

Was sollen die Schüler aus dem Physik-Unterricht mitnehmen?

- Die S müssen das Gefühl bekommen, dass ihnen der Physikunterricht „etwas bringt“ ... also Alltagsbezug ... also Fragen der S erst beantworten, wenn sie diese Fragen auch stellen ... also differenziert unterrichten, damit sowohl „schwache S“ und auch „hochbegabte Hochleister“ etwas Sinnstiftendes aus dem Unterricht mitnehmen. UND S motivieren, die richtigen Fragen wirklich zu stellen.
- Hörbereich des Menschen ... abstrakt vorgetragen, mit einer Anlage gemessen, die viele S nicht durchschauen ... Moralpredigt bzgl. der Lautstärke beim MP3-Player → negative Emotionen

Hundepfeife ... Daltonpfeife ... Tinitus (☹) ...

Wahrnehmung und Messung ... Hör-Wahrnehmung und Messung sind ganz unterschiedliche Aspekte ... 1, 2, 3 Pfeifen usw. ... db-Messung
Schüler nehmen db-Messgerät nacheinander mit ... 2db gehört zur 100fachen Energie ... Bandbreite der Wahrnehmbaren Intensität ...

- Amplitude, Periodendauer, Frequenz ... schnell eingeführt ... erste Formel ... erste KA

Schülerteams machen Vorhersagen, wovon die Periodendauer eines Fadens- und Federpendels abhängen kann ... alle Teams vermuten, dass die Periodendauer von der Masse, Fadenlänge, „Anstoßkraft“, Auslenkung, Luftwiderstand abhängt. Sie sind sich alle ganz sicher ... NUR mein skeptisches Gesicht (ich musste wirklich nicht viel sagen) provozierte schon: Oh, jetzt bekommen wir eine schlechte Note, denn wir „liegen“ wohl daneben? → **Aufklärung**: Jede Vermutung – egal wie fremd sie wirkt – ist in der Physik willkommen – wirklich JEDE! Die Leistung in der Physik besteht darin, auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen (Theorien, Modellvorstellungen) Vorhersagen zu machen und diese dann im Experiment zu überprüfen. → Jede Vorhersage ist willkommen und wird im Experiment überprüft – UND nur die Durchführung des Experiments und die Bewertung der Vorhersage – nachdem sie überprüft wurde – entscheidet darüber, welche Note man in dieser Aktion verdient.

Die Motivation dieser paar Worte war ungeheuer ... zwei Stunden wurde experimentiert ... man kann sich nicht vorstellen, wie überrascht, erstaunt, nachdenklich die S waren, als sie festgestellt haben, dass die Periodendauer beim Fadenpendel „nur“ von der Fadenlänge abhängt ...

Differenzierung: Manche waren mit diesem Ergebnis **einfach zufrieden** ... manche kamen und fragten „**WARUM**“ ist das so ... zwei Teams schauten sich ihre Messergebnisse genau an und formulierten (Zitat): *„Die haben schon Recht, wenn sie sagen die Periodendauer hängt eigentlich nur von der Fadenlänge ab ... kann es aber nicht sein, dass die Amplitude einen ganz kleinen Einfluss hat ... UND die Form der Masse spielt auch eine winzige Rolle ...UND wenn wir den Luftwiderstand untersuchen könnten ... “*

Meine Absichten:

- Kein Experiment ohne Vorhersage
- Keine Formel vor dem Physikverständnis
- Keine Klassenarbeitsvorbereitung durch Einüben von Formeln ... Blick kann nur ausschließlich auf Verständnisbildung gerichtet sein.

Wie schafft man es, dass die Schüler die Experimente selber planen?

