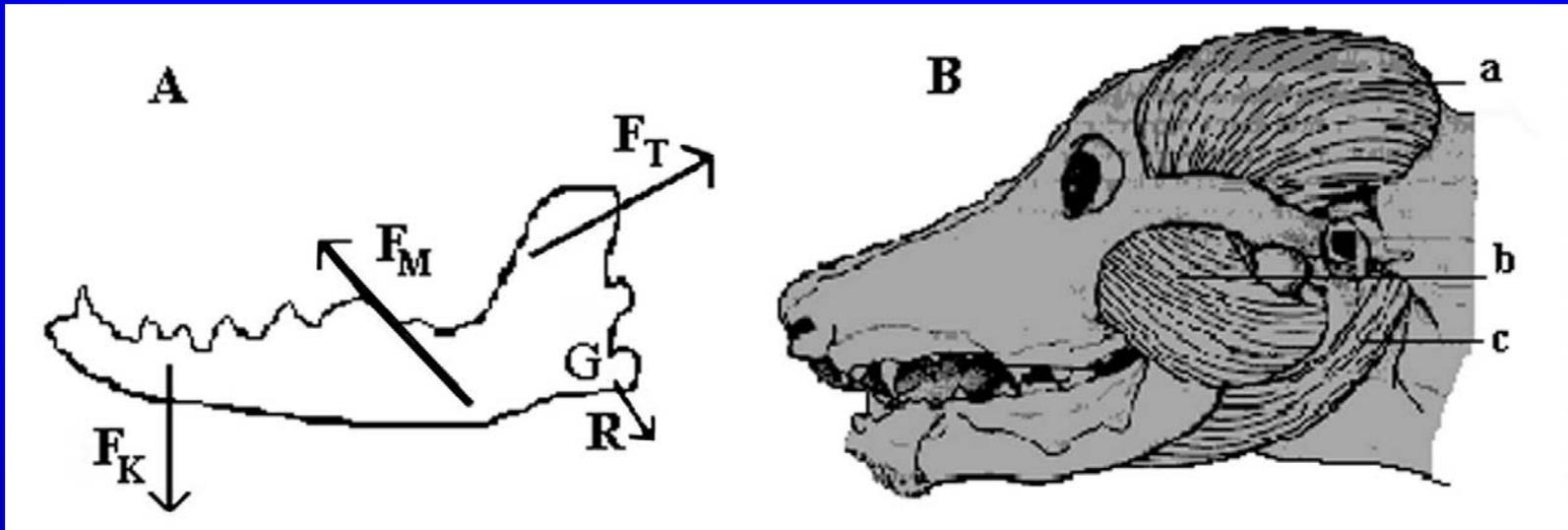


## Statik des Unterkiefers eines Reptils:



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

## Statik des Unterkiefers eines Hundes (Carnivore):

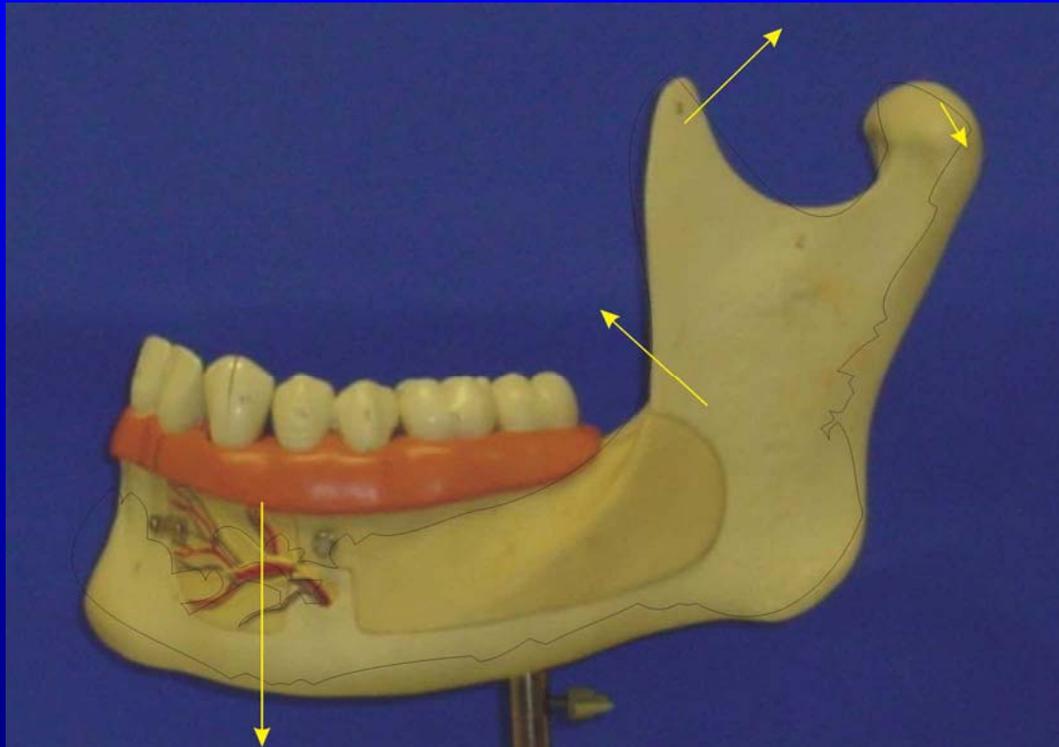


### Gleichgewicht von Kräften und Drehmomenten:

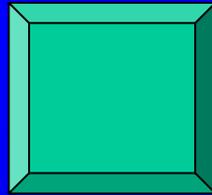
$$\mathbf{F}_K + \mathbf{F}_M + \mathbf{F}_T + \mathbf{R} = 0 \quad \text{und}$$

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

## 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

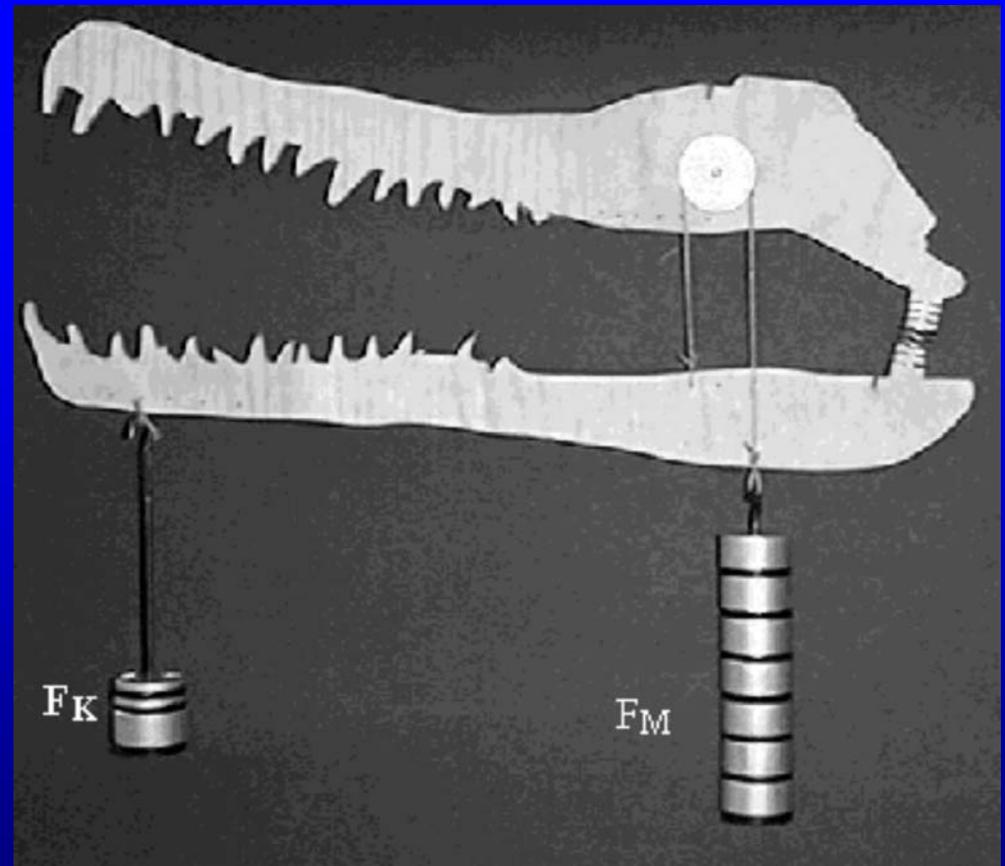
- Einleitung

Kraft- und Drehmomentgleichgewicht beim Krokodilunterkiefer :

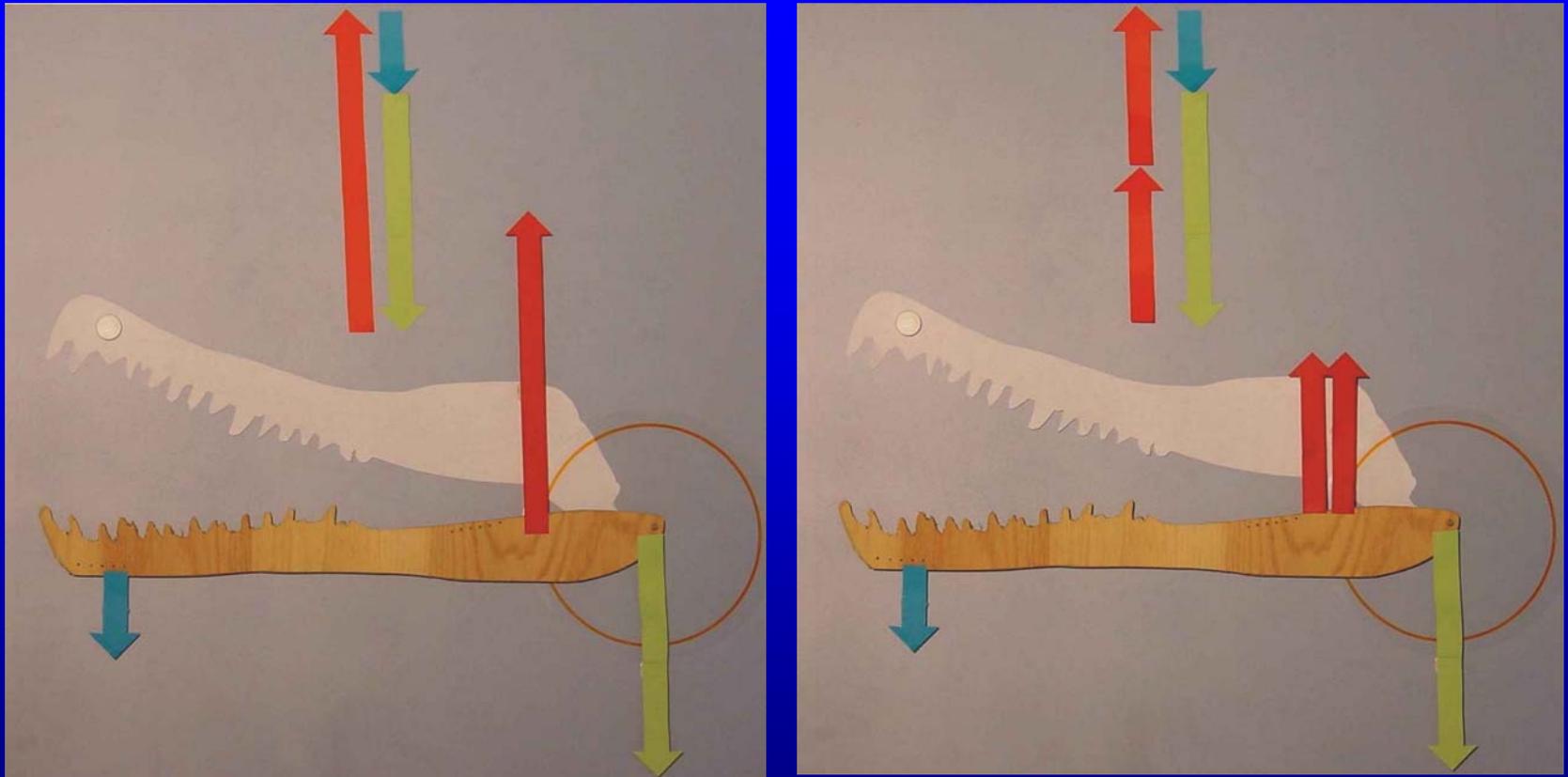
$$F_K \cdot a_K - F_M \cdot a_M = 0$$

und

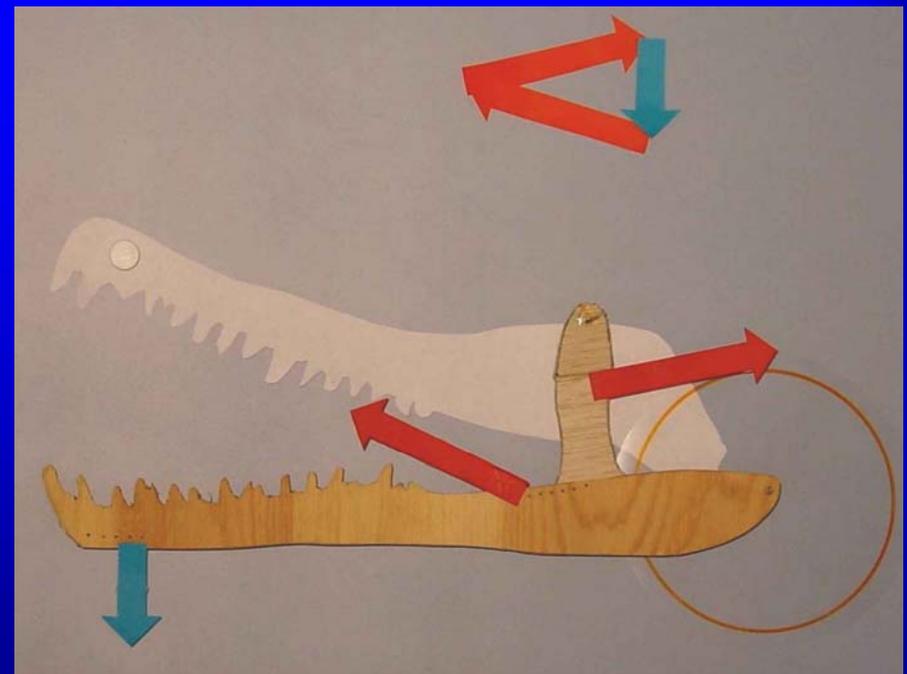
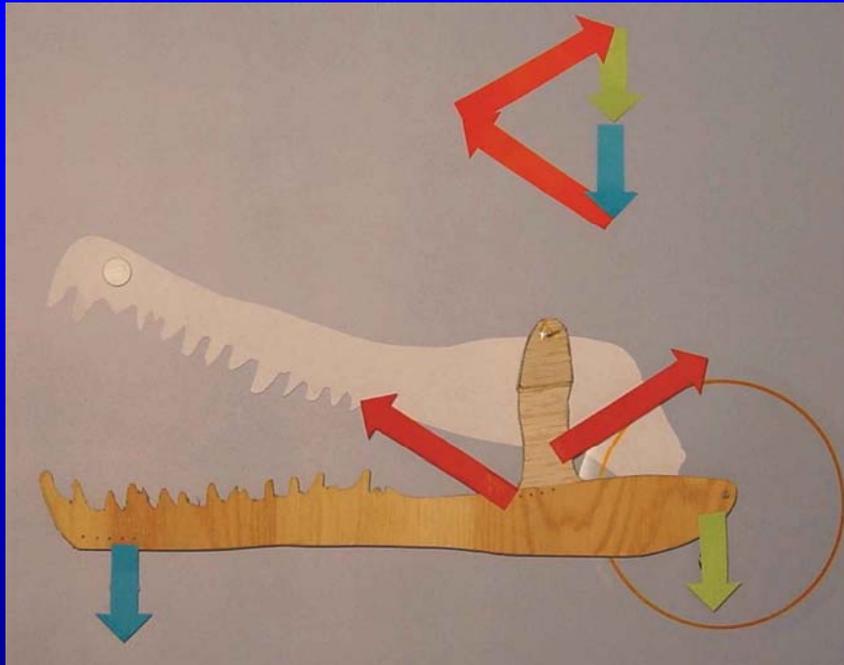
$$F_K - F_M + R = 0$$



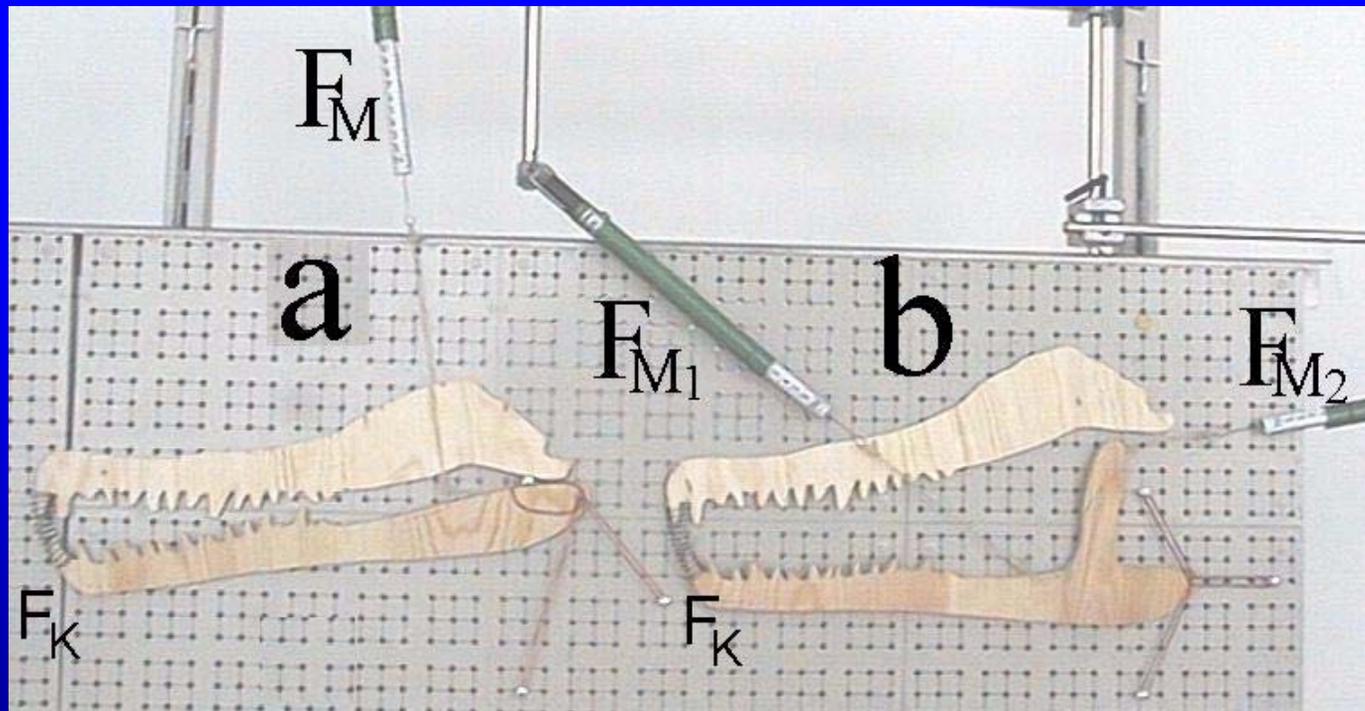
## Reduzierung der Gelenkbelastung I:



