

# **Fachdidaktik II**

Physik Hinweise zu den Kärtchen

Fachdidaktik II Physik

Die Kärtchen beziehen sich auf die Vorlesung von:

- Wolfgang Greutz

welche im HS 2008 gehalten wurde.

Webseiten der Vorlesung:

Erstellt von: Thomas Kuster und Anderen (herzlichen Dank an die „Anderen“).

Verfügbar via: <http://fam-kuster.ch>

Die Kärtchen wurden aus den Antworten von diversen Studenten zusammengestellt. Besten Dank an alle.

Die Prüfung findet am 14. Januar 2009 16:00 bis 18:00 an der KZO Wetzikon statt.

Dauer 120 Minuten, sie besteht je zur Hälfte aus:

Fragen und/oder Arbeitsaufträgen, die in den einzelnen Kapitel unter der Überschrift *Prüfungsaufgaben* enthalten sind. Sie können die Antworten schon vorher erarbeiten. Die Antworten müssen individuell erarbeitet werden. Sie dürfen keine Notizen in der Prüfung verwenden. Nummeriert mit Dx.y oder Hx.y.

Weitere Fragen der Kongnitationsstufen K1 und K2, die vorher nicht bekannt sind. Zu diesen ist in den einzelnen Kaptieln unter der Überschrift *Prüfungsvorbereitung* jeweils aufgeführt, was Sie können oder beherrschen sollen. Nummeriert mit Hx.Vy oder Dx.Vy.

## **H0.V1**

Sie wissen, in welchem Jahrhundert Aristoteles gelebt hat.

Geburt 384 v. Chr. in Stageira

Tod 322 v. Chr. in Chalkis.

→ 4. Jahrhundert vor Christi Geburt

## **H0.V2**

Sie können die deutschen Titel von mindestens fünf der Werke des Aristoteles angeben.

Alle Titel:

- Das Werkzeug
- Über den Himmel
- Meteorologie
- Kleine Naturthemen
- Über Farben
- Physiognomie
- Mechanik
- Über unteilbare Linien
- Metaphysik
- Eudemische Ethik
- Ökonomie
- Poetik
- Physik
- Über Entstehen und Vergehen
- Über die Seele
- Über den Geist
- Über Akustik
- Über Pflanzen
- Probleme
- Über die Lagen und Namen der Winde
- Nikomachische Ethik
- Politik
- Rhetorik

## **H0.V3**

Sie kennen die Etymologie der Worte Physik und Metaphysik.

**Physik** Grentz gibt die Lösung „physike akroasis“ = die Natur betreffende Vorlesung.

Der Duden Band 7 (Etymologie) nennt „physike (theoria)“ = Naturforschung, untersuchung. Keine Ahnung, was stimmt.

**Metaphysik** Die altgriechische Präposition „meta“ bedeutet „nach“. Also steht Metaphysik für das (die Bücher), was hinter der Physik kommt; Bücher, die der Physik nachgeordnet sind.

## **H0.V4a**

Sie können im Kern Aristoteles Ansichten über Ort wiedergeben.

**1** Etwas wie „Ort“ muss existieren. Beispiel: Wasser entweicht aus Gefäss, an die Stelle tritt Luft. Ort und Raum sind etwas anderes als Wasser und Luft, worein und woraus sie kamen.

Definition: „Die unmittelbare, unbewegliche Grenze des Umfassenden – das ist Ort.“

Beispiel: Schiff im Fluss.

Gefäss = fortbeweglicher Ort.

Ort = Gefäss, das man nicht wegsetzen kann.

Schiff im Fluss = „Darinnen“ in einem Bewegten. Es (Schiff) bezieht sich auf sein Umfassendes eher wie ein Gefäss als auf einen Ort. Aber Ort ist unbeweglich der ganze Fluss ist Ort.

**2** Ort besitzt auch Kraft. Grund: Jeder Körper bewegt sich von selbst an seinen eigenen Ort (Erde nach unten, Feuer nach oben).

## **H0.V4b**

Sie können im Kern Aristoteles' Ansichten über Zeit wiedergeben.

Ich habe ich wirklich Mühe, zu verstehen, wie Aristoteles es meint und ob er glaubt, dass sie existiert.

**1** A. nennt zuerst 2 Teilstücke, aus denen sie besteht: das eine ist schon vorbei (Vergangenheit), das andere ist noch nicht (Zukunft). Aus diesen bestehe sowohl die ganze unendliche, als auch die jeweils genommene Zeit. Aber keiner der beiden Teile ist (existent).

**2** Das Jetzt ist analog einem Punkt, die Linie der Zeit. Aber die Linie kann nicht aus Punkten bestehen also besteht die Zeit nicht aus den Jetztten, das Jetzt ist nicht Teil der Zeit.

A.: „Was nämlich begrenzt ist durch ein Jetzt, das ist Zeit.“ „Das ist Zeit: Die Messzahl von Bewegung hinsichtlich des Davor und Danach.“

Wenn ein Davor und Danach wahrgenommen wird, nennt er es Zeit.

Zeit nicht gleich Bewegung. Mehr oder weniger Bewegung entscheiden wir mittels der Zeit: „Eine Art Zahl ist die Zeit.“

## **H0.V4c**

Sie können im Kern Aristoteles' Ansichten über Bewegung wiedergeben.

Das „Jetzt“ ist analog einem Punkt auf der Linie.

Bewegung und Ruhe nur möglich im Vergleich mit Vorher und Nachher.  $\Rightarrow$  Im Jetzt gibt es weder Bewegung noch Ruhe.

Bewegung eines Körpers von A nach C und zurück ist kein fortlaufender Zusammenhang. Denn er muss in C kurz in Ruhe sein und Ruhe ist eine Zeitspanne.  $\Rightarrow$  Gegenteil von Bewegung.

Kreisbewegung ist vollkommen. Nur sie ist unendlich.

Der Kreisbewegung folgt die Bewegung auf der Geraden.

Jede Fortbewegung läuft auf Gerade oder Kreis oder ist aus beiden zusammengesetzt.

Alles, was in Bewegung ist, muss von etwas bewegt werden.

4 Bewegungsursachen: Zug, Stoss, Mitnahme, Drehung.

Drehung = Zug + Stoss.

Fernwirkung ist keine Bewegungsursache, denn ein Beweger und ein Bewegter müssen in Berührung sein.

Der Beweger gibt 2 Dinge weiter: Bewegung & die Fähigkeit, Bewegung weiter zu geben.

Geworfene Gegenstände setzen Bewegung fort, obwohl der Bewegunggebende nicht mehr berührt.

**H0.1**

Wählen Sie aus dem Abschnitt 0.4.7 Bewegung ein kurzes Zitat (es reicht, wenn Sie es sinngemäss wiedergeben können), das Sie zum Thema einer Diskussion unter Schülern machen wollen (Sie Selbst halten Sich heraus). Erläutern Sie in 2–3 Sätzen, wie Sie die Diskussion anschieben wollen und in weiteren 2–3 Sätzen, was ein „Lernziel“ der Diskussion sein könnte.

**Zitat** „Alles, was in verändernder Bewegung ist, muss von etwas in Bewegung gebracht werden.“

**Anstoss der Diskussion** Nach dem Galileischen Trägheitsgesetz bleibt ein Körper in Bewegung, wenn von aussen keine Kräfte wirken. Wieso meint Aristoteles, das er ständig bewegt werden muss?

**Experiment** Klotz auf dem Tisch muss ständig angestossen werden.

**Lernziel** Aristoteles berücksichtigt die Reibung nicht. Erst die Identifizierung der Reibung als eigenständige Erscheinung ermöglicht das Trägheitsgesetz. Wie sollte sich Galilei auch sonst die Bewegung der Himmelskörper vorstellen können. Aristoteles Vorstellung des Himmels hindert ihn daran, diesen Schritt zu tun. Ausserdem vertraut Aristoteles voll und ganz auf seinen Verstand, während Galilei nur das Experiment akzeptiert.

## **H1.V1**

Sie können in ca. 5 kurzen Sätzen die rein biografischen Daten von Archimedes zu einer Kurzbiografie zusammenfassen. Jahreszahlen müssen Sie nicht kennen aber das richtige Jahrhundert.

Geburt: um 287 v. Chr., in Syrakus (Sizilien).

Vater war der Astronom Pheidias.

Studium in Alexandria, Bekanntschaft mit Connon von Samos und Eratosthenes welcher ein eine erste Schätzung des Erdumfangs machte.

Tod: 212 v. Chr., bei der Eroberung der Stadt Syrakus durch einen römischen Legionär (Heerführer war Marcellus).

## **H1.V2a**

Sie können zu dem Stichwort „Verteidigung von Sykarus“ eine kurze, den Überlieferungen entsprechende Geschichte erzählen.

Im 3. Jh. v. Chr. war Hiero König von Syrakus. Im Jahre 213 v. Chr. griffen die Römer unter der Führung von Marcellus Syrakus an. Die Stadt verteidigte sich aber erfolgreich mit neuartiger Kriegstechnik, die von Archimedes stammen soll.

Unter anderem wurden (gemäss glaubhaften Berichten) mit grossen, über die Stadtmauer hinausreichenden Kränen (Kombination von Hebel und Flaschenzug) römische Schiffe angehoben. Das Schiff wurde dann an die Stadtmauer geschleudert oder auf das Wasser fallen gelassen.

Ebenso soll er Wurfmaschinen/Katapulte gebaut haben.

Die Römer sollen sich vor den Seilen und Balken gefürchtet haben und jeweils die Flucht ergriffen haben sobald sie diese sahen. Etwas weniger glaubhaft sind Berichte wonach mit grossen Spiegeln die Schiffe vor der Stadt in Brand gesetzt wurden. Dies scheint aber nur unter sehr guten Bedingungen möglich zu sein (vgl. Bericht über den Versuch am MIT.)

## **H1.V2b**

Sie können zum Stichwort „Krone von Hieron“ eine kurze, den Überlieferungen entsprechende Geschichte erzählen.

König Hieron gab einem Goldschmied ein Stück Gold und den Auftrag daraus eine Krone zu fertigen. Die Krone gefiel dem König sehr gut. Er verdächtigte aber den Goldschmied einen Teil des Goldes unterschlagen und durch Silber ersetzt zu haben. Also beauftragte er Archimedes zu prüfen ob die Krone aus reinem Gold oder aus einer Gold-Silber-Legierung gefertigt wurde. Dieser musste sich erst eine neue Methode ausdenken, da die Krone ja nicht beschädigt werden durfte. In der Badewanne bemerkte Archimedes dass Wasser überlief wenn er untertauchte und kam so zur Lösung des Problems. Über die Lösung hoch erfreut, rannte er nass, nackt und „Heureka, heureka!“ schreiend zu Hieron.

Gemäss Vitruvius ist Archimedes dann folgendermassen vorgegangen: Je einen Klumpen aus reinem Silber und Gold herstellen, der gleich schwer wie die Krone ist.

Krone, Gold und Silber in Wasser eintauchen und feststellen wie viel Wasser überläuft.

Archimedes stellte fest dass bei der Krone mehr Wasser als beim Goldklumpen, aber weniger als beim Silberstück überlief. Also musste Silber in der Krone enthalten sein. Der arme Goldschmied war schuldig.

## **H1.V2c**

Sie können zum Stichwort „Sandkörner“ eine kurze, den Überlieferungen entsprechende Geschichte erzählen.

Archimedes berechnete die Anzahl Sandkörner, mit denen man das Universum auffüllen könnte. Diese Rechnung machte er um die Behauptung, dass die Anzahl Sandkörner auf der Erde unendlich gross sei, zu widerlegen.

Erst legt Archimedes dar, dass die Erde um die Sonne kreist und schätzte den Durchmesser des Universums kleiner als 10'000'000'000 Stadien. Der Sandkorndurchmesser wird als  $1/40$ \*Daumenbreite angenommen. Die grösste benennbare Zahl dieser Zeit war 100'000'000 = N (1 Myriade Myriaden).

Archimedes führte ein System grosser Zahlen ein und berechnete die Anzahl Sandkörner im Universum. Sein Resultat war:  $10^{63}$ .

(Anmerkung: Die Sandrechnung wird von W. Greutz unter Werke beschrieben, nicht unter Geschichten, insofern passt die Aufgabenstellung nicht zur Ordnung im Skript.)

## **H1.V3**

Sie können vier mathematische oder physikalische Themen nennen, die in den überlieferten Werken von Archimedes vorkommen und heute noch in der Schule eine Rolle spielen.

**Quadratur der Parabel** Limes der geometrische Reihe

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=0}^n 1/4^i = 4/3$$

Die Fläche des Parabelsegmentes ist  $4/3 \cdot$  Fläche des Dreiecks  $\Delta_{ABC}$

**Auftrieb, schwimmende Körper** Zum Beispiel Satz 5 aus dem Skript: Ein Festkörper, der leichter als die Flüssigkeit ist, wird, wenn er in die Flüssigkeit gegeben wird, soweit eintauchen, dass das Gewicht des festen Körpers gleich dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit ist. Oder: der Auftrieb ist gleich dem Gewicht der verdrängten Flüssigkeit.

**Zylinder mit einbeschriebener Kugel** Volumen Zylinder : Volumen Kugel = 3 : 2.

**Schwerpunkt einer Ebene**

**Bestimmung von  $\pi$**  Über die Messung des Kreises

## **H1.1**

Formulieren Sie zur Geschichte von der Krone des Hieron eine anspruchsvolle, quantitative Aufgabe in einer Formulierung für Schüler. Stellen Sie auch den Lösungsweg mit einigen Kommentaren als Musterlösung dar.

König Hieron verdächtigt den Goldschmied anstatt reines Gold eine Gold-Silber-Legierung für eine Krone verwendet zu haben. Deshalb beauftragt er Archimedes die Krone zu untersuchen und festzustellen ob diese wirklich aus reinem Gold hergestellt wurde. Da die Krone sehr schön ist und dem König gefällt, darf diese dabei nicht beschädigt werden.

Archimedes untersucht darauf wie viel Wasser die Krone, ein Goldklumpen und ein Silberstück verdrängen. Der Goldklumpen und das Silberstück sind jeweils gleich schwer wie die Krone.

Wie viel Gold hat der Goldschmied für sich behalten, wenn Hieron ihm 1 kg Gold zur Herstellung der Krone anvertraut hat und Archimedes beim „Verdrängungstest“ feststellt, dass die Krone 12 ml Wasser mehr verdrängt als 1 kg reines Gold?

MuLö: TODO

## **H1.2**

An einer austarierten Waage hängt ein Metalzylinder und ein geschlossener voluminös viel größerer Glaszylinder. Was passiert, wenn die Waage unter einer Glasglocke abgepumpt wird? In welchem logischen Zusammenhang steht das Experiment zu dem auf Kärtchen 25 beschriebenen Experiment mit der Krone an der Waage? Wie würden Sie dieses Experiment im Unterricht verwenden?

Metallzylinder und Glaskolben hängen an einer Waage und sind gleich schwer. Die Waage wird nun unter eine Glasglocke gestellt. Die Glasglocke wird evakuiert. Was geschieht: Die Glaskugel sinkt ab, der Zylinder wird angehoben.

Obwohl die beiden Körper unter Atmosphärendruck gleich schwer sind, haben sie nicht die gleiche Masse. Auch die einen Körper umgebenden Gase bewirken eine Auftriebskraft. Der Satz von Archimedes gilt auch für den Auftrieb in Gasen. Die Auftriebskraft ist gleich dem Gewicht des verdrängten Gases.

Dieses Experiment würde ich den Schülern vorführen ohne ihnen davor etwas dazu zu erklären, um den Überraschungseffekt auszunutzen (natürlich nachdem Auftrieb und Dichte ausführlich behandelt wurden). Gleich anschliessend würde ich die Schüler in Kleingruppen diskutieren lassen und anschliessend die Erklärungen/Erklärungsversuche sammeln und diskutieren. Lernziel ist dass alle Körper in Gasen einen Auftrieb erfahren und der Satz von Archimedes auch für die Auftriebskraft in Gasen gilt.

## **H2.V1**

Sie wissen, in welchem Jahrhundert und in welcher Gegend Galileo Galilei gelebt hat.

1560 bis 1640, Norditalien (gem. Wikipedia: Geburt: 15.02.1564 Pisa –  
Tod: 08.01.1642 Florenz)

## **H2.V2**

Sie können mindestens vier astronomische Beobachtungen aufzählen, die Galilei mit seinen Fernrohren gemacht hat und deren damalige Bedeutung für das Weltbild in knapper Form plausibel machen.

- 4 grössten Monde des Jupiters → Beispiel für ein kleines kopernikanisches System
- Venusphasen, d. h. wie beim Mond ist mal die eine oder die andere Seite beleuchtet → Venus zeitweise jenseits der Sonne, zu anderen Zeiten aber zwischen Sonne und Erde
- Milchstrasse besteht aus Sternen
- Mondoberfläche ist rau
- Sonnenflecken

## **H2.V3**

Sie können mindestens vier Beispiele von Themen aus den *Discorsi* nennen, die auch für den heutigen Physikunterricht relevant sind.

- der frei Fall
- Hebelgesetz
- gleichförmige Bewegung und natürlich beschleunigte Bewegung
- zusammengesetzte Bewegung und schiefer Wurf
- Pendelschwingungen

## **H2.V4**

Sie können die in diesem Skript abgedruckten Gedankenexperimente bzw. Argumentationen zum freien Fall in Flüssigkeiten mit eigenen Worten korrekt wiedergeben.

Ein schwerer Körper A kann nicht schneller fallen als ein leichter Körper B. Wären die beiden Körper A und B zusammen gefügt müssten dieser zusammengesetzte Körper einerseits langsamer Fallen als A – weil er von B „gebremst“ wird – andererseits müsste er schneller als A fallen, da er schwerer ist.

## H2.1

Skizzieren Sie in Worten eine Lerneinheit zum Thema Hebelgesetz für jüngere Schüler, die Zugänge auf bildlicher (ikonischer), handlungsbetonter (enaktiver) und formaler Ebene bietet. Es ist *nicht* zwingend, sich an den Gedankengang von Galilei zu halten. Was machen die Schüler in welcher Reihenfolge? Formulieren Sie Lernziele. Wie kontrollieren Sie diese?

Lernziel: Hebelgesetz quantitativ anwenden

Kontrolle: Text- und/oder Experimentiertaufgabe

Beispiel: Wie schwer muss der Farbkübel sein damit der Maler (80 kg) nicht vom Gerüst fällt?

Reihenfolge: Enaktiv  $\rightarrow$  Symbolisch  $\rightarrow$  Messungen aus dem enaktiven Teil prüfen

TODO Bilder

**H2.2a**

Ein Schüler kommt mit einer Frage zu Ihnen. Es geht, um eine Sanduhr, die auf einer empfindlichen Waage steht. Einmal ist der Sand schon durchgelaufen, bei einer zweiten Wägung läuft der Sand gerade durch. Der Schüler fragt, ob die Waage im zweiten Fall mehr anzeigen würde, weil durch den Aufprall des Sandes auf den Boden eine zusätzliche Kraft auf den Boden der Sanduhr entstehen würde. Was antworten Sie ihm? Ihre Antwort ist rein qualitative aber physikalisch korrekt.

Durch den Aufprall des fallenden Sandes wirkt zwar eine zusätzliche Kraft auf den Boden der Sanduhr. Was ist aber mit dem Sand der am Fallen ist? Der fallende Sand wird nicht gehalten, also hat er auch keinen Einfluss auf die Waage – er berührt den Rand der Sanduhr nicht. Die zusätzliche Kraft des Aufpralles wird gerade durch die fehlende Gewichtskraft des fallenden Sandes kompensiert.

## H2.2b

Ein Schüler kommt mit einer Frage zu Ihnen. Es geht, um eine Sanduhr, die auf einer empfindlichen Waage steht. Einmal ist der Sand schon durchgelaufen, bei einer zweiten Wägung läuft der Sand gerade durch. Der Schüler fragt, ob die Waage im zweiten Fall mehr anzeigen würde, weil durch den Aufprall des Sandes auf den Boden eine zusätzliche Kraft auf den Boden der Sanduhr entstehen würde. Was antworten Sie ihm?

Sie können die Antwort auch formal begründen. (Begründung für diese Frage hier: Galilei schildert in den *Discorsi*, sechster Tag, ein ähnliches Experiment mit zwei Eimern auf einer Seite einer Waage, bei denen Wasser durch ein Loch im Boden vom oberen in den unteren fließt und diskutieren es ausführlich. Lesen Sie es!).

Formale Begründung

### Kraft auf den Boden

$$F_+ = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv}{\Delta t} = \frac{m\sqrt{2gh}}{\Delta t}$$

mit  $\Delta t$  Zeitdauer zwischen dem Auftreffen zweier Teilchen.

„fehlende“ Gewichtskraft

$$F_- = \underbrace{n}_{\text{\# Teilchen in der Luft}} \cdot m \cdot g = \frac{\sqrt{\frac{2h}{g}}}{\Delta t} \cdot m \cdot g = \frac{m\sqrt{2gh}}{\Delta t} = F_+$$

## H2.3

Das rechts abgebildete Thermometer ist nach Galilei benannt. Überlegen Sie sich oder erkundigen Sie sich wie es funktioniert. Formulieren Sie ein *qualitative* Aufgabe zu dem Thermometer mit eigener Musterlösung. Legen Sie in einigen Sätzen fest, welche Vorkenntnisse die Schülerinnen und Schüler haben müssen, um die Aufgabe lösen zu können.

**Funktionsweise** Die Messung macht sich die viel grössere Volumenausdehnungskoeffizienten der Flüssigkeit (z. B. Alkohol  $\approx 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ ) im Vergleich zum Festkörper (z. B. Glas  $\approx 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ) zu nutze.

In einem mit Flüssigkeit gefüllten Glaszylinder befinden sich verschiedene Glaskugeln mit unterschiedlicher Dichte. An jeder ist ein Schildchen mit einer Temperatur befestigt. Die Temperatur wird auf der untersten schwebenden Kugel abgelesen.

**Voraussetzung** Der statische Auftrieb wurde min. im Hinblick auf die Dichte der betroffenen Körper besprochen. Die Aufgabe könnte auch im Untergymnasium gestellt werden.

**Aufgaben** Welche Kugel trägt das Schild mit der höchsten Temperatur? Die oberste oder die unterste?

Welche der Kugel hat die kleinste Dichte?

*Die oberste. Die Dichte der Flüssigkeit nimmt mit steigender Temperatur ab, womit sich auch der Auftrieb verringert. Die letzte Kugel, die sinkt, soll also die höchste Temperatur anzeigen. Diese Kugel hat somit auch die kleinste Dichte.*

## **H3.V1a**

Sie könne die experimentellen Beiträge von Galilei zur Erforschung des Vakuums bzw. des Luftdrucks anschaulich schildern.

Er äussert prinzipielle Kritik am „horror vacui“ (der Abscheu der Natur vor dem leeren Raum, d. h. dass die Natur das Vakuum nicht entstehen lässt) in seinen Discorsi (1638). Er stellt sich die Frage, wie das Vakuum, das noch gar nicht besteht vor der Trennung zweier Platten, denn die Ursache ihrer Adhäsion sein soll. Schliesslich gehe die Wirkung der Lostrennung der Platten der Bildung des Vakuums voraus und daher gebe es das Vakuum noch gar nicht, welches für die Adhäsion verantwortlich gemacht wird. Weiter schildert er Vorschläge für Experimente zur Messung der Kraft des Vakuums: Vorrichtung aus einem Behälter mit Kolben, daran ein Kessel angehängt (vgl. Abbildung im Skript). Der Behälter wird so lange unter Wasser getaucht, bis keine Luft mehr darin ist. Dann füllt man Sand in den angehängten Kessel, bis sich der Kolben von der Wasseroberfläche trennt. Durch Wägen des Kolbens, der Stange, des Kessels und des Inhaltes zusammen ergibt sich dann die Kraft des Vakuums, das bis zum Abreissen den Kolben und die Wasseroberfläche zusammenhielt.