- Das ist zu kurz gefragt ... entscheidend ist nicht die Durchführung eines Experiments ... völlig unwichtig ist die Durchführung eines ganz bestimmten Experiments.
- Wesentlich ist die Galileische Methode (ALLE Experimente sind Theorie geleitet!) ... die prinzipielle Vorgehensweise eines Naturwissenschaftlers ...
 - 1. „**bisherige Vorstellungen**“ | Hypothesen | Modellvorstellungen | Theorien sind die Grundlage für
 - 2. **Vorhersagen** ... die man im
 - 3. **Experiment** überprüfen kann ... Experiment wird geplant, organisiert, durchgeführt und bewertet (sinnvolle Fehlerdiskussion) ...
 - 4a Experiment hat die **Vorhersage verifiziert** → Vertrauen in die bisherigen Vorstellungen, Hypothesen, Modellvorstellungen, Theorien ...
WICHTIG: Keine Physik-Theorie kann aus prinzipiellen Gründen niemals bewiesen werden ...
 - 4b Experiment hat die Vorhersage falsifiziert → Falsifikation der bisherigen Vorstellung, Hypothesen, Modellvorstellungen, Theorien ...
WICHTIG: Es besteht Handlungsbedarf ... Einschränkung der Theorie auf bestimmte Randbedingungen (z.B. Einschränkung des falsifizierten Newtonschen Gravitationsgesetzes ... oder Einschränkung der falsifizierten Galileo-Transformation) ODER die bisherige Theorie wird ganz verworfen und durch eine neue ersetzt (z.B. Ersatz des falschen Bohrschen Atommodells ☹ ... oder Äthertheorie ... oder Wärmestofftheorie ... Das sind Theorien, die gänzlich falsch sind ... die auch innerhalb anderer Randbedingungen falsch sind ... die also gänzlich verworfen werden. ¹
- Zurück zur Frage: Die S machen zu einer Thematik, Problemstellung ... Vorhersagen ... und planen, organisieren und führen ihre eigenen Experimente durch, mit denen sie ihre Vorhersagen überprüfen (siehe obige Ausführung zur Galileischen Methode) ... NICHT L-Experimente ... sondern IHRE Experimente ... Wie das konkret funktioniert wurde im Falle meiner Klassen 7a/b „Fadenpendel“ & „Federpendel“ oben beschrieben. Selbstverständlich ist die Lehrkraft dabei gefordert ... z.B. Wie befestige ich den Faden an der Aufhängung ... Wie messe ich die Länge des Fadens ... Wie stoppe ich die Zeit ... individuelle Betreuung, den in einigen Teams werden diese Fragen nicht gestellt ... und andere Teams brauchen Hilfe.
Hinweis: Wenn in einem Team ein S weiß, dass man 10 oder 20 Schwingungen misst und nicht nur eine Periodendauer ... dann fühlt sich dieser S völlig unterfordert und demotiviert, wenn man das als Lehrervortrag vor der Klasse „ausbreitet“ ... also individuelle Betreuung ...

¹ Ob man die S mit solchen „Sackgassen“ der Physikgeschichte „bilden“ kann oder nur unnötig belastet, ist eine heiße didaktische Diskussion. Es steht außer Frage, dass wir die historische Entwicklung der Physik reflektieren und mit den S diskutieren müssen ... Es ist aber eine wesentliche Frage, ob wir die S wirklich in alle Sackgassen unserer Physikgeschichte jagen müssen ... und damit eventuell unüberwindbare Lernhindernisse aufbauen.
Wesentlich: Wir Lehrkräfte müssen intensiv reflektieren, warum wir eine historische Altlast (z.B. Bohrsches Atommodell) im Unterricht thematisieren. Schlechte Argumente: „Weil ich es genau so gelernt habe.“ ... oder „Weil ich es nicht anders verstehe.“ ... oder „Weil wir so schöne und teure Geräte in der Physiksammlung haben ...“ oder „Weil wir das bisher immer schon so gemacht haben ...“

Welche Einstiege gibt es in die Selbständigkeit der Schüler?

Wie kann ich beginnen, die Schüler zur Selbstständigkeit zu bringen

a) zu Beginn in Klasse 7?

Grundsätzliche U-Schritte ...

1. Präkonzepte erfragen | aufdecken | aktivieren ...
2. Motivation ... Lehrerimpuls ... S-Frage ... Alltagsbezug ...
3. Problemstellung ... Vorhersagen ... Experiment ... Bewertung ...
4. Lernzielkontrolle ... & ... Ergebnissicherung ... Handout, Präsentation, Produktkorrektur und Bewertung ...
5. Anwendung ... Alltagsbezug ...
6. Evaluation des eigenen Unterrichts:
„was habe ich gelernt ...“
„was hat es mir gebracht“

Zur Frage direkt: Den Unterricht so gestalten, dass er ohne Selbstständigkeit und Selbstverantwortung der S nicht funktioniert ... UND damit Freiraum schaffen, in dem die Selbstständigkeit und Selbstverantwortung überhaupt möglich ist.

Ein Frontalunterricht oder eine andere Unterrichtsform, in der die Lehrkraft immer und überall die Zügel in der Hand hat ... die Lehrkraft die Kontrolle über die Klasse besitzt, ist kein Freiraum für Selbstständigkeit oder Selbstverantwortung möglich ...