## Reduzierung der Gelenkbelastung II:

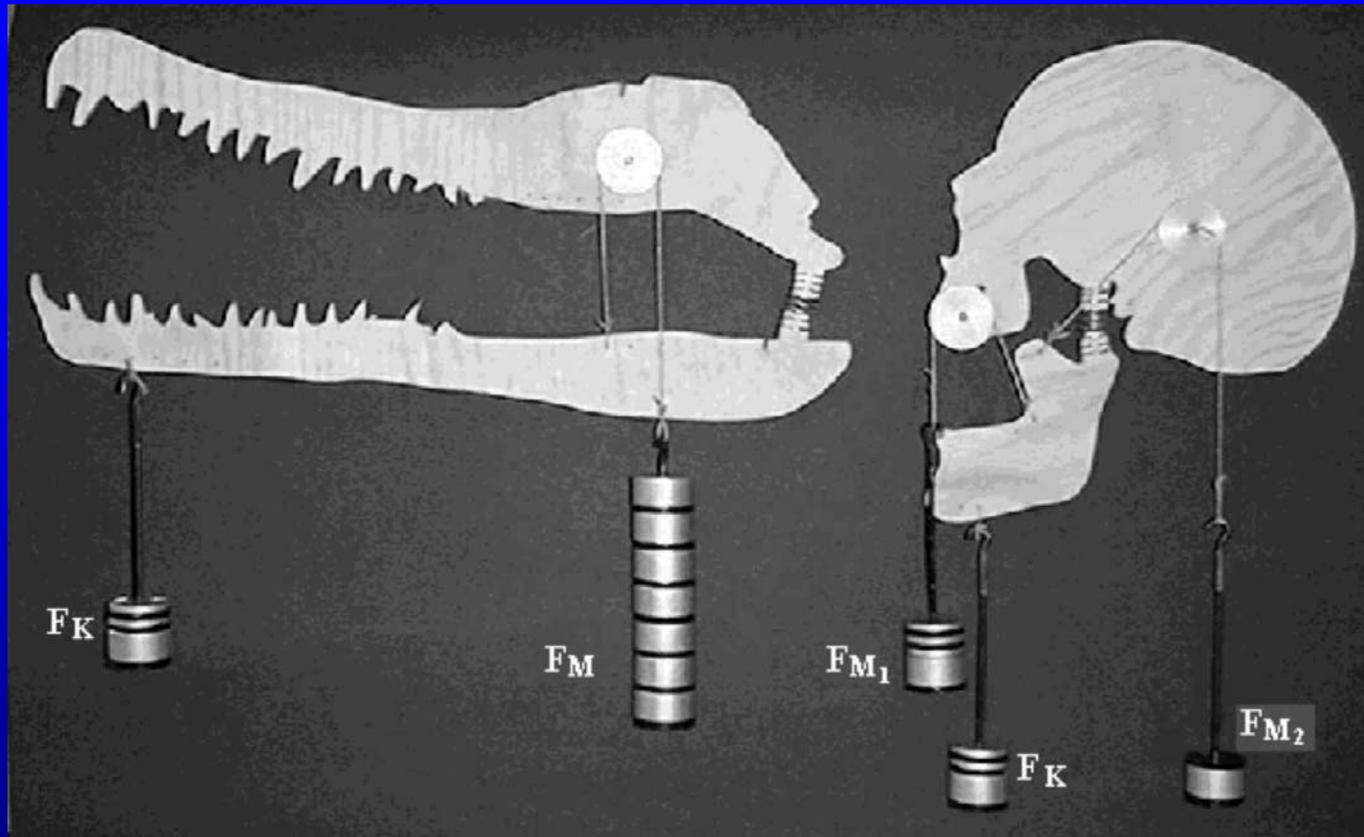


## Die Belastung des Unterkiefergelenks mit und ohne processus coronoideus:



Die drei Gummibänder zeigen die Belastung des Unterkiefergelenks an.

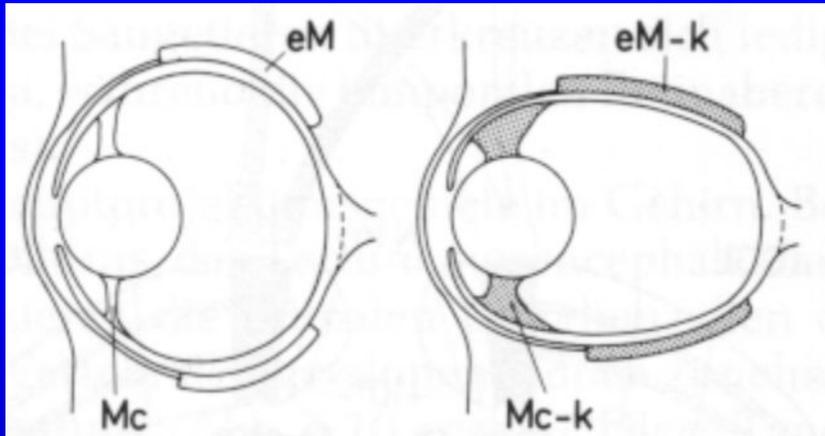
## Demonstration des Gleichgewichts beim Unterkiefer:



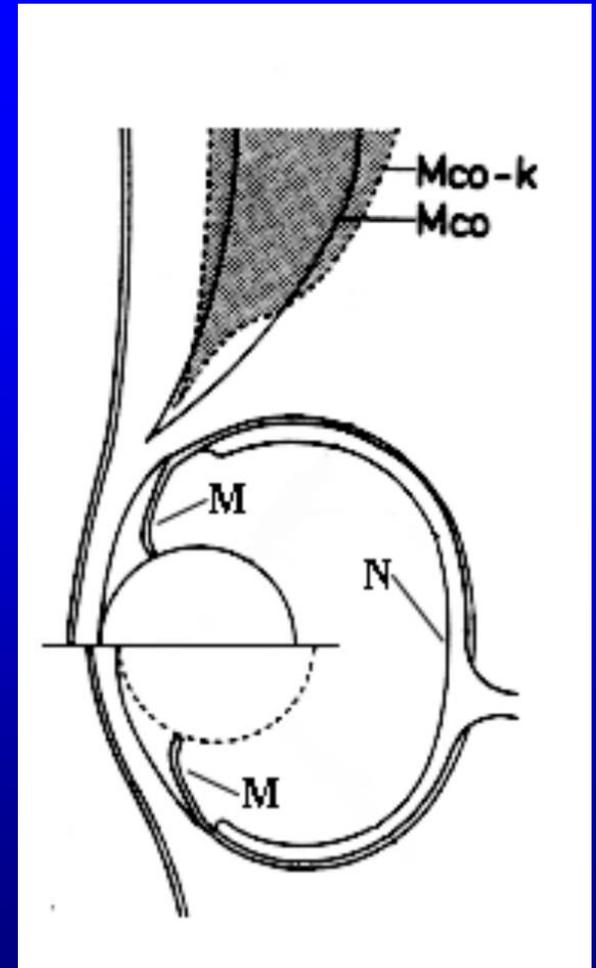
## Unterrichtseinheit zum Sehen:

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

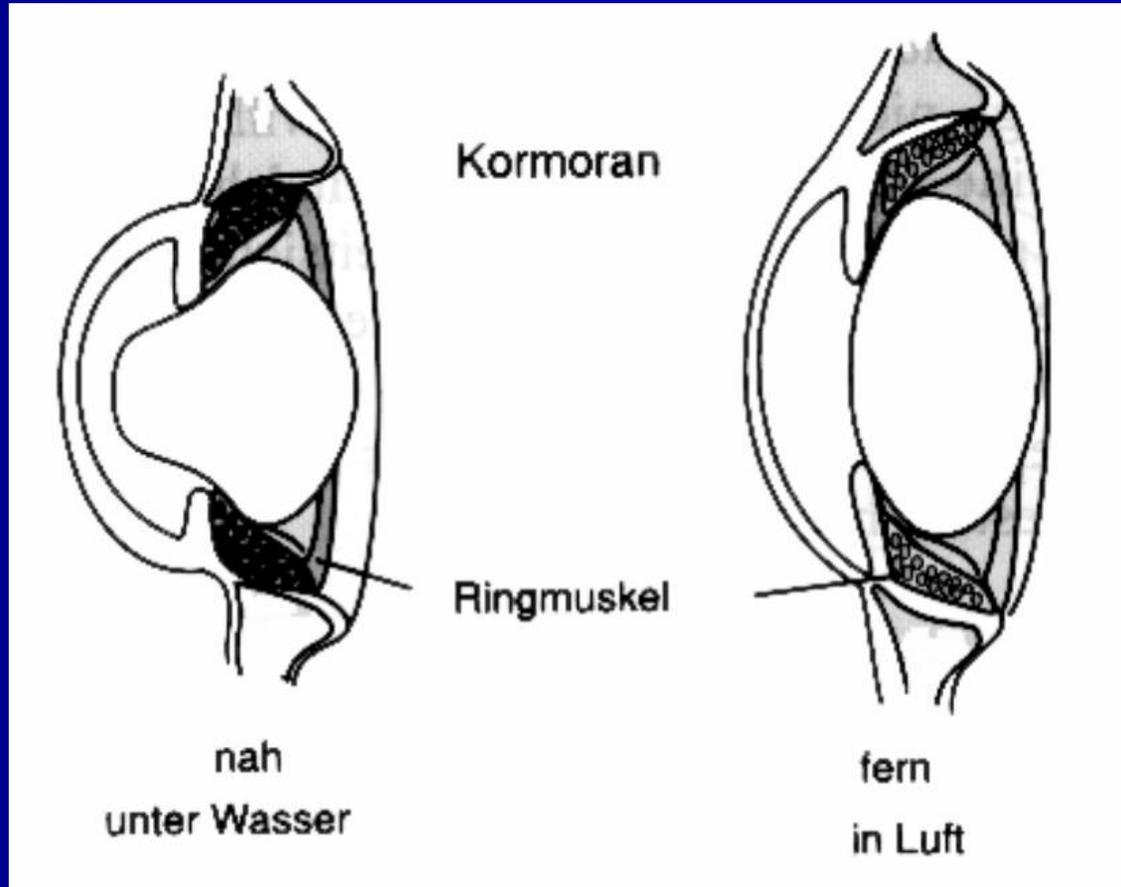
# Akkommodation durch Änderung des Abstandes zwischen Linse und Netzhaut:



Octopus

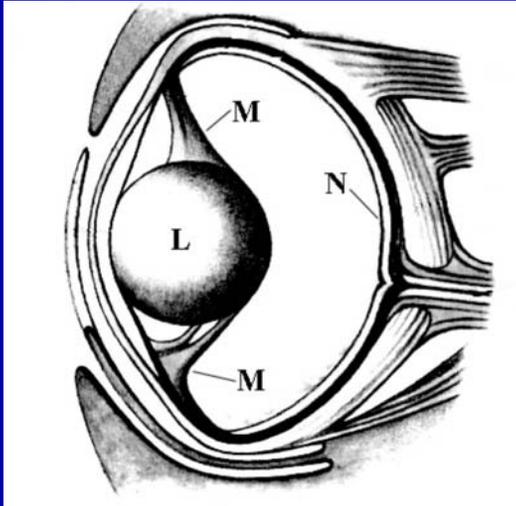


Neunauge

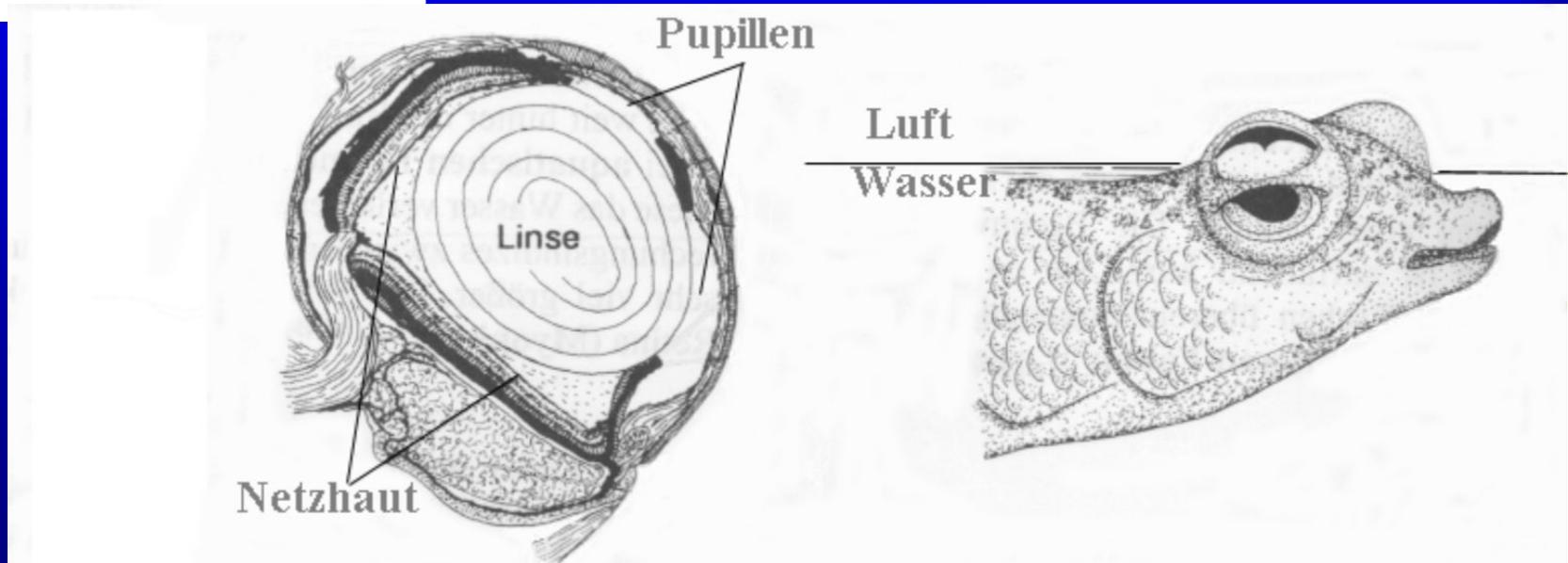


## Kormoran

## Haifisch

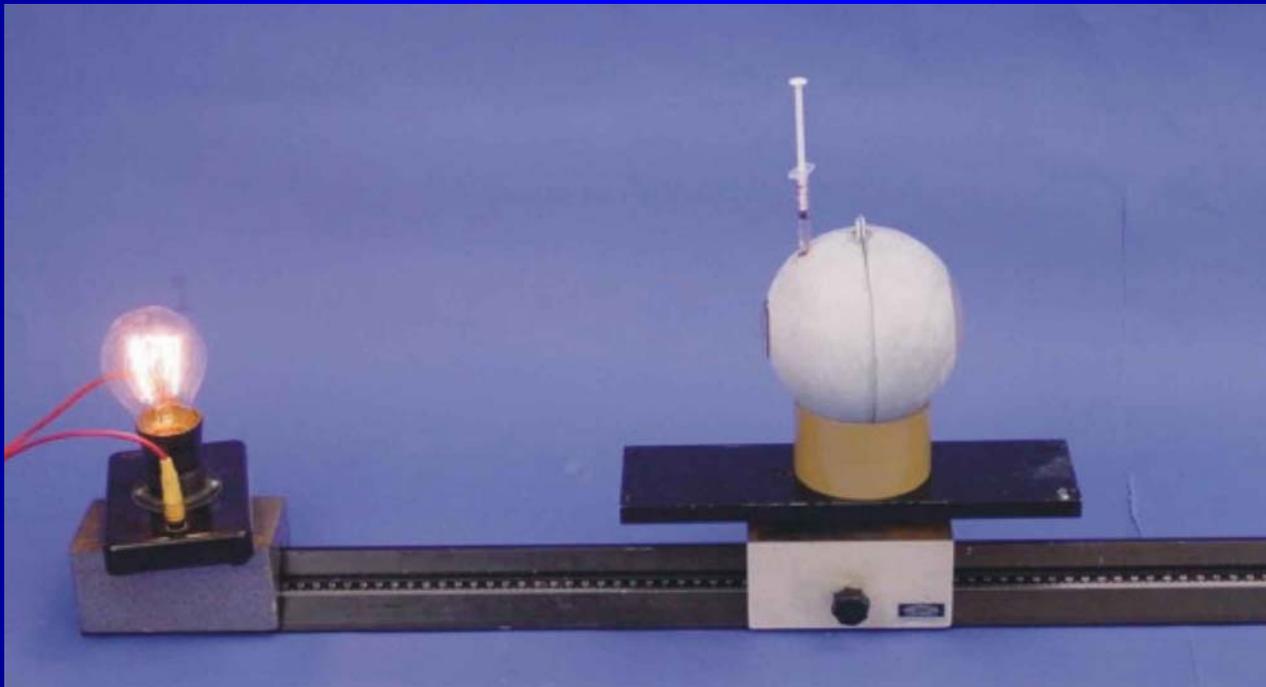


## Vieraugenfisch



## Lernstation 1: Aufbau und Funktion des Auges

## Lernstation 2: Bestimmung des Akkommodationsbereichs



## Augenmodell mit Gummilinse



## Gummilinse

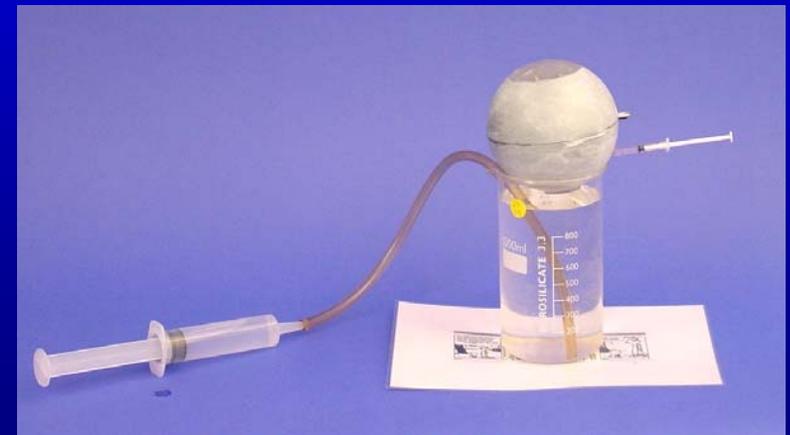




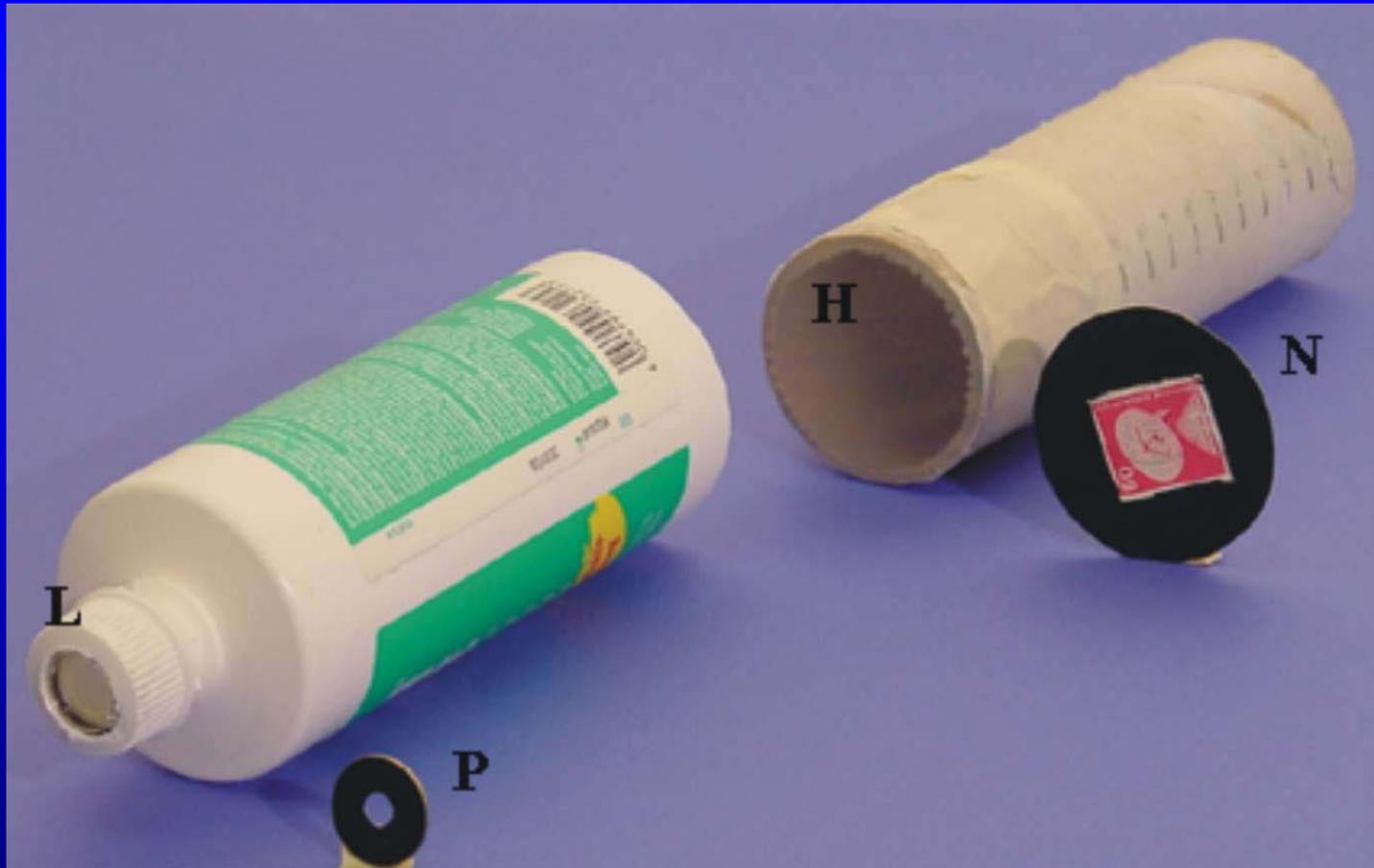
Lernstationen 3  
und 4: Kurz- und  
Weitsichtigkeit

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

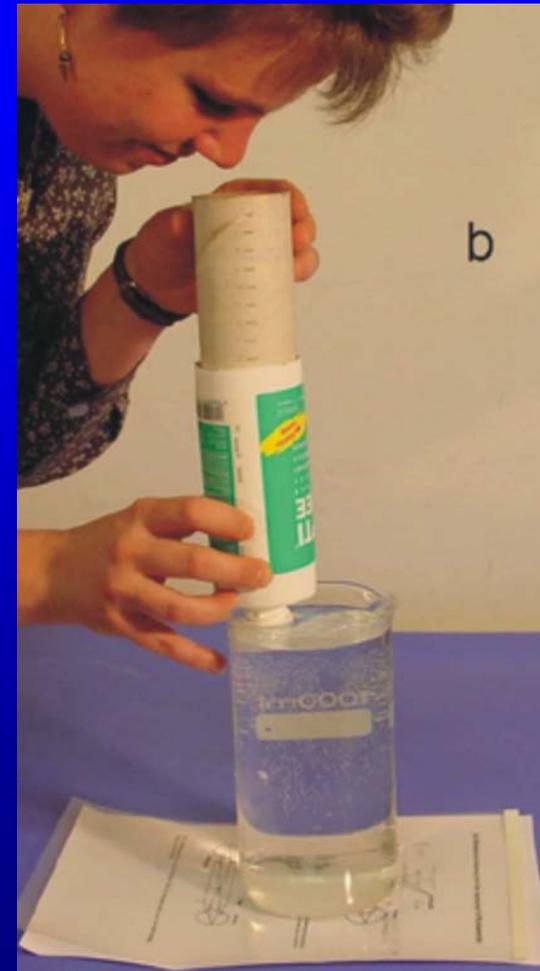
- Wie sehen Fische?



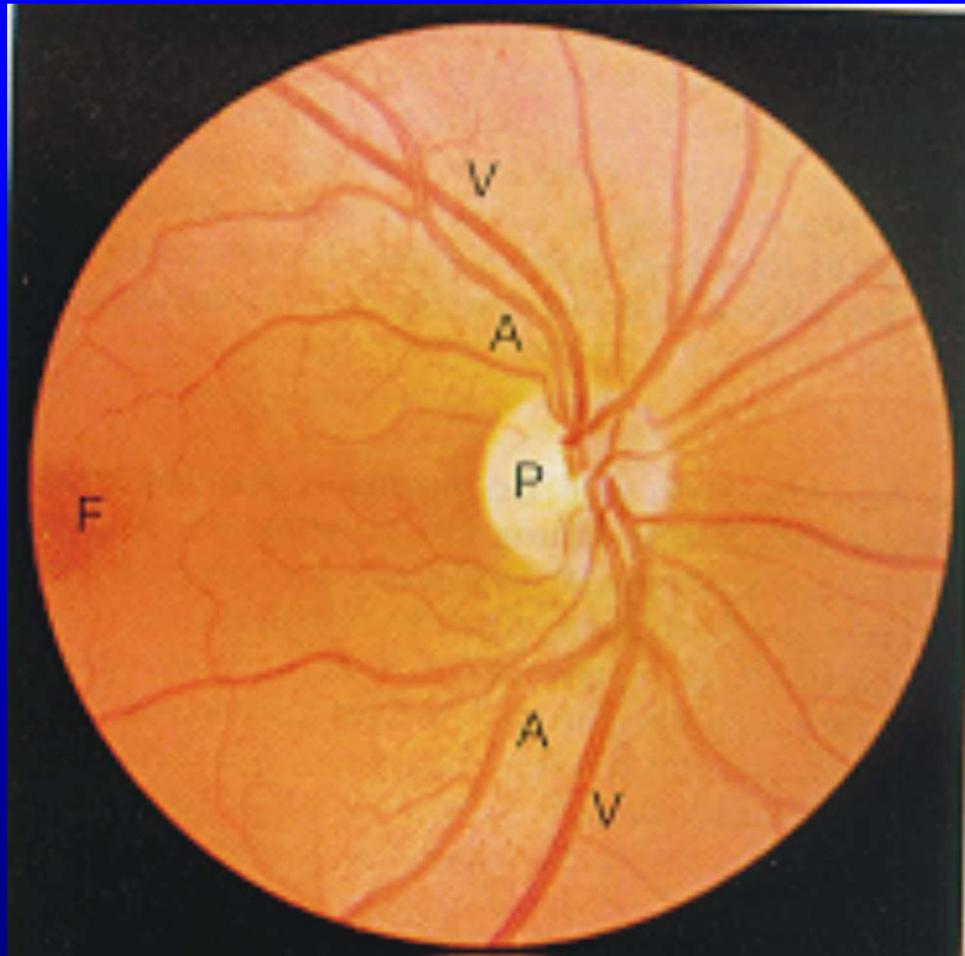
# Augenmodell zur Untersuchung des Sehens unter Wasser



## Schülerversuche: Sehen unter Wasser



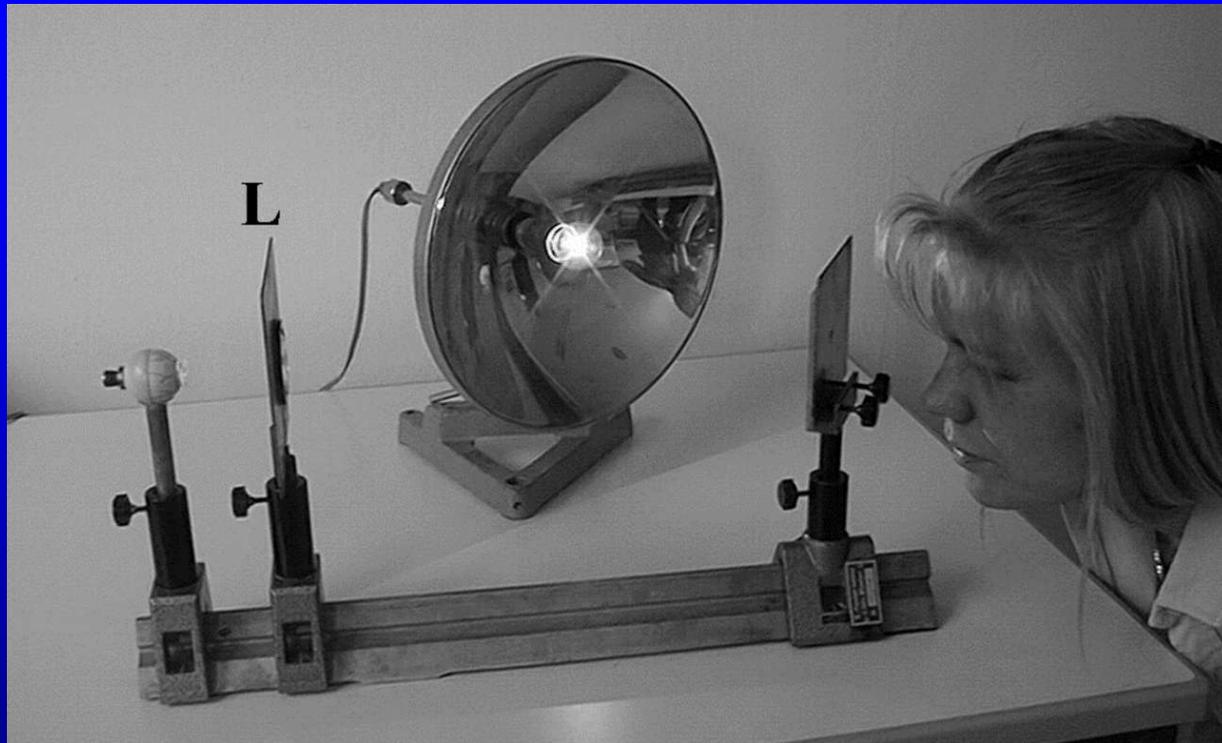
## Lernstation 6: Wie untersucht ein Arzt die Netzhaut?