## **H3.V1b**

Sie könne die experimentellen Beiträge von Torricelli zur Erforschung des Vakuums bzw. des Luftdrucks anschaulich schildern.

Evangelista Torricelli (1608-1647):

Bau des ersten Barometers: Er füllte ein zwei Ellen langes Rohr mit Quecksilber, verschloss das offene Ende mit dem Finger und tauchte das Rohr in eine quecksilbergefüllte Schale. Damit erzeugte und untersuchte er einen (scheinbar) leeren Raum. Der Torricelliversuch wurde mit einem geraden Rohr sowie mit einem Rohr mit kugelförmigem Ende gleichzeitig durchgeführt. Das Quecksilber stieg in beiden gleich hoch, woraus Torricelli argumentierte, dass es keine innere Kraft als Ursache geben könne, **sondern die Last der „50 Meilen Luft“**.

## **H3.V1c**

Sie könne die experimentellen Beiträge von Pascal zur Erforschung des Vakuums bzw. des Luftdrucks anschaulich schildern.

Blaise Pascal (1623-1662):

Er **untersuchte** die Natur des **leeren Raumes über dem Quecksilber als erster mit einem zweiten Barometer**. Er beobachtete, dass einströmende Luft zu einem Anstieg des zweiten Barometers führte. Ferner liess er ein Torricelli-Rohr auf einen Berg tragen. Zudem sei er Urheber des Experiments, welches die Unabhängigkeit des Schweredruckes von der Gefässform demonstriert und laut Herrn Grentz hat er auch den **Weinfassversuch (hydrostatisches Pradoxon)** publikumswirksam vorgeführt.

## **H3.V1d**

Sie könne die experimentellen Beiträge von Guericke zur Erforschung des Vakuums bzw. des Luftdrucks anschaulich schildern.

Otto von Guericke (1602-1686):

Er baute eine Vakuumluftpumpe in Reiseversion und führte damit Experimente vor Grosspublikum aus, insbesondere jenes der Magdeburger Halbkugeln. Damit er ähnliche Experimente ohne Pferde durchführen konnte, baute er einen Experimentiergalgen. Er setzte einen Kolben mit beweglichem Zylinder zum Heben grosser Lasten ein.

## **H3.V2**

Sie wissen, in welchem Jahrhundert und mit welchen Argumenten die These vom Horror vacui wissenschaftlich widerlegt wurde.

Durch Torricelli 1643 (im 17 Jahrhundert.)

Quecksilberbarometer zwei Quecksilberbarometer eines mit einem normalen oberen Ende und eines mit einer Kugel oben. Bei dem mit der Kugel oben müsste nach der Theorie vom Horror vacui das höher stehen.

## **H3.1**

Formulieren Sie je eine qualitative und eine quantitative Aufgabe für Schüler inklusive Musterantwort zu dem abgebildeten „Saugheber“. Die Aufgabenstellung ist verständlich, die Lösung korrekt.

**Qualitativ:** Erklären Sie, wie der Saugheber funktioniert.

**Lösung:** Unter den Saugplatten ist ein geringerer Druck als der umgebende Luftdruck, welcher den Heber deshalb gegen den Tisch presst. (Bessere Vorschläge sind herzlich willkommen!).

**Quantitativ:** Wie gross muss die Druckdifferenz zwischen dem Luftdruck ( $p_L = 10^5 \text{ Pa}$ ) und dem inneren Druck  $p_i$  mindestens sein, wenn sich eine Person von 80 kg dranhängen will? Der Radius der Platten betrage 4 cm.

**Lösung:** (Wir rechnen nur für einen Saugnapf, der die Hälfte des Gewichtes tragen muss, da der Heber ja aus zwei Saugnapfen besteht.)

$$\begin{aligned} p_L \cdot A - p_i \cdot A &= \frac{1}{2} F_g = \frac{1}{2} m g \\ (p_L - p_i) &= \frac{m g}{2 A} \\ &= \frac{80 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m s}^{-2}}{2 \cdot (0.04 \text{ m})^2 \pi} \approx 78065 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Also etwa 3/4 des herrschenden Luftdrucks.

**H3.2**

Erklären Sie in einem kurzen Lehrtext (ca.  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  A4-Seite) für jüngere Schüler (13–14 Jahre) qualitativ, warum der Luftdruck in der Atmosphäre nicht linear mit der Höhe abnimmt. Achten Sie auf die vier Dimensionen der Verständlichkeit (So einfach wie möglich, gut gegliedert, nicht zu prägnant, mit angemessener Stimulanz).

Ihr habt bereits den hydrostatischen Druck bei Flüssigkeiten kennengelernt, welcher proportional zur Höhe des Wassers ist. Bei der Luft ist der Zusammenhang etwas komplizierter.

Weshalb? Weil Gas, im Gegensatz zu einer Flüssigkeit zusammengedrückt werden kann. Dann nimmt die Dichte zu. Dies passiert auch beim Luftdruck, wo das Gewicht der oberen Schichten auf den unteren lastet und sie zusammendrückt. Da beide Effekte mit der Höhe abnehmen, ist das Verhalten nicht linear.

## **H3.3**

Was ist die Aussage des Torricellischen Ausflussgesetzes und wie lässt sich dieses begründen? Ihre Ausführungen sind physikalisch korrekt.

Ausflussgesetz von Torricelli: Das Ausflussgesetz von Evangelista Torricelli (1608–1647) besagt, dass bei einem Gefäß die Ausflussgeschwindigkeit proportional zur Quadratwurzel der Füllhöhe ist:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Oder in einer anderen Formulierung: Das Wasser in einem offenen Tank durch ein kleines Loch unten mit derjenigen Geschwindigkeit ausfließt, die es im freien Fall von der Höhe des Wasserlevels bis zum Loch erreichen würde. Herleiten kann man es aus der Bernoulligleichung (entgegen der alten Lösung auf dem Wiki bin ich der Ansicht, dass man es korrekterweise eben **nicht** aus dem freien Fall herleiten sollte), die man auf die Höhe des Wasserlevels (Index  $a$ , mit Geschwindigkeit  $v_a \approx 0$ ) und des Loches (Index  $b$ ) anwendet (siehe Tipler S. 360 Beispiel 11.15):

$$p_a + \rho h_a = p_b + \frac{1}{2}\rho v_b^2 + \rho g h_b$$

Beide Drücke  $p_a$  und  $p_b$  entsprechen dem Atmosphärendruck. Also folgt:

$$v_b^2 = 2g(h_a - h_b) = 2gh \Rightarrow v_b = \sqrt{2gh}$$

**H3.4**

Eine „Mariottesche Flasche“ ist ein Behälter, in den von oben ein Rohr ragt, an der unten am Boden einen Ausfluss hat (siehe Bild). Entgegen dem Torricellischen Ausflussgesetz fließt die Flüssigkeit nach Öffnen des Hahns mit konstanter Ausflussgeschwindigkeit aus, bis der Wasserspiegel die untere Öffnung des senkrechten Rohres erreicht. Erklären Sie das qualitativ. Ihre Ausführungen sind physikalisch korrekt.

Die Mariottesche Flasche (nach Edme Mariotte) ist eine unten mit einer seitlichen Ausflussmündung versehene, oben mit einem Kork luftdicht verschlossene Flasche, durch den eine an beiden Enden offene Glasröhre hineinragt.

Fließt etwas Wasser aus der Flasche, so dehnt sich die im oberen Teil befindliche Luft aus, und ihr Druck wird geringer, bis der in die Glasröhre hereinwirkende äussere Luftdruck den inneren samt dem Druck der vom untern Ende der Röhre bis zum Wasserspiegel stehenden Wassersäule überwinden kann und Luftblasen aus dem untern Röhrenende emporsteigen.

Dann herrscht im Niveau  $b$  des untern Röhrenendes der äussere Luftdruck, solange der Wasserspiegel  $c$  nicht unter  $b$  sinkt; und der Ausfluss des Wassers erfolgt nur unter dem Druck der Wassersäule  $a$  bis  $b$ , welche von der Ausflussmündung bis zum Niveau des unteren Röhrenendes reicht. Man kann daher das Wasser mittels der Mariotteschen Flasche, obgleich der Wasserspiegel sinkt, unter gleich bleibendem Druck und daher mit gleich bleibender Geschwindigkeit ausfließen lassen. Je tiefer man die Röhre hineinschiebt, desto langsamer wird der Ausfluss und hört ganz auf, wenn man das Röhrenende ins Niveau der Mündung stellt.

(Aus Wikipedia)

## **H4.V1a**

Sie könne die wesentlichen Beiträge von Kepler zur Optik jeweils in ein paar Sätzen zusammenfassen.

In seinem Buch *Optica* bespricht er die folgenden Themen:

- geradlinige Ausbreitung des Lichts
- Anwendung der Camera obscura
- Reflexion an gekrümmten Spiegeln
- Brechungsgesetz (durch eine proportionale Beziehung)
- Entdeckung der sphärischen Aberration
- Entdeckung des Sehprozess.

Weiter entwirft Kepler eine strenge Form der geometrischen Optik (mit Definitionen, Axiomen, Problemen und Propositionen), und baut ein Fernrohr mit zwei Konvexlinsen.

## **H4.V1b**

Sie könne die wesentlichen Beiträge von Descartes zur Optik jeweils in ein paar Sätzen zusammenfassen.

- Formulierung des Brechungsgesetzes in der Form  $\overline{CB}/\overline{EB}$  konstant (vgl. Skizze H4.4 unten)  $\rightarrow$  Annahme, dass sich Licht im optisch dichteren Medium schneller ausbreite.
- Weitere Beiträge zum Sehprozess
- Idealen Form einer Sammellinse
- die Erklärung des Regenbogens durch die Konstruktion des Lichtweges in einem Regentropfen.

## **H4.V1c**

Sie könne die wesentlichen Beiträge von Huygens zur Optik jeweils in ein paar Sätzen zusammenfassen.

Bau von Fernrohren und astronomische Beiträge wie die Entdeckung des 6. Saturnmondes oder des Saturnrings. Allgemein versucht er, die Optik auf mechanische Grundlagen zurückzuführen.

Erwähnung eines Mediums (harte und weiche Ätherteilchen), in dem sich Licht bewegt.

Schätzung der Lichtgeschwindigkeit. Formulierung des Huygens'schen Prinzips: *Jedes Teilchen bildet eine Welle, deren Mittelpunkt dieses Teilchen ist* → Reflexionsgesetz (vgl. Skizze H4.10 oben).

Erklärung der Doppelbrechung des Kalkspats aufgrund der Anisotropie der Lichtausbreitung, also der Kristallstruktur.

## **H4.V1d**

Sie könne die wesentlichen Beiträge von Newton zur Optik jeweils in ein paar Sätzen zusammenfassen.

Korpuskulartheorie des Lichtes: Licht besteht aus kleinsten Teilchen  
*Unterschiedliche Farben haben unterschiedliche Geschwindigkeiten* →  
weisses Licht setzt sich aus Licht verschiedener Farben zusammen.

Sein Buch *Optics* handelt von der Dispersion des Lichts,  
Farberscheinungen an dünnen optischen Schichten,  
Beugungsexperimenten.

Nach der Entdeckung von farbigen Streifen (Newtonsche Ringe) postuliert  
er eine periodische Eigenschaft des Lichts (Wellencharakter) →  
Quantitative Schätzung der Wellenlänge des Lichts. Weiter deutet er die  
Doppelbrechung am Kalkspat.

## **H4.V2**

Sie können die Grundzüge des Ringens um eine hypothetische Beschreibung des Lichtes im 17. und zu Beginn des 18. Jahrhunderts wiedergeben.

**Kepler:** Licht breitet sich geradlinig aus, und verteilt sich auf dazu senkrechten Flächen die Intensität des Lichtes nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

**Huygens:** mechanische Beschreibung des Lichts: Die Materie selbst bewegt sich vom Gegenstand bis zum Auge. Annahme, dass das Licht wie der Schall ein Medium zur Ausbreitung brauche. Huygensches Prinzip: Jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt einer neuen Welle, der so genannten Elementarwelle, betrachtet werden.

**Newton:** Korpuskulartheorie: Licht besteht aus kleinsten Teilchen bzw. Korpuskel (Körperchen). Äthertheorie periodische Ätherschwingungen. Weisses Licht setzt sich aus Licht verschiedener Farben zusammen. Entdeckung der newtonschen Ringen.

## **H4.1**

John Dollond löste 1775 das Problem der chromatischen Aberration an Sammellinsen, das Newton für unlösbar hielt. Sie können mit einer Skizze und ein paar Sätzen „schülergerecht“ qualitativ erklären, wie Dollond das Problem löste. Ihre Erklärung ist korrekt.

John Dollond löste das Problem mit einem Achromat. Dies ist ein Linsensystem, bestehend aus mindestens einer konvexen (Sammel-) und einer konkaven (Zerstreuungs-)Linse (aus unterschiedlichem Glas). Ein derartiges System bricht weisses Licht in der Art und Weise, dass Lichtstrahlen zweier unterschiedlicher Farben bzw. Wellenlänge (in der Praxis Rot und Blau) in einem Brennpunkt fokussiert werden – dadurch erhält man viel weniger Farbfehler an den Rändern von einzelnen Objekten.

Eine einzelne Linse kann keinen für alle Farben identischen Brennpunkt haben, weil die verschiedenen Wellenlängen des Lichtes beim Durchgang durch die Linse unterschiedlich stark gebrochen werden.

TODO Bild Wikipedia

## **H4.2**

Verknüpfen Sie die Theorie Descartes zum Regenbogen mit den newtonschen Erkenntnissen zur Dispersion. Skizzieren Sie qualitativ korrekt den Strahlengang von rotem und blauem Licht, das waagrecht auf einen kugelförmigen Regentropfen fällt und so verläuft, dass es zum Hauptregenbogen beiträgt. Legen Sie in einem kurzen „schülergerechten“ Text dar, wie aus dem Strahlengang im einzelnen Tropfen der sichtbare Regenbogen erklärt werden kann.

René Descartes griff die früher entwickelte Idee auf, wonach ein Regenbogen durch die Brechung von Sonnenstrahlen innerhalb einzelner Tröpfchen erklärbar sein muss.

Descartes beschrieb den korrekten Strahlengang und formulierte die Maximumsbedingung unter Verwendung des Brechungsgesetzes. Erst Isaac Newtons Theorie des Lichtes von 1704 brachte die Dispersion ins Spiel und machte so die Farbenpracht, und somit das gesamte Problem, verständlich.

Wassertröpfchen sind in guter Näherung transparente kleine Kugeln. Die Abb. rechts verdeutlicht, was mit einem Lichtstrahl geschieht, wenn er auf diese Tropfen trifft. Bei Ein- und Austritt wird er gemäß dem Brechungsgesetz abgelenkt und an der rückwärtigen inneren Oberfläche reflektiert. Wesentlich ist, dass die Tropfenoberfläche gekrümmt ist, denn dadurch werden die einzelnen Lichtstrahlen in Abhängigkeit von ihrem Auftreffpunkt auf den Tropfen unterschiedlich stark gebrochen

Um den Regenbogen zu sehen, muss der Beobachter auf einer möglichst freien Ebene mit dem Rücken zur tiefstehenden Sonne stehen und auf eine vom Sonnenlicht angestrahlte Regenwand blicken. In diesem Fall verlaufen alle Sonnenstrahlen annähernd parallel zur Erdoberfläche und zur Blickrichtung des Beobachters. Sie treffen in breiter Front auf die Vielzahl kleiner, im Blickfeld vor dem Beobachter annähernd gleichmässig verteilter Wassertröpfchen. Das Licht trifft also zuerst auf diese Regentropfen und folgt dabei dem oben beschriebenen Strahlengang.

Beachte: Rot ist beim Regenbogen aussen  $\rightarrow$  Winkel für Rot ist grösser.

## **H4.3**

Ein magischer Spiegel besteht aus zwei Hohlspiegeln, die einander zugekehrt sind. Im oberen ist ein Loch. Legt man einen Gegenstand auf den Boden des magischen Spiegels, scheint er aus bestimmten Perspektiven gesehen über dem Loch zu schweben. Formulieren Sie eine optische Aufgabe zu dem Spiegel für Schüler aus dem Grundlagenfach. Geben Sie selbst auch eine Musterlösung inklusiver allfälliger Skizzen an.

Eine mögliche Aufgabe wäre:

1. Skizzieren Sie in die nebenstehende Skizze qualitativ den Verlauf der Lichtstrahlen vom Schwein zum Auge. TODO Bild
2. Zeichnen Sie alle virtuellen und reellen Bilder des Schweins ein.

**Lösung** TODO Bild

## **H5.V1**

Sie können die wesentlichen Erkenntnis- und Entwicklungsschritte bei der Erforschung magnetostatischer und elektrostatischer Phänomene korrekt wiedergeben.

## Magnetismus

- Magnete haben zwei Pole
- Erste Zeichnung eines Kompass (mit Arabischen Ziffern)
- Erde ist ein grosser Magnet
- Beschreibung von Unterschieden zwischen magnetischen und elektrischen Erscheinungen.

## Elektrizität

- Elektrisiermaschine
- elektrische Gasentladung
- Weiterleitung von Elektrizität (Leiter, Isolator)
- Zwei Sorten von Elektrizität: „Glaselektrizität“ und „Harzelektrizität“.
- Leydener Flasche (erster Kondensator)
- Blitze sind von gleicher Natur wie die von Menschen erzeugte elektrischen Funken.
- Theorie einer „elektrische“ Flüssigkeit, die in einem Neutralen Körper in einer gewissen Menge vorhanden ist. Mangel führt zu „Harzelektrizität“ Überschuss zu „Glaselektrizität“.

## **H5.V2**

Sie kennen deren Reihenfolge sowie deren zeitliche Einordnung auf ein halbes Jahrhundert genau.

## Magnetismus

**1269** → **Mitte 13. Jh.** Magnete haben zwei Pole

**1269** → **Mitte 13. Jh.** Erste Zeichnung eines Kompass (mit Arabischen Ziffern)

**1600** → **Anfangs 17. Jh.** Erde ist ein grosser Magnet

**1600** → **Anfangs 17. Jh.** Beschreibung von Unterschieden zwischen magnetischen und elektrischen Erscheinungen.

## Elektrizität

**1672** → **Mitte 17. Jh.** Elektrisiermaschine

**Ende 17. Jh., Anfangs 18. Jh.** elektrische Gasentladung

**1729** → **Mitte 18. Jh.** Weiterleitung von Elektrizität (Leiter, Isolator)

**1733** → **Mitte 18. Jh.** Zwei Sorten von Elektrizität: „Glaselektrizität“ und „Harzelektrizität“.

**1745 und 1746** → **Mitte 18. Jh.** Leydener Flasche (erster Kondensator)

**1752** → **Mitte 18. Jh.** Blitze sind von gleicher Natur wie die von Menschen erzeugte elektrischen Funken.

**Mitte 18. Jh.** Theorie einer „elektrische“ Flüssigkeit, die in einem Neutralen Körper in einer gewissen Menge vorhanden ist. Mangel führt zu „Harzelektrizität“ Überschuss zu „Glaselektrizität“.

## **H5.V3**

Sie können ihnen die in den Überschriften dieses Skripts genannten Namen zuordnen.

## Magnetismus

**Mittelalter** (Pierre de Maricourt (Petrus Peregrinus)) Magnete haben zwei Pole

**Mittelalter** (Pierre de Maricourt (Petrus Peregrinus)) Erste Zeichnung eines  
Kompass (mit Arabischen Ziffern)

**William Gilbert** Erde ist ein grosser Magnet

**William Gilbert** Beschreibung von Unterschieden zwischen magnetischen und  
elektrischen Erscheinungen.

## Elektrizität

**Otto von Guericke** Elektrisiermaschine

**Francis Hauksbee** elektrische Gasentladung

**Stephen Gray** Weiterleitung von Elektrizität (Leiter, Isolator)

**Charles François de Cisternay Dufay** Zwei Sorten von Elektrizität:  
„Glaselektrizität“ und „Harzelektrizität“.

**Leydener Flasche** (Pfarrer Ewald Jürgen von Kleist (1745) und Pieter van  
Musschenbroeck in Leyden (1746)) Leydener Flasche (erster Kondensator)

**Benjamin Franklin** Blitze sind von gleicher Natur wie die von Menschen erzeugte  
elektrischen Funken.

**Benjamin Franklin** Theorie einer „elektrische“ Flüssigkeit, die in einem Neutralen  
Körper in einer gewissen Menge vorhanden ist. Mangel führt zu  
„Harzelektrizität“ Überschuss zu „Glaselektrizität“.

## **H5.1a**

Informieren Sie sich über die technische Verwertung der Elektrostatik in Kopiergeräten und Laserdruckern

Sie können beides in einem kurzen, schülergerechten Lehrtext mit Skizzen in den Grundzügen beschreiben.

Es wird nur ein Verfahren beschrieben (Weiss schreiben, Jumpentwicklung, Einkomponententoner). Dies ist aus meiner Sicht das wohl üblichste Verfahren bei einem klassischen analog Kopierer.

Das zentrale Element bei der Xerografie (griechisch für „trocken schreiben“) ist die Bildtrommel (kann auch als Endlosband ausgeführt sein), das mit einer lichtempfindlichen Beschichtung versehen ist (Fotoleiter). Sie besitzt die Eigenschaft, im Dunkeln elektrisch nichtleitend zu sein, bei Lichteinfall dagegen leitend zu werden (Abbildung ??).

**Laden der Bildtrommel** Der Fotoleiter auf der Bildtrommel wird zunächst elektrostatisch negativ aufgeladen, mit einer Ladekorona (ein dünner Draht, nahe der Trommel der unter hoher Spannung steht) oder mittels Ladungswalzen.

**Belichtung** Die Ladung auf dem Fotoleiter wird nun an den Stellen gelöscht, an denen später kein Toner auf die Bildtrommel aufgetragen werden soll. An den belichteten Stellen wird er leitend und verliert dadurch seine Ladung (leitende Rückseite).

Zur Belichtung wird in einem Laserdrucker ein Laserstrahl über einen rotierenden Spiegel (Laserscanner) zeilenweise auf die Trommel gelenkt und dabei rasterartig an- bzw. ausgeschaltet. Bei einem Fotokopierer (Analogkopierer) wird die Vorlage mittels einer starken Lichtquelle (z. B. Halogenlampe) beleuchtet. Die Vorlage wird über ein Objektiv auf den Fotoleiter abgebildet.

Auf der Bildtrommel ist nun ein Bild aus ladungsfreien Zonen entstanden.

**Entwicklung** Der Fotoleiter dreht sich weiter und wird in der Entwicklereinheit in unmittelbare Nähe zum aufgeladenen Toner gebracht, auf Grund der elektrostatische Ladung springt der Toner auf die Bildtrommel über. Die Tonerpartikel (Durchmesser 3–15  $\mu\text{m}$ ) bleiben bei Kontakt mit der Bildtrommel aufgrund elektrostatischer Anziehung an ihren unbelichteten, also geladenen Stellen haften.

**Toner-Transfer** Die Bildtrommel bewegt sich weiter und bringt den Toner in Kontakt mit dem zu bedruckenden Papier.

Der Toner wird dazu gebracht, auf das Papier überzuspringen, indem auf der Rückseite des Papiers mittels einer Transferrolle eine starke elektrische Ladung angelegt wird, die der Ladung des Toners entgegengesetzt ist.

