

676 Argumentieren

Nicht nur in Physik haben die Schülerinnen und Schüler häufig genug ein Problem, eine „physikalische Diskussion“ sinnvoll zu gestalten. Oft höre ich die Frage: „Wie sollen wir beginnen“

Vor dieser Unterrichtseinheit lernen die Schülerinnen und Schüler die naturwissenschaftliche Arbeitsweise. Sie kennen aus der Fachmethodik folgende Aspekte ... die an einfachen Beispielen schon vertraut sind:

- Die Physik arbeitet mit „**Induktionen**“ ... Hypothesen, Theorien, Vermutungen werden auf der Basis von „Experimenten“ aufgestellt)

Bsp. aus 9/10: Weg-Zeit-Gesetz ... auf der schiefen Ebene durchlaufen Stahlkugeln die Strecke s in der Zeit t . Aus den Messwerten resultiert die Vermutung, dass bei sonst unveränderten Randbedingungen, die Strecke s direkt proportional zur Zeit t ist.

ODER die Klasse nimmt an der S-Bahn-Messung die s - t -Diagramme auf und folgert aus diesen Vermutungen, dass bei gleichförmiger Beschleunigung die gefahrene Strecke direkt proportional zur Beschleunigungszeit ist.

- Die Physik arbeitet mit „**Deduktion**“ ... durch das Zusammenfügen von bisher als gesichert angesehenen Theorieteilen entsteht ein weiterer „Theoriebaustein“.

Bsp. aus 9/10: Weg-Zeit-Gesetz ... Aus dem Unterricht kennen die Schülerinnen und Schüler

- die Definition der Durchschnittsgeschwindigkeit $v_D = s_{\text{gesamt}} / t_{\text{gesamt}}$
- die Formel für die Beschleunigung a bei einer gleichförmigen Beschleunigung: $a = v_{\text{Ende}} / t_{\text{gesamt}}$.
- aus dem v - t -Diagramm den Zusammenhang zwischen v_{Ende} und $v_{\text{Durchschnitt}}$: $v_E = 2 \cdot v_{\text{Durchschnitt}}$

Und leiten aus diesen „als gesichert angesehenen Bausteinen“ die Formel $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ ab.

... und vergrößern das Vertrauen in diesen Themenkomplex durch eine Messung an der S-Bahn!

- **Galileische Methode** ... Im Unterschied zur Mathematik spielen Beweise in der Physik eine ganz andere Rolle. Theorien in der Physik können nicht bewiesen werden. Theorien in der Physik gelten als gesichert – d.h. man hat Vertrauen in diese Theorie, bis eine Vorhersage auf der Basis dieser Theorie in einem Experiment falsifiziert wird. Dann besteht Handlungsbedarf – die Theorie muss z.B. auf engere Randbedingungen eingeschränkt werden – oder sie wird durch eine andere Theorie ersetzt.

Bsp. Newtonsche Gravitationstheorie: Die Newtonsche Gravitationstheorie war bis zum Beginn des 20ten Jahrhunderts eine gesicherte Theorie. Alle Vorhersagen auf der Basis dieser Theorie wurden in vielen Experimenten bestätigt – „man hatte Vertrauen“, dass diese Theorie korrekt ist ... bis Vorhersagen zur Periheldrehung des Merkur und der Verzerrung des Sternhintergrundes bei einer Totalen Sonnenfinsternis zeigten, dass diese Vorhersagen auf der Basis der Newtonschen Gravitationstheorie im Experiment falsifiziert wurden. Man lernt die Newtonsche Gravitationstheorie immer noch in der Schule – ABER mit der Einschränkung, dass sie nur für kleine Massen gilt. Große Massen krümmen den Raum und entziehen damit der Newtonschen Gravitationstheorie den Boden.