Negativbeispiele:

- Wiederholung des Stoffes vor der Klassenarbeit ist kontraproduktiv ... wozu soll ich denn schon vorher lernen, vor der Arbeit sagt mir der L schon, was ich lernen soll und hinterher vergesse ich es ohnehin ...
- Globale Formelsammlung, die der Lehrer liefert ...
- Themenabfolge im Unterricht bestimmt alleine der Lehrer und die S werden überrascht und nicht informiert, WARUM, WAS, WIE gemacht wird ...
- Totale Kontrolle des Unterrichts ... mündliche Note hängt als Drohung über den S-Köpfen ...
- Suggestiver Frontalunterricht ... die S antworten nicht das, was sie zu einer Frage meinen, sondern sie antworten das, was der Lehrer hören will ... denn positive Antworten werden direkt oder indirekt belohnt ... Fehler werden direkt oder indirekt bestraft ... damit wird Lernen blockiert ...

Positivbeispiele:

- Die Teams formulieren eigene Klassenarbeitsaufgaben, von denen die besten in der KA drankommen ...
- Schülerpräsentationen werden nicht vom Lehrer „wiederholt“ ... und kommen im Leistungstest selbstverständlich dran ... keine Frage!
- Fachinhalte und Fachmethoden, die in der Teamarbeit gelernt wurden, werden nicht wiederholt ...
- Präkonzepte und Fragen der S bestimmen den kommenden U-Abschnitt ... S dürfen wirklich mitreden ... dürfen Schwerpunkte wünschen ...
- Eigene Formelsammlung, die auch in KA benutzt werden dürfen ... keine globale vom Lehrer kontrollierte Formelsammlung ... jeder trägt die Verantwortung für seine Sammlung selbst ...
- Fehlerkultur ... jede Antwort ist zu loben ... auch wenn der Inhalt falsch ist ... denn jeder Fehler ist eine Lernchance ...
Wichtig: Die Galileische Methode lebt davon, dass alle Vorhersagen willkommen sind, wenn man sie im Experiment überprüfen kann ... siehe oben! Es gibt kein richtig oder falsch ... es gibt nur falsifizierte und verifizierte Vorhersagen!
- Trennen von Lernphase und Bewertungsphase ...

- Evaluation des Unterrichts ... „was haben wir gelernt“ ... „was hat es uns gebracht“ ... „was soll unbedingt so bleiben“ ... „was wünschen wir uns anders“ ...
Damit keine Missverständnisse aufkommen: Ich halte nichts von anonymen Umfragebogen ... Wenn meine S kein Vertrauen haben, so dass ich nur ehrliche Antworten bekomme, wenn sie anonym eingesammelt werden, dann habe ich in meinem Unterricht versagt!
Ich verlange als „evaluierte Person“ von der „kritisierenden Person“ Verantwortung ... Verantwortung für die gemeinsame Sache ... ALSO müssen meine S lernen, wie man andere Menschen kritisiert ... dass man ihre Gefühle nicht verletzt ... dass man nichts kritisiert, an dem man nichts mehr ändern kann ... dass man nicht nur kritisiert, sondern die Kritik immer mit einer „Alternative“ verbindet ... DENN was nützt eine Kritik an einem Umstand, den keiner von uns ändern kann?
Eine positive Atmosphäre bekomme ich, wenn ich den Einwand einer Schülerin: „Das habe ich aber jetzt nicht verstanden ...“ massiv lobe und nicht widerwillig entgegen nehme. Ich muss ständig damit rechnen, dass dieser Einwand kommt und ich fühle mich dadurch nicht negativ berührt ... es gibt keine Lehrkraft, die ständig in jeder Stunde immer gleich „verständlich“ ist ... Was in der Klasse 7a am Donnerstag in der 7ten Stunde optimal funktioniert führt zur obigen Schülerfrage in der 7b in der 8ten Stunde!

b) In späteren Klassen, wenn sie bisher wenig selbständig unterrichtet wurden?

- Deutlich machen, dass man die „Dinge“ anders sieht ... Deutlich machen, dass man das übliche „Schulspiel“ (Suggestiver Frontalunterricht, der zu auswendig gelernten Formeln führt, die man nur bis zur nächsten Klassenarbeit in Übungsaufgaben trainiert und dann effektiv ganz schnell wieder vergisst ...) Deutlich machen, dass man das als Lebenszeitverschwendung einstuft ... und dazu ist mein Leben nun wirklich zu kurz ...
- UND dann den Unterricht – siehe oben – sinnstiftend organisiert ...

Umbruch mit den BS ... was ... wie ändern und warum?

Das ist eine relativ globale Frage ... und ich glaube nicht, dass ich sie erschöpfend beantworten kann ... einige wesentlichen Punkte, die ich aus den Vorgaben ziehe ...