**Fixierung** Das Papier bewegt sich weiter zur Fixiereinheit; diese besteht im wesentlichen aus zwei Walzen, die eine besondere Beschichtung tragen (z. B. Teflon oder Silikongummi). Mindestens eine der Walzen ist hohl und hat einen Heizstab im Inneren, der die Walze auf rund 180°C aufheizt. Beim Durchlaufen des Blattes schmilzt der Toner und verklebt mit dem Papier. Dafür, dass möglichst wenig Toner an den Heizwalzen haften bleibt, sorgt einerseits die Beschichtung, andererseits wiederum eine entsprechende, leichte elektrostatische Aufladung der Walzen, die den Toner abstoßen (obere Walze) bzw. anziehen (untere Walze, jenseits des Papiers). Der dennoch auf den Heizwalzen verbleibende Toner wird bei höherwertigen Geräten durch Reinigungswalzen oder ein Reinigungsvlies entfernt.

## **H5.1b**

Informieren Sie sich über die technische Verwertung der Elektrostatik bei der Rauchgasreinigung

Sie können beides in einem kurzen, schülergerechten Lehrtext mit Skizzen in den Grundzügen beschreiben.

**Aufbau eines Röhren-Elektrofilter** In der Achse der geerdeten, zylinderförmigen Niederschlagselektrode befindet sich eine sogenannte Sprühelektrode, die sehr stark negativ aufgeladen ist (Abbildung ??). Von dieser Sprühelektrode wandern aufgrund der Spitzenwirkung (ein Draht besitzt einen kleinen Krümmungsradius) Elektronen zur Niederschlagselektrode. Auf dem Weg dorthin treffen sie auf Gasatome, die sie ionisieren. Es befinden sich zwischen den Elektroden also negative Elektronen und positive Ionen. Gelangt nun ein staubeladener Gasstrom in diese Anordnung, so lagern sich Elektronen oder auch die positiven Ionen an den Staubteilchen an und laden dieses somit auf. Die auf diese Weise positiv geladenen Staubteilchen wandern zur Sprühelektrode, die negativen Teilchen zur Niederschlagselektrode. Von Zeit zu Zeit muss der Staubbiederschlag von den Elektroden entfernt werden, was z. B. durch Klopfen geschieht.

## **H5.2**

In welchem Umfang und (wenn überhaupt) mit welchen Themen und Zielen würden Sie die hier dargestellte qualitative Elektrostatik im Grundlagenfach unterrichten. Begründen Sie plausibel Ihren Verzicht bzw. Auswahl

Ich würde Elektrostatik mit dem Ziel unterrichten, Anwendungen bzw. Probleme im Alltag die auf Grund von Elektrostatik entstehen zu verstehen. Die Schüler sollten verstehen wie Ladung entstehen kann und dass es zwei Arten von Ladungen gibt. Ebenso sollte ihnen bewusst sein, dass es Leiter und Isolatoren gibt.

Die Themen sollten Praxis nah sein. Die Erzeugung wird daher mit alltäglichen Gegenständen (Reiben verschiedener Materialien) gezeigt. Nachweise der verschiedenen Ladungen durch Anziehung und Abstossung. Dies geht sehr gut mit an einem Isolator (Faden) aufgehängter geladenen Platten (ein leichtes drehen kann durch Anziehen oder Abstossen bei Annäherung eines geladenen Gegenstandes hervorgerufen werden).

Anwendungen und Probleme im Alltag aufzeigen. Z. B. Laserdrucker, Kopierer, Filteranlagen, Pulverbeschichtungen, ...; Aufladung beim Aussteigen aus einem Auto (wie diese verhindert werden kann (anfassen des Türerahmen beim Aussteigen)), Anlagen, bei denen elektrisch isolierende Produkte bewegt werden (Folieherstellung, Folieverpackung, Papierherstellung, Druckmaschinen, Textilienherstellung, Getreidemühlen, Abfüllanlagen), Gefahr von Brand- oder Explosionsgefahr.

**H5.3**

Sie stellen den Text von Franklin (Abbildung ??) in den Mittelpunkt einer Physiklektion. Geben Sie zwei plausible Lernziele (operationalisiert und/oder für Schüler verständlich formuliert) an und skizzieren Sie den Ablauf der Lektion in Worten (vor allem: was machen die Schüler?). Bewertet wird, ob Ablauf und Ziele aufeinander abgestimmt sind und der Text von Franklin das Gewünschte hergibt. (Falls diese Frage in der Prüfung kommt, würden Sie den Text als Kopie erhalten.)

## Lernziele

- Sie sind in der Lage das Experiment von Franklin zu skizzieren und dessen Ablauf zu beschreiben.
- Sie verstehen was mit dem Experiment bezweckt werden sollte.
- Sie können beurteilen ob dieser Versuchsaufbau sinnvoll ist.

## Ablauf der Stunde

- Vorstellen des Themas der Stunde (2')
- Lernziele (3')
- Schüler bearbeiten in 3er Gruppen den Text (20')
- Antworten der Gruppen werden im Klassenverband diskutiert (20')

Die Fragen die, die Schüler erhalten entsprechen den 3 Lernzielen. Jede Gruppe muss eine der Antwort auf einer Folie beantworten (markiert welche). Dadurch stehen für jede Frage etwa 2 Antworten für die Besprechung im Klassenverband zur Verfügung.

Anmerkung: Die Wiederholung dieses Experiments hat scheinbar ein paar Forschern das Leben gekostet. Dies sollen die Schüler erkennen (drittes Lernziel → kein sinnvoller bzw. sehr gefährlicher Versuchsaufbau).

## **H6.V1**

Sie kennen die spezifischen Beiträge von Papin, Seavery und Newcomen zur Entwicklung der Dampfmaschine und können Sie zeitlich auf ca.  $\pm 5$  Jahre einordnen.

**Denis Papin (1647–nach 1712)**

**1679** Dampfdrucktopf

**1690** 1. Arbeit zur Dampfmaschine (Atmosphärische Dampfmaschine/Kolbenprinzip)

**1707** Sicherheitsventil (Überdruckventil)

**Thomas Savery (1650-1715)**

**1698** Dampfmaschine für Bergwerk (Dampf- und Luftdruck wirken direkt auf Wasser)

**1702** Beschreibung der Funktionsweise

**Thomas Newcomen (1663–1729)**

**1705** Patent auf neue Dampfmaschine die Kolbenprinzip (Papin) und Dampfkessel (Savery) kombiniert

**1712** 1. fertige Maschine produziert

## **H6.V2**

Sie können drei der vier 1769 von Watt in seiner Patentschrift vorgeschlagenen Verbesserung der Dampfmaschine in je einem Satz nennen.

**Dampfgefäß** auf konstanter (hoher) Temperatur halten durch:  
Isolierung, rundherum heizen (Dampf, Heizkörper), Kontakt mit kaltem  
Wasser/Körper vermeiden

**Kondensatoren** Gefäße zur Kondensation von Wasser: getrennt vom  
Dampfgefäß, mindestens so kühl wie Umgebungsluft

**Störendes entfernen** Luft oder nicht kondensierte (störende) Dämpfe  
aus dem Kondensator rauspumpen.

**Expansionskraft** des Dampfes zum Antrieb des Kolbens nutzen  
(anstelle Druck der Atmosphäre).

## **H6.V3**

Sie können sinngemäss die drei Grundsätze von Carnot zur Konstruktion von Wärme-Arbeits-Maschinen (S. 13) wiedergeben und mit je einem anschaulichen und realistischen Beispiel erläutern.

- a) Temperatur der Flüssigkeit zuerst auf höchstmöglichen Grad bringen (grosses Temperaturgefälle)
- b) Danach Erkaltung so weit wie möglich (gleicher Grund)
- c) Übergang von höchster zur niedrigsten Temperatur durch Ausdehnung des Volumens (Abkühlung auf Grund der Ausdehnung)

## Beispiele

- a) Heizen von aussen oder innen (Heizkesel, Brennstäbe,...)
- b) Kühlen (Kühlmittel, kalte Aussenluft)
- c) Kolbenprinzip (theoretisch auch Turbinenprinzip)

**Anschaulich** siehe Stirlingmotor Kärtchen [99](#).

## **H6.1**

Für Ihre zukünftigen Schüler ersinnen Sie eine Prinzipskizze von Aufbau eines Stirlingmotors inklusive der Verbindung der beiden Kolben über ein gemeinsames Schwungrad. Diese Skizze ist so klar und einfach, dass Sie sie ohne Hilfsmittel aus dem Kopf zeichnen können und angeben können, in welche Richtung sich das Schwungrad dreht, wenn der Motor läuft.

Alpha- oder Beta-Konfiguration skizzieren (Angriffe sind jeweils  $90^\circ$  versetzt).

TODO: Bild Wikipedia.

**H6.2**

Formulieren Sie eine quantitative Aufgabe zu dem nebenstehenden Bild (Kolben mit  $p$ - $V$ -Diagram). Geben Sie in Kürze das benötigte Vorwissen, den erwarteten Lösungsweg und das Ergebnis an. Ihre Ausführungen sind vollständig und korrekt.

**Aufgabenstellung** (Dazu gehören Textausschnitt und Skizze aus dem Skript S. 9)

a) Überzeugen Sie sich davon, dass die Daten in der Skizze einem  $p$ - $V$ -Diagramm entsprechen und damit dem Gesetz von Boyle-Mariotte genügen:  $p \cdot V = \text{konstant}$ .

b) Bestätigen Sie die Aussage von James Watt, in dem Sie die vom Gas (Dampf) verrichtete Arbeit für die erwähnten beiden Fälle ( $\frac{1}{4}$ -Füllung, volle Füllung) berechnen.

Hinweis: wählen Sie selber „vernünftige“ Einheiten.

Bemerkung: Je nach Stufe (Grundlagenfachm Schwerpunktfach) sollen die Schüler nur die Kästchen zählen oder aber zusätzlich die Fläche analytisch berechnen.

**Erwartete Lösung a)** Stichprobenartig:  $p \cdot V = \text{konstant}$

$$\begin{aligned} 0.83 \text{ Bar} \cdot 0.1 \cdot 6 \text{ m}^3 &= 0.498 \text{ J} \\ 0.25 \text{ Bar} \cdot 0.1 \cdot 20 \text{ m}^3 &= 0.5 \text{ J} \\ &\vdots = \vdots \end{aligned}$$

$\alpha \approx 0.5 \text{ J}$  Zu den Einheiten: Hubraum Kolben folgt aus der Annahme: Höhe 1 m Durchmesser  $\approx 60 \text{ cm}$ . Zylinder in 20 Zylinderscheiben à  $\approx 0.1 \text{ m}^3$  unterteilt. b) Kästchenzählen: 116 Quadrate für  $\frac{1}{4}$ -Füllung. 200 Quadrate für volle Füllung

Anzahl Kästchen entspricht Arbeit, damit ist die Aussage schon gezeigt.

Analytisch

$$W_{\frac{1}{4}} = \int_0^{20} p \, dV = 0.5 \text{ J} + \int_5^{20} \frac{0.5}{V} \, dV = 0.5 \text{ J} + 0.5 \ln \frac{20}{5} \text{ J} < 1 \text{ J}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{<1}$

$$W_{\frac{1}{1}} = 2 \text{ J}$$

$$W_{\frac{1}{4}} < W_{\frac{1}{1}}$$

## **H6.3a**

Würden Sie im Grundlagenfach Physik am Gymnasium die Entropie einführen? Begründen Sie Ihre Entscheidung plausibel in 2–3 Sätzen.

**Pro**

- Kann zum Verständnis der Hauptsätze beitragen
- Ermöglicht (einfache) quantitative Charakterisierung von reversiblen & irreversiblen Prozessen
- Vom physikalischen Inhalt her nicht viel neues (quantitative Beschreibung des bereits Gelernten)

**Kontra**

- Neuer Begriff der Häufig zur Verwirrung führt
- Zusätzlicher Zeitaufwand
- Hauptsätze können (zumindest qualitativ) auch ohne Entropie behandelt werden

## **H6.3b**

Skizzieren Sie in jedem Fall einen möglichen Weg zur Einführung der Entropie in Worten (Stichworte oder Telegrammstil): Stoff, der vorher unbedingt behandelt werden muss, logischer Aufbau, Experimente, Lernziel(e).

**Vorkenntnisse**

- Grundbegriffe der Wärmelehre (Temperatur, Innere Energie, Wärme,...)
- Nullter, erster & zweiter Hauptsatz der Wärmelehre

**IU** Hauptsätze besser verstehen; quantitative Beschreibung von irreversiblen/Reversiblen Prozessen; Motivation sollte schon zuvor bei den Hauptsätzen stattgefunden haben (zahlreiche technische Anwendungen wie Wärmepumpen,...)

**Kurze Repetition** am Beispiel: Klotz rutscht schiefe Eben herab.

Reibung  $\rightarrow$  Umwandlung von (geordneter) kinetischer Energie in (ungeordnete) Wärme & dann innere Energie

1. Hauptsatz: Energieerhaltung  $\rightarrow$  Umkehrung denkbar: Klotz entzieht Wärme (aus innerer Energie von sich selber & Untergrund) und gleitet wieder hinauf.

2. Hauptsatz: Verbietet Umkehrung!

Überleitung: Versuch das etwas besser zu verstehen:

Was heisst „geordnet“/„ungeordnet“ und reversibel/irreversibel?

**Beispiel** Gebe einem Schüler der Reihe nach sortierte Jasskarten.

Wie lange muss der Schüler mischeln (wie oft) bis die Karten wieder geordnet sind? Hängt mit der Anzahl Möglichkeiten zusammen.

Beschreibung der Unordnung/bzw. der Anzahl Möglichkeiten durch Entropie  $S$ .

**Modell von „realem“ Körper** Unordnung: Moleküle beliebig (zufällig) verteilt. Ordnung: Alle Moleküle z. B. in linker Hälfte

Quantitative Behandlung: W'keit, dass alle links  $\approx (\frac{1}{2})^{\#}$

$\Rightarrow$  Je mehr Möglichkeiten, desto unwahrscheinlicher ist Ordnung, desto grösser die Entropie, real ist

$\# = N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  also sehr gross.

Beispiel vom Klotz nochmals aufgreifen und mittels Entropie erläutern  $\Rightarrow$  2. Hauptsatz Umkehrung extrem Unwahrscheinlich!

Quantitative Aussagen:

reversibler Prozess:  $\Delta S = 0$  irreversibler Prozess:  $\Delta S > 0$

Allgemein:  $\Delta S \geq 0$  in abgeschlossenen Systemen

**Lernziele** Die Schüler kenne folgende Zusammenhänge & können diese erläutern:

Entropie  $\Leftrightarrow$  2. Hauptsatz

Entropie  $\Leftrightarrow$  reversibel/irreversibler Prozess

Entropie  $\Leftrightarrow$  Unordnung/Anzahl Mögliche Zustände im abgeschlossenen System

## **H7.V1a**

Sie können die Beiträge Galvanis zur Entwicklung der Elektrodynamik – wie sie in diesem Skript behandelt werden – sinngemäss in Stichworten oder wenigen kurzen Sätzen wiedergeben und zeitlich in das richtige Jahrzehnt einordnen.

Luigi Galvani 1737 (Bologna) – 1798; Zeitraum: 1780 – 1790

Galvani stellte beim Sezieren von Fröschen fest, dass immer wenn in einem in der Nähe stehenden Funkenkonduktor ein Funken entsteht, die seziierte Frösche, deren Nerven mit einer Antenne verbunden waren, anfangen zu „zappeln“. Dies war eine Art erster Nachweis von elektromagnetischen Wellen, doch wurde in dieser Richtung nicht weiter geforscht.

1786: Untersuchung der atmosphärischen Elektrizität. Lange Leiter an Fröschen befestigt, immer wenn es Blitz, zappeln die Schenkel, noch bevor man den Donner hört.

Vergebliche Versuche, eine atmosphärische Elektrizität nachzuweisen. G. entdeckte dabei zufällig, dass beim Berühren, der metallischen Haken, an denen die Nervenzellen befestigt waren, mit einer Eisenplatte Zuckungen auftreten. G. schliesst daraus, dass „dem Tiere selbst Elektrizität innewohne“.

Galvani war Arzt: Medizinische-pathologische Folgerungen: Hirnschlag und Epilepsie sind auf ein plötzliches Freiwerden von tierischer Elektrizität zurückzuführen.

## **H7.V1b**

Sie können die Beiträge Voltas zur Entwicklung der Elektrodynamik – wie sie in diesem Skript behandelt werden – sinngemäss in Stichworten oder wenigen kurzen Sätzen wiedergeben und zeitlich in das richtige Jahrzehnt einordnen.

Alessandro Volta 1745 (Como) – 1827 (Como); Zeitraum: 1790 – 1800

V. erfährt von Galvanis Experimenten und führt sie weiter. Er unterteilt die Leiter in 1-ter und 2-ter Klasse, d. h. in trockene (Metalle) und feuchte (Ionenlösungen). Er stellt fest, dass ein Strom fließt, wenn ein Leiter 2-ter Klasse zwischen zwei Leiter 1. Klasse gehalten wird, oder umgekehrt.

V. hält nichts von Galvanis „tierischer Elektrizität“, der Frosch ist für ihn nichts weiter als ein Leiter zweiter Klasse und ein Teil des Stromkreises.

V. äussert sich zur Richtung des Stromes und der Polung der Metalle und macht die elektrische Polarisation mit physikalischen Laborgeräten sichtbar.

V. schreibt die Hauptrolle bei der Erzeugung der elektrischen Aktivität dem Metall-Metall-Kontakt zu. Dies führt zu seiner Erfindung, der Voltasäule, einer Serienschaltung von Metall-Metall-Kontakten plus Leiter 2-ter Klasse. Sozusagen die erste Batterie.

Präsentation der Säule bei Napoléon. Selbstversuche und „Heilmethode“ gegen Taubheit.

## **H7.V1c**

Sie können die Beiträge Ørsteds zur Entwicklung der Elektrodynamik – wie sie in diesem Skript behandelt werden – sinngemäss in Stichworten oder wenigen kurzen Sätzen wiedergeben und zeitlich in das richtige Jahrzehnt einordnen.

Hans Christian Ørsted 1777 (Rudkøbing) – 1851 (Kopenhagen); Zeitraum: 1819/1820

Entdeckte die Ablenkung einer Magnethadel durch einen stromdurchflossenen Draht. (Dies hatte zwar schon 1802 Gian Domenico Romagnosi aus Trento, Italien entdeckt, doch wird dies international nicht zur Kenntnis genommen und gerät in Vergessenheit.)

Veröffentlichung 1820: „Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam“ wird an Wissenschaftler in ganz Europa verschickt.

## **H7.V1d**

Sie können die Beiträge Ampères zur Entwicklung der Elektrodynamik – wie sie in diesem Skript behandelt werden – sinngemäss in Stichworten oder wenigen kurzen Sätzen wiedergeben und zeitlich in das richtige Jahrzehnt einordnen.

André Marie Ampère 1775 (Poleymieux-au-Mont-d'or bei Lyon) – 1836 (Marseille); Zeitraum: 1820 – 1830

Ampère erfährt 1820 von den Versuchen Ørsteds. Experimentiert selber weiter, setzt die Richtung des Stromes, als diejenige der „positiven Elektrizität“ fest.

A. misst (nur qualitativ) die magnetischen Kräfte zwischen zwei stromdurchflossenen Leitern. Er stellt fest, dass Leiterschleifen und Spulen sich verhalten wie Magnete mit zwei Polen. Begründung der Theorie des Ferromagnetismus, demzufolge Kreisströme in der Materie Magnetismus bewirken.

Die Einheit Ampère ist auf der Basis der Kräfte zwischen zwei stromdurchflossenen Leitern definiert.

Neben Ampère führten 1820 auch Jean-Baptiste Biot und Felix Savart Experimente durch (Gesetz von Biot-Savart).

## **H7.V1e**

Sie können die Beiträge Ohms zur Entwicklung der Elektrodynamik – wie sie in diesem Skript behandelt werden – sinngemäss in Stichworten oder wenigen kurzen Sätzen wiedergeben und zeitlich in das richtige Jahrzehnt einordnen.

Georg Simon Ohm 1789 (Erlangen) – 1854 (München); Zeitraum: 1820 – 1830

Ohms Arbeit ist in erster Linie eine experimentelle Meisterleistung.

Problem zu dieser Zeit: Spannungsquellen auf Basis Galvanischer Elemente lieferten bis 1825 keine konstante Spannung.

Lösung: Thermoelemente als Spannungsquellen (Seebeckeffekt).

O. misst den Strom in einem Leiter über die Auslenkung einer magnetischen Nadel (Torsion eines Drahtes).

Findet Zusammenhang zwischen Strom, Spannung und Widerstand: Ohmsches Gesetz.

## H7.1a

Die folgenden Ausführungen Voltas aus [Volta 1996, S.86] beziehen sich auf die hier abgebildete Variante seiner „Säule“:

TODO: Bild: Wasserkübel verbunden mit Leitern.

Welche typischen, auch bei Lernenden anzutreffenden Fehlvorstellungen von elektrischem Strom kommen in dieser Textstelle zum Ausdruck?

Beschreiben Sie mindestens zwei. Ihre Ausführungen müssen im Sinne der Fragestellung und auch physikalisch einleuchtend sein. (Hinweis: Diese Frage können Sie eventuell besser beantworten, wenn der Vorlesungsteil D6 Schülervorstellungen bereits behandelt wurde.)

Typische Fehlvorstellungen (beziehe mich auf die Fehlvorstellungen zur Elektrizitätslehre, aufgelistet auf Seite D6.4 im Kapitel D6-Schülervorstellungen):

i) Die Argumentation ist lokal/sequentuell; ii) Kompensationsdenken; iii) Strom als Ding; iv) Die physikalische Bedeutung der Spannung bleibt schleierhaft

Aus heutiger Sicht würde man am besten ein Ersatzschaltbild der Situation zeichnen und dann das System als ganzes („Systemcharakter“) diskutieren: In einem Wasserbehälter wird an beiden Enden eine (fixe) Spannung angelegt. Die Flüssigkeit kann nun idealisiert als eine Serieschaltung von „Wasserelementen“ betrachtet werden, über welche die Spannung abfällt. Hält nun eine Versuchsperson ihre Hände in die Flüssigkeit, so wird zwischen den beiden Punkte, wo die Hände in die Flüssigkeit eintauchen, ein paralleler Widerstand  $R_p$  dazugeschaltet (siehe Abb.). **TODO** Dies ändert an der Gesamtspannung nichts, reduziert aber den Gesamtwiderstand, was im System zu einem höheren Strom führt. D. h. auch durch  $R_{w1}$  und  $R_{w2}$  fließt ein höherer Strom. Der Strom, der durch  $R_p$  fließt hängt ab von der Spannung über  $R_p$ , d. h. auch vom Spannungsabfall über  $R_{w1}$  und  $R_{w2}$ . Wie beschreibt Volta diese Situation?

Grundsätzlich bleibt im ganzen Text die physikalische Bedeutung der Spannung schleierhaft (Vorstellung (iv)).

Bei der Behandlung der Stromflusses wird sehr „lokal argumentiert“ (Vorstellung (i)): Der Strom teilt sich zwischen  $R_p$  und  $R_{w2}$  auf und da  $R_p$  kleiner ist als  $R_{w2}$  fließt nun mehr durch  $R_p$ . Dass sich die Gesamtstromstärke auch ändert, wird nicht erwähnt und ist aus dieser Betrachtung auch gar nicht zu erwarten. In dieser lokalen Argumentation werden der Wasserbehälter und die Versuchsperson nicht als ein System von Serie- und Parallelschaltungen angesehen.

Der Strom ist ein Ding, das „vorzieht, liebt und Umwege geht“ (Vorstellung (iii)).

## **H7.1b**

Wie erklären Sie mit heutigen Begriffen die Aussage des letzten Satzes des obigen Textes von Volta? Stellen Sie sich vor, Sie geben die Antwort im Umfang von 3–5 Sätzen Schülerinnen oder Schülern, die mit den elementaren Gesetzen des Stromkreises vertraut sind.