Ausführliche Darstellung zur „naturwissenschaftlichen Arbeitsweise“ – bzw. zur Galilei-Methode – siehe

- Sendung 089 Eleusis
- Sendung 219 Naturwissenschaftliche Arbeitsweise
- Sendung 677 Was ist Physik
- Sendung 678 Galileische Methode (Naturwissenschaftliche Arbeitsweise)

- In vielen Unterrichtsstunden musste trainiert werden, zwischen einer **Beobachtung** und einer **Erklärung** zu unterscheiden. Das fällt nicht nur „jüngeren Schülerinnen und Schülern“ in Physikanfangsklasse recht schwer!

Unterrichtsgang

Um die Teams in den Klassen an das Argumentieren „heranzuführen“, wird ein möglicher Weg an einem Beispiel „durchgespielt“. In den anschließenden Übungsfeldern wird dieses Verfahren dann angewendet ... und damit schrittweise diese „Argumentationskompetenz“ erworben.

Der Physik-Inhalt bei diesem „Argumentations-Kurs“ ist das Thema „**Kinetische Energie**“.

Damit keine Missverständnisse auftreten: Das Ziel des Physikunterrichts in Klasse 8 ist nicht die Herleitung der typischen Formel: $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$, sondern die Neugier, welche Weg die Schülerinnen und Schüler in einer 8ten Klasse finden können.

Lernvoraussetzungen

Die Schülerinnen und Schüler wissen schon aus dem bisherigen Unterricht:

Klasse 7:

- Durchschnittsgeschwindigkeit – als zurückgelegte Strecke durch die zugehörige Zeit.
- v-t-Diagramme ... Bestimmung der gefahrenen Strecke als Fläche unter dem Diagramm
- Gleichförmig beschleunigte Bewegungen ... Gerade im v-t-Diagramm ...
- Zusammenhang Endgeschwindigkeit und Durchschnittsgeschwindigkeit ...
- Masse ist ein „Betraggröße“ (das Wort Skalare Größe wurde nur erwähnt) ... Körper besitzen die Eigenschaft der Masse ... Basiseinheit der Masse ist das Kilogramm ... und die Untereinheiten. Die Masse eines Körpers ist an allen Orten gleich (falls er sich wesentlich langsamer als die Lichtgeschwindigkeit bewegt ... wird, wenn überhaupt, nur am Rande erwähnt!)
- Gewichtskraft – wie jede Kraft – ist eine vektorielle Größe – sie hat einen Betrag UND ganz wesentlich eine Richtung. Die Gewichtskraft ist „ortsabhängig“ ...
- Die Gewichtskraft kann man nach der Formel $F_G = m \cdot g$ aus der Masse und dem Ortsfaktor g berechnen.

Klasse 8

- Die Energie ist eine Erhaltungsgröße – an mehreren Energiewandlerketten lernen die Schülerinnen und Schüler intuitiv, dass die Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann; man kann sie nur umwandeln¹. Die Energie wird gemessen in der Basiseinheit 1 Joule.
- Die mechanische Energie kann man nach der Formel $E = F_s \cdot s$ bestimmen. Hierbei bedeutet F_s : „Kraft in Wegrichtung“ ... und ausführliche Diskussion, warum nicht „nur“ F in der Formel steht.

1. Schritt ... Problemstellung

Das Thema, an dem der Modellfall durchgespielt wird, soll die **Bewegungsenergie** sein.

Die **Start-Problemstellung** könnte folgende Aktion der Physiklehrkraft sein:

Die Physiklehrkraft hebt einen Körper mit der Masse von 10kg vom Boden auf den Tisch – in etwa 1m Höhe (oder weniger). Die Physiklehrkraft simuliert bitte nur, den Fall dieses Körpers aus dieser Höhe auf die eigenen Zehen. Als „kleiner Versuch“ wird nun eine „ganze Kreide“ vom Boden auf die gleiche Höhe gehoben – und diese Kreide tatsächlich fallen gelassen.

2. Schritt: ... Sammlung Physikvokabeln / bekannte Formeln / bisherige Theorie

Die Physiklehrkraft fordert die Schülerinnen und