## Simulation der Netzhautbeobachtung

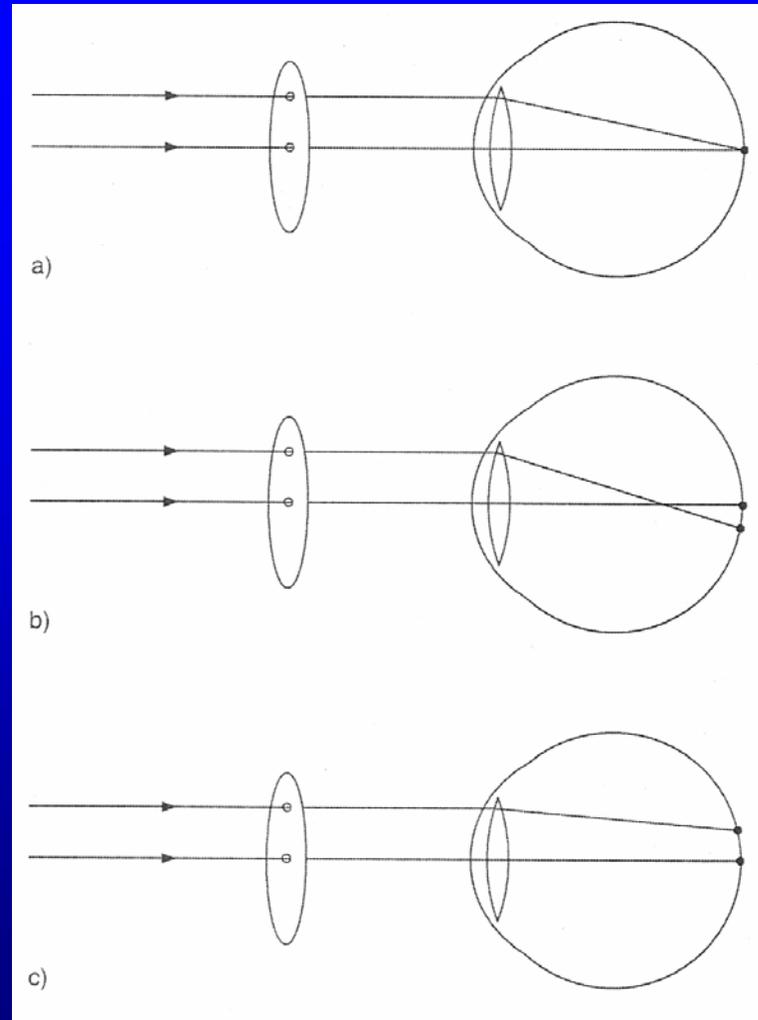


## Bestimmung des Grades der Fehlsichtigkeit mithilfe eines Augenspiegels:

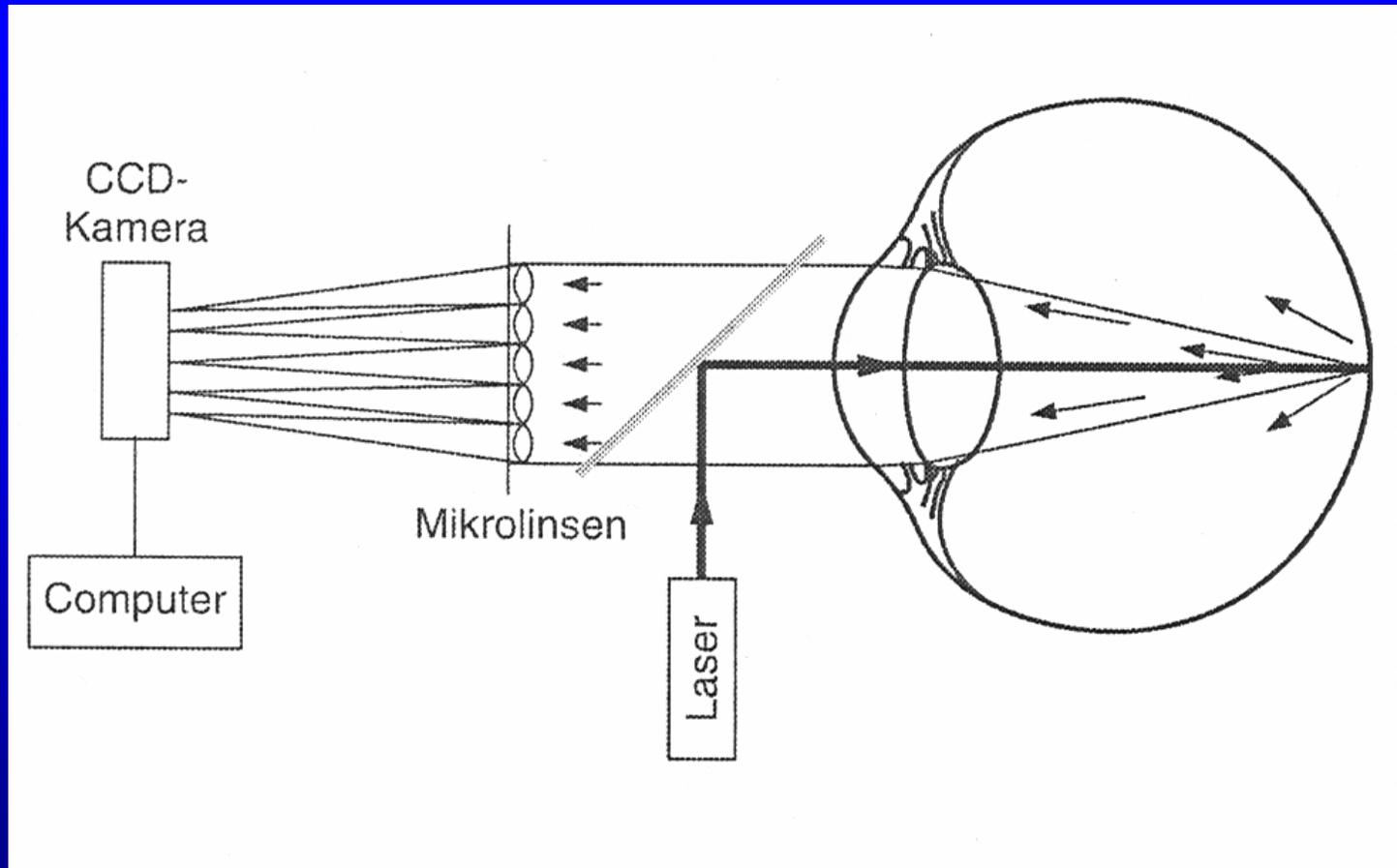


# Objektive Refraktionsmessung

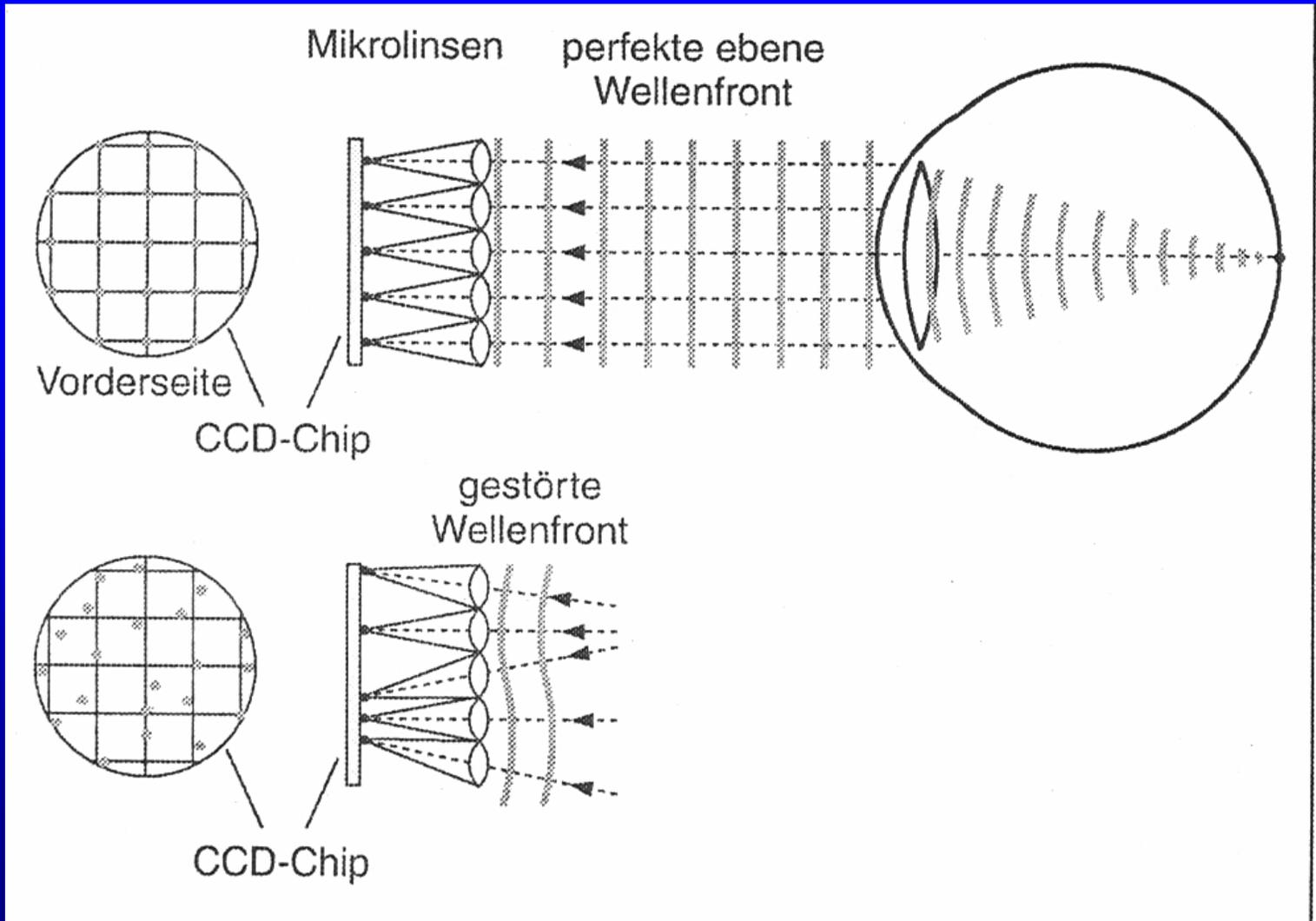
## Scheiner- Verfahren



# Hartmann-Shack-Verfahren

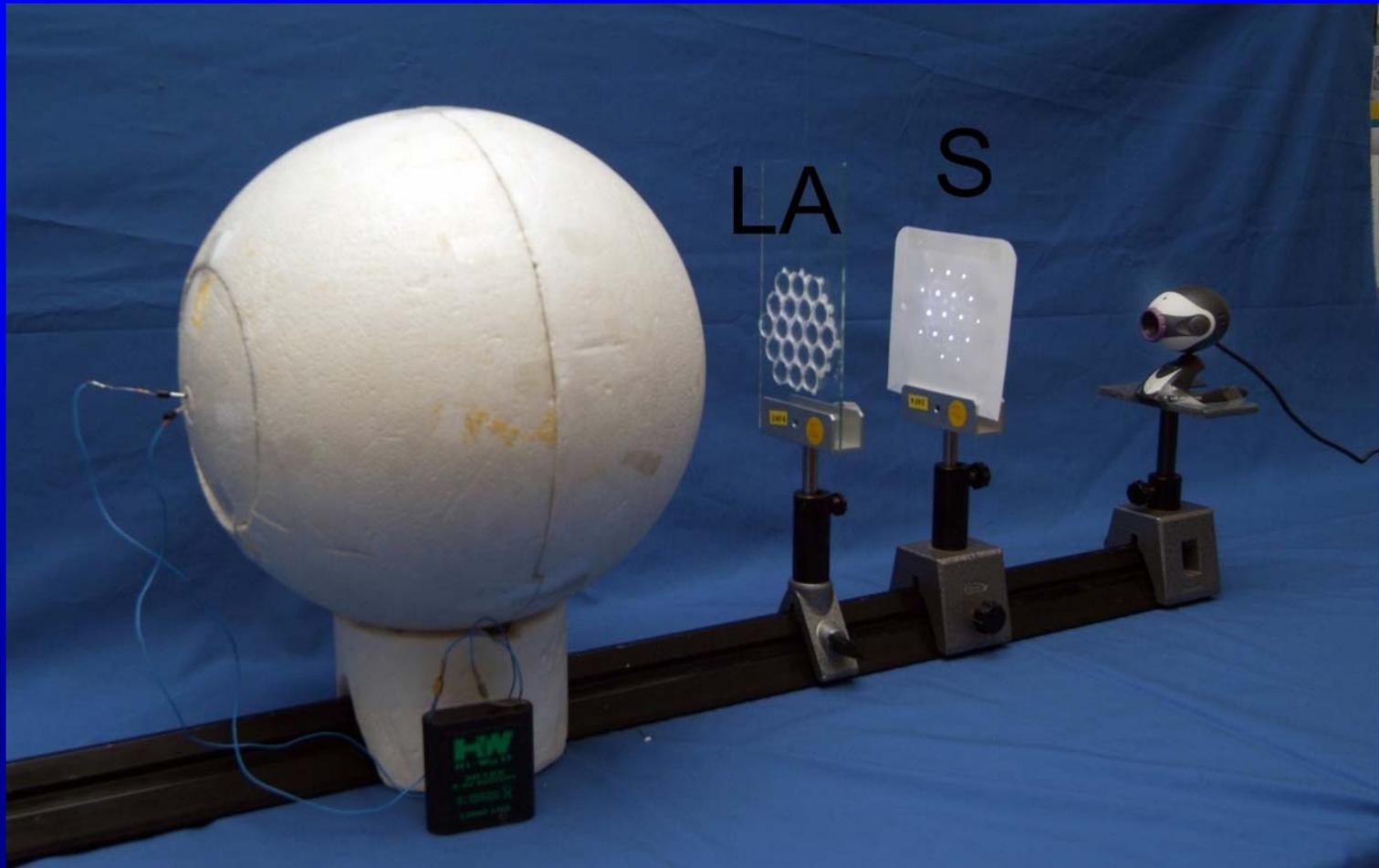


# Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

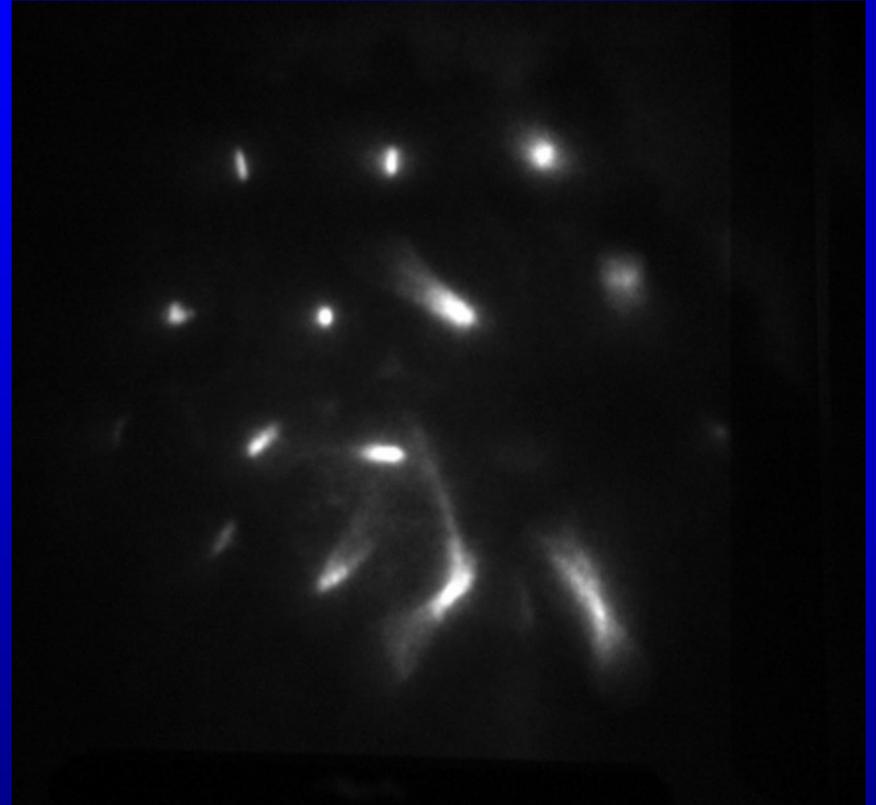
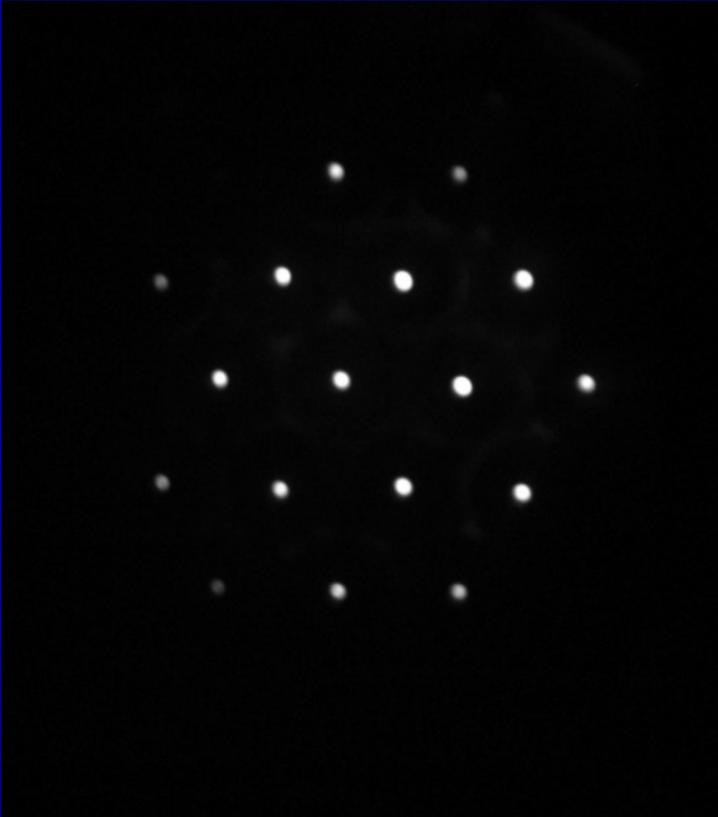


Verbesserung der Motivation im Physikunterricht

# Demonstrationsanordnung für das H-S- Aberrometer



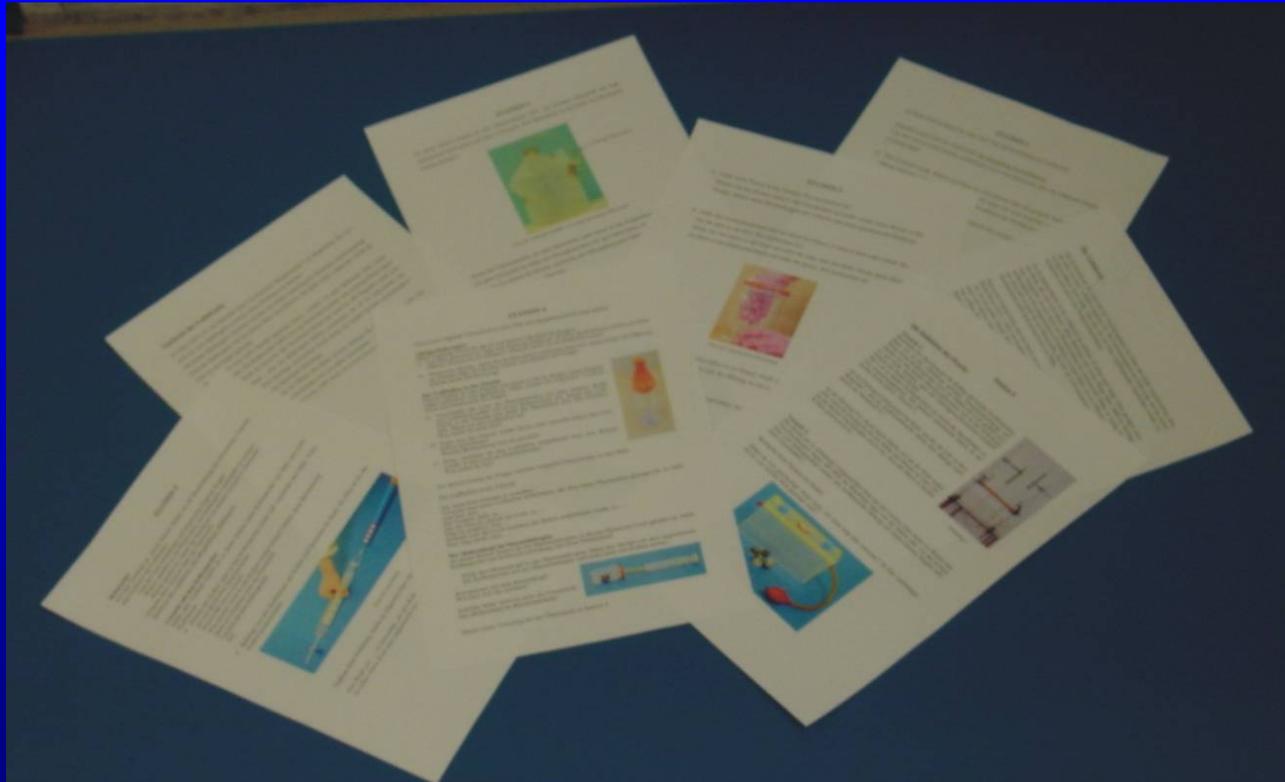
## Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



## Druck, Atmung, Blutkreislauf

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

...