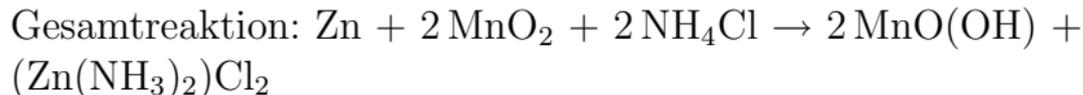
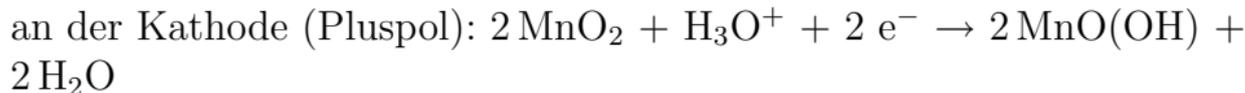
Der letzte Satz: „Dies ist der Grund, weshalb der Schlag, den man fühlt, viel schwächer ist, als wenn der elektrische Strom ungeteilt bleibt, indem die Person allein die Verbindung von einem Bogen zum anderen bildet.“ Volta sagt, dass wenn die Person beide Elektroden direkt anfasse, der ganze Strom durch die Person fliesse, weshalb der Schlag dann grösser sei. Halte man hingegen die Hände ins Wasser, so teile sich der Strom in der Parallelschaltung auf und deshalb sei der Schlag kleiner. Er erwähnt aber nicht, dass der Strom im zweiten Fall kleiner ist, weil ein Teil der Spannung über  $R_{w1}$  und  $R_{w2}$  abfällt. Im zweiten Fall kann die Spannung auch kleiner werden, wenn durch den insgesamt höheren Stromfluss durch die Parallelschaltung ein Teil der Quellenspannung über dem Innenwiderstand der Voltasäule abfällt.

## **H7.2**

Ein Beitrag zur Interdisziplinarität: Informieren sie sich über die prinzipiellen chemischen Reaktionen, die ablaufen, wenn eine gewöhnliche „Zink-Kohle-Batterie“ in einem elektrischen Stromkreis Energie abgibt. Sie können eine Skizze anfertigen, diese korrekt beschriften und die chemischen Reaktionen an Plus- und Minuspol in der üblichen Formelschreibweise angeben.

Aufbau: Eine Zink-Kohle-Batterie hat als Anode(-) einen Zink(Zn)-Becher und als Kathode(+) einen Kohlestab, welcher von Mangandioxidpulver ( $\text{MnO}_2$ , „Braunstein“) umgeben ist. Als Elektrolyt dient eine 20%-Ammoniumchlorid( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )-Lösung.

Reaktionen beim Entladen der Batterie:



## **H8.V1**

Sie können für dieses Kapitel massgeblichen Leistungen Rumfords, Mayers und Joules in Stichworten nennen und zeitlich einordnen (Toleranz  $\pm 5$  Jahre)

Benjamin Thompson (Graf Rumford) (**Merken 1800**)

- Vor 1800 weit verbreitete Meinung: Die Wärme sei ein Stoff („Caloricum“), der für sich nicht erzeugt oder vernichtet werden kann.
- Experimente über Wärmeproduktion beim Bohren von Kanonenröhren mit stumpfen Bohrern (veröffentlicht 1798) und beim Reiben der Stirnflächen zweier drehender Metallstangen (veröffentlicht 1805).
- Schlussfolgerung: **Die Wärme kann kein Stoff sein**, sondern sie ist mit der mechanischen Bewegung eng verbunden. („Eine vibrierende Bewegung der Bestandteile“)

Julius Robert Mayer (**Merken: 1845**)

- 1841: Formuliert den eminent wichtigen Satz: „Die Ursachen sind (quantitativ) unzerstörliche und (qualitativ) wandelbare Objekte“, d. h. **Energie kann weder erzeugt noch vernichtet, sie kann aber umgewandelt werden.**
- 1842: Er berechnet das mechanische Wärmeäquivalent des Wassers.
- 1845: Beschreibt verschiedene Möglichkeiten, mechanische Energie in Wärme umzuwandeln. Insgesamt listet er 25 „Metamorphosen“ auf (Umwandlungen der Energieformen), quer durch Physikbereiche: Mechanik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität und auch Chemie.

James Prescott Joule (**Merken: 1845**)

- 1841: Die Wärmeleistung des elektrischen Stromes ist proportional zum Quadrat der Stromstärke.
- 1843: Die Vernichtung einer Arbeitskraft findet nur mit einer entsprechenden Wirkung statt.
- 1845: **Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents.**

## **H8.V2**

Sie können stichwortartig und sinngemäss die Empfehlungen von Duit (Kapitel 8.7.3) für die Einführung des Energiebegriffs wiedergeben.

- Der Energiebegriff sollte möglichst früh eingeführt werden, d. h. zu Beginn des Physikunterrichtes. Somit kann er als Leitlinie für den späteren Physikunterricht dienen.
- In der Physik soll an die häufig anzutreffende Alltagsbedeutung der Energie im Sinne eines universellen Treibstoffes angeknüpft werden.
- Wichtige Aspekte des Energiebegriffes lassen sich im Unterricht integrieren, auch ohne das Wort Energie zu verwenden. Z. B. kann man beim Thema Licht auch dessen „Umwandlungen“ erwähnen.
- Eine Einführung der Energie über die Arbeit drängt sich nicht auf, da Arbeit und Energie im Alltag Begriffe mit eher schwachem sachlichem Zusammenhang bleiben.
- Die Energie kann eingeführt werden als Voraussetzung für den Ablauf verschiedener Prozesse in Natur und Technik.
- Die Aspekte Transport, Umwandlung, Erhaltung und Entwertung des Begriffs Energie sollen parallel entwickelt werden, denn so lässt sich ihre Verzahnung klar herausarbeiten.
- Durch vielfältige Experimente soll gezeigt werden, dass Energie in verschiedenem Gewand auftreten, transportiert, umgewandelt werden kann. Energieflussdiagramme erstellen.
- Energie kann nicht aus nichts entstehen und Energie kann auch nicht ins Nichts verschwinden. Nutzbare und auf die Umgebung zerstreute Energie: Energieentwertung.
- Quantitative Behandlung der Energieerhaltung und Vorstellung der Energieentwertung in Richtung des Entropiebegriffs und des 2. Hauptsatzes.

## H8.1

Die kinetische Energie eines Körpers ist abhängig vom Bezugssystem, aber gilt das auch für die Arbeit beim Beschleunigen (=Zunahme der kinetischen Energie)? Jemand steht in einem Zug, der mit  $v_1 = 20 \text{ m/s}$  geradeaus fährt. Die Person läuft in Fahrtrichtung los und beschleunigt dabei relativ zum Zug auf  $v_2 = 2 \text{ m/s}$ . Um welchen Wert nimmt die Energie der Person zu:

- a) im Bezugssystem des Zuges
- b) im Bezugssystem der Erde?

Wie erklären Sie sich (und den Schülern) den Unterschied?

Annahmen: Person:  $m = 80 \text{ kg}$ ; Beschleunigungszeit:  $t = 10 \text{ s}$

### Zunahme der kinetischen Energie

Bezugssystem Zug:  $\frac{mv_2^2}{2} - 0 = 160 \text{ J}$

Bezugssystem Erde:  $\frac{m(v_1+v_2)^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = 3360 \text{ J}$

$\Rightarrow$  Erde bezogener Wert ist um Faktor 21 grösser.

### Betrachtung des Beschleunigungsweges

Beschleunigung:  $\frac{v_2-0}{t} = 0.2 \text{ m/s}^2$

Bezugssystem Zug:  $\frac{v_2^2-0}{2a} = 10 \text{ m}$

Bezugssystem Erde:  $\frac{(v_1+v_2)^2-v_1^2}{2a} = 210 \text{ m}$

$\Rightarrow$  Erde bezogener Wert ist um Faktor 21 grösser.

### Ich wäre wie folgt vorgegangen

Bezugssystem Zug:  $\frac{v_2-0}{2} \cdot t = 10 \text{ m}$

Bezugssystem Erde:  $v_1 \cdot t + \frac{0+v_2}{2} \cdot t = 210 \text{ m}$

$\Rightarrow$  Erde bezogener Wert ist um Faktor 21 grösser.

### Schlussfolgerungen

- Die Zunahme der kinetischen Energie, d. h. der dazu verrichteten Arbeit, hängt vom Bezugssystem ab.
- Die **Beschleunigungskraft hängt nicht vom Bezugssystem ab.**
- Der **Beschleunigungsweg hängt auch vom Bezugssystem ab** und erklärt die obige Abhängigkeit der verrichteten Arbeit bzw. der Energiezunahme.

## H8.2

Würden Sie das, was gemeinhin als „Erster Hauptsatz (der Wärmelehre)“ bezeichnet wird...

- a) ... in einer den obigen Formulierungen sinngemäss entsprechenden Fassung unterrichten (in welcher)?
- b) ... in einer anderen (vielleicht eigenen) Fassung unterrichten (welcher)?
- c) ... gar nicht unterrichten?

Begründen Sie ihre Entscheidung plausibel und physikalisch fehlerfrei.

Aus folgenden Gründen soll der 1. Hauptsatz der Wärmelehre unterrichtet werden:

- Seine heutige Form ist ein hervorragendes Beispiel einer sich über Jahrzehnte ziehenden Kristallisierung mehrerer Formulierungen und von verschiedenen Wissenschaftlern durchgeführter Experimente.
- Er ist ein kurzer und klar formulierter Satz, hat jedoch eine tiefe und über alle Physikbereiche übergreifende Bedeutung.
- Seine Lehre stellt eine gute Gelegenheit dar, die wichtigen Kategorien „Prozess“ und „Zustand“ wie auch die entsprechenden physikalischen Größen vertieft zu behandeln.

Aus folgenden Gründen würde ich in meinem Unterricht die Form: „Ein System besitzt in jedem Zustand eine bestimmte innere Energie  $U$ . Wird ihm beim Übergang vom Zustand 1 in den Zustand 2 Energie als Arbeit  $W$  und als Wärme  $Q$  zugeführt, so gilt:  $W + Q = U_2 - U_1 = \Delta U$ “ [Bader 2000] verwenden:

- Die Existenz der inneren Energie wird ausdrücklich postuliert und dazu wird vorausgesetzt, dass jeder Systemzustand von einer bestimmten inneren Energie beschrieben wird.
- Ein Übergang zwischen zwei Zuständen eines Systems ist mit der Modifikation seiner inneren Energie verbunden, d. h. mit einer Ab- oder Zufuhr von Energie.
- Die Begriffe „Zustand“ und „Übergang“ sind klar gegenüber gestellt und so kann sich eine lehrreiche Diskussion mit der Klasse über Zustand- und Prozessgrößen entfalten.
- Es wird postuliert, dass ein Zustandsübergang unter Zufuhr einer bzw. mehrerer Energieformen stattfindet. „Arbeit“ und „Wärme“ werden insbesondere aber nicht ausschliessend erwähnt: Andere Energieformen können auch mit Zustandsübergängen verbunden sein.

Würde „Energie kann weder erzeugt noch vernichtet, sondern nur in andere Energiearten umgewandelt werden.“ wählen, da einfacher zu merken und dies die Innere Energie ebenfalls einschliesst. Ebenso wird viel deutlicher das Energie nicht vernichtet werden kann.

## **H9.V1**

Sie können angeben, in welchen Jahrzehnten Faraday, Maxwell und Hertz ihre wesentlichen wissenschaftlichen Arbeiten zur Elektrizität durchgeführt haben.

Beiträge (gem Skript) mit Jahresangaben, kuriv eindeutig Thema Elektrizität.

**Faraday** ⇒ **1830er bis 1850er**

*Experimental Researches In Electricity (erste Ausgabe): 1832*

*Experimental Researches In Electricity (erster Sammelband): 1839*

*Experimental Researches In Electricity (zweiter Band): 1844*

*Experimental Researches In Electricity (dritter Band): 1855*

letzte Veröffentlichung: 1857

**Maxwell** ⇒ **1860er**

Farbwahrnehmung: 1860

Stabilität der Saturnringe: 1859

Dynamical Theory of Gases: 1867

Theory of Heat: 1871

*Dynamical Theory of the Electromagnetic Field: 1864*

**Hertz** ⇒ **1880er**

*Über die Beziehungen zwischen den Maxwellschen elektrodyn. Grundgleichungen und den Grundgleichungen der gegnerischen Elektrodynamik: 1884*

*Über sehr schnelle elektrische Schwingungen: 1887*

*Über elektrodyn. Wellen im Luftraum und deren Reflexion: 1888*

*Über Strahlen elektrischer Kraft: 1888*

## **H9.V2**

Sie können ausser der Induktion noch mindestens drei weitere Forschungsgebiete oder Entdeckungen Faradays aus den *Experimental Researches* nennen.

Neben der Induktion werden folgende Gebiete im Skript erwähnt:

- Elektrochemie
- Selbstinduktion
- Elektrostatik
- Faraday-Käfig
- Dielektrikum
- Polarisierung
- magneto-optischer Effekt
- Diamagnetismus
- magnetische Kraftlinien

## **H9.V3**

Sie können in wenigen Sätzen umreisen, anhand welcher mechanischen Analogievorstellungen Maxwell seine Theorie entwickelte (Stichworte: Strömende Flüssigkeit, Wirbel, elastisches Medium).

### Zu Faradays Kraftlinien

- geometrisches Modell der Feldlinien gibt Richtung, nicht aber Stärke des Feldes an jedem Punkt an
- ersetze Feldlinien durch Röhren, durch die eine inkompressible Flüssigkeit fließt
- $\Rightarrow$  Querschnitt der Röhren umgekehrt proportional zu Geschwindigkeit der Flüssigkeit
- $\Rightarrow$  Geschwindigkeit in der Röhre gibt Feldstärke (Intensität der Kraft) an
- Spezialfall Elektrizitätslehre / Magnetismus: Kräfte gehorchen dem Abstandsquadratgesetz  $\Rightarrow$  keine Zwischenräume zwischen den Röhren
- Strömungswiderstand  $\vec{F} = k\vec{v}$  prop. zur Geschwindigkeit, und analog dazu:  $\vec{E} = \frac{1}{\sigma} \cdot \vec{J}$  und  $\vec{H} = \frac{1}{\mu} \cdot \vec{B}$

### Über physikalische Kraftlinien

magnetische Erscheinungen, hervorgerufen durch Zugkraft in Richtung der Kraftlinien zusammen mit hydrostatischem Druck

- Druck in äquatorialer Richtung grösser als in axialer  $\Rightarrow$  Zentrifugalkraft von Wirbeln
- Geschwindigkeit am Umfang eines Wirbels = magnetische Feldstärke
- Dichte der wirbelnden Substanz = Permeabilität

### weiterführende Diskussion anhand der Elastizitätstheorie

- benachbarte Wirbel mit gleichem Drehsinn würden an der Grenzfläche Reibung erzeugen
  - $\Rightarrow$  Einführung der Friktionsteilchen, welche die Funktion von Kugellagern übernehmen
    - Annahmen: Friktionsteilchen haben kleine Masse  $\ll$  Masse der Wirbelnden
    - keine Reibung der Friktionsteilchen an Wirbeln, keine Wechselwirkung untereinander
- weitere ausgeführte Punkte, in welchen sich Maxwell der Wirbel-Analogie mit Friktionsteilchen bedient: Erklärung der Induktion, bewegte Leiter im Magnetfeld, Elektrostatik

*Ausführungen und Nachschlagehinweise im Skript auf S. 8.17–8.24*

## **H9.V4**

Sie können in kurzen, prägnanten Sätzen mindestens drei verschiedene Experimente schildern, mit denen Hertz die Eigenschaften der von ihm erstmals erzeugten elektromagnetischen Wellen untersuchte.

**Vorversuch** Experiment mit Spulen zwecks Vorlesungsvorbereitung: Entladung einer Leydener Flasche über Funkenstreck hat Funken an einer anderen Spule zur Folge, welche nicht mit einfacher Induktionswirkung erklärt werden kann.

**Experimente über sehr schnelle elektrische Schwingungen (siehe Abb.)**

Sender:  $A$ : Funkeninduktor;  $B$ : Funkenstrecke zwischen zwei kleineren Kugeln;  $C, C'$ : verschiebbare Metallkörper, Abstand bis 3 m

Empfänger: einfache rechteckige Leiterschleife  $acdb$  (0.8 mal 1.2 m) mit Funkenmikrometer  $M$

*Beobachtung:* Funkenbildung im Empfänger. Maximale Funkenlänge bei  $M$  wird als Mass für Signalstärke verwendet. Typische Funkenlänge bei  $M$ : 3 mm. Funken nur sichtbar in abgedunkeltem Raum. Funken deutlich grösser, wenn Funkenstrecke beim Sender vom Ort des Funkens beim Empfängers (Funkenmikrometer  $M$ ) sichtbar (Grund: UV Licht vom primären Funken).

weiterführende Experimente zu obigem Versuchsaufbau:

- verwende ultraviolettes Licht beim Sender  $\Rightarrow$  fördert Funkenbildung im Empfänger
- gleicher Effekt bei Bestrahlung mit UV-Licht  $\Rightarrow$  Manifestation des Photoeffekts

**Experiment über elektrodynamische Wellen** im Luftraum und deren Reflexion (1888)

- Versuchsaufbau: Zinkblech (2 mal 4 Meter) an Hörsaalwand, Sender in 13 m Entfernung. Empfänger beweglich dank Brettern über Bänken des Saals.

*Beobachtung* Minimales Signal in Wandnähe, ansteigend mit zunehmender Entfernung bis Maximum, dann wieder abnehmend. Wellenlänge von 9.6 m, Schwingungsdauer von  $3.2 \cdot 10^{-8}$  s.

zweiter Versuch mit kleinerem Sender liefert dasselbe Resultat. Weitere Versuche mit Sender nahe der Wand, sodass sich die reflektierte und direkt abgestrahlte Welle überlagern  $\Rightarrow$  Interferenzeffekt beobachtet

**Bündelung von Strahlen** Verkleinerung der Wellenlänge um den Faktor 10 durch Verkleinerung des Senders und Verbesserung des Funkenmikrometers ( $M$ ) ermöglichen Bündelung der Wellen mittels Parabolspiegel aus Blech. Verwendung von linearem Empfänger im Brennpunkt des Parabolspiegels ermöglicht Messung der Strahlenbündel bis in 20 m Entfernung. Wellenlänge von 66 cm gemessen.

**Polarisation, Brechung** 2 mal 2 m grosser Holzrahmen mit parallelen Kupferdrähten. Sender und Empfänger sind so gebaut, dass sie Polarisator und Analysator darstellen.

Ein 1.5 m hohes Prisma aus Hartpech zum Nachweis der Brechung. Brechzahl gemessen: 1.69.

## **H10.V1**

Sie können die wesentlichen Entdeckungen Röntgens, Becquerels, Thomsons und der Curies, die in diesem Skript vorgestellt wurden, in knapper Form (je 2–3 Sätze) korrekt wiedergeben und den Jahren 1895, 1896, 1897 und 1898 zuordnen.

**1895** Anfang November 1895 wiederholte Röntgen Experimente von Lenard mit einer Röhre, an deren Ende eine dünne Aluminiumfolie angebracht war, die den Kathodenstrahlen erlauben sollte, aus der Röhre herauszutreten. Aber anders als Lenard schirmte er die Röhre mit einem lichtdichten, schwarzen Karton ab. Zufällig entdeckte er, dass ein mit einer lumineszierenden Substanz (Bariumplatinocyanür) beschichteter Schirm, auch bei grösserer Distanz aufleuchtete. Da es weder UV-Licht (wegen der Abschirmung) noch Kathodenstrahlen (wegen des grossen Abstandes) sein konnten, schliesst er auf „Eine neue Art von Strahlen“ (Name der Publikation von 1895).

**1896** Becquerel untersuchte, ob es einen Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und Röntgenstrahlen gibt. Er experimentierte mit Uransalzen, die nach Lichtbestrahlung leuchten. Er wollte das beleuchtete Uransalz auf eine lichtdicht verpackte Fotoplatte legen und damit sehen, ob dieses auch Röntgenstrahlen aussendet. An zwei Tagen (26.–27.02.1896), als die Sonne nicht schien, legt er das Uransalz zusammen mit der Fotoplatte in eine Schublade und kommt zufällig auf die Entdeckung, dass die Fotoplatte trotz fehlender Beleuchtung des Uransalzes geschwärzt war (spontane Radioaktivität).

**1897** Thompson gelang 1897 die Kathodenstrahlen (mittels einer Kathodenstrahlröhre mit einem guten Vakuum) in einem E-Feld abzulenken, in einer Richtung, die auf negativ geladene Korpuskel hinweist (Artikel „Cathode Ray“). Er mass das  $q/m$  Verhältnis und fand heraus, dass es mehr als 1000 mal grösser als das vom  $H^+$  ist (was zeigt, dass die Teilchen entweder sehr leicht sind oder sehr hoch geladen). Da die erforschten Eigenschaften dieser Korpuskel nicht vom Kathodenmaterial abhängen, stellte er fest, dass die Korpuskel universelle Bausteine der Materie sein müssen  $\rightarrow$  Elektron:  $e^-$ .

**1898** Das von Becquerel entdeckte Phänomen der Radioaktivität machte Marie Curie 1897 zum Thema ihrer Doktorarbeit (Sie führte die Bezeichnung der Radioaktivität ein und entwickelte ein quantitatives Messverfahren dafür). 1898 stellt Marie Curie fest, dass einige uranhaltige Minerale radioaktiver sind, als sie es von ihrem Uragehalt her sein dürften. Zusammen mit ihrem Mann Pierre Curie wies sie qualitativ nach, dass neue radioaktive Elemente, Polonium und Radium, für die höhere Radioaktivität verantwortlich sind. Dann entwickelten sie ein Trennverfahren, mit dem sie 1902 das relative Atomgewicht von reinen Radiumchlorids (0.12 g zu 225) bestimmen konnten.

## **H10.1**

Beschreiben Sie ein realistisches Schülerprojekt zum Thema „Radon in schweizerischen Häusern“ skizzenhaft knapp, aber so ausführlich, dass

- a) klar wird, was die Lehrkraft und was die Lernenden etwa wie lange tun und
- b) die typischen Merkmale eines Projekts (siehe z. B. Karl Frey, Die Projektmethode, Beltz, 2002) klar zu Tage treten.

Projektdauert insgesamt 2 Wochen, in die Schüler Zeit haben, sich nur mit diesem Thema zu beschäftigen. In der ersten Woche geht es eher um die theoretischen Hintergründe, in der zweiten Woche um eine praktische Anwendung.

Als Impuls wird die Schüler am Anfang der ersten Woche die Information gegeben, dass Radon in der Schweiz nach dem Rauchen die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs ist. Sie sollen daraufhin mit Mitteln ihrer Wahl mehr Informationen darüber finden, was Radon ist, warum es gefährlich ist, wo es auftritt und wie es in die Häuser kommt. Am Ende dieser ersten Woche soll eine Präsentation oder ein Poster entstehen, die in der Schule vorgestellt werden.

Am Anfang der ersten Woche erstellen die Schüler in Gruppen zu maximal vier Personen einen Plan darüber, wie sie vorgehen wollen. Dieser wird mit der Lehrperson abgestimmt. Die Lehrperson kann ggf. Änderungsvorschläge machen oder Hilfestellungen geben. Danach arbeiten die Schüler weitgehend selbstständig an ihrem Projekt und kommen erst am Ende der ersten Woche im Gesamtklassenverband wieder zusammen, wo sie ihre Erkenntnisse zusammentragen. Die Lehrperson übernimmt in dieser Situation die Moderatorenrolle. Die Schüler einigen sich darauf, welche Inhalte in die Präsentation übernommen werden sollen, teilen die Aufgaben für die Erstellung des Produkts ein und bearbeiten diese.