- Nachhaltigkeit ... z.B. durch Betonung der Strukturen und Analogien (aber nicht nur Wassermolekül-Geschichte... z.B. Antrieb-Strom-Widerstandskonzept in fast allen Themengebieten ... z.B. Energie fließt immer mit einer anderen mengenhaften Größe mit ... (das hat nix mit KPK zu tun!!! – das ist Fachsystematik an jeder Hochschule) ... z.B. durch Anknüpfung an tragfähige Präkonzepte ... z.B. Schwung/Wucht-Vorstellungen zu Impuls ... z.B. Wärmeverstellung zur Entropie ...
- Fachmethoden (Kompetenz 1-6) haben den gleichen Stellenwert wie die Fachinhalte (Kompetenz ab 7) ... Ich weiß, dass wir Physik-L gerne den Vorspann und alles vor den Inhalten überhaupt nicht lesen ... und nur die Inhalte als Basis für die Unterrichtsvorbereitung nehmen ... → wesentliche Fachmethode KOMPETENZ Nr. 2 ... naturwissenschaftliche Arbeitsweise ... siehe oben ...
- Fehlerkultur ... Fehler sind Lernchance ... Fehler werden belohnt, wenn sie reflektiert werden ...
- Trennung von Lern- und Bewertungsphase! 1. Spezifikation der Anforderungen 2. Übungsphase ... Lernphase ... 3. Testphase ... Bewertungsphase
- Schülerzentrierte Unterrichtsformen ... Teamarbeit ... Teamfähigkeit
- Keine Unseriösen Lernfallen ... z.B. Lehrer unterrichtet in der Atomphysik ein „Energienstufenmodell ... ganz korrekt ... perfekt“ ... UND sie wissen aber genau, dass sie mit Energienstufen im Energieraum auf der Schülerseite Stufen im Ortsraum provozieren und es dabei belassen. (... evtl. aus Bequemlichkeit ...)? Natürlich ist es korrekt, wenn man sagt, die Elektronen werden auf eine höhere Energienstufe angehoben ... UND man weiß genau, dass die S mit „höher“ „weiter außen“ assoziieren ... und damit einen Unsinn lernen!
- „neue“ Kompetenzen ...

- u.a. Wahrnehmung und Messung
- u.a. Strukturen und Analogien ...
- u.a. zeitgemäße Quantenphysik ... keine längst falsifizierten Modellvorstellungen

Gibt es ein (Leu-)Heft für die Relativitätstheorie?

ja – LS-Heft Nr. 43 ... wie könnte eine Unterricht im Informationsblock der Klasse 10 zur Relativitätstheorie aussehen ... wie im Seminarskurs zur Allgemeinen Relativitätstheorie ...

Welche Bedeutung hat $F=m \cdot a$?

Der vielfach getestete Weg (auch mein Weg) sieht folgende Schritte vor:

1. Schwung, Wucht → Impuls
2. Alltagsbezug → Impulsdefinition .. $p=m \cdot v$... Anwendung ...
3. Impulserhaltung → Trägheitssatz ...
4. Impulsänderung durch Kraft ... → $F = \text{Impulsänderung} / \text{Wirkungszeit}$
5. Historischer Weg ... Darstellung der „Newtonschen Axiome“ auf dem Hintergrund der Impulserhaltung ...
 - **Wasser-Geschichte:** → (a) Wenn man Wasser in einen Eimer schüttet und kein Wasser aus dem Eimer nimmt, bleibt die Wassermenge im Eimer erhalten ... (b) Wenn man von einem Eimer A Wasser in einen Eimer B schüttet, dann ist das Wasser, das im Eimer A fehlt im Eimer B (c) Unter dem Wasserstrom versteht man eine bestimmte Wassermenge pro Sekunde, die z.B. unter einer Brücke hindurch fließt ...
 - S übertragen diese Geschichte auf den **Impuls** ...
 - Lehrer schreibt die **Newtonschen Axiome** an die Tafel (übrigens $F=ma$ ist die Kirchhoffsche Formulierung!) und die S ordnen (a), (b) und (c) diesen Axiomen zu.
 - Diskussion von Naturkonstanten (z.B. f_G) ... Diskussion von Gerätekonstanten (z.B. $R_{\text{techn. Widerstand}}$) ... Diskussion von Proportionalitätskonstanten ... Warum haben wir bei $F \sim m \cdot a$ die Proportionalitätskonstante „1“ ... Diskussion der SI-Einheiten ... UND Einordnung von $F=m \cdot a$ als Definitionsgleichung der Einheit „1 Newton“

Vektoraddition verzichtbar?

... als Werkzeug an der richtigen Stelle ... z.B. Addition von Geschwindigkeiten ... und Kräften ... aber kein Schwerpunkt über viele Unterrichtsstunden ...