# Tauchen:

Schweredruck in Wasser

Lungenriss beim Panikaufstieg

Pneumotorax

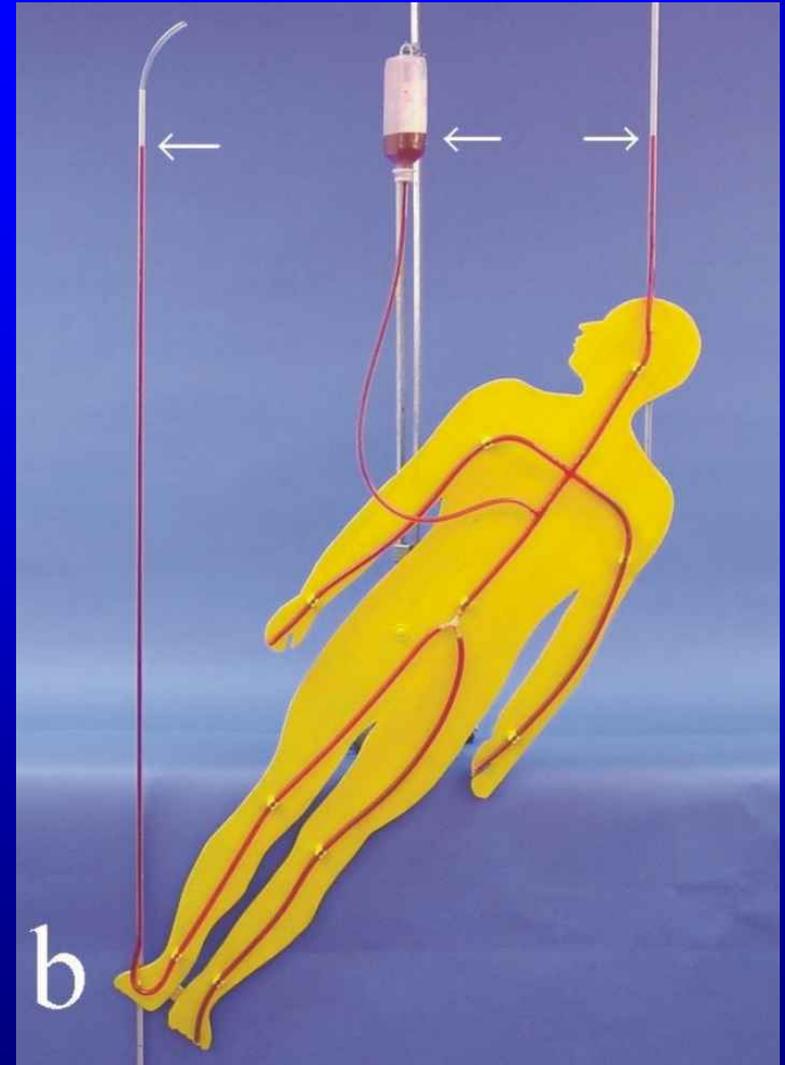
Maximaler Atemdruck

# Unterrichtseinheit 11: Der Einfluss des Schweredruckes beim menschlichen Blutkreislauf

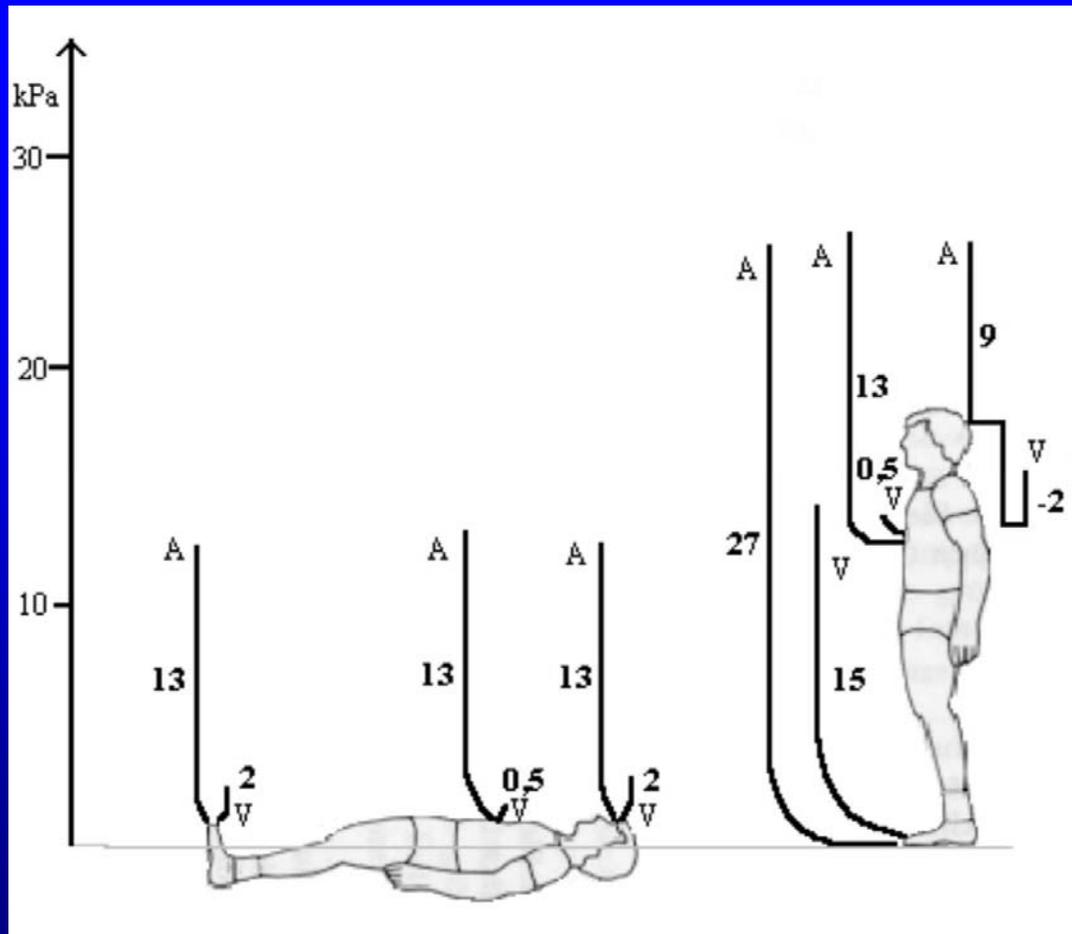
- Funktion des Blutkreislaufs
- Aufbau des Blutkreislaufsystems
- Blutdruckmessung:



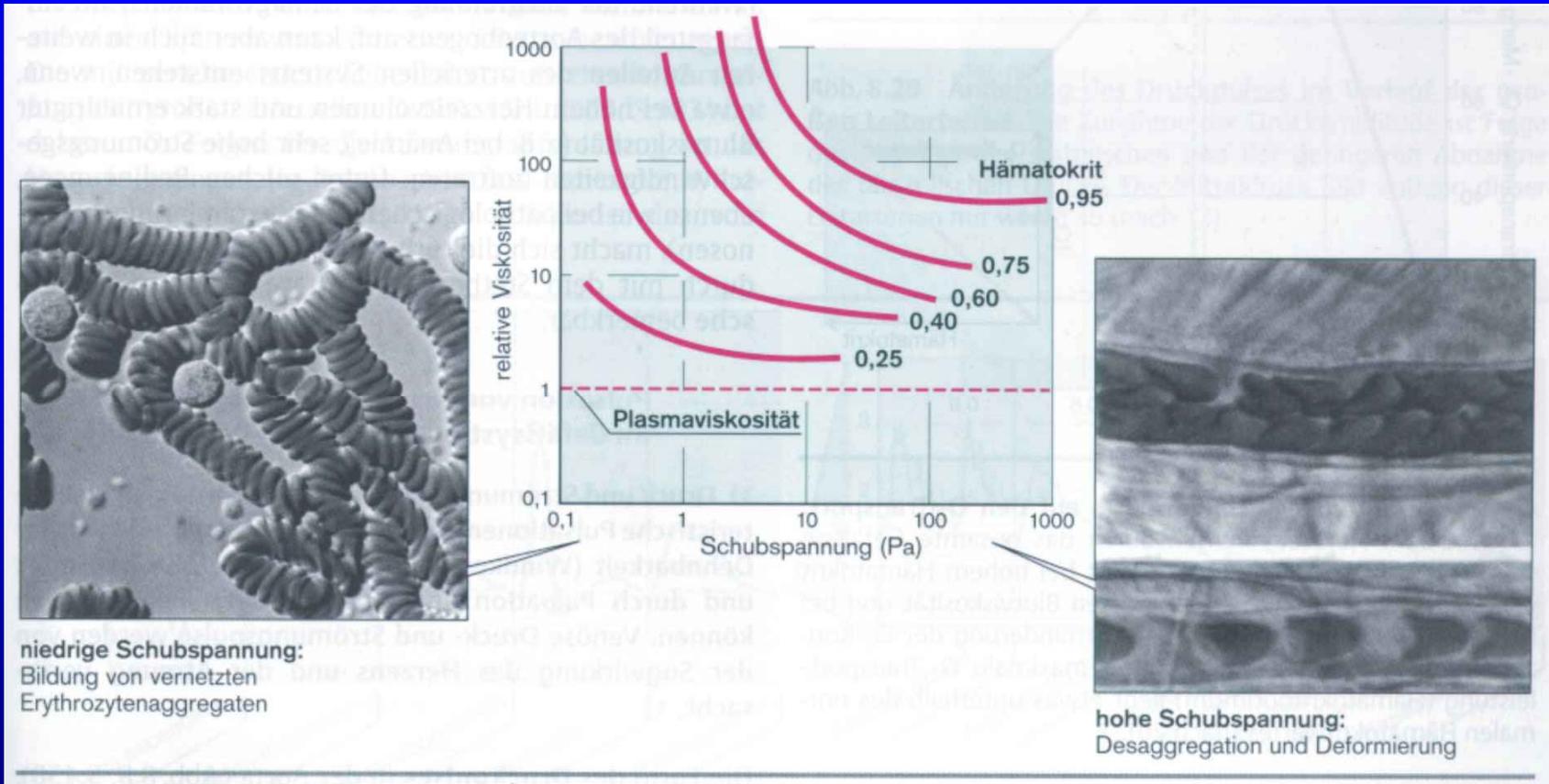
Demonstration:  
Schweredruck in  
Abhängigkeit von der  
Körperposition



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

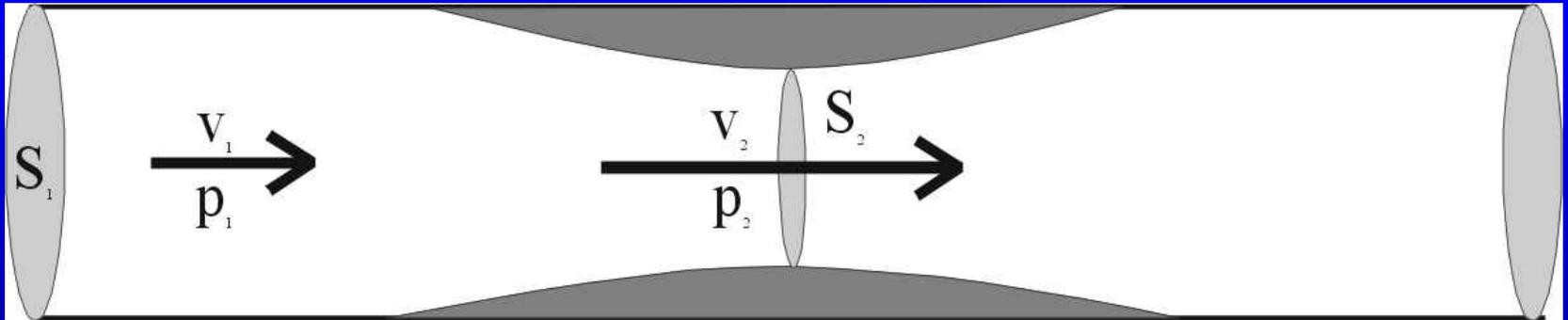


# Die Viskosität des Blutes hängt von der Scherspannung ab:



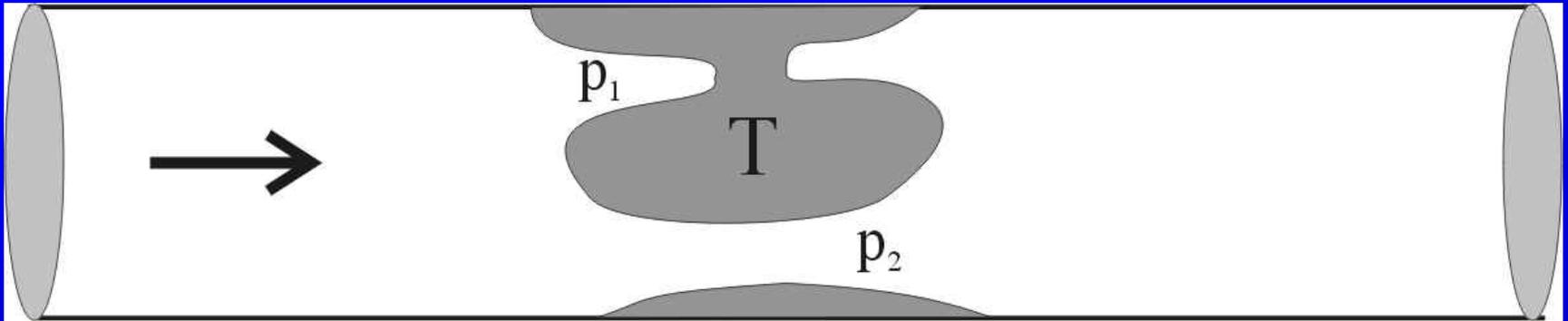
- Qualitative Einführung des Gesetzes von Bernoulli

- Stenose:

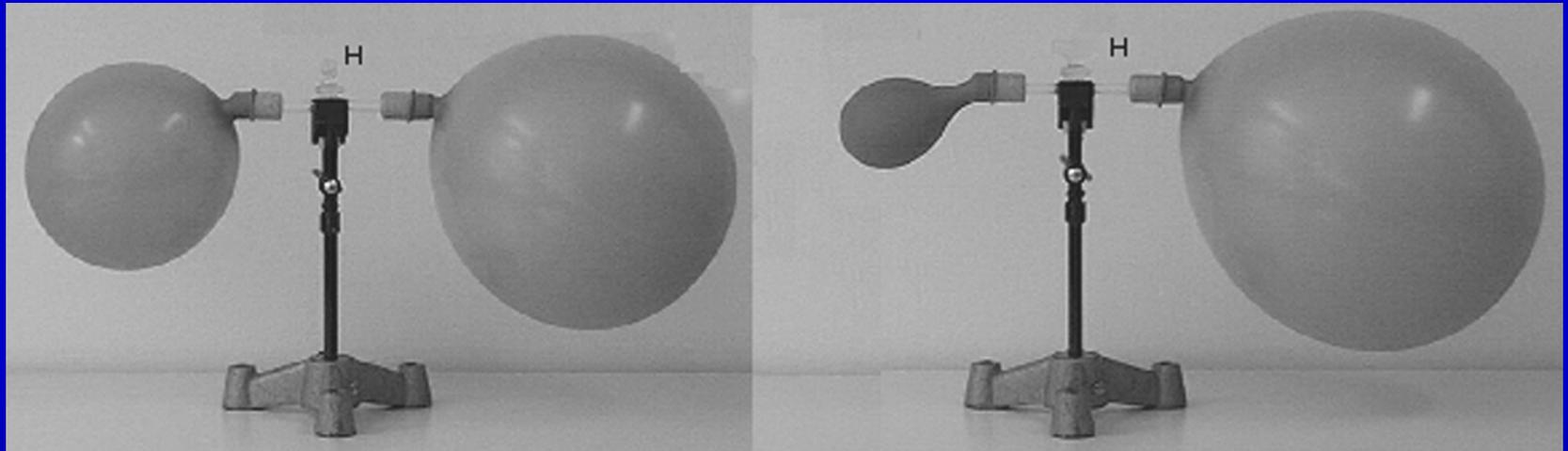


Strömungsgeschwindigkeit  $v_2 > v_1$ , also  $p_2 < p_1$

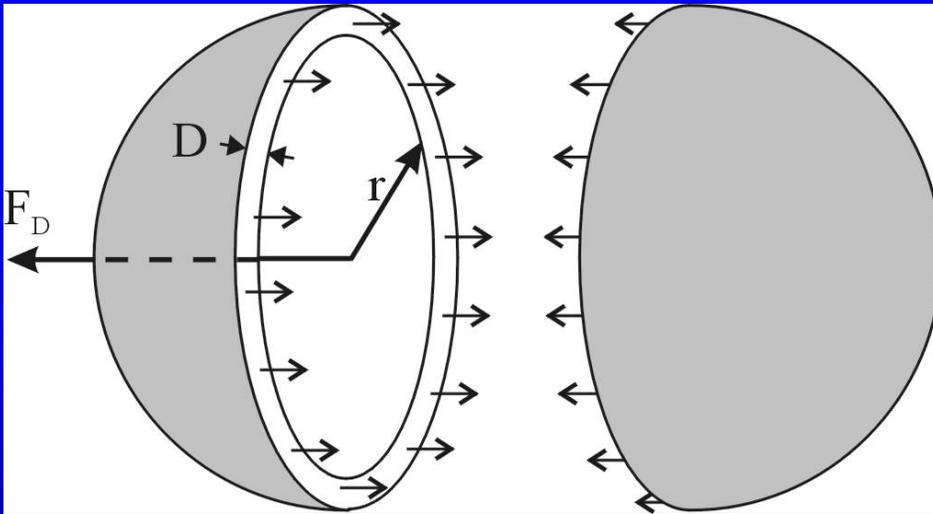
- Thrombose



## Verbesserung der Motivation im Physikunterricht



## Gesetz von Laplace:



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

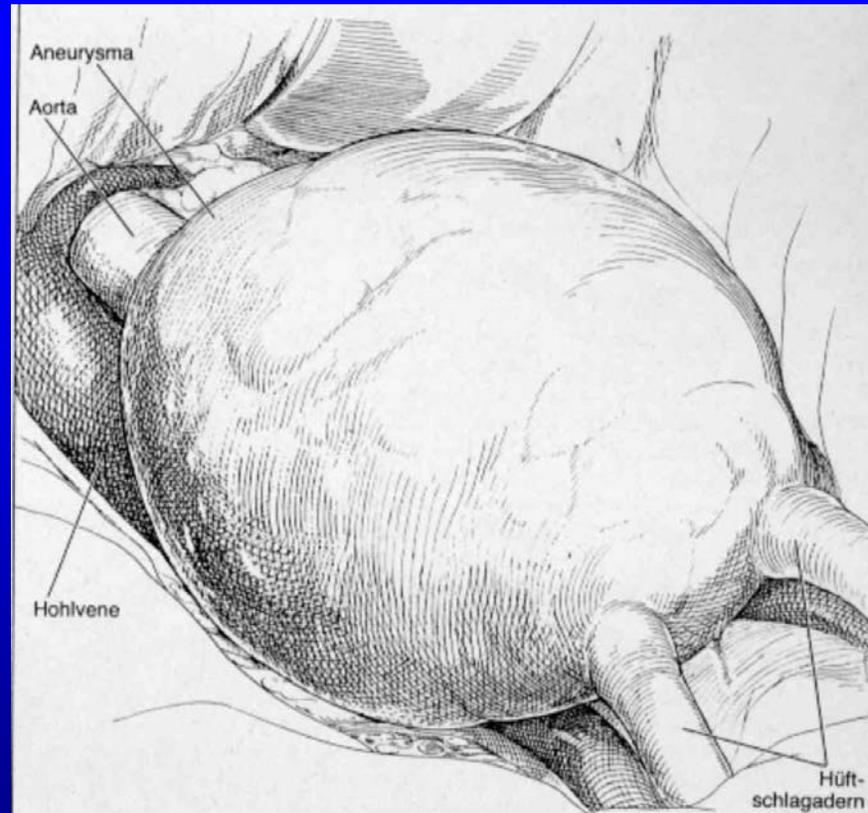
Spannung  $\sigma$  in der Wandschicht ergibt eine kohäsive Kraft:

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

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

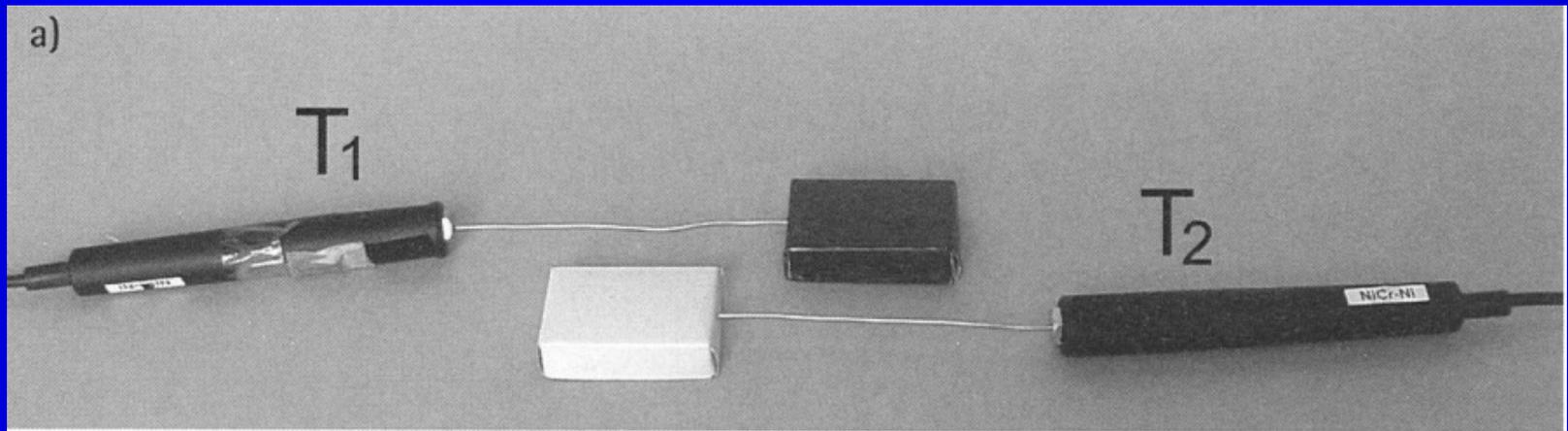
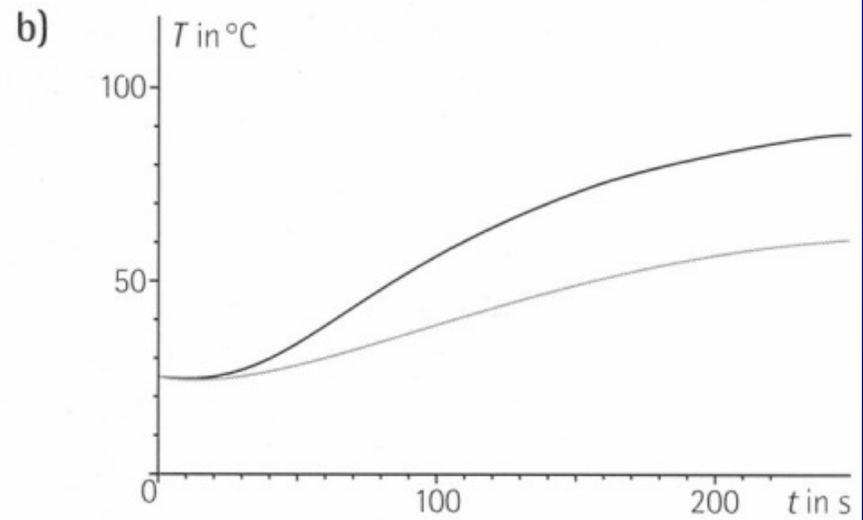


Abb. 1: a) Versuchsanordnung;  
b) Temperaturverlauf in  
den beiden Dosen  
(Kurve oben: schwarze Dose;  
unten: weiße Dose)



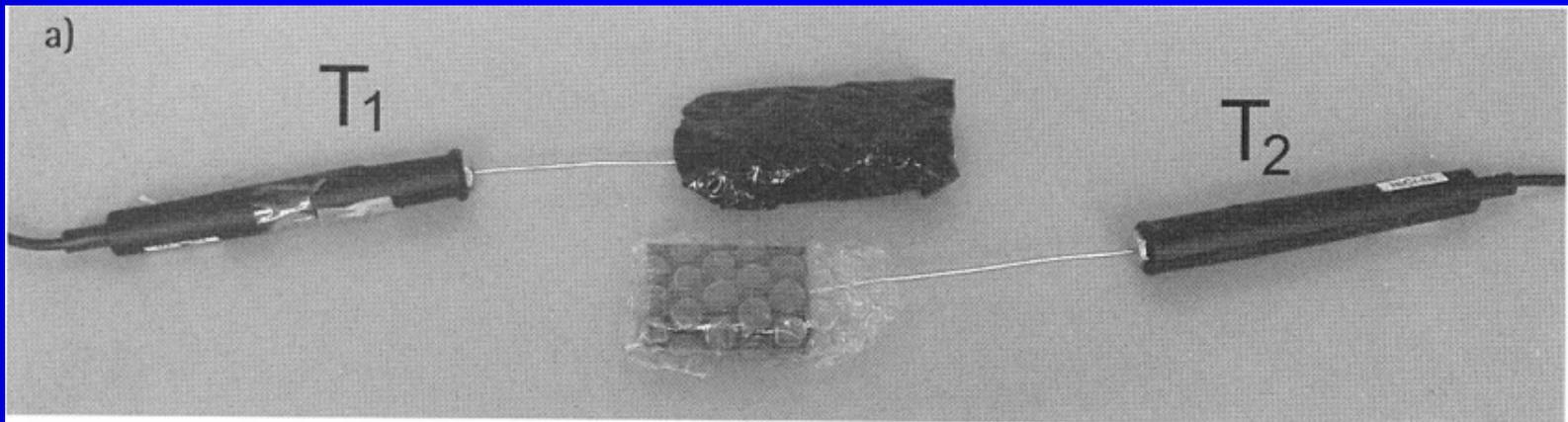
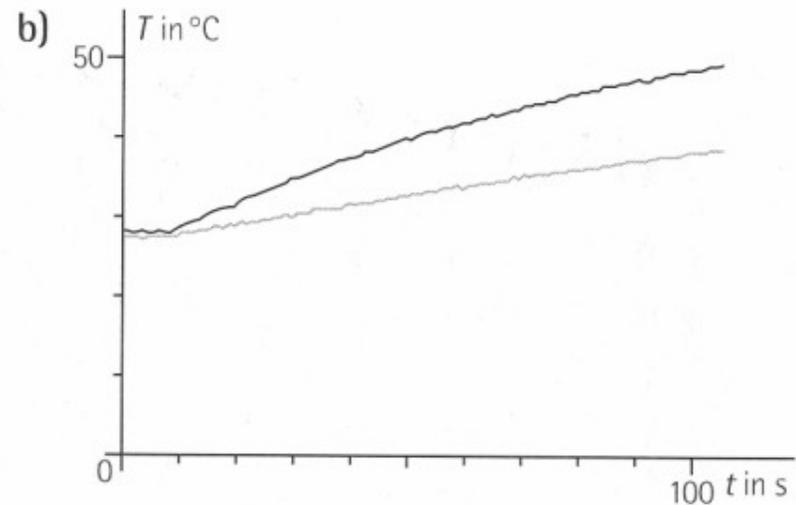


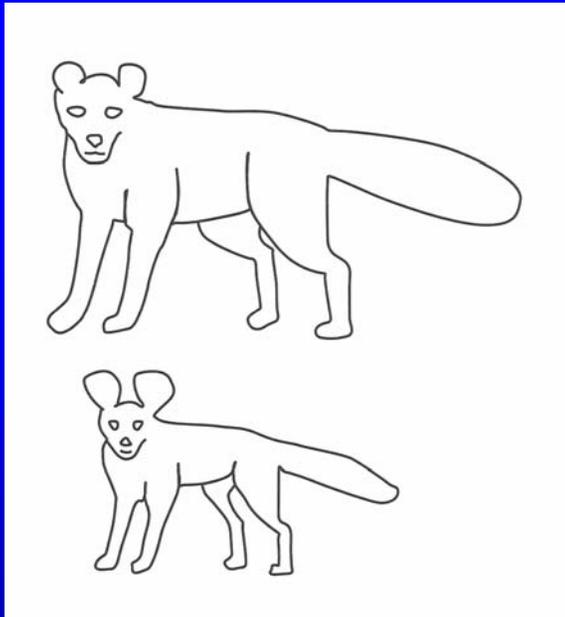
Abb. 2: Simulation eines schwarzhäutigen Bären mit lichtdurchlässigem (unten) und dunklem Fell (oben);

b) obere Kurve: Temperaturverlauf in der mit durchsichtiger Folie umwickelten schwarzen Dose; unten: Temperaturverlauf in einer schwarzen Dose, umwickelt mit schwarzer Folie

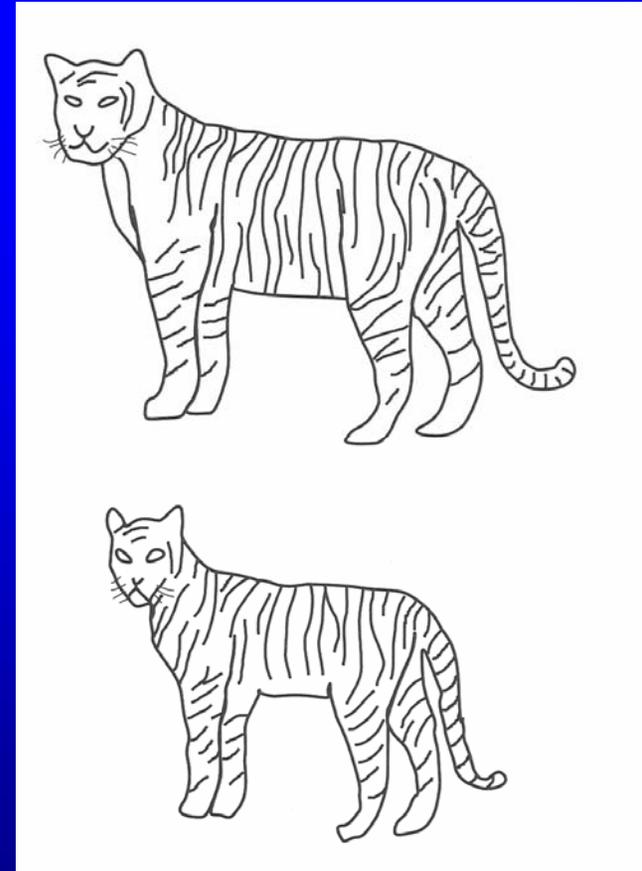


## Transparentes Isoliermaterial

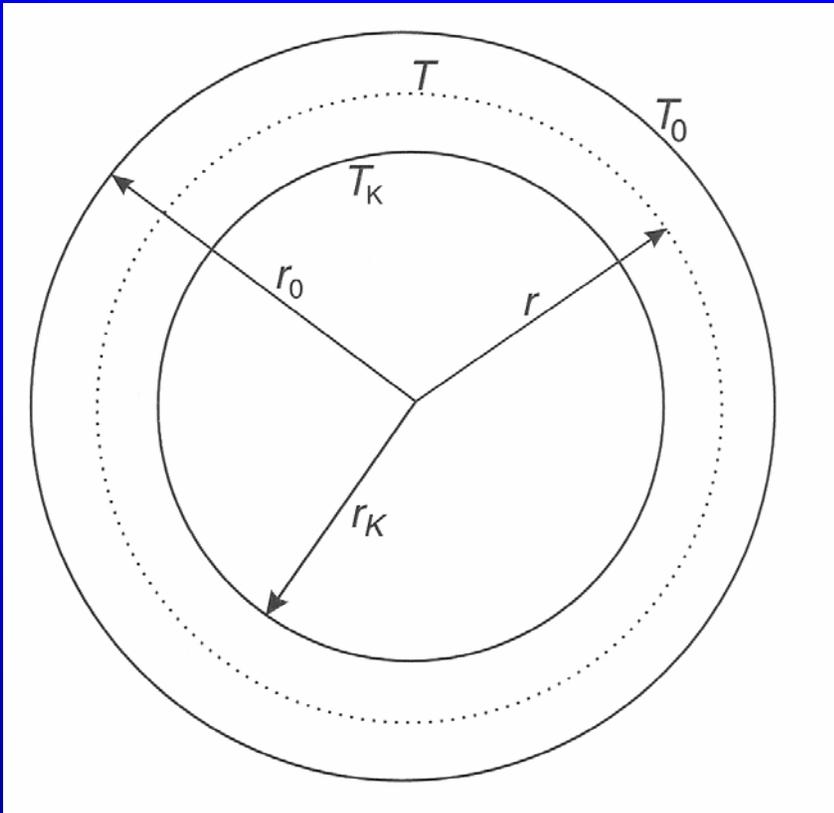
## Bergmann'sche Regel



Polar- und  
Wüstenfuchs

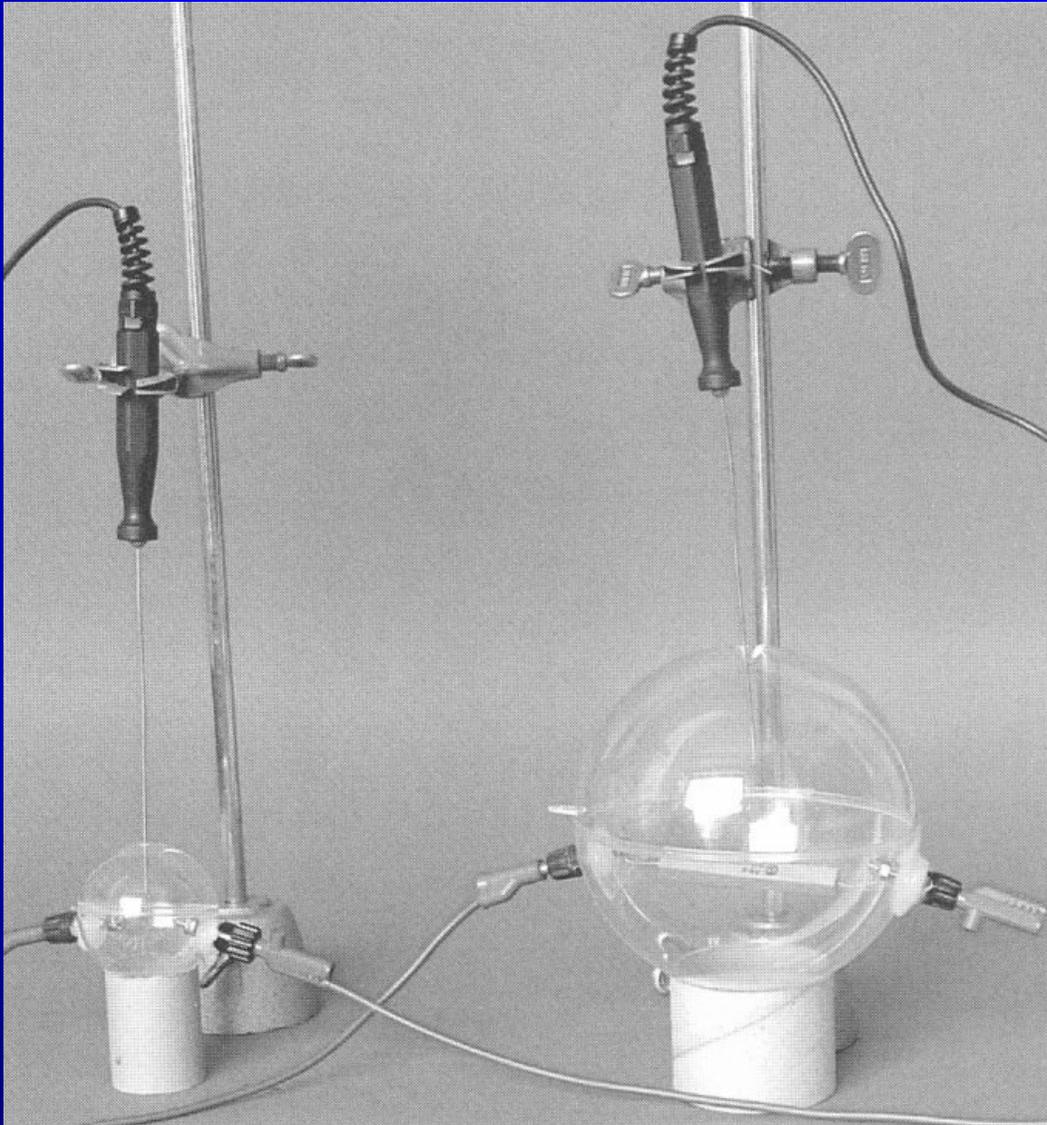


Sibirischer und Sumatratiger

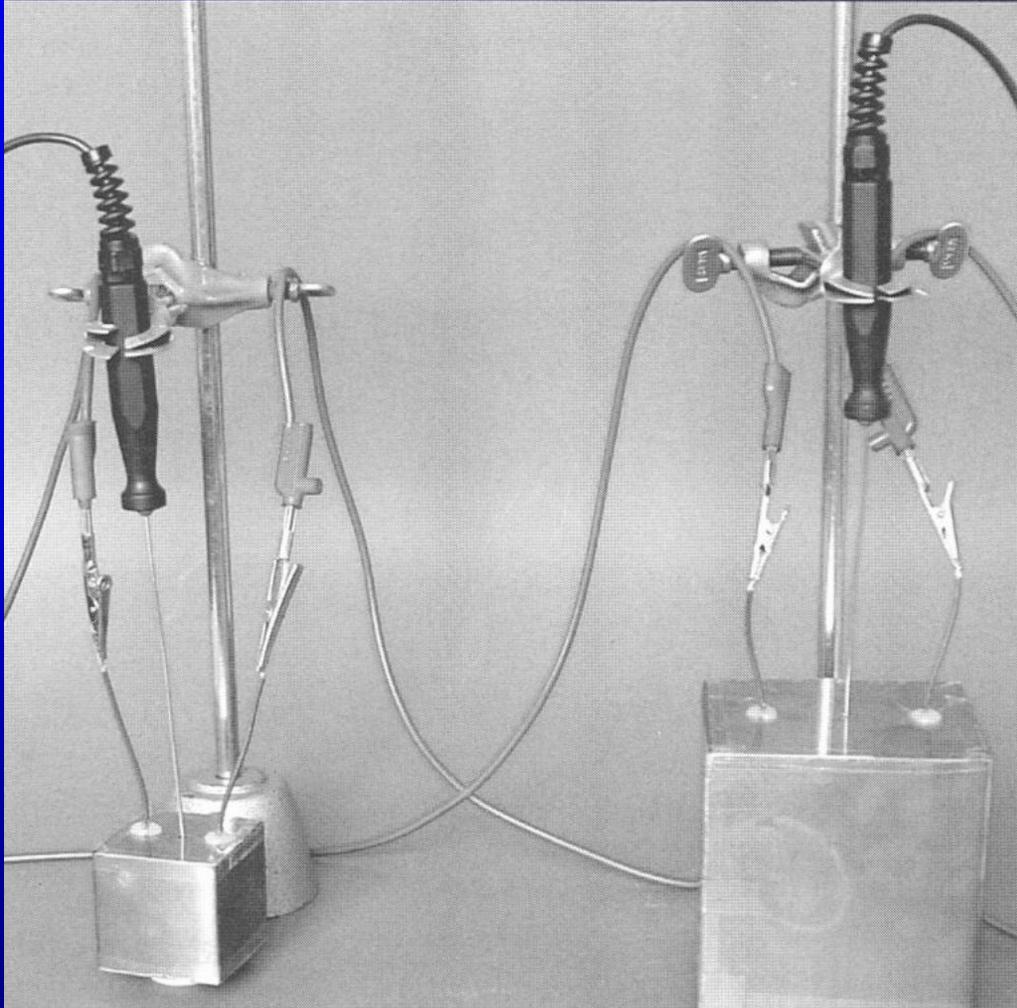


Auf das Volumen  
bezogener  
Wärmestrom:

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

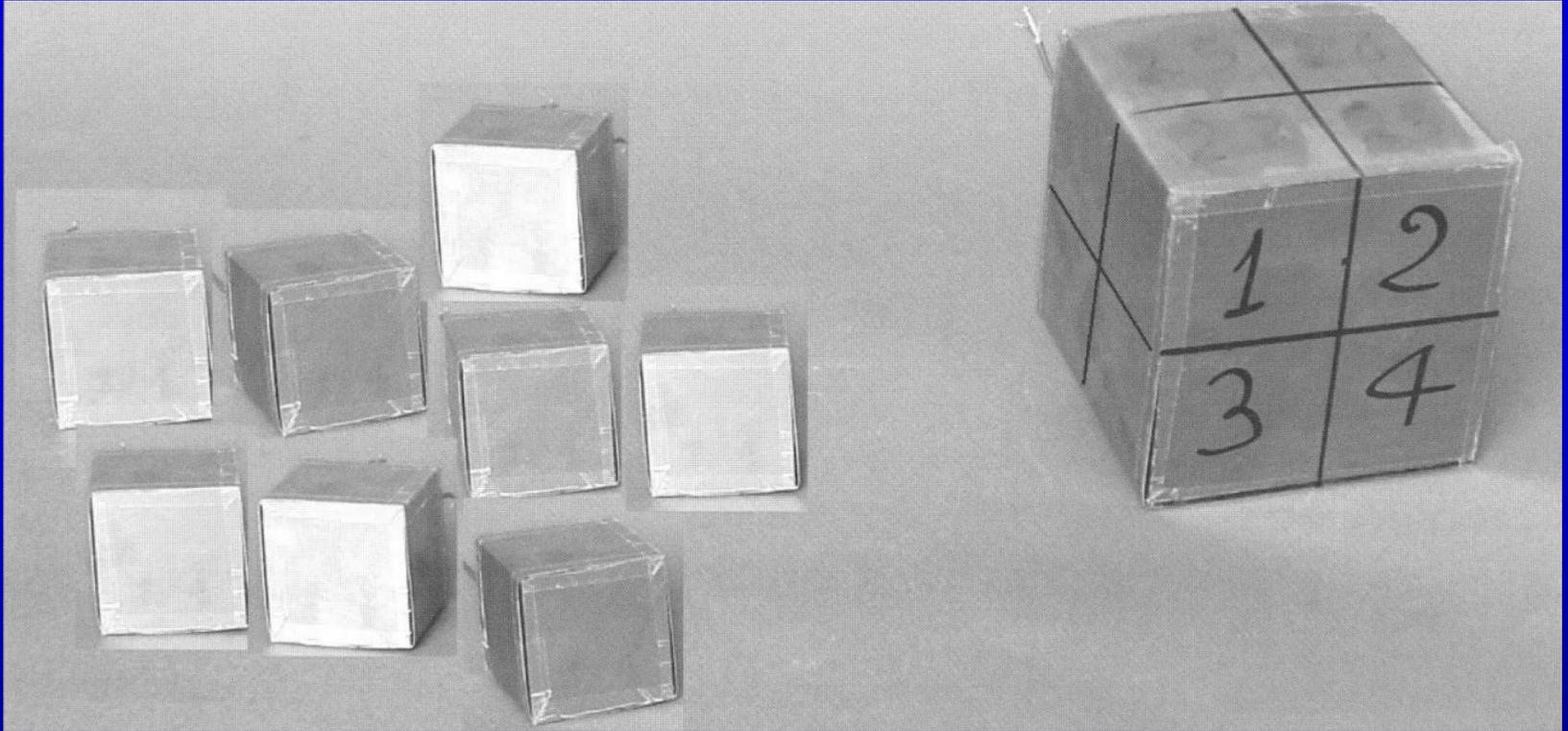


Demonstrations-  
anordnung für  
Bergmann'sche  
Regel



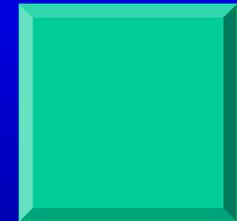
Demonstrations-  
anordnung für  
Bergmann'sche  
Regel

## 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

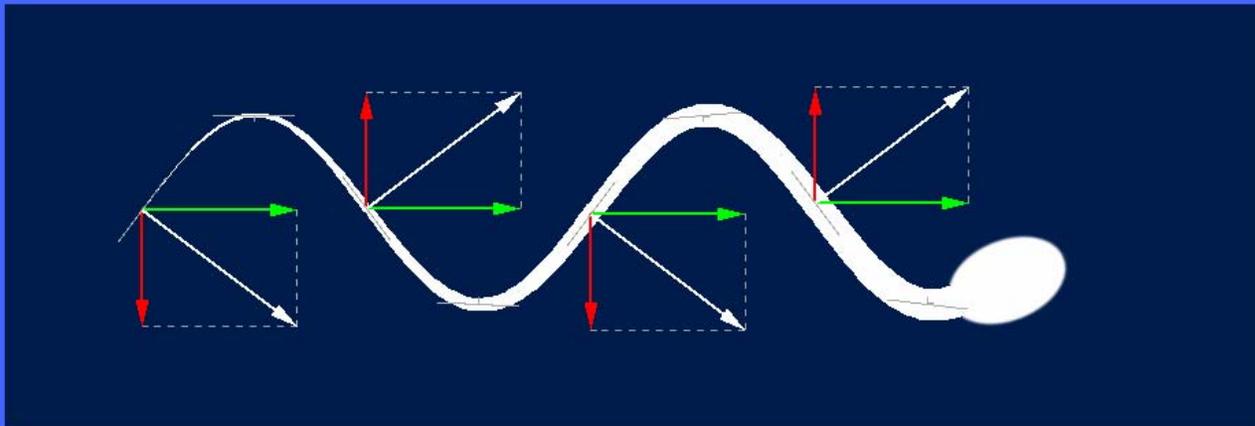
Stop

Schritt vor

Geschwindigkeit



- Deutsch
- English



## Seitkräfte

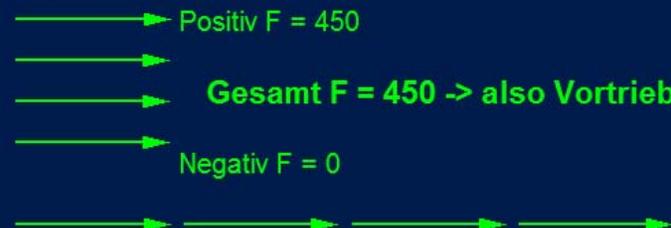


Positiv  $F = 169$

**Gesamt:  $F \approx 0$**

Negativ:  $F = 170$

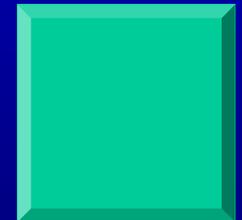
## Vortriebskräfte



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

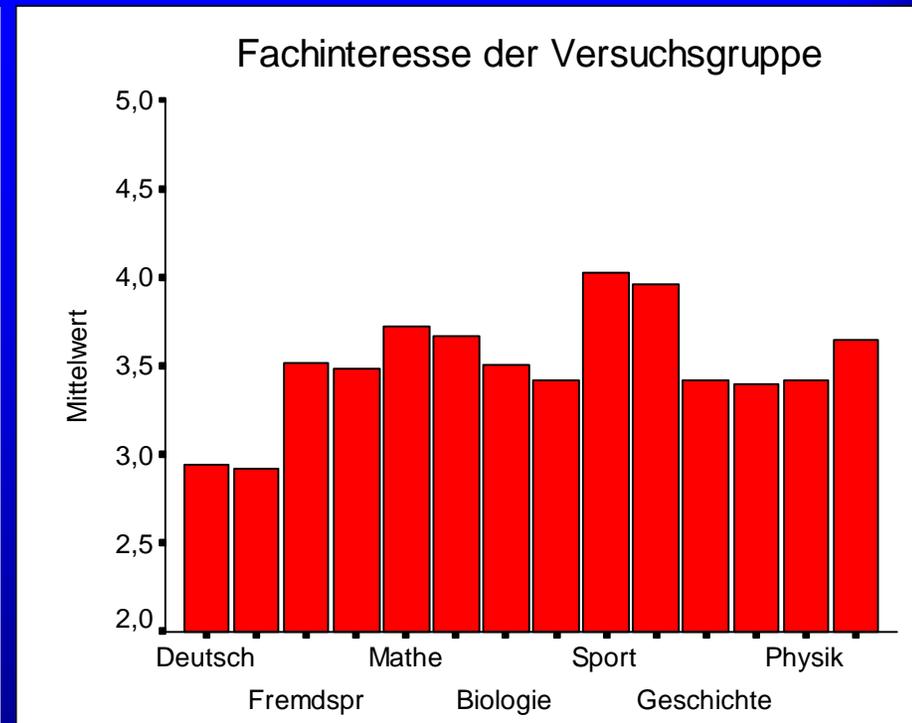
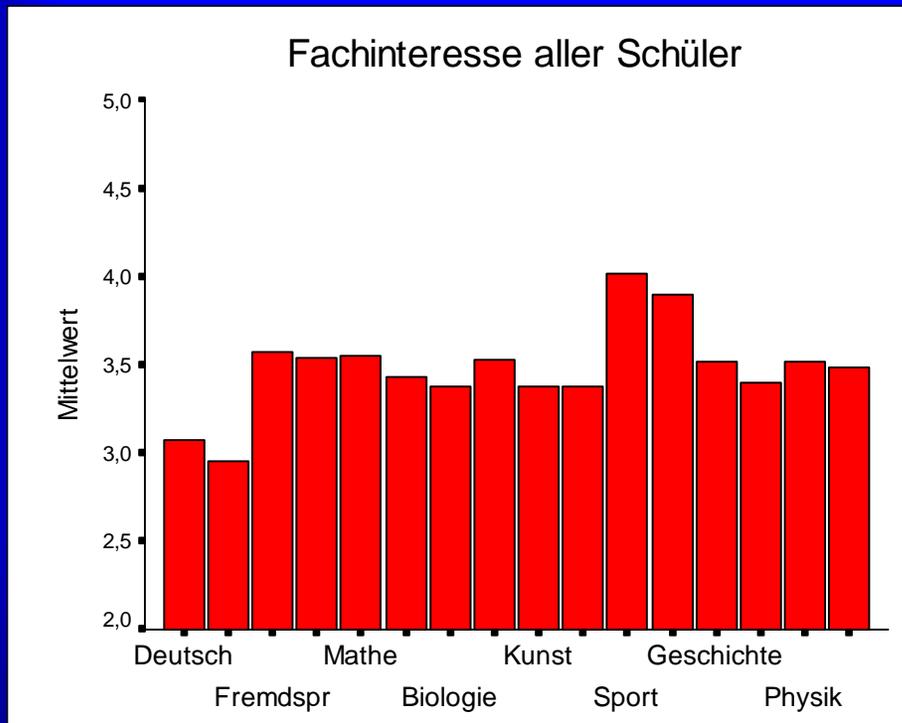
Nach Durchführung des Unterrichts sind die Lehrkräfte der Versuchsklassen überzeugt, dass