In der zweiten Woche folgt ein eher praktischer Teil. Die Schüler sollen mit Hilfe bereitgestellter Messgeräte herausfinden, ob die empfohlenen Grenzwerte für Radon in der Schule unterschritten sind. Das Vorgehen ist ähnlich wie in der ersten Woche, obwohl vermutet werden kann, dass die Schüler im Umgang mit den Messgeräten etwas mehr Unterstützung von der Lehrperson einfordern. Auch nach der zweiten Woche soll ein Poster erstellt werden, auf dem das Messverfahren und die Ergebnisse erklärt sind.

Für Informationen zum Projektmethode siehe z. B.: [http:](http://www.schule-ratgeber.de/didaktisches_material/paedagogik/projektmethode_nach_frey.html)

[//www.schule-ratgeber.de/didaktisches\\_material/paedagogik/projektmethode\\_nach\\_frey.html](http://www.schule-ratgeber.de/didaktisches_material/paedagogik/projektmethode_nach_frey.html)

## **H10.2**

Skizzieren Sie in Worten eine interdisziplinäre Zusammenarbeit der Fächer Biologie/Physik im Themenumkreis Radioaktivität/ionisierende Strahlen von ca. 2–5 Lektionen Dauer. Nennen Sie das Thema/die Themen, Lernziele (Leitidee, Dispositionsziele, operationalisierte Lernziele), was die Lehrkraft und die Schüler etwa wie lange tun. Alle Ausführungen sind kurz, aber was Sie beschreiben macht Sinn und ist praktikabel.

**Zeit** 4 Stunden**Thema** Strahlenbiologie

**Leitidee** Das Verstehen des Einflusses der Radiation auf lebende Systeme ist ein wichtiger Aspekt der Strahlenbiologie. Die Schüler lernen die biologischen Wirkungen der Radiation kennen.

**Dispositionsziele** Die Schüler können mit Hilfe physikalische Gesetze Auswirkungen der Radioaktivität in anderen Disziplinen, wie Biologie, erklären.

**Operationalisierte Lernziele:** Die Schüler wissen, was ionisierende Strahlen sind. Sie kennen DNA-Schädigungen und ihre Mutationen und wissen im Allgemeinen, wie radioaktive Strahlen Lebewesen schädigen können.

Die Schüler haben bereits gelernt, was Radioaktivität ist (Physik). Sie wissen wie die DNA aufgebaut ist und kennen ihre Bedeutung für lebende Systeme (Biologie).

Die erste Stunde der Unterrichtseinheit ist im Bereich Physik den ionisierenden Strahlen gewidmet. Dazu gehört ein Lehrervortrag und eine Lernaufgabe für die Schüler. In der zweiten Stunde führen die Schüler nach Anleitung eines Arbeitsblattes einen biologischen Versuch durch, in dem sie unterschiedlich stark radioaktiv bestrahlte Pflanzensamen (Idee aus:

[http://radiationbiology.arc.nasa.gov/modules/RB\\_Module\\_2\\_11=11=06FINAL.pdf](http://radiationbiology.arc.nasa.gov/modules/RB_Module_2_11=11=06FINAL.pdf)) in unterschiedliche Blumentöpfe pflanzen.

In der nächsten Stunde (vorzugsweise nach ca. einer Woche oder länger) wird das Wachstum der Pflanzen kontrolliert. Es fällt auf, dass die stärker bestrahlten Pflanzen offensichtlich einen grösseren Schaden erlitten haben. Die Biologielehrkraft geht in einem Lehrervortrag auf die Schädigungen der DNA durch radioaktive Strahlen ein. In der letzten Stunde bauen die Schüler anhand eines dreidimensionalen Modells der DNA nach, wie die Schädigungen in der DNA aussehen können und erklären abschliessend die Ergebnisse des Versuchs mit den Pflanzen.

## **H11.V1**

Sie können die Beiträge von Kirchhoff, Boltzmann, Wien, Planck, Einstein, Thomson, Bohr, Sommerfeld, Heisenberg und Schrödinger zur Entwicklung der Quantentheorie oder Theorie der Atome – so weit sie in diesem Skript vorkommen – stichwortartig nennen.

146

*Antwort*

TODO

Jedoch ist dies nicht relevant für die Prüfung!

## **H11.V2**

Ihnen ist die Reihenfolge der Entwicklungsschritte der Quantentheorie von Planck bis Schrödinger – so weit sie in diesem Skript vorkommen – bekannt und sie können sie zeitlich auf  $\pm 3$  Jahre einordnen.

148

*Antwort*

TODO

Jedoch ist dies nicht relevant für die Prüfung!

## **H11.V3**

Sie können die wesentlichen Merkmale des „Berliner“, „Bremer“ und „Münchner“ Konzepts des Unterrichts der Quantenphysik stichwortartig nennen.

150

*Antwort*

TODO

Jedoch ist dies nicht relevant für die Prüfung!

**H11.1**

Stellen Sie in einer kurzen Gegenüberstellung zusammen, welche Vor- und welche Nachteile die ausführliche Behandlung des Bohrschen Atommodells (auf Mittelschulniveau im Grundlagenfach) haben könnte. Ihre jeweils 2–3 Aussagen stützen sich auf diesen Skript oder beinhalten eigene widerspruchsfreie und plausible Argumente.

152

*Antwort*

TODO

Jedoch ist dies nicht relevant für die Prüfung!

**H11.2**

Skizzieren Sie in Worten, wie Sie die Heisenbergsche Unschärferelation auf Mittelschulniveau im Grundlagenfach einführen würden (physikalische Voraussetzungen in Stichworten, allfällige Experimente, Gedankenexperimente, . . . ). Ihre Ausführungen sind eine halbe bis eine A4-Seite lang, widerspruchsfrei und physikalisch korrekt. Sie sind so ausführlich, dass ich mir den Weg zur Heisenbergschen Unschärferelation in Ihrem Unterricht vorstellen kann.

TODO

Jedoch ist dies nicht relevant für die Prüfung!

## **D1.V1**

Sie können beschreiben, wie eine Delphi-Studie im Prinzip abläuft.

Eine Delphistudie ist eine spezielle Form der Expertenbefragung, in der Experten in einer anonymen Situation über zukünftige Entwicklungen in einem bestimmten Bereich eine Vermutung äussern. Dabei wird die Durchführung in mehrere (zwei bis drei) Fragebogenrunden unterteilt und die Zwischenergebnisse der einzelnen Runden an die Experten weitergegeben, um die Diskussion über zukünftige Entwicklungen zu konkretisieren.

## **D1.V2**

Sie können die fünf Konzepte nennen und mit eigenen Worten umschreiben, die sich aus der Delphi-Studie des IPN zur physikalischen Bildung herauskristallisiert haben.

- A Physik und Gesellschaft** Verantwortungsbewusstes wissenschaftspolitisches Handeln und sachbezogene öffentliche Diskussion physikalischer Technologien.
- B Physik im Alltag** Beherrschen und Verstehen physikalisch-technischer Geräte und Systeme im Alltag.
- C Physik als Erlebnis** Bereicherung des gefühlsmässigen Erlebens von Natur und Technik sowie subjektiv befriedigende Beschäftigung mit Physik.
- D Physik als Methode** Förderung einer dem intellektuellen Persönlichkeitsbereich dienenden, in der Tradition der Wissenschaft stehenden Beschäftigung mit Physik.
- E Physik und Beruf** Übersicht über, und Grundqualifikationen für den beruflichen Bereich.

## **D1.1**

Würden Sie das Thema Elektromog im Physikunterricht (Grundlagenfach) behandeln? Wenn nein, warum nicht? Wenn ja, wie? Im ersten Fall schreiben Sie ca. eine halbe A4-Seite, im zweiten skizzieren Sie Ziele Methoden des Unterrichts auf ca. einer halben A4-Seite.

Das Thema Elektromog gehört in die Kategorie A „Physik und Gesellschaft“ oder B „Physik im Alltag“. Je nachdem, wie man diese Konzepte gewichtet, kann bzw. sollte man es behandeln. <http://www.lehrer-online.de/elektromog.php> empfiehlt, zu diesem Thema einen 8 Lektionen umfassenden Unterrichtsblock, in dem vorwiegend gemessen und ausgewertet wird. In technischen Experimenten setzen Schüler moderne Elektromog-Messgeräte ein. Sie nehmen Fotos von der Versuchsanordnung mit der Digitalkamera auf und fügen diese dem Messprotokoll bei. In der Auswertung werden mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms Diagramme erstellt. Die Unterrichtseinheit endet mit der Erarbeitung von Massnahmen zur Verminderung der Belastung durch Elektromog. Nachdem die Lernenden kompetent Messungen und Beratung durchführen können, wird in Erwägung gezogen, eine Übungsfirma zu gründen. Die Schülerfirma bietet den Angehörigen der Schule kostenpflichtige Elektromog-Messungen an. Als Zusatzangebot werden basierend auf den Messergebnissen Massnahmen zur Reduzierung des Elektromogs vorgeschlagen.

### **Als Lernziele werden angegeben**

- niederfrequente elektrische und magnetische Wechselfelder messen
- die Formelzeichen und Einheiten der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke kennen lernen
- ein Gefühl für die Werte der Felder im Alltag entwickeln
- Messprotokolle erstellen
- erkennen, dass magnetische Felder durch Ströme erzeugt werden
- erkennen, dass elektrische Felder durch elektrische Spannungen erzeugt werden
- Massnahmen zur Verminderung der Belastung durch elektrische und magnetische Wechselfelder erarbeiten

## **D1.2**

Stellen Sie eine persönliche Rangliste für die Konzepte A-E für Ihren eigenen Unterricht auf. Wo würden Sie eher Schwerpunkte setzen, z. B. Konzept B in E-Lehre usw. oder würden Sie eher möglichst viele Aspekte pro Thema unterbringen? Wo sehen Sie jeweils Vor- und Nachteile? Umfang ca. eine halbe A4-Seite.

Dies sollte sich jeder selbst überlegen. Anbei aber die Rangfolge der Expertengruppe aus der Delphi-Studie – diese ist wohl nicht gänzlich verkehrt:

**Sek I** B und E sind am wichtigsten, gefolgt von C, D und A.

**Sek II** D und E sind am wichtigsten, gefolgt von A, B, und C.

**A Physik und Gesellschaft** Verantwortungsbewusstes

wissenschaftspolitisches Handeln und sachbezogene öffentliche Diskussion physikalischer Technologien.

**B Physik im Alltag** Beherrschen und Verstehen physikalisch-technischer Geräte und Systeme im Alltag.

**C Physik als Erlebnis** Bereicherung des gefühlsmässigen Erlebens von Natur und Technik sowie subjektiv befriedigende Beschäftigung mit Physik.

**D Physik als Methode** Förderung einer dem intellektuellen Persönlichkeitsbereich dienenden, in der Tradition der Wissenschaft stehenden Beschäftigung mit Physik.

**E Physik und Beruf** Übersicht über, und Grundqualifikationen für den beruflichen Bereich.

## **D1.3**

Sie wollen Physik als Erlebnis zum Motto Ihres Unterrichtes machen. Machen Sie vier konkrete Vorschläge in Tabellenform: Thema, was machen die Schüler, was erleben sie, was lernen sie dabei? Achtung: Gemeint ist ein Erlebnis im landläufigen Sinne, nicht „Erfolgserlebnis beim Lösen einer Aufgabe“ oder ähnlichem.

<b>Was...</b>	<b>... machen</b>	<b>... erleben</b>	<b>... lernen</b>
Kräftegleichgewicht	Seilzeihen	Schüler ziehen in zwei Gruppen an einem Seil, ohne dass sich das Seil bewegt.	Schüler erkennen, dass nur dann eine Kraft resultiert, wenn die beteiligten Kräfte nicht im Gleichgewicht sind
Spektralfarben	Schüler spielen mit sichtbarem Licht und Prismen	Das ausfallende Licht gleicht einem Regenbogen	Schüler lernen, dass weisses Licht aus verschiedenen Farben zusammengesetzt wird.
Lichtbrechung	Schüler zünden mit einem Laserstrahl in ein Wasserbecken.	Der Strahl wird beim Übergang von der Luft ins Wasser abgelenkt.	Licht sucht sich den Weg der kürzesten Laufzeit
Sonnen- und Mondfinsternis	Mit Hilfe von Modellen, Taschenlampen (Sonne), Golfbällen (Erde) & Murmeln (Mond) imitieren die Schüler Sonnen- & Mondfinsternisse	Je nachdem, in welcher Position der Mond sich befindet, gibt es auf der Erde/auf dem Mond einen Schatten.	Verständnis für die Konstellation, die zu den beiden Effekten führt.

## **D2.V1**

Sie können die drei „Meraner Grundsätze“ sinngemäss wiedergeben.

- Physik = Naturwissenschaft, nicht Mathematik → Alltags- und Naturbezug
- Art und Weise kennenlernen, wie Erkenntnisse in den Erfahrungswissenschaften gewonnen werden → heuristisch
- Eigenständiges Arbeiten (Beobachten und Experimentieren) → nicht nur Vorführexperimente.

## **D2.V2**

Sie können je zwei Grundkenntnisse, Grundfertigkeiten und Grundhaltungen aus dem schweizerischen Rahmenlehrplan für Physik sinngemäss wiedergeben.

**Grundkenntnisse**

- Phys. Grunderscheinungen und wichtige technische Anwendungen kennen, ihre Zusammenhänge verstehen sowie über die zu ihrer Beschreibung notwendigen Begriffe verfügen
- Physikalische Arbeitsweise kennen (Beobachtung, Beschreibung, Experiment, Simulation, ...)
- Einfache technische Anwendungen verstehen
- Wissen, welche Phänomene einer physikalischen Betrachtungsweise zugänglich sind
- Wissen, dass Physik sich wandelt und wie es vergangene u. gegenwärtige Weltbilder mitprägte

**Grundfertigkeiten: (weitere auf S. 2.6)**

- formulieren
- Sachverhalt auf wesentliche Größen reduzieren
- Probleme erfassen, formulieren, analysieren und lösen
- mit Infomaterial umgehen
- selbstständig und im Team arbeiten.

**Grundhaltungen** • Verbindungen zu anderen Fächern erkennen und entsprechende Kenntnisse einbringen

- Verantwortlich handeln und sich das nötige Wissen aneignen
- an physikalischen Problemstellungen genau und systematisch arbeiten.

## **D2.V3**

Sie können in eigenen Worten prägnant erklären, was Bildungsstandards sind.

- Anforderungen an das Lehren und Lernen
- Greifen allgemeine Bildungsziele auf
- Benennen Kompetenzen, welche Schulen ihren Schülern vermitteln müssen, um zentrale Bildungsziele zu erreichen.

## **D2.V4**

Sie können zu den Komponenten (Kompetenzbereiche, Standards, Anforderungsbereiche) des vorgestellten Kompetenzmodells mindestens je ein Beispiel sinngemäss angeben.

Seite 2.8–2.9

### **Kompetenzbereich**

- Fachwissen (F)
- Erkenntnisgewinnung (E)
- Kommunikation (K)
- Bewertung (B)

### **Standards**

- Kenntnisse nutzen zur Lösung von Aufgaben u. Problemen (F)
- Einfache Formen der Mathematisierung anwenden (E)
- Recherche in unterschiedlichen Quellen (K)
- Auswirkungen phys. Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen (B).

### **Anforderungsbereiche**

- Wissen wiedergeben (F)
- Fachmethoden beschreiben (E)
- Arbeiten mit vorgegebenen Darstellungsformen (K)
- Vorgegebene Bewertung (B)

## **D2.1**

Erläutern Sie in einem kurzen Referat die drei Meraner Grundsätze. Legen Sie darin zum Beispiel in Bezug auf den von Ihnen erlebten Physikunterricht oder sonstigen Erfahrungen dar, inwiefern die Forderung „heute“ noch (oder nicht mehr) aktuell sind.

**Meraner Grundsätze** Natw. nicht Mathe, wie werden Erkenntnisse gewonnen, eigenes Experimentieren und Beobachten.

**Erlebter Physikunterricht** Wenig Mathe, viele Demoexperimente, d. h. erster Grundsatz erfüllt. Wie Erkenntnisse gewonnen werden eher wenig vermittelt, eher Ansammlung von Fakten, welche vom Himmel fallen. 2. Grundsatz nicht erfüllt, aber sehr wünschenswert (Denkweise, wie geht man an phys. Fragestellungen heran; Fehlvorstellungen adressieren), jedoch viel Anschauung, was wieder gut war. Kein Physikpraktikum, nur einmal selber etwas machen in 3 Jahren (Stecker flicken). 3. Grundsatz daher nicht erfüllt, aber sehr wünschenswert. Gelegenheit zur Beobachtung war durch Demoexperimente eher gegeben. Eigene Erfahrung wichtig, Lernstoff bleibt besser in Erinnerung; Konstruktiver Wissensaufbau und nicht Aneinanderreihung von Fakten wäre idealer.

**D2.2a**

Die Forderung nach selbstständigem Experimentieren der Schüler lässt sich organisatorisch am ehesten in einem Praktikum umsetzen. An der KZO sind die Rahmenbedingungen so: Ein Semester in Halbklassen, alle zwei Wochen eine Doppellektion. Das bedeutet ca. 8–10 Doppellektionen pro Person.

a) Welche der in den Lehrplänen aufgelisteten Ziele lassen sich besonders gut in einem Praktikum anstreben oder erreichen? Nennen Sie mindestens drei (ausser solchen, in denen direkt vom Experimentieren die Rede ist) und begründen Sie in je 2–3 Sätzen plausibel.

**Physikalische Arbeitsweise kennenlernen** Im Praktikum werden Exp. gemacht, aber auch Beobachtungen und Beschreibungen. Hypothesen überprüfen oder ein Gesetz. Vorgehensweise, wie man in der Physik an Probleme herangehen kann. Was steckt hinter dem „entdecken“ von Gesetzen.

**Naturabläufe und technische Vorgänge beobachten und mit eigenen Worten beschreiben, physikalische Zusammenhänge mathematisch, aber auch umgangssprachlich formulieren**  
Umgang mit technischen Geräten, Beobachtungsaufgaben; insbesondere das Schreiben eines Versuchsberichtes / führen eines Laborjournals

**Formulieren** Versuchsberichte, Laborjournal: lernen sich auszudrücken, kompliziertes in Worte fassen, präzise Sprache

**Selbstständig und im Team arbeiten** Gruppenversuche, Zusammenarbeit lernen, Austausch; Bericht individuell verfassen

## **D2.2b**

Die Forderung nach selbstständigem Experimentieren der Schüler lässt sich organisatorisch am ehesten in einem Praktikum umsetzen. An der KZO sind die Rahmenbedingungen so: Ein Semester in Halbklassen, alle zwei Wochen eine Doppellektion. Das bedeutet ca. 8–10 Doppellektionen pro Person.

**b)** Im Normalfall machen alle Schüler den gleichen Versuch in Zweiergruppen. Der Versuch ist (fast) fertig aufgebaut und es liegt eine detaillierte Anleitung vor. Beschreiben Sie mindestens zwei weitere, prinzipiell verschiedene Arbeitsformen (evtl. mit Bezug auf die allgemein-didaktische Literatur), listen Sie Vor- und Nachteile gegenüber dem Normalfall auf und nennen Sie mindestens ein Lernziel aus den Lehrplänen, das mit der Variante besser erreicht werden kann als mit dem Normalfall.

**Versuch ist nicht aufgebaut:** Verschiedene Materialien stehen am Arbeitsplatz zur Verfügung; Selber überlegen lassen wie man etwas untersucht und was man dazu braucht (z.B. keine Anleitung); dürfen mehr Material anfordern und so Ideen umsetzen (Thema jedoch vorgegeben); Auswertung ohne Vorgaben/was kann überhaupt damit untersucht werden.

Beispiel: Auftrieb (Wasser, Öl, Gefässe, verschiedene Körper selber suchen oder aus grosser Auswahl aussuchen).

*Lernziele:* Evtl. Sachverhalt auf wesentliche Grössen reduzieren; Probleme erfassen, formulieren, analysieren und lösen; Einfache Experimente planen, aufbauen, durchführen, auswerten, interpretieren.

*Nachteil:* evtl. Überforderung, insbesondere schwache Schüler tun sich schwer damit; ungewohntes Setting, Eigenleistung gefordert.

**Selber Thema aussuchen lassen:** Was wollen sie untersuchen, nach eigenem Interesse; wie geht man an Problem heran, wie findet man eine sinnvolle Fragestellung, wie misst man etwas...

Beispiel Naturwissenschaftliches Projekt (Projektarbeit)

*Lernziele:* Neugierde, Interesse und Verständnis für Natur und Technik aufbringen; Probleme erfassen, formulieren, analysieren und lösen; Exp. planen, Aufbau etc; Umgang mit Infomaterial

*Nachteil:* Gefahr des Verzettelns; Grundlagen für Thema noch nicht vorhanden; sehr Zeitaufwändig; kein Einheitliches Ziel (jeder macht was anderes)

**Generell:** Gute und/oder prinzipiell interessierte Schüler können sehr viel Freude entwickeln dabei und sehr viel lernen. Uninteressierte/faule Schüler tun sich eher schwer damit.

Arbeit benoten kann da helfen (dafür schränkt es wieder die Freude ein durch den Notendruck...)

*Lernziel:* Selbstständiges Arbeiten, Physikalische Arbeitsweise kennenlernen.

*Vorteil:* Evtl. grösseres Interesse da mehr Eigenständigkeit und auch mehr eigene Ideen verwirklicht werden können.

**D2.3**

Stellen Sie aus den Lehrplänen in der Datei „Arbeitsmaterial Lehrplan“ aus den Abschnitten „Leitideen“ Ihre persönliche Hitliste der drei prioritären Items zusammen. Begründen Sie Ihre Wahl kurz (sachlich und/oder persönlich, z. B. Stärken, Vorlieben). Beschreiben Sie jeweils mit 2–3 Sätzen mindestens eine Massnahme, mit der Sie diese Leitidee im Unterricht umsetzen wollen.

**Neugierde und kritisches Interesse an Natur und Technik** Freude am Fach wecken, das motiviert die Schüler; Alltagsbezug, Physik ist nichts exotisches; finde es selber spannender etwas konkretes anzuschauen als theoretische Abhandlungen.

*Umsetzung* Technische Anwendungen des Themas anschauen. Alltagsgegenstände und Naturphänomene im Unterricht betrachten, diskutieren, verstehen lernen.

**Die Schüler beherrschen die Grundlegenden**

**physikalischen/naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Beobachten, beschreiben, Hypothesen aufstellen, Modelle, Experimentieren)** Wissen, wie in einem Fach gearbeitet wird (keine (zu) künstlichen Situationen); dadurch Vorstellung davon vermitteln, wie Physik „wirklich ist“ (d. h. worauf man sich einlassen würde, wenn man das studieren sollte). Faktenwissen ist schnell vergessen, Arbeitstechniken bleiben. Besseres Verständnis für Physik allgemein.

*Umsetzung* Experimentieren lassen (Praktikum oder kleine Schülerversuche im Unterricht einbauen; Berichte schreiben); Lernaufgaben (Annahmen treffen; Gesetze finden lassen)

**Vorstellungen über den Aufbau der Natur und Gesetzmässigkeiten des Naturgeschehens vermitteln** Alltagsbezug; eigenes Interesse; Lebensnah

*Umsetzung* Alltagsgegenstände und Naturphänomene im Unterricht betrachten, diskutieren, verstehen lernen. Weltbild heute und Physik. Projekte oder Lernaufgaben dazu; Puzzles (z. B. jeweils ein Teil liest über Fatamorgana, Funkeln der Diamanten, Lichtleiter/Telefonleitungen, . . . , danach Austausch/gegenseitiges Erklären).

## **D2.4**

Stellen Sie mindestens je zwei mögliche Pro- und Contra-Argumente in Bezug auf die Einführung von einheitlichen Bildungsstandards (nach Muster der hier vorgestellten) an schweizerischen Mittelschulen auf und erläutern Sie diese in je 1–2 Sätzen plausibel.