Verzichtbar nicht – aber auch nicht die Übertreibung der bisherigen Lehrpläne ...

Die Kraft ist eine der schwierigsten physikalischen Größen überhaupt ... Mit Blick auf die geringen Fähigkeiten, die man selbst bei Physik-Studenten nach dem Examen vorfindet, dürfen wir uns nicht wundern, wenn wir unsere Schüler mit Kraftzerlegung und Kraftaddition im Unterricht verlieren ...

thermischer Energietransport – ein Pflichtthema?

Um Missverständnisse vorzubeugen – ich unterrichte nicht nach der KPK ... ich versuche nur sinnvoll zu unterrichten! Dass ich dabei viele Elemente der KPK verwende, spricht für die KPK und nicht gegen mich!

- Die Einführung der Entropie ist Pflicht ... UND ich persönlich halte es nicht für vertretbar, wenn ich die Wärmelehre in der herkömmlichen Art treibe, um dann die Entropie am Schluss in einer mehr oder weniger sinnvollen Art hinten anzuhängen.
- Das „statistische Gesicht der Entropie“ spreche ich in meinem Unterricht auch an – ABER erst wenn ich zuvor ein hinreichendes Fundament gelegt habe. Alle meine

Erfahrungen aus meiner Sicht sprechen gegen eine herkömmliche Wärmelehre mit „Zustandsüberlegungen“ (z.B. Flöhe auf Hunden) in der SI ... UND alle meine Erfahrungen sprechen gegen einen „Energieentwertungslehrgang“ zur Einführung der Entropie.

- Aus anderen Themenbereichen der Physik wissen meine Schülerinnen und Schüler, dass zusammen mit der Entropie immer eine andere mengenhafte Größe (Partnergröße) mitfließt. Ich unterrichte aber nicht das „Energieträgermodell“ ... denn die Partnergrößen haben unterschiedliche Geschwindigkeiten und gehen unterschiedliche Wege ...
- Wärme kommt in meinem Unterricht nur am Anfang vor ... in der Phase, in der ich die Präkonzepte meiner S aufgreife ...
- Entropie gehört in meinem Unterricht an den Anfang der Wärmelehre ...
- Die Entropie ist die Partnergröße der Energie in der Wärmelehre, so wie Impuls die Partnergröße in der Mechanik und die elektrische Ladung die Partnergröße in der E-Lehre ist ...
- Also gibt es in der Wärmelehre sowohl einen Entropiestrom ... als auch einen Energiestrom (thermischen Energiestrom)

Einfache Weg zu $P = U \cdot I$

Mein Weg ...

Teamarbeit ... Wie kann man zwei gleiche Lampen so schalten, dass sie mit ihren Sollwerten leuchten. Die Teams sollen die Helligkeit dieser Lampen – also die Energiestromstärke, die sie abgeben, diskutieren (natürlich weiß ich, dass die Lampen nicht nur Licht abgeben ...) ... eventuell bleibt die Frage so offen ... und steuert während der Teamarbeit mit Lehrerimpulsen ... oder man stellt die Frage enger: Von welchen physikalischen Größen hängt die Energiestromstärke ab ... und wie sieht der funktionale Zusammenhang aus ...

Selbstverständlich ist man mit sensiblen Lehrerimpulsen gefordert ... ohne die Schülerzentrierung aufzuheben ☺

Übliche Lösung: Die zwei Lampen kann man parallel schalten (doppelte Stromstärke bei einfacher Spannung ...) oder man kann sie in Reihe schalten (doppelte Spannung bei einfacher Stromstärke) ... Analog kann man das mit drei Lampen spielen ... Dies führt dann direkt zu $P = U \cdot I$

Parallel- und Reihenschaltung nötig bzw. verzichtbar?

Parallel- und Reihenschaltung kommt schon in den Naturphänomenen vor ... dann bei der Potenzialeinführung ... und siehe oben bei der Energiestromstärke ... und an vielen Stellen ...

Es genügt absolut die Behandlung der Knotenregel (mit Behandlung des Hintergrundes: Ladungserhaltungssatz) und der Maschenregel (Energieerhaltungssatz).

Impuls wann wie?

Physik-BS verlangen in Klasse 7/8 eine qualitative Behandlung. In Klasse 9/10 dann die quantitative Behandlung $p = mv$ und $\Delta p = F \cdot \Delta t$ – bzw. $F = \Delta p / \Delta t$ und die Spezialformen $F = m \cdot a$ und $F = v \cdot (\Delta m / \Delta t)$ (z.B. bei Raketen)