- 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

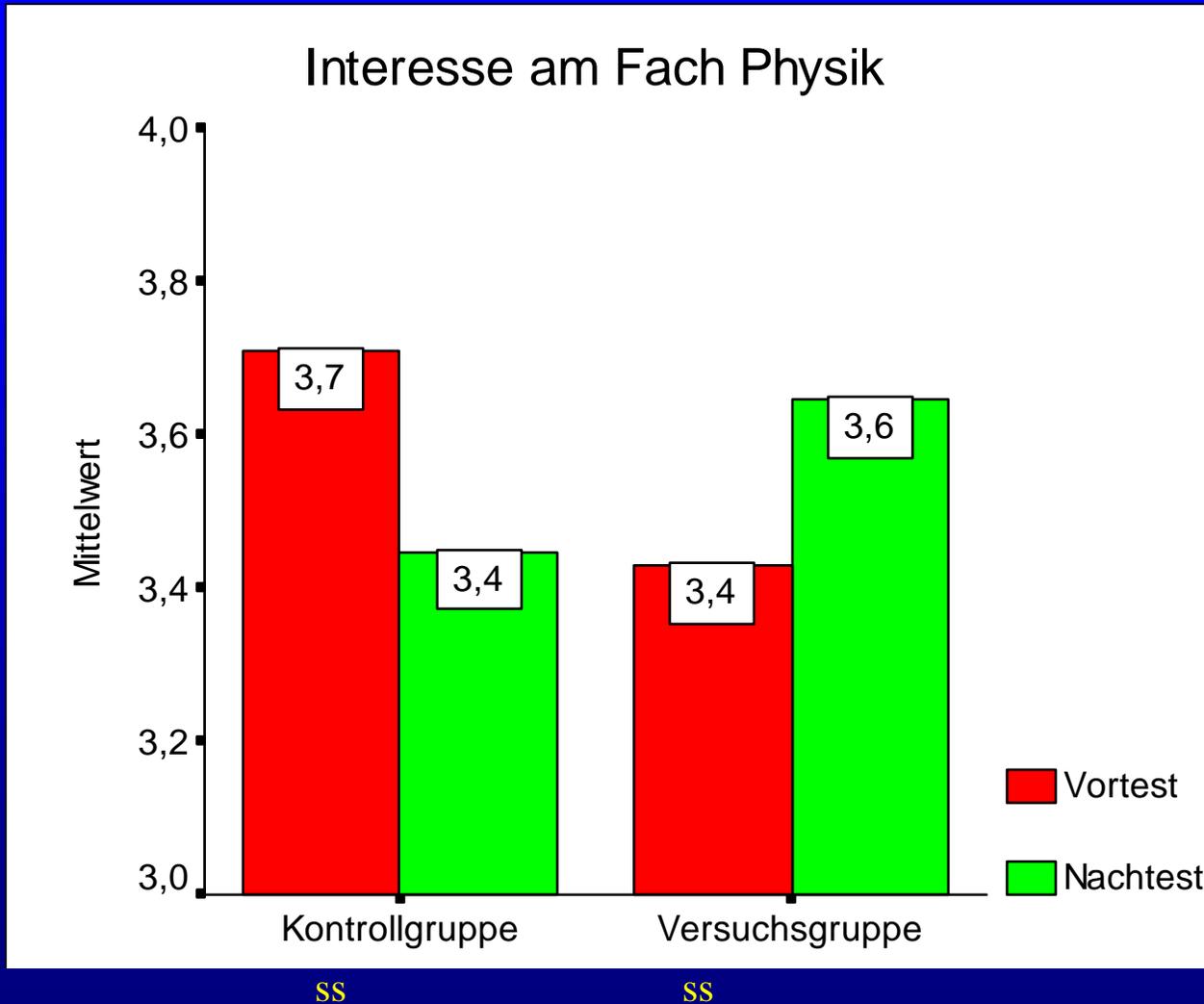
## Änderung des Interesses

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

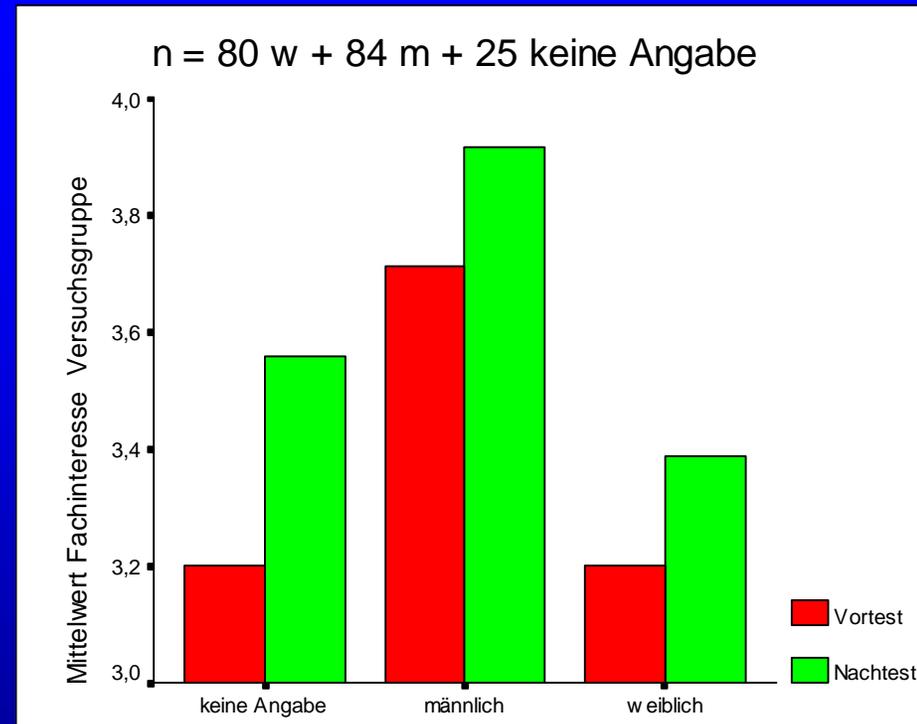
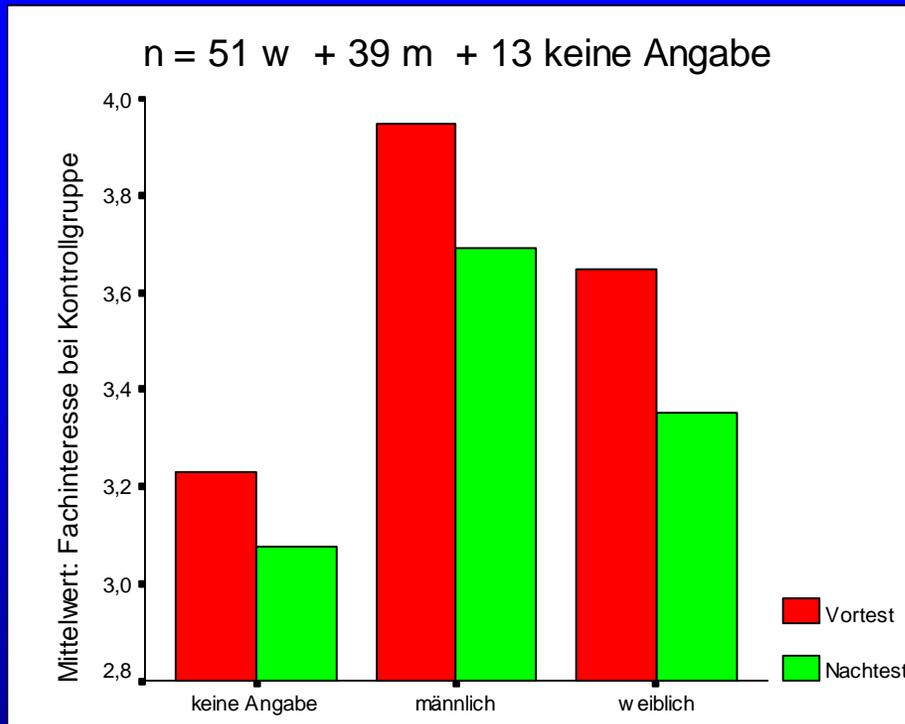
# Interesse am Fach Physik



# Änderung des Interesses am Fach Physik

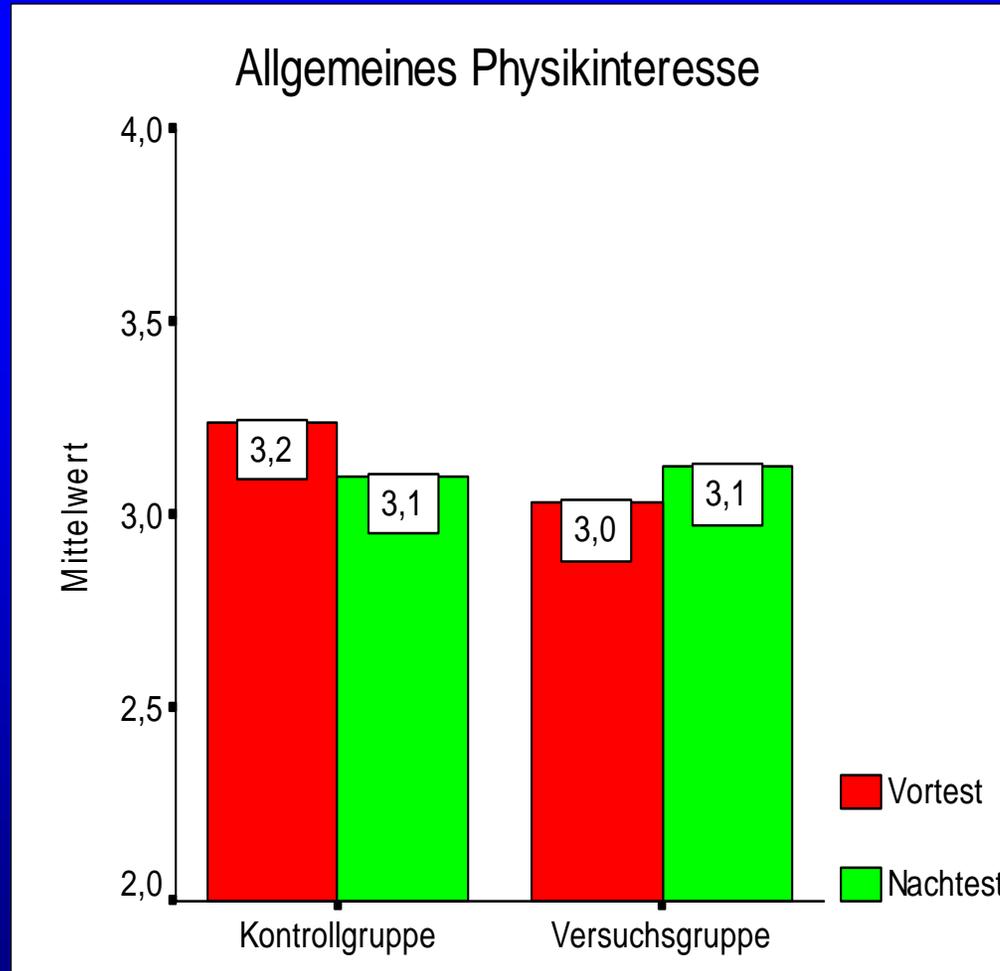


## Geschlechtsspezifische Änderung des Fachinteresses



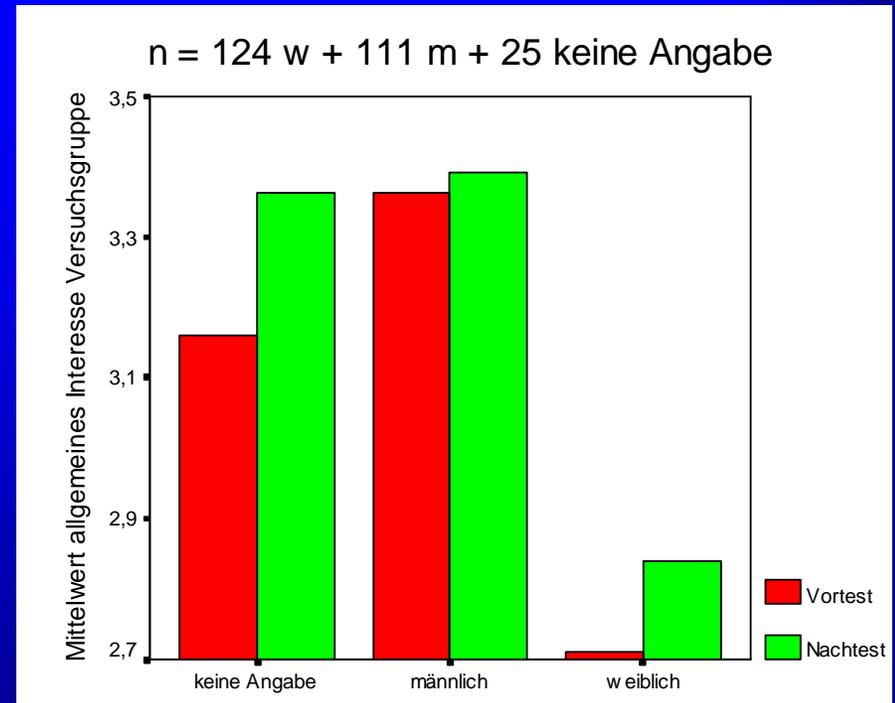
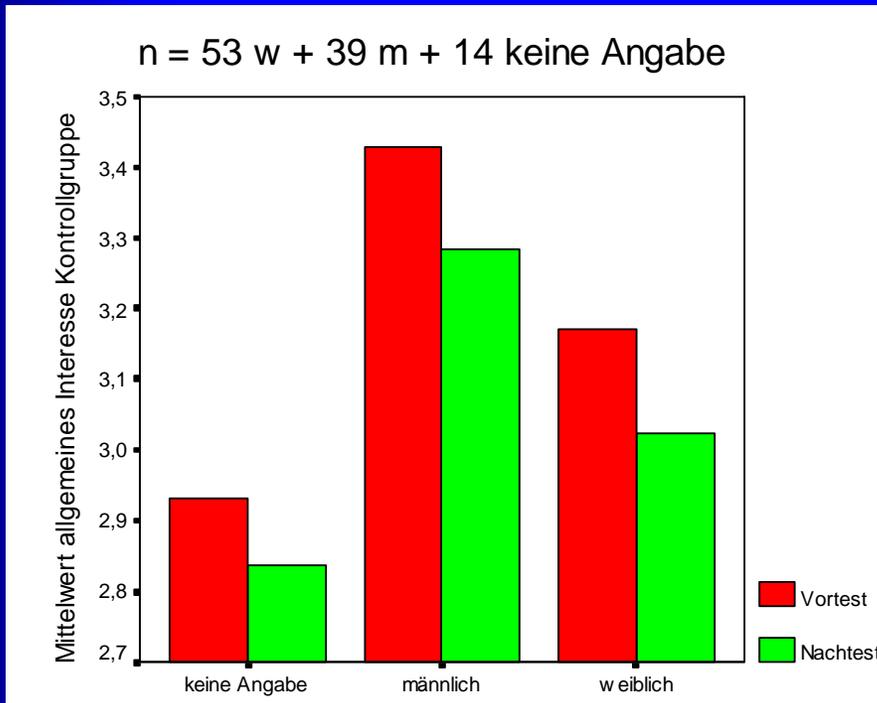
Das Fachinteresse für Physik wird sowohl bei den Schülerinnen als auch bei den Schülern durch den Kontext Medizin/Biologie im Vergleich zum herkömmlichen Physikunterricht erhöht.

## 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.

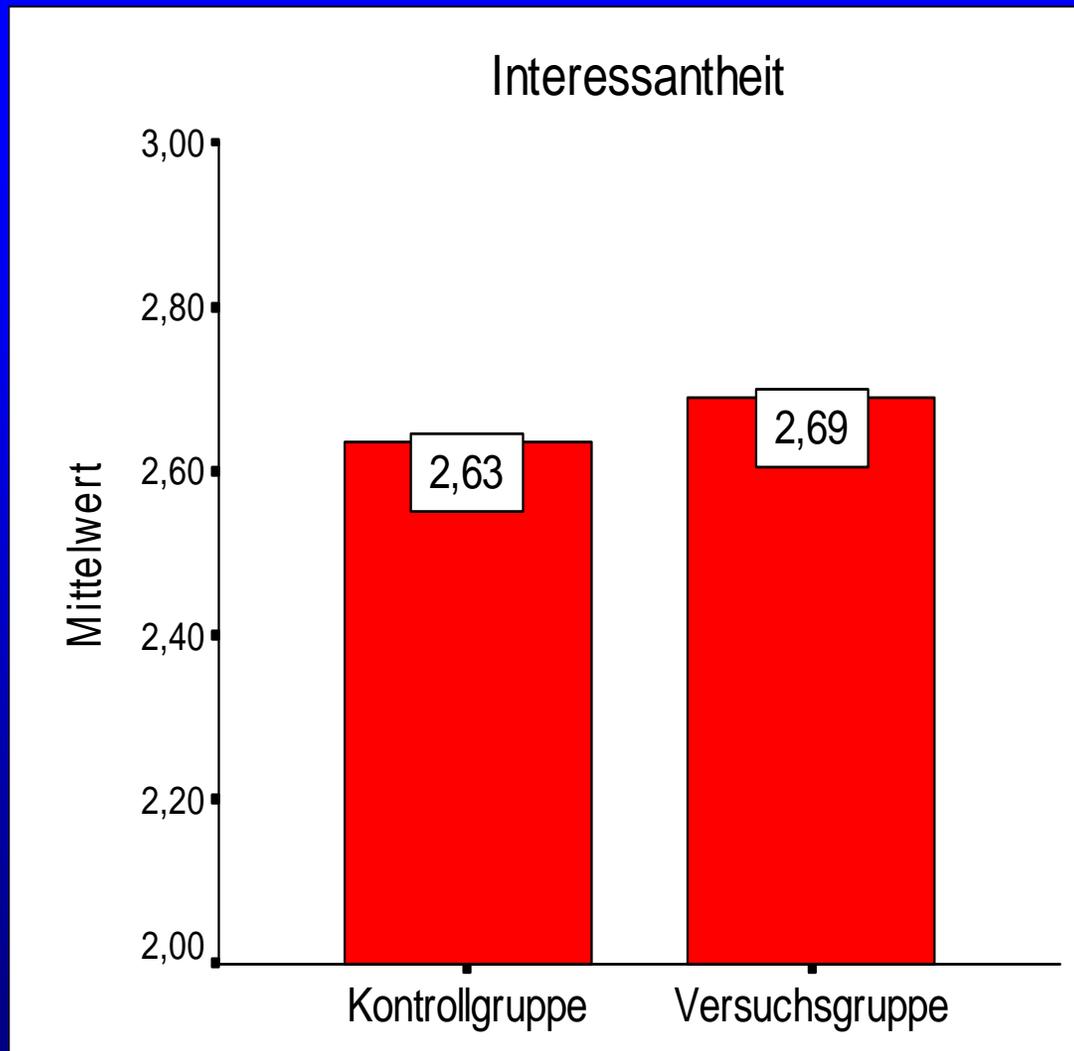
Beim traditionellen Physikunterricht sinkt das Interesse.

## Interessantheit des Unterrichts

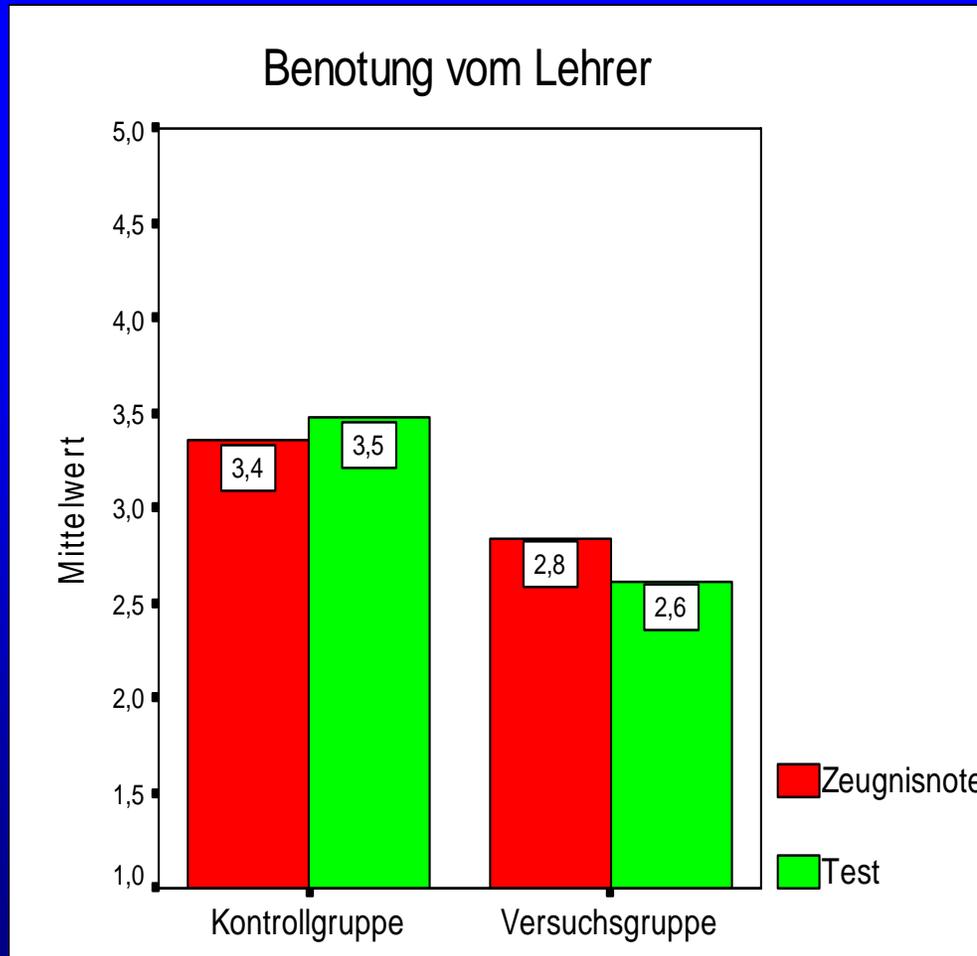
- Der Unterricht war abwechslungsreich.
- Ich war neugierig darauf, was in der nächsten Stunde behandelt wird.
- Ich bedauerte es, als der Unterricht ausfiel.
- Der Unterricht beschäftigte sich mit Dingen, die mir im täglichen Leben begegnen.
- ....

# 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](http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik) (*Fundgrube*)  
[Hartmut.Wiesner@physik.uni-muenchen.de](mailto:Hartmut.Wiesner@physik.uni-muenchen.de)