**Pro** Bessere Vergleichbarkeit; Alle können das gleiche: Gewisse Dinge können einfach vorausgesetzt werden. Sicherung und Steigerung der Qualität der schulischen Bildung (Bildungsauftrag besser erfüllbar für die einzelnen Schulen, da genau vorgegeben). Schulranking (Ansporn für bessere Lehre)

**Contra** Einheitsbrei (?). Evtl. werden gewissen Kompetenzen vernachlässigt, welche wichtig wären (ganze Generation ohne diese Kompetenz). Vereinheitlichung der organisatorischen Rahmenbedingungen: verschiedene Menschen haben verschiedene Bedürfnisse (heute Schule entsprechend auswählbar, mit Vereinheitlichung nicht mehr). Setzen von Bildungsstandards ist politisch (sinnvoll für's Fach?). Einschränkung der Lehrfreiheit.

## **D3.V1a**

Sie können mit wenigen eigenen Worten die Aufgabentypen qualitative Aufgaben und quantitative Aufgaben treffend charakterisieren.

**qualitative Aufgaben** Alle Aufgaben ohne explizite Algebra/Mathematik. Beispiele sind Wissensfragen, Erklären von Zusammenhängen mit Beispielen, Interpretation von Diagrammen, Verfassen von Texten, Argumentieren innerhalb eines Modells/mit Regeln, Planung von Experimenten.

**quantitative Aufgaben** Einfachster Fall: Einsetzen von Zahlen in Formeln. kognitive Leistungen des Aufgabenlösenden sind Auswahl der korrekten Formel, Beachtung der Einheiten, Nachschlagen von Konstanten im Formelbuch. Schwierigkeitsgrad kann erhöht werden mittels Überangebot an Grössen, fehlenden Angaben (Schätzungen siehe Fermifragen). Zu beachten ist, dass quantitative Aufgaben mit Realitäts- & Kontextbezug deutlich lerneffizienter sind (Grössenordnungen stimmen mit Realität überein, Kontextbezug sollte aber nicht plump sein). Vernachlässigungen verschweigen oder verschachtelt angeben (mindestens/höchstens), damit Formalisierung nicht zu stark wird.

## **D3.V1b**

Sie können mit wenigen eigenen Worten die Aufgabentypen Fermifragen, MC-Aufgaben und offene Aufgabe treffend charakterisieren.

**Fermifragen (Schätzfragen)** Ziel ist es, den Umgang mit Abschätzungen physikalischer Grössen bzw. das Schätzen an sich zu fördern. Beantwortung der Aufgabenstellung durch eine Reihe von groben Abschätzungen, es wird nur ein grössenordnungsmässig richtiges Resultat erwartet. Beispiel: „Wie viele Klavierstimmer gibt es in Chicago?“

**Multiple Choice (MC)** Zu einer qualitativen oder quantitativen Frage werden 4–5 Antworten angeboten, von denen i. d. R. eine richtig ist. Aufwändig in der Vorbereitung, effizient in der Auswertung (richtig/falsch, keine Teilpunkte).

**offene Aufgaben** es gibt keine eindeutige Lösung. Beispiele sind entdeckendes Lernen, Konstruktionsaufgaben, Texte schreiben, Selbsterfinden von Physikaufgaben. Ziele sind Eigenständigkeit, Selbstvertrauen, Kreativität, Problembewusstsein. Sollten durch Übungen und abgestufte Orientierungshilfen begleitet werden, damit Schüler aller Fähigkeitsniveaus profitieren können.

## **D3.V2**

Sie können beschreiben wie, eine Lernaufgabe eingesetzt wird und worauf bei der Formulierung zu achten ist.

Schüler erarbeiten sich im Unterricht neuen Stoff, machen selbständig anhand der Aufgabenstellung einen Lernschritt, zu dem sie vom Lehrer hingeführt wurden. Schüler sind selbst aktiv, alle Informationen stehen auf dem Aufgabenblatt, insbesondere Sozialform (allein, Partnerarbeit), verfügbare Zeit, erwartetes Ergebnis, Hinweise zum Vorgehen, Rekapitulation benötigten Vorwissens, Zweck der Aufgabe, eventuelle Bewertung. Benotung eher kontraproduktiv. Der Lehrer greift während der Bearbeitung nicht in den Lernvorgang ein. Schwierigkeitsgrad so, dass 80% der Schüler in der verfügbaren Zeit zum Ziel kommen, der Rest einen Teilerfolg aufweist.

## **D3.V3**

Sie können mit je einem treffenden Stichwort die Taxonomie von Bloom wiedergeben.

- K1 Kenntnisse** Begriffe, Definitionen, Fakten
- K2 Verstehen** Erklärung mit eigenen Worten
- K3 Anwenden** Wissenstransfer, Problemlösen
- K4 Analyse** Zusammenhänge erkennen
- K5 Synthese** Lösungswege vorschlagen
- K6 Beurteilung** Entschlüsse fassen und begründen

## **D3.1**

Erfinden Sie eine neue Fermifrage mit physikalischem Inhalt für Mittelschüler und skizzieren Sie einen möglichen Lösungsweg mit Angabe eines plausiblen Ergebnisses.

Was ist die mittlere Geschwindigkeit des Blutes in der Aorta?

Möglicher Lösungsweg:

Annahmen: Das Herz schlägt etwa 80 mal in der Minute (Puls selber messen) und hat etwa die Grösse einer Faust ( $d = 10 \text{ cm}$ ). Der Anteil von Herzmuskel usw. ist etwa 50% des Volumens. Beim Pumpen verkleinert sich das Herzkammervolumen auf etwa die Hälfte. Die Aorta hat einen Durchmesser von etwa 3 cm.

⇒ Volumen welches eine Kammer pro Sekunde ausstösst:

$$\underbrace{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{10 \text{ cm}}{2}\right)^3}_{\text{Volumen des Herz}} \cdot \underbrace{\left(1 - \frac{1}{2}\right)}_{\text{Herzmuskelant.}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2}}_{\text{1 Kammer}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2}}_{\text{Hälfte wird ausgestossen}} \cdot \underbrace{\frac{80 \frac{1}{\text{min}}}{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}}_{\text{Schläge pro Sekunde}}$$

$$\approx 80 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Durch Aorta-Querschnitt dividieren ergibt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit

$$\frac{80 \text{ cm}^3/\text{s}}{\left(\frac{3 \text{ cm}}{2}\right)^2 \cdot \pi} \approx 10 \text{ cm/s} = 0.1 \text{ m/s} \quad \text{Literaturwert: ca. } 0.2 \text{ m/s}$$

## **D3.2**

Erfinden Sie ein MC-Aufgabe mit mindestens vier Antwortangeboten, von denen genau eines richtig ist, mit der getestet werden kann, ob die Probanden die Begriffe Wärme und Temperatur physikalisch korrekt verwenden können.

Sie fügen einer Kanne mit abgekühltem Tee von  $25^{\circ}\text{C}$  einen Liter  $80^{\circ}\text{C}$  heisses Wasser hinzu, um den Tee zu erhitzen. Dann geben Sie 1 Liter heisses Wasser ( $80^{\circ}\text{C}$ ) in eine Badewanne mit  $30^{\circ}\text{C}$  warmem Wasser.

Danach messen Sie die Temperatur in beiden Gefässen.

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

- Das Thermometer zeigt dieselbe Temperatur in der Teekanne und der Badewanne.
- Das Badewasser hat eine höhere Temperatur als das Teewasser.
- Beiden Gefässen wurde dieselbe Wärmemenge zugeführt.
- Die Wärmezufuhr beim Teewasser ist grösser als beim Wasser in der Badewanne.
- Keine der obigen Aussagen ist richtig.

## **D4.V1**

Sie können einer Kollegin erklären, was Konstruktivismus im Zusammenhang mit Lerntheorie bedeutet. Dabei treten mindestens drei verschiedene Merkmale deutlich hervor.

- Der Konstruktivismus ist eine Lerntheorie, deren Kernthese es ist, dass **der Lerner im Lernprozess eine individuelle Repräsentation der Welt schafft**. Was jemand unter bestimmten Bedingungen lernt, hängt vor allem von dem Lerner selbst und seinen **Erfahrungen** ab.
- Der Konstruktivismus vertritt die These, dass diese Konstruktion am effektivsten funktioniert, wenn **der Lerner seinen Lernprozess selbst steuert**. Jeder weiss nach dieser Theorie am besten selbst, wie er effektiv lernen kann.
- Die konstruktivistische Lerntheorie plädiert daher für Lernformen, in denen der Lehrer kein Wissensvermittler sondern ein **Lernprozessberater** ist. Der Lehrer soll sich im Hintergrund halten, Lernangebote schaffen, Wissensquellen (wie zum Beispiel das Internet) bereitstellen und den Lernprozess beobachten.
- Weiter vertritt die konstruktivistische Lerntheorie die These, **dass Lerner nicht so schnell vergessen und besser anwenden können, was sie selbstorganisiert gelernt haben**.

Die Tabelle auf Seite 4.2 im Skript fasst die wichtigen Merkmale knapp zusammen.

**D4.V2**

Sie können aus der empirischen Untersuchung von Labudde, die in diesem Skript vorgestellt wurde (Kapitel 4.3), mindestens ein Ergebnis, das Ihnen besonders eingefahren ist, qualitativ korrekt wiedergeben. Zahlen müssen Sie nicht auswendig wissen.

Zwei erstaunliche Ergebnisse:

- In der individuellen Dimension fragt Labudde nach Physikunterricht und Erlebnis. Das Ergebnis ist 3.38 auf einer Skala von 1: immer bis 5: nie. Die Antwort ist also „manchmal“ bis „selten“. Der Erlebnisgehalt war relativ gering. Ohne „Leistungs und Zeitdruck“ können die befragten Jugendlichen „selten“ einer Sache nachgehen. Damit ist das konstruktivistische Element Zeit und Umgebung für aktives Lernen nicht erfüllt. Das kann in der Gesellschaft zur negativen Einstellung gegenüber der Physik führen.
- Sozialkommunikative Dimension: Es wird zu wenig Wert auf Gruppenarbeit und Lernpartnerschaft gelegt.

## D4.1

Nennen Sie drei Elemente eines konstruktivistischen orientierten Unterrichts, die gleichzeitig auch Bestandteil der Kriterien eines mädchenorientierten Unterrichts (siehe *D5 Mädchen und Jungen*, Kapitel 5.1.1) sind und erläutern Sie den Zusammenhang in je 1–2 kurzen Sätzen

**An individuelle Vorerfahrungen, Interessen und Gefühle**

**anknüpfen** Klar, da das Ziel des mädchengerechten Unterrichts das Wahre der Interessen der Mädchen ist.

**Unterricht ist ein kooperativer Prozess** Konstruktion des Wissens durch kommunikative Auseinandersetzung unterstützt Mädchen in ihrem Arbeitsstil.

**Aktive Beteiligung am Unterricht, Fremdsteuerung durch**

**Lehrperson stufenweise abbauen** Experimentelle

Auseinandersetzung mit dem Lehrgegenstand. → Arbeitsstil der Mädchen.

## D4.2

Sie möchten eine der Unterrichtsmethoden, die in der Tabelle unter der Überschrift „Repertoire an Unterrichtsmethoden“ (S. 10) mit einem Wert über 4 abgeschnitten haben, einsetzen und dazu einen eigenen Entwurf machen.

- Geben Sie an, welche Methode Sie am liebsten wählen würden,
- nennen Sie das Thema oder den Titel,
- geben Sie die operationalisierten Lernziele an,
- skizzieren Sie den Ablauf in 3–5 Sätzen

Sie wählen eine Methode und ein Thema, dass in keiner anderen Antwort zu einer Prüfungsaufgabe, in einer Übung oder Ihrer Präsentation vorgekommen ist.

**Methode** Leitprogramm.

**Thema/Titel** Harmonische Schwingung.

**operationalisierte Lernziele** Schüler kennt die Begriffe, Schüler kennt Bewegungsgleichung, kann entscheiden, ob eine Schwingung harmonisch ist oder nicht, kann Aufgaben zum Faden und Federpendel lösen.

**Ablauf** Einführung der Begriffe zur mech. Schwingung. Definition und Kinematik der harm. Schwingung (Sinusfunktion). Beispiele für harmonische Schwingungen in Natur und Technik: Feder und Fadenpendel (Pendeluhr von Huygens).

## **D4.3**

Suchen Sie aus dem Dokument „timss\_physics.pdf“ eine Aufgabe heraus, die Ihrer Meinung nach eher Physikverständnis als Physikwissen testet und begründen Sie Ihre Wahl plausibel mit 3–4 Sätzen. Die Aufgabe können Sie sinngemäss wiedergeben.

G11. The water level in a small aquarium reaches up to a mark A. After a large ice cube is dropped into the water, the cube floats and the water level rises to a new mark B. What will happen to the water level as the ice melts? Explain your reasoning.

Ein grosser Eisblock wird in ein mit Wasser gefülltes Aquarium gegeben. Wasserlevel von Befüllung mit Eisblock  $\rightarrow$  Level A, nach Befüllung  $\rightarrow$  Level B. Wie ändert sich der Wasserpegel, wenn das Eis schmilzt?

**Antwort** Wasserpegel ändert sich gar nicht.

Das heisst, das Volumen der durch den eingetauchten Eisblock verdrängten Flüssigkeit entspricht dem Volumen des Wasser aus dem geschmolzenen Eisblock.

**Wieso wird hier Physikverständnis getestet?** In der Aufgabenstellung wird nicht explizit auf das Archimedes-Prinzip verwiesen  $\rightarrow$  Schüler muss das Vorgehen aus der Analyse der physikalischen Situation erarbeiten. Schüler muss erkennen, dass der Unterschied der Wasserlevel ein Mass für das verdrängte Wasservolumen ist. Schüler muss erkennen das die Flüssigkeit der flüssige Aggregatzustand des eintauchenden Festkörpers ist  $\rightarrow$  richtige Schlussfolgerung.

## **D5.V1**

Sie kennen mindestens zwei positive Effekte mittlerer Stärke, die bei monoeduktaiv unterrichteten Mädchen im Physikanfangsunterricht auftreten können.

- Das Selbstkonzept der Begabung für Physik kann verbessert werden.
- (Einschätzung der) eigenen Leistung in der Physik kann verbessert werden.

## **D5.V2**

Sie können den vorgestellten Erklärungsansatz für die Unterschiede ko- und monoedukativen Physikunterrichts bei Mädchen sinngemäss korrekt wiedergeben.

Ursula Kessel untersuche in Deutschland die Wirkungen von getrenntgeschlechtlichem Anfangsunterricht in Physik. Sie führt eine zweiteilige Studie durch.

**Fazit der Studie 1: Auswirkungen monoedukativer Unterrichtung im Physikanfangsunterricht** Mädchen in monoedukativen Gruppen haben ein besseres fachbezogenes Selbstkonzept, eine höhere unterrichtsbezogene Motivation und sind aktiver im Unterricht als in koedukativen Gruppen. Monoedukativ unterrichtet Mädchen erreichen in diesen Bereichen die gleichen Werte wie Jungen. Auf Jungen hat es in der achten Klasse keinen Einfluss, ob sie zusammen mit oder getrennt von Mädchen unterrichtet werden. Der monoedukative Unterricht führt bei Mädchen nicht zu einem grösseren weiterführenden Interesse als der koedukative. Kessels erklärt das so: Offenbar ist es wenig sinnvoll anzunehmen, dass sich durch ein Jahr geschlechts- getrennten Unterricht sämtliche Überzeugungen bei Mädchen soweit verändern lassen, dass sie ganz bewusst aus den geschlechtsspezifischen Normen ausbrechen. . . .

Die vorliegende Ergebnisse sprechen dafür, dass monoedukativer Anfangsunterricht für Mädchen vorteilhaft und für Jungen nicht nachteilig ist. Aber natürlich erschöpft sich Förderung von Mädchen im Physikunterricht nicht in der blossen Geschlechtertrennung. Die Anpassung der Curricula an die Interessen von Mädchen und Jungen, ist natürlich genauso fruchtbar und notwendig, um situationale Interessiertheit und darauf aufbauend dispositionales Interesse wecken und wachhalten zu können.

**Ergebnisse der Studie 2: Situational aktivierte Identität in koedukativen und monoedukativen Lerngruppen** . . . schliessen wir, dass a) in koedukativen Gruppen geschlechtsbezogenes Wissen insgesamt zugänglicher ist als ins monoedukativen und b) dass in koedukativen Gruppen zur eigenen Geschlechtsgruppe gehörendes Wissen zugänglicher ist als das dem anderen Geschlecht zu geschriebene Wissen, während in monoedukativen Gruppen Jungen wie Mädchen maskulines und feminines Selbstwissen jeweils ähnlich zugänglich ist. Den Einwand, die Mädchen könnten sich durch die Trennung diskriminiert fühlen und sich ihrer vermeintlichen Schwächen mit negativen Folgen bewusst werden, entkräftet Kessels mit Hinweis auf die durchgehend positiven Effekte, die sie in der ersten Studie feststellt. Doch empfiehlt sie, die Aufhebung der Koedukation auf den Anfangsunterricht in Physik zu beschränken: Immer nur mit dem gleichen Geschlecht im Physikunterricht zu sitzen, könnte bei den Jugendlichen beispielsweise Phantasien über die physikbezogene Qualitäten des jeweils andern Geschlechts nähren, die der Realität nicht angemessen sind und durch selbst auch nie geradegerückt werden.

## **D5.V3**

Sie kennen die sieben Kriterien für „mädchengerechten“ Unterricht und können sie anhand von positiven und negativen Beispielen erläutern.

Auf Seite 5.10 sind diese 7 Kriterien aufgelistet und erklärt. Nochmals ganz kurz/stichwortartig:

- bei Beispielen und Illustrationen auf unterschiedliche Vorerfahrungen der Jungen und Mädchen in den Bereichen Physik und Technik Rücksicht nehmen
- den Unterricht sprachlich so gestalten, dass er für Jungen und Mädchen verständlich ist
- den Unterricht bzgl. Lehrstoffe kontextuell gestalten
- auf den Arbeits- und Lernstil von Mädchen Rücksicht nehmen
- den Unterricht kommunikativ und argumentativ gestalten
- unvorteilhaften Leistungsattributionen entgegenwirken (Attributierung der Leistung: eigene Annahme über die Faktoren, auf die eigene Erfolge und Misserfolge zurückgeführt werden)
- Eindruck vermeiden, dass Physik eine Männerdomäne ist

## **D5.V4**

Ihnen sind mindestens 5 typische Situationen der Benachteiligung von jungen Frauen bei der Kommunikation im (Physik-)Unterricht bekannt. Für mindestens zwei davon haben Sie sich überlegt, wie Sie diese **nachweislich** kontrollieren und korrigieren können.

- Die Jungen werden von den Lehrern mehr aufgerufen, wenn sie sich melden oder auch nicht melden. (Den Jungen wird oft mehr Aufmerksamkeit geschenkt, weil sie mehr Radau machen.) **Lösung** Die Lehrperson kann den Mädchen bewusst genug Aufmerksamkeit schenken, sie im Unterricht öfter aufrufen und sie für ihr gutes Benehmen loben.
- Ausserordentliche Leistungen werden bei Mädchen eher Fleiss und Sorgfalt zugeschrieben, bei Jungen eher vorhandenen Fähigkeiten. Also besteht die allgemeine Meinung, dass Jungen technisch begabter als Mädchen sind und ein Flair für physikalisches Denken haben. Jedoch wurde zum Beispiel (in der Studie von Herzog und Labudde) herausgefunden, dass keine signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen bestehen bezüglich dem räumlichen Vorstellungsvermögen und der Oberbegriffbildung. **Lösung** Vertritt eine Lehrperson diese Meinung nicht, kann das Selbstbild der Mädchen verbessert werden. Die Lehrperson kann Mädchen loben und die guten Fähigkeiten der Mädchen bzgl. Physik betonen.
- Mädchen befassen sich im Alltag weniger mit technischen Problemen und bringen oft viel weniger Vorkenntnisse in den Physikunterricht mit. Die Lehrperson soll darauf Rücksicht nehmen und versuchen, das Interesse der Mädchen an physikalischen und technischen Phänomenen zu wecken.
- Das Selbstbild der Mädchen bezüglich der Physik ist schlechter als bei Jungen und die Mädchen trauen sich weniger zu als die Jungen. Die Mädchen unterschätzen ihre Leistungen oft, die Knaben überschätzen sie. Entscheidend für die Stabilität des Selbstbildes ist die *Attribuierung der Leistung*. Erfolge begründen Jungen oft mit Begabung/Können/Fähigkeit, Mädchen hingegen mit Anstrengung/Glück. Umgekehrt führen Jungen Misserfolge oft auf Schwierigkeiten der Aufgaben/Zufall/wenig Anstrengung, die Mädchen auf mangelnde Begabung zurück. Es ist nachgewiesen, dass sich das Fähigkeitsselbstbild und die erbrachte Leistungen gegenseitig beeinflussen.
- Durch die Typisierung (z. B. wird Mathematik/Physik als männliche, Französisch/Bio als feminine Domäne betrachtet), kann das Selbstvertrauen/Erfolgs expectation der Mädchen gesenkt werden. Es zeigte sich (TIMSS-Test in der Schweiz, 6.–8. Klassen), dass die Zuschreibung zum eigenen Geschlecht das wichtigste Erklärungsmerkmal für das Selbstvertrauen in die eigene Mathematikleistungsfähigkeit und das Interesse an Mathematik darstellte. Das fachspezifische Selbstvertrauen erwies sich wiederum als wichtigstes Merkmal zur Erklärung der Geschlechterdifferenzen in der Mathematikleistung (Mädchen zeigten signifikant tiefere Leistungen). **Lösung** Es zeigte sich, dass Mädchen Mathematikaufgaben eher meinten lösen zu können, wenn diese in einen Text eingebettet waren, der auf den Alltag von Mädchen bezogen war, als wenn der Alltag von Jungen den Rahmen für die Aufgaben bildet.
- Jungen sind aktiver im Physikunterricht, packen bei Experimenten zu und lassen unter Umständen die Mädchen nicht selber probieren.
- Event. spricht der Lehrer mit einer Sprache, die eher den Jungen zugänglich ist.
- Event. unterstützt der Lehrer den Lern- und Arbeitsstil, der eher den Jungen zugeordnet werden kann.
- Event. wählt der Lehrer Themen, die für die Mädchen weniger interessant sind als für Jungen.

**D5.V5**

Für gegebene physikalische Unterthemen auf dem Niveau „elektrisches Potential“ oder „Auftrieb“ fallen Ihnen Phänomene oder Anwendungen ein, die typischerweise für junge Frauen interessant sind (z. B. Leitung von Nervenimpulsen, Schwimmblasen von Fischen).

Frauen interessieren sich für:

- Naturphänomene (Regenbogen, Sonnen- und Mondfinsternis, Flut und Ebbe)
- Klangerzeugung,
- Lärmschutz

Probleme mit Kontext zur Gesellschaft, AKW, Gefahren der Strahlung,...

Frauen interessieren sich weniger für:

- Elektrizität
- Elektronik
- Bewegung von Fahrzeugen
- Technik

## **D5.1**

Ein Kollege hält „mädchengerechten“ Unterricht für ungerecht, weil er die Jungen benachteilige. Stimmen Sie zu oder nicht, und was antworten Sie ihm (in ca. 5 Sätzen)? Verwenden Sie Befunde und Fakten aus der hier referierten Studie.

Anhand der Studie von Kessels (800 Schüler aus achten Klassen) konnte herausgefunden werden, dass es auf Jungen in der achten Klasse keinen Einfluss hat, ob sie zusammen mit oder getrennt von Mädchen unterrichtet werden. Die Antwort ist grösstenteils unter 1.2 zu finden.

**Eigene Meinung:** Ich denke nicht, dass in einer reinen Männerklasse das Interesse am Fach Physik verloren geht, obwohl sie dann keine Mädchen mehr um sich haben, gegenüber denen sie sich beweisen können/wollen. Die Jungen sind in der Regel sowieso an Technik und Physik interessiert und sie setzen sich im Alltag mit technischen Phänomene auseinander. Ich denke, das Selbstbild der Jungen bezüglich der Physik und Mathematik ist auch in monoedukativem Unterricht sehr gut. Da alle Jungen eine ähnliche Arbeits- und Denkweise haben, kann in vielen Fällen effizienter und jungengerecht unterrichtet werden. Da sich die Jungen nicht mehr gegenüber den Mädchen beweisen können und nicht mehr denken können „ich bin besser als die Mädchen der Klasse“, könnte es innerhalb der Klasse einen Konkurrenzkampf geben, bei dem die leistungsschwachen Jungen „die Rolle der Mädchen“ einnehmen.

## **D5.2**

Würden Sie eine zeitweise Aufhebung der Koedukation im Physikunterricht gemäss der bekannten empirischen Befunde für sinnvoll halten oder nicht? Was sind die Vor- und Nachteile? Ihre Antwort lässt erkennen, dass Sie mit den vorgestellten Befunden aus der Studie von Kessels vertraut sind.

Man hat angenommen, dass der getrenntgeschlechtliche Unterricht evtl. Auswirkungen auf den Inhalt der Selbstbeschreibungen hätte, was aber nur teilweise bestätigt werden konnte: Bezogen auf Jungen konnte festgestellt werden, dass sie sich in gemischten Gruppen geschlechtstypisierter beschrieben als in monoedukativen Gruppen. (Gleicher Effekt ist bei Mädchen nur schwach ausgeprägt.). Es konnte aber geschlossen werden, dass **a)** in koedukativen Gruppen geschlechtsbezogenes Wissen insgesamt zugänglicher ist als ins monoedukativen und **b)** dass in koedukativen Gruppen zur eigenen Geschlechtsgruppe gehörendes Wissen zugänglicher ist als das dem anderen Geschlecht zugeschriebene Wissen, während in monoedukativen Gruppen Jungen wie Mädchen maskulines und feminines Selbstwissen jeweils ähnlich zugänglich ist.

Anhand der Studie von Kessel (800 Schüler aus achten Klassen) konnte herausgefunden werden, dass Mädchen in monoedukativen Gruppen ein besseres fachbezogenes Selbstkonzept, eine höhere unterrichtsbezogene Motivation haben und im Unterricht aktiver sind als in koedukativen Gruppen. Auf Jungen hat es in der achten Klasse keinen Einfluss, ob sie zusammen mit oder getrennt von Mädchen unterrichtet werden. Jedoch führt der monoedukative Unterricht bei Mädchen nicht zu einem grösseren weiterführenden Interesse als der koedukative (was bei einem nur einjährigen geschlechtsgetrennten Unterricht auch nicht erwartet werden kann. Zudem haben Mädchen auch weniger Kontakt mit der Technik in der Freizeit.) Eine Aufhebung der Koedukation im Physikunterricht ist für Mädchen vorteilhaft, für Jungen nicht nachteilhaft. Neben der Monoedukation sollen auch noch auf anderen Ebenen (Alltag, Umgang mit Technik) das Interesse der Mädchen an der Physik gefördert werden. Eine dauerhaft monoedukativer Physikunterricht wäre auch nicht sinnvoll, da bei Jugendlichen realitätsfremde Phantasien über die physikbezogenen Qualitäten des jeweils anderen Geschlechts entstehen könnten.

## **D5.3**

Sie wollen ihr geschlechtsspezifisches Kommunikationsverhalten im Unterricht ermitteln. Welche Aspekte würden Sie am meisten interessieren? Wie gehen Sie praktisch vor?

- Themen, die für Mädchen interessant sind, wählen, wie zum Beispiel Naturphänomene, (Regenbogen, Sonnen- und Mondfinsternis, Flut und Ebbe), Klangerzeugung, Lärmschutz (weniger interessant sind für Mädchen Elektrizität, Elektronik, Bewegung von Fahrzeugen)
- Aufgaben wählen, die in einen Text eingebettet sind, der sich auf den Alltag der Mädchen bezieht
- Sprachliche Ausdrücke wählen, die für Mädchen und Jungen geläufig sind
- Keine Vorkenntnisse, die die meisten Jungen wahrscheinlich besitzen, voraussetzen
- Inhalte im Lehrstoff wählen, die auch für Frauen gut zugänglich sind oder sich auch auf den Alltag der Frauen beziehen
- Den Lernstil von Jungen und Mädchen beachten, Mädchen sind eher kooperativ als kompetitiv. Darauf achten, dass die Mädchen bei Experimenten oder Gruppenarbeiten auch genug beitragen.
- Das schlechte Selbstkonzept der Mädchen bezüglich dem Fach Physik nicht verstärken, sondern die Fähigkeiten der Mädchen betonen, die Mädchen loben
- Die Physik nicht als Männerdomäne darstellen
- Das Interesse der Mädchen an Physik wecken, in dem interessante Alltagsbeispiele besprochen werden

**D5.4**

Das Aufrufen von Schülerinnen und Schülern ohne deren vorherige Meldung wird von diesen oft als unangenehm und einschüchternd empfunden. Auf der anderen Seite könnte zum Beispiel ein konsequentes Zufallsprinzip beim Aufrufen langfristig eine grosse Ausgewogenheit erzeugen. Wie würden Sie dieses Zufallsprinzip „human“ gestalten, damit es nicht zu Lernblockaden kommt?

(Diese Frage verstand ich nicht so genau und ich weiss nicht, ob meine Antwort sinnvoll ist.) Damit es zu keinen Lernblockaden kommt, kann der Lehrer einen beliebigen Schüler aufrufen und eine einfache Fragen stellen, die in der Regel jeder Schüler beantworten kann und dann die Schüler fragen, ob jemand die (schwierigere) nächste Frage weiss. Falls das nicht der Fall ist, kann der Lehrer Tipps geben, oder die Frage selber beantworten. Der Lehrer kann mit der Zeit herausspüren, welche Fragen, von welchen Schülern wahrscheinlich beantwortet werden können und die entsprechenden Schüler aufrufen, damit sich kein Schüler schlecht fühlt. Wenn eine Frage von einem Schüler nicht beantwortet werden kann, kann der Lehrer schnell jemand anderer aufrufen, um den Schüler nicht blosszustellen. Der Lehrer soll darauf achten, dass er möglichst alle Schüler beim Fragen einbezieht.

## **D5.5**

Orientieren Sie sich aus einem Fachbuch über den Blutkreislauf und den medizinischen Blutdruckbegriff. Was wird da überhaupt gemessen und wie? (Themen mit Bezug zum eigenen Körper wecken bei Mädchen mehr Interesse.)

Der Blutkreislauf besteht aus 2 aufeinanderfolgenden Kreisläufen: **Kleiner Herz-Lunge-Kreislauf**

Angetrieben von der rechten Herzhälfte:

- Sauerstoffarmes Blut wird 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

**Grosser Körperkreislauf**

Angetrieben von der linken Herzhälfte:

- Blut wird in die Arterien (die zu Haargefäße verästeln) ausgestossen
- Sauerstoffversorgung und Abtransport von Kohlensäure/Stoffwechselprodukten
- Verbrauchtes Blut fließt durch Venen zum Herzen zurück (Zyklus beginnt von vorne)

**Blutdruck in den Arterien und Blutdruckmessung** Das Blut bewegt sich auf Grund der Druckdifferenz zwischen Anfang und Ende des Kreislaufes. Diese treibende Druckdifferenz bleibt unabhängig von der Lage, die der Körper einnimmt. Während der Systole (Kontraktion der linken Herzkammer) wird das Blut in die Arterien gepumpt, der Blutdruck des Körperkreislaufes erreicht dabei ein Maximum (ca. 16 kPa = 0.16 bar). In der Diastole (Erschlaffung des Herzmuskels) wird vom Herzen kein Blut gepumpt, aber der Blutdruck verschwindet nicht ganz (weil sich die Arterien während der Systole erweitert haben und sich dann wieder zusammenziehen), es bleibt ein minimaler Druck bestehen (11 kPa).

Die gängigste Methode der Blutdruckmessung ist die Manschettenmethode. Dabei wird der Blutdruck in der Armbeuge gemessen. Man wählt diese Arterie, weil sie relativ nahe an der Oberfläche und ausserdem in Herzhöhe liegt und in ihr daher etwa derselbe Blutdruck wie in der Aorta herrscht! Der Arzt bläst die Manschette auf, die Arterie wird zusammengepresst und der Blutfluss unterbunden. Dann vermindert der Arzt langsam den Druck in der Manschette. Wenn der angelegte Druck den systolische Druck erreicht, beginnt Blut durch diese Arterie zu fließen. Dies geschieht mit turbulenter Strömung. Die durch die Verwirbelung des Blutes entstehenden Geräusche kann man mit dem Stethoskop, dessen Bruststück man in der Armbeuge unmittelbar nach der Manschette aufgesetzt hat, hören (systolischer Druck). Man senkt den Druck in der Manschette weiter, bis der diastolisch Druck erreicht wird. Das ist dann der Fall, wenn man kein Geräusch mehr hört, weil der Blutstrom nun ungehindert, d. h. laminar, fließen kann. Modernen Blutdruckmessgeräten verwenden ebenfalls eine Manschette, der Druck wird elektronisch gemessen und das pulsierende Geräusch mit einem Mikrofon. Beim Auftreten der ersten Töne wird der gemessene Druck registriert ebenso beim Verschwinden des Geräusches.

## **D6.V1**

Sie können aus den Bereichen Elektrizitätslehre, Kinematik und Dynamik je drei Beispiele für typische Fehlvorstellungen von Schülern beschreiben.

**Elektrizität** • lokale Argumentation (Änderung an einem Ort lässt andere Orte unberührt)

- Sequentielle Argumentation (Änderung beeinflusst nur folgende Elemente)
- Kompensationsdenken: Typisch: 2 Widerstände parallel „erhalten“ weniger Strom, wenn dritter Widerstand dazugeschaltet.
- Spannungsbegriff unklar: z. B. Verwechslung mit Arbeit, Strom

### **Kinematik**

- Weg nimmt immer zu (Kilometerzähler)
- Geschwindigkeit immer positiv (Tacho)
- Bremsen  $\neq$  (negative) Beschleunigung
- Beschleunigung = 0, wenn Geschwindigkeit = 0

### **Dynamik**

- Kraftbegriff aus Alltag (Kraft = Fähigkeit Kräfte auszuüben, Kraft = Energie)
- Kraft als „Ding“ (Verwirrung bei mehreren gleich grossen Kräften auf selben Körper)
- Wechselwirkungsgesetz (Kräfte greifen am selben Körper/Ort an, eine Kraft als Ursache der anderen)
- Kraft immer in Bewegungsrichtung (Kreisbahn)

## **D6.V2**

Sie können drei unterschiedliche Arten, mit Schülervorstellungen prinzipiell umzugehen, beschreiben und deren fragwürdige Seiten beleuchten.

**Schüler sollen alles zuvor gehörte vergessen** Problem:

- In stresssituationen (Prüfung) wird auf vertraute Vorstellungen zurückgegriffen
- Keine Garantie für Dominanz der neuen (richtigen) Vorstellungen

**Anknüpfen an Alltagsvorstellungen, wissenschaftliche Sichtweise als Präzisierung** Problem:

- Keine klare Trennung zwischen Alltags & wissenschaftlicher Vorstellung

**Fehlvorstellungen durch Experimente widerlegen** Problem:

- Rettungsversuche der Alltagsvorstellung durch alternative Erklärung

## **D6.1**

Eine Einführung des Kraftbegriffes über Stöße soll typische Fehlvorstellungen über Kräfte abbauen bzw. wenigstens nicht verstärken. Nennen Sie stichwortartig mit jeweils 1–2 erklärenden Sätzen mindestens drei Beispiele.

- Kraft, Stossrate, zeitliche Geschwindigkeitsänderung = Beschleunigung → Klare Trennung: Kraft ↔ Geschwindigkeit Kraft nicht zwingend in Bewegungsrichtung
- Verwirrung, dass mehrere Betragsmässig gleich grosse Kräfte auf denselben Körper wirken (Kraft als „Ding“) könnte gelöst werden durch kompensations der Stossraten.
- Stossrate (als Begriff) beschreibt Vorgänge (Dynamik) & keine Zustände → vermeidet Verwechslung Kraft ↔ Energie.

**D6.2**

Sie lassen Schüler auf einer Personenwaage stehend mit einem Lift im Schulhaus hinauf- und hinunterfahren. In einem Diagramm wird festgestellt, wie sich die Anzeige der Waage bei einer Fahrt zwischen zwei Stillständen verändert.

- a) Welche im Sinne der newtonschen Theorie der Dynamik falschen, aber nicht ganz abstrusen Erklärungen könnten die Schüler für die möglichen Beobachtungen geben. Erfinden Sie ein plausibles Beispiel.
- b) Welche (korrekte) Erklärung würden Sie den Schülern in einer Akzeptanzbefragung anbieten?

a)

- Schüler wird schwerer/leichter
- Erdanziehung (Gravitation) nimmt ab/zu
- Lift fällt schneller als Schüler (abwärts)
- Lift drückt Waage gegen Schüler (aufwärts)

b)

Scheinbare Gewichtskraft = Gewichtskraft + Reaktionskraft  
 (Reaktionskraft der Schüler auf beschleunigten Lift)

$$\Rightarrow F = F_G + F_R = mg \underbrace{\pm}_{\text{auf/ab}} m \cdot \underbrace{a}_{\text{des Lifts}} = \underbrace{F_N}_{\text{Veränderung der Normalkraft durch } a}$$

Anstelle  $\pm$  besser  $a$  positiv oder negativ. Man kann dann allerdings lange über das Vorzeichen diskutieren;-).

## **D6.3**

Würden Sie die elektrische Spannung mit oder ohne den Begriff des Potentials einführen? Mit welchen Schwierigkeiten rechnen Sie jeweils? Argumentieren Sie plausibel.

**Pro**

- klare Abgrenzung von anderen Begriffen (Arbeit, Strom)
- Unterstützt Wasser-Analogie: Potenzialdifferenz  $\Leftrightarrow$  Druckdifferenz
- Spannung nicht als „feste“ Grösse, sondern als Differenz  $U = \Delta\phi$  (hängt von zwei Orten ab)
- Bezug zur Elektro-**Chemie**

**Kontra**

- Bedingt evtl. Einführung von Feldern, Feldlinien, Äquipotentiallinien/-flächen  $\rightarrow$  aufwendiger
- neues Fremdwort, Alternative  $U := \frac{W}{Q}$  baut auf bekannten Begriffen auf.

**Bemerkung** Hängt evtl. auch von der Schulstufe ab.

## **D7.V1**

Sie können die drei Grundprinzipien von Wagenschein: genetisch, exemplarisch und sokratisch treffend umschreiben und mit Beispielen erläutern.

**Genetisch:** Aufbauend auf Beobachtungen und Erfahrungen und an Vorwissen wird neues Wissen generiert. Zentral ist die Beobachtung der Phänomene in Natur und Technik. Physikalische Methoden, Begriffe und Theorien können dabei bruchlos an die ursprünglichen Vorstellungen über die Natur angegliedert werden. Denn das neu erarbeitete Wissen ist ja fundiert auf „unmittelbare und ungekünstelte Erfahrung“.

Das genetische Lernen zielt auch auf einen Einbezug der Wissenschaftsgeschichte: Den grossen Physikern der Vergangenheit erschienen die Beobachtungen ebenso überraschend wie unseren Schülern. *Beispiel:* Auftrieb. Beobachtungen: Holz schwimmt auf Wasser, Ballone fliegen; warum gehen die Fische im Aquarium nicht unter? Nun kann man hingehen und Gegenstände ausserhalb und im Wasser wägen. Man beobachtet nun genauer: Welches Gewicht muss ich auf ein Stück Holz legen, damit es gerade noch untergeht? Was unterscheidet nun dies (Holz + Gewicht) von einem mit Wasser gefüllten Plastik-Balken *Das Gewicht des Plastiks sei vernachlässigbar* von gleicher Ausdehnung wie das Holz?

**Sokratisch:** Die Hebammenkunst des Sokrates (Mäeutik) bewirkt das „Gebären“ von Ideen beim Gesprächspartner. Dieser wird durch Ideen und Gedanken hingeführt, die er schlussendlich selbst formuliert. Dies ist im Gegensatz zum fragend-entwickelnden Unterricht, bei dem den Schüler durch die Fragen die Denkmuster schon suggeriert werden. Vielmehr legt die sokratische Methode eigene Denkstrukturen und Verhaltensmuster offen, macht sie dem Gesprächspartner bewusst und damit veränderbar. Also: Keine Alibi-Fragen, sondern die Aufforderung, etwas unter einem neuen Gesichtspunkt zu betrachten. Das Ziel ist, das der Schüler schliesslich selbst Fragen stellt.

*Beispiel:* Lokale (Fehl-)Vorstellung beim Strom (wenn man z. B. einen zusätzlichen Widerstand in den Stromkreis reinbringt, ändert die Stromstärke nicht). „Was hast du dir bisher unter elektrischem Strom vorgestellt?“ Eine Art Flüssigkeit; wie ein Fluss Wasser. Der Schüler könnte nun seine Argumentation bringen (Fehlvorstellung: Die Durchflussmenge bleibt konstant, auch wenn man ein Hindernis in den Fluss setzt). „Könnte man nicht auch statt Wasser Schiffe auf dem Fluss nehmen? Oder noch besser: Baumstämme, einer am andern.“ Nun soll der Schüler sich dasselbe nochmal in dieser Situation überlegen. Es wird klar, dass ein Hindernis den ganzen Baumstamm-Fluss aufhalten wird.

## **D7.V2**

Sie können den von Wagenschein plakativ dargestellten Gegensatz zwischen den Grundsätzen eines Fachwissenschaftlers und denen eines „Wagenschein-Physiklehrers“ an mindestens fünf Beispielen erläutern

1. Der „Nur-Physiker“ geht vom Einfachen zum Komplizierten. Demgegenüber beginnt der „Wagenschein-Physiklehrer“ sofort mit dem Ganzen und gliedert es nachher laufend aus. **Kommentar:** Als Beispiel dazu könnte der Brunnenstrahl dienen, an welchem nach und nach die Fallgesetze herausgearbeitet werden. Oder man betrachtet den Regenbogen, und leitet daraus nach und nach die Brechungsgesetze ab.
2. „Nur-Physiker“: Gewisse mathematische Kenntnisse und Fertigkeiten sind Voraussetzung. Beginnt man zu früh mit Physik-Unterricht, droht unexakte, nicht wiedergutzumachende Pfuscherei. „Wagenschein-Lehrer“: Natur (Phänomene) und Handwerk sind Quellen des Mathematischen. Sie sind die Motivation dafür. Beginnt man zu spät, verliert man die spontanen Antriebe der Schüler. **Kommentar:** Man soll also so früh wie möglich beginnen, nämlich sobald sich die Schüler für Natur und Technik zu interessieren beginnen (Wagenschein: Ab 5. Schuljahr). Dann kann man die kindliche Neugier als Lehrer benutzen!
3. „Nur-Physiker“: Das Falsche darf nicht genannt, ohne sogleich richtiggestellt zu werden. Unexakte Formulierungen dürfen nicht geduldet werden. „Wagenschein-Lehrer“: Falsch Gedachtes ist mehr Wert als gedankenlos richtig Gesagtes. Der Weg zum Richtigen führt über das Unklare, der Weg zum Exakten über das Ungenaue. **Kommentar:** Typisch Wagenschein: Es geht um eine graduelle Entwicklung des physikalischen Denkens aus dem Alltagsdenken hinaus. Das Denken soll – durch Betrachtung der Phänomene – ohne Bruch ins physikalische Denken hinübergehen. **Beispiel:** Evtl. Energiebegriff. Energie wird „verbraucht“ (ist falsch). Richtig ist, dass die nutzbare Energie (z.B. die elektrische) umgewandelt (und damit eben doch verbraucht) wird. Hier kann man an die Schülervorstellung anknüpfen, ohne sie als „falsch“ zu verdamnen.
4. „Nur-Physiker“: Von Anfang an klare Grundbegriffe und Definitionen. „Wagenschein-Lehrer“: Saubere Grundbegriffe sind das Ziel und können nur allmählich entwickelt werden. **Kommentar:** Dies ist wieder Wagenschein-Typisch: Physikalische Begriffe werden graduell, ohne Bruch aus dem ursprünglichen Denken heraus entwickelt.
5. „Nur-Physiker“: Am Anfang steht die Mechanik, da sie grundlegend für die Begriffsbildung und Mathematisierung sei. „Wagenschein-Lehrer“: Am Anfang steht das Staunenswerte aus allen Gebieten der Naturbetrachtung, auch der Physik. Dabei wählt man Themen aus, die mit einfachen Mitteln zu bewältigen sind. Das heisst auch, dass sie der Beobachtung oder dem Experiment zugänglich sind (W.: „das praktische Tun in der Schulgemeinschaft“). **Kommentar:** Natürlich ist dieser Zugang motivierender als Mechanik. Es geht darum, die natürliche Neugier der Schüler anzusprechen (siehe auch erster Punkt).
6. „Nur-Physiker“: Eine Vorschule des Messens ist zu empfehlen. Es ist das Handwerkszeug eines Physikers und muss geübt werden. „Wagenschein-Lehrer“: Gemessen wird erst dann, wenn es notwendig erscheint, und nicht im Voraus, zum Üben. Es geschieht innerhalb eines Kontexts, in einer forschenden Fragestellung. **Kommentar:** Die Schüler sind dann motiviert und sehen auch den Sinn der Messerei, insbesondere der Genauigkeit, ein. Man kann dann z. B. auch diskutieren, wie genau man sein kann bzw. will, welches die störenden Einflüsse sind, wie man diese eliminieren kann bzw. welche man nicht eliminieren will (z. B. wegen zu grossem Aufwand). Dies geschieht natürlich am besten in einem Kontext.

**D7.1**

Suchen Sie zwei (weiter, nicht hier vorgestellte) physikalische Themen, die für einen genetischen Zugang geeignet sind und erläutern Sie ihre Wahl mit 1–2 Sätzen. Skizzieren Sie mit Stichworten und/oder Sätzen die Abfolge der Schritte der Erarbeitung im Sinne Wagenscheins.

**Arbeit,  $W = F \cdot s$ :** Dies lässt sich einfach aus Alltagserfahrungen herleiten! **a)** Erfahrung: Fährt man mit dem Auto doppelt so weit, braucht man auch doppelt so viel Benzin (sofern man gleich schnell und eben fährt). Führt man schneller, braucht man mehr: Die „Bremskraft“ durch die Luft (Luftwiderstand) hat zugenommen. **b)** Heben von Lasten: Wenn ein Kran eine Last doppelt so hoch hebt, wie viel mehr Benzin (oder elektrische Energie) braucht er dann? Wenn er ein doppelt so schweres Gewicht hebt? (Ist dasselbe, wie zwei Kräne mit demselben Gewicht). **c)** Nun wenden wir das an. Wir wollen eine schwere Last heben, haben aber nur wenig Kraft zur Verfügung. Die Schüler sollen einen Ausweg finden. Man könnte ihnen ein sehr schweres Fass und ein paar Bretter liefern und anderes Material. Das Fass sollt auf ca. 1 m Höhe rauf. Sie werden wohl bald eine Rampe bauen. Wieso braucht man da nun soviel weniger Kraft als beim senkrechten Heben? **d)** Nun kann man den Flaschenzug behandeln, wenn man will.

**Schwingungen und Resonanz:** Dieses Thema lässt sich im Alltag und in der Natur gut erfahren und ist deshalb gut geeignet. Man braucht keine speziellen Materialien bzw. nur Standard-Geräte aus der Physik-Sammlung. Vorgehen:

**a)** Frage: Warum ist der Himmel blau? Offenbar strahlen die Luftmoleküle blaues Licht in alle Richtungen aus. Aus dem Weltraum sieht die Atmosphäre auch blau aus. **b)** Aber, die Sonne liefert doch weisses Licht, d. h. alle Farben. Warum strahlt denn der Himmel jetzt blau? Warum sendet er nicht weisses Licht (d.h. auch die roten, grünen etc. Anteile) aus? **c)** Jetzt machen wir im Schulzimmer einen Versuch. Eine geeignete Stimmgabel wird aufgestellt und alle schreien, so laut sie können. Wenn wieder Ruhe ist, hört man die Stimmgabel, und zwar bei einem bestimmten Ton. **d)** Das Geschrei ist das weisse Licht der Sonne. Es beinhaltet alle Farb-Töne (Tonhohen, d. h. Frequenzen). Die Stimmgabel sendet aber bloss einen Ton (Frequenz), das ist das blaue Licht, der blaue Farb-Ton. **e)** Offenbar ist der Klang der Stimmgabel ihr Klang. Er gehört zu ihr. Eine andere Stimmgabel klingt anders (höher, tiefer). **f)** Nun untersuchen wir das näher. Wie macht die Stimmgabel den Ton? Sie schwingt (berühren!). Sie schwingt mit einer gewissen Anzahl Schwingungen (Frequenz). **g)** Nun ist man beim Thema: Schwingungen, Frequenzen. Statt der Stimmgabel schaut man nun eine Feder an. Grund: Die schwingt langsamer und man sieht mehr. **h)** Am Ende landet man bei einer Feder mit Gewicht, die angetrieben wird (hier: Motor. Vorher: Sonnenlicht, unsere Stimmen). Nun kann man die Resonanz untersuchen. **i)** Am Schluss kommt man natürlich zur Stimmgabel und zu den Luftmolekülen zurück. Den Ausdruck „Rayleigh-Streuung“ braucht man nicht in den Mund zu nehmen. Ausserdem ist man beim blauen Himmel – beim Oszillatormodell – immer noch weit von der Resonanzfrequenz entfernt (das ist ja gerade die Rayleigh-Streuung:  $\omega \ll \omega_0$ ). Auch das braucht man nicht zu sagen. Zentral ist, dass blau näher bei der Resonanz ist als rot.

**D7.2**

Suchen Sie zwei Themen aus Mechanik, Optik, Wärmelehre oder E-Lehre, die für einen genetischen Zugang ungeeignet oder viel schlechter geeignet als die Beispiele im Skript sind. Begründen Sie plausibel, warum Sie die Themen für ungeeignet halten.

**Gasgesetze, isotherme Expansion:**

- Hierzu gibt es zu wenige Phänomene in der Natur oder im Alltag an die man anknüpfen könnte. Luft expandiert/komprimiert eben nicht isotherm (geringe Wärmeleitfähigkeit), sondern adiabatisch. Also kann man Naturphänomene, wie z. B. die Entstehung von Wolken nicht verwenden.
- Die Alltagserfahrung der heissen Velopumpe ist dabei ebenso ungeeignet, aus demselben Grund.
- Isotherme Expansion kommt beim Stirling-Motor vor, nicht jedoch beim bekannten Otto-Motor. Der Stirling-Motor ist für die Schüler neu und speziell mit dem Physik-Unterricht assoziiert. Man kann daher hier nicht von „genetischem Zugang“ sprechen.

**Wellenoptik, Prinzip von Huyghens:**

- Hierbei handelt es sich um ein Modell der Wellenausbreitung.
- Das Prinzip der Überlagerung von Wellen kann natürlich schon genetisch angegangen werden. Das Huyghens-Prinzip der Kugelwellen, die von jedem Punkt ausgehen, ist jedoch eine mathematische Konstruktion, ein Modell. • Dieses ist sehr nützlich bei der Beschreibung von Interferenz-Phänomenen. Es kann jedoch nicht anhand von Beobachtungen an Phänomenen erfahren werden.

**Newton-Gravitationstheorie:**

- Dies ist wiederum ein (wunderschönes) Beispiel eines physikalischen Modells, das aus Beobachtungen hergeleitet wurde • Der direkten Beobachtung ist es absolut unzugänglich (ausser bei unseren Schülern handelt es sich um Astronauten/Astronomen). • Natürlich kann man sich die Frage stellen, warum die Planeten um die Sonne kreisen oder Satelliten um die Erde, und warum sie das tun. • Es wird sich hier jedoch eher um eine theoretische Übung handeln. Mit den Sinnen erfahren wird man nichts.
- Natürlich kann man den Weg verfolgen, wie die Entdecker (Kepler, Newton) das Wissen generiert haben. Doch wie Wagenschein sagt, handelt es sich beim genetischen Verfahren ja nicht um einen „historisierenden Unterricht“. Stattdessen sollte es auf „möglichst unmittelbare und ungekünstelte Erfahrung“ fundiert sein.

**Spezielle Relativitätstheorie:** Hier bewegt man sich weg von der Alltagserfahrung & -beobachtung. Genetisch kann der Zugang hier nicht mehr sein (wohl aber sokratisch oder exemplarisch).

## **D7.3**

Können Sie sich einer meiner Konsequenzen für den Physikunterricht anschliessen oder würden Sie andere Konsequenzen ziehen?

Wenn ja: Nennen Sie diese und liefern Sie für eine davon 2 weitere konkrete Umsetzungsbeispiele aus dem Physikunterricht.

Wenn nicht: Stellen Sie eine Antithese zu einer meiner Konsequenzen auf, begründen Sie diese plausibel und nennen Sie konkrete Umsetzungsbeispiele aus dem Physikunterricht.

**Zustimmung zu:** Phänomene erlebbar machen.

**Polarisation des Lichts:**

- Statt dass der Lehrer mit Polarisationsfiltern hantiert, sollte man den SchülerInnen Polarisationsfilter verteilen und sie raus schicken (nur bei schönem Wetter!).
- Sie sollen den Himmel anschauen. Sie werden merken, dass in verschiedenen Richtungen der Himmel durch den Filter verschieden hell erscheint.
- Vielleicht merken sie, dass das etwas mit der Position der Sonne zu tun hat.
- Wieder drinnen, kann man ev. etwas von den Steinen der Wikinger erzählen, mit denen sie bei teilweise bewölktem Himmel die Position bestimmt haben (aus der geschätzten Position der Sonne).
- Offenbar lassen diese Filter nur einen bestimmten Teil des Lichts durch, je nachdem, wie man sie hält etc.

**Kondensationswärme, Schmelzwärme:** Man nimmt einen Kübel Eiswasser mit Eiswürfeln drin. Das Wasser und das Eis haben  $0^{\circ}\text{C}$ . Die Schüler nehmen nun einen Eiswürfel in die eine Hand und halten die andere in den Kübel. Was fühlt sich kälter an? Kondensationswärme: Hand über heisser Herdplatte gegenüber Hand über Pfanne mit siedendem Wasser über derselben Herdplatte (gleiche Höhe).

## **D7.4**

Fassen Sie die Schritte im genetischen Lehrbeispiel „Das Fallgesetz am Brunnenstrahl“ auf maximal einer halben A4-Seite zusammen.

1. Ausgangsfrage: Wie fliegt ein geworfener Stein oder eine geschossene Kugel? Dazu betrachtet man einen Brunnen-Strahl. Den kann man sich als in einzelne Teile („Projektil“e) zerlegt vorstellen: geworfenes Wasser.
2. Nun geht es um das geeignete Koordinatensystem. Man wählt eine Koordinate entlang der Richtung des Brunnenrohres (Wurfrichtung), die andere in Richtung Erde. Der Einfachheit halber betrachtet man ein waagrechtes Brunnenrohr. Dies ist natürlich: Die Richtung des Ausgangs-Impulses eines Wasser-Projektil und die Richtung der Gravitationskraft sind gegeben. Diese beiden Einflüsse kämpfen miteinander.
3. Beobachtung: Sink-Tiefen nehmen quadratisch mit den Abständen zu, unabhängig von den gewählten Einheiten.
4. Was bedeutet die horizontale Achse? Die Zeit! Hier geht Wagenschein natürlich von der vektoriellen Zerlegung der Geschwindigkeit aus, ohne es zu sagen. Die horizontale Komponente bleibt konstant, daher entspricht sie eben der Zeit.
5. Da die waagrechte Achse sozusagen die Uhr ist, hat man nun das Fallgesetz! Man könnte ebensogut einen Strahl direkt senkrecht nach unten fallen lassen. Die Falltiefen (nach gewisser Zeit) sind dieselben wie die des „geworfenen“ Strahls. Der geworfene liefert uns die Zeit und damit das Fallgesetz  $h \propto t^2$ .

## **D8.V1**

Sie kennen die extensiven (mengenartigen), die intensiven Größen und die Stromstärken aus den Gebieten Mechanik, Elektrizität, Wärmelehre, Chemie.

(Gebiet: extensiv (Stromstärke); intensiv.)

**Mechanik** Masse (Massenstromstärke), Energie (Leistung), Impuls (Kraft); Geschwindigkeit.

**Elektrizität** el. Ladung (el. Stromstärke); el. Potential.

**Wärmelehre** Entropie (Entropiestromstärke); Temperatur.

**Chemie** Stoffmenge (Stoffstromstärke); Chemisches Potenzial.

	<b>Extensive Grösse</b>	<b>Stromstärke</b>	<b>Intensive Grösse</b>
Mechanik	Impuls $\vec{p}$	Kraft $\vec{F}$	Geschwindigkeit $\vec{v}$
Elektrizität	elektrische Ladung $Q$	elektrische Stromstärke $I$	elektrisches Poten- tial $\varphi$
Wärmelehre	Entropie $S$	Entropiestromstärke $I_S$	Temperatur $T$
Chemie	Stoffmenge $n$	Stoffstromstärke $I_n$	chemisches Poten- tial $\mu$

## **D8.V2**

Sie können das Prinzip des Energieflusses und das Prinzip des Umladens von Energie an mindestens drei Beispielen erläutern.

Aus der Gibbschen Fundamentalform

$dE = T dS + \phi dQ + \vec{v} d\vec{p} + \mu dn + \dots$  folgt, dass mit jeder Energieänderung noch mindestens eine weitere extensive Grösse ( $S, Q, p, n, \dots$ ) ihren Wert ändert; die Stärke dieser Änderung ist durch die entsprechende intensive Grösse ( $T, \phi, \vec{v}, \mu, \dots$ ) bestimmt. Weiter lässt sich jeder Energiestrom als Summe schreiben:

$P = TI_S + \phi I + \vec{v}\vec{F} + \mu I_n + \dots$  Immer wenn Energie strömt, strömt auch mindestens eine weitere extensive Grösse – es gilt der Merksatz: „Energie fliesst nie allein.“ Dementsprechend werden die Grössen Entropie, elektrische Ladung, Impuls, Stoffmenge, ... als Energieträger verstanden; die jeweilige intensive Grösse als Mass für die Beladung des Trägers. In Energiewandlern wechselt die Energie ihren Träger ( $\rightarrow$  Umladen der Energie). **Beispiele:**

- Elektromotor: Energie wird von elektrischer Ladung auf (Dreh-)Impuls umgeladen.
- Stirlingmotor: Energie wird von Entropie auf (Dreh-)Impuls umgeladen.
- Generator: Energie wird von (Dreh-)Impuls auf elektrische Ladung umgeladen.

## **D8.V3**

Sie können das Strom-Antriebs-Konzept allgemein und an typischen Beispielen erläutern.

Ein Strom einer mengenartigen Grösse  $X$ , der mit Entropieerzeugung verbunden ist, erfüllt die Gleichung

$$\vec{j}_X = -\lambda_X \vec{\nabla} y$$

wobei  $\lambda_X$  die „ $X$ -Leitfähigkeit“ bezeichnet und  $y$  die zu  $X$  gehörige intensive Grösse (siehe Gibb'sche Fundamentalform). Es gilt also die Regel: „Eine Differenz der intensiven Grösse ist ein Antrieb für einen Strom der zugehörigen mengenartigen Grösse“. Beispiele:

- Eine elektrische Potenzialdifferenz ist Antrieb für einen elektrischen Ladungsstrom.
- Ein Temperaturunterschied ist ein Antrieb für einen Entropiestrom.
- Ein Geschwindigkeitsunterschied ist Antrieb für einen Impulsstrom.

## **D8.V4**

Sie können einfache mechanische Vorgänge mit Impulsströmen beschreiben und die Richtung der Impulsströme konsistent angeben.

Die Kraft auf eine Fläche  $S$  mit Oberflächenelement  $\vec{d}\omega$  ist gegeben durch

$$F_i = \int_S \vec{j}_{p_i} \cdot \vec{d}\omega, \quad i = x, y, z$$

wobei  $\vec{j}_{p_i}$  die Impulsstromdichte des  $i$ -Impulses bezeichnet; geschlossene Flächen sind per Konvention nach innen orientiert. Mit Hilfe dieser Beziehung kann man sich alles ‚von der Kraft her‘ überlegen. Für eindimensionale Vorgänge ergeben sich die beiden Regeln:

Druckspannung  $\Leftrightarrow$  Impulsstrom nach rechts.

Zugspannung  $\Leftrightarrow$  Impulsstrom nach links.

## **D8.V5**

Sie kennen Beispiele, wo der umgangssprachliche Begriff „Wärme“ so durch den Begriff „Entropie“ ersetzt werden kann, dass eine physikalisch korrekte Aussage entsteht.

- „Durch Reibung entsteht Wärme.“
- „Wärme fließt vom Körper mit der höheren Temperatur zum Körper mit der tieferen Temperatur.“
- „Fließt durch einen Draht ein elektrischer Strom so entsteht Wärme.“

## **D8.1**

Auf der Homepage der Fachdidaktik in Karlsruhe (<http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de>) sind unter der Rubrik „Altlasten der Physik“ 64 meist kurze Artikel gesammelt, die Vorschläge machen, an welchen Stellen die Physik vereinfacht werden kann oder wo sogar explizit Fehlvorstellungen vermittelt oder bestärkt werden. Zuerst wird immer geschildert, um was es geht („Gegenstand“), dann der „Mangel“ und die „Herkunft“. Zum Schluss werden Vorschläge für die „Entsorgung“ gemacht.

Suchen Sie aus der oben erwähnten Quelle entweder eine „Altlast“, deren „Entsorgung“ Sie zustimmen, oder eine „Altlast“, die Sie nicht entsorgen würden. Sie können in der Prüfung den Gegenstand, den Mangel und den Vorschlag zur Entsorgung stichwortartig oder in kurzen Sätzen zusammenfassen und kurz plausibel begründen, warum Sie für oder gegen eine „Entsorgung“ sind.

**Gegenstand:** 1. Ein Körper bleibt im Zustand der Ruhe oder der geradlinig gleichförmigen Bewegung, wenn keine Kräfte auf ihn wirken. 2. Die auf einen Körper wirkende Kraft ist gleich dem Produkt aus Masse und Beschleunigung des Körpers. 3. Wenn ein Körper  $A$  auf einen Körper  $B$  eine Kraft  $F_{AB}^{\vec{}}$  ausübt, so übt  $B$  auf  $A$  die Kraft  $F_{BA}^{\vec{}} = -F_{AB}^{\vec{}}$  aus.

Mängel: Alle drei Gesetze sind Spezialfälle einer Aussage, die man viel einfacher formulieren kann: Impuls kann weder erzeugt noch vernichtet werden (Impulserhaltung)

$$\frac{\partial p_i(\vec{x}, t)}{\partial t} + \nabla j_{P_i}^{\vec{}} = 0 \quad i = x, y, z$$

( $\vec{P}$ : Impuls,  $\vec{p}$ : Impulsdichte,  $j_{P_i}^{\vec{}}$ : Impulsstromdichte des  $i$ -Impulses). Die Newtonschen Gesetze lassen sich dann auf eine sehr einfache Form bringen: 1. Der Impuls eines Körpers ändert sich nicht, solange kein Impuls in ihn herein oder aus ihm heraus fließt. 2. Die zeitliche Änderung des Impulses eines Körpers ist gleich der Stromstärke des Impulses, der in den Körper hineinfließt. 3. Fließt ein Impulsstrom von einem Körper  $A$  auf einen Körper  $B$ , so ist die Stromstärke beim Verlassen von  $A$  gleich der beim Eintritt in  $B$ .

**Herkunft:** Nicht ganz klar; bedürfte einer genauen Analyse von Newtons Arbeiten.

**Entsorgung:** Man führt den Impuls in der Mechanik als eigenständige Grösse ein. Wenn sich der Impuls eines Körpers ändert, sagt man es fliesse ein Impulsstrom der Stärke  $\vec{F}$  (Kraft) in den Körper.

**Pro:** Die Newtonschen Gesetze erscheinen tatsächlich plausibler (besserers physikalisches Verständnis). Betrachtungsweise kompakt und modern, eigentlich schon hochschulmässig (Erleichtert den Übergang).

**Contra:** Mathematische Formulierung enthält partielle zeitliche und räumliche Ableitungen! In der herkömmlichen Formulierung tauchen nur zeitliche Ableitungen auf. Vermutlich wird es in der KPK Formulierung für die Schüler viel schwieriger quantitative Rechnungen zu machen.

## **D8.2**

Sie wollen als erste Lehrkraft in Ihrer Schule Physik im Grundlagenfach nach dem KPK unterrichten. Um sich abzusichern, wollen Sie es offiziell als Unterrichtsversuch laufen lassen

- a) Formulieren Sie einen Brief an die Schulleitung, in dem Sie Argumente für Ihr Vorhaben anführen
- b) Mit welchen Gegenargumenten müssen Sie rechnen von der Schulleitung, den Kollegen, eventuell von den Eltern?

**a) Pro** Straffung des Schulunterrichts. Ein klares mehr an Struktur/Konzeptualität/Analogien. Moderne und kompakte Betrachtungsweise → Leichter Übergang zur Hochschulphysik. Bessere Abtrennung von Alltags- und Fachsprache.

**b) Contra** Involviert schwierigere Mathematik (partielle Ableitung, Divergenz, Integral, Integralsätze (Gauss)); Das (nützliche) Konzept des Punktteilchens nur schwer beschreibbar; Insgesamt eine grosse Lücke zwischen Verständnis (welches durch den KPK vermutlich gefördert wird) und der Fähigkeit quantitative Rechnungen zu erstellen (wegen der zu schweren Mathematik); Herkömmliche Konzepte werden wegen ihrer grossen Popularität wohl auch thematisiert werden müssen (→ Zeit).

**D8.3**

Auf den nächsten Seiten finden Sie fünf Bilderserien a) bis e), Sie wollen diese in einem KPK-orientierten Unterricht einsetzen, haben aber keinen Text dazu. Ergänzen Sie diesen in der Sprache des KPK so, dass die konzeptionelle Ähnlichkeit der Bereiche Luft(störmung), Elektrizität, Mechanik und Wärmelehre zum Ausdruck kommt.

Text zu:

- a) Druck, el. Potential, Geschwindigkeit und Temperatur sind intensive Größen. Volumen, Ladung, Impuls und Entropie sind extensive Größen.
- b) Eine Differenz der intensiven Grösse ist ein Antrieb für einen Strom der zugehörigen extensiven (mengenartigen) Grösse. Ist ein entsprechender „Kontakt“ vorhanden, so fliesst ein Strom.
- c) Durch entsprechende „Wände“ kann das fließen des mengenartigen Stroms unterbunden werden.
- d) „Wand“ versus „Kontakt“.
- e) Die Stromstärken der extensiven Größen sind additiv.

## D9.1

Zum CBL stehen u. a. folgende Sensoren zur Verfügung: Temperatur, Luftdruck (Barometer), Lichtsensor, Beschleunigungsmesser („low g“), Kraftmesser (bis 50 N), Kraftmessplatte (bis ca. 3000 N), Bewegungssensor (CBR) (weitere siehe <http://www.vernier.com>). Beschreiben Sie einen Arbeitsauftrag für Schüler des Grundlagenfaches für eine physikalisch sinnvolle und realisierbare Messreihe *im Freien* also ausserhalb des Schulhauses!). Die Beschreibung ist so genau, dass ein Kollege versteht, worum es geht. Einen Zusatzpunkt gibt es hier für Vorschläge, die ich besonders originell finde.

*Hinweis zur Lösung: mit low-g-Sensor*

**Beschleunigungsmessung** Montieren Sie den Beschleunigungssensor (low- $g$ ,  $\pm 50 \text{ m/s}^2$ , Genauigkeit  $\pm 0.5 \text{ m/s}^2$ ) so am Velo, dass Anfahrts- und Brems-Beschleunigungen gemessen werden. Fahren Sie mit ganzer Kraft an und machen Sie eine Vollbremsung. Welchen Wert erreichen Sie jeweils? Vergleichen Sie sie mit der Erdbeschleunigung. Wiederholen Sie den Versuch zur Messung der vertikalen Beschleunigung bei Fahrten auf verschiedenen Belägen, durch einem Schlagloch und dem Sprung über eine Kante.

Bei horizontalen Beschleunigungen erhält man immer Werte  $< g$ , es macht positive und negative Beschleunigungen erfahrbar und beim Bremsen erhält man grössere Beträge als beim Anfahren.

Bei Vertikaler Beschleunigung ist  $g$  der Hintergrundwert, man kann auch Werte  $> g$  erhalten und im freien Fall (Sprung über Kante) ist die Beschleunigung gleich null.

**Variante:** Wenn Schnee liegt und es einen Hang in der Nähe des Schulhauses gibt, dann kann man eine Schlittenfahrt messen. Eine kleine Schanze wäre noch ein i-Tüpfelchen.

## D9.1

Zum CBL stehen u. a. folgende Sensoren zur Verfügung: Temperatur, Luftdruck (Barometer), Lichtsensor, Beschleunigungsmesser („low g“), Kraftmesser (bis 50 N), Kraftmessplatte (bis ca. 3000 N), Bewegungssensor (CBR) (weitere siehe <http://www.vernier.com>). Beschreiben Sie einen Arbeitsauftrag für Schüler des Grundlagenfaches für eine physikalisch sinnvolle und realisierbare Messreihe *im Freien* also ausserhalb des Schulhauses!). Die Beschreibung ist so genau, dass ein Kollege versteht, worum es geht. Einen Zusatzpunkt gibt es hier für Vorschläge, die ich besonders originell finde.

*Hinweis zur Lösung: mit Lichtsensor*

**Sonnenlichtmessung** Es scheint die Sonne. Lichtsensor auf geringste Empfindlichkeit einstellen und ihn an ein Rad montieren. Den Taschenrechner ebenfalls am Rad befestigen, so dass das Rad möglichst ausgewuchtet ist. Die Lauffläche des Rades gegen die Sonne ausrichten, Messung starten und das Rad in Rotation versetzen, so dass einige Umdrehungen aufgezeichnet werden.

Man erhält die Intensitätsverteilung in Abhängigkeit vom Winkel zur Sonne. Da ca. 20 % des Sonnenlichts aus indirekter Strahlung besteht, wird die Intensität  $I$  im Bereich, in dem der Sensor vorwiegend den Himmel sieht wie folgt erwartet:

$$I \propto 0.2 + 0.8 \cdot \cos \varphi$$

mit  $\varphi$  dem Winkel zwischen Normalvektor der Sensoroberfläche und Ortsvektor der Sonne. Also führen bei Solarzellen Abweichungen von weniger als  $30^\circ$  vom optimalen Winkel zu nur geringen Einbussen. Weiters kann man an der Intensität des sonnenabgewandten Teils erkennen, ob Flächen hell oder dunkel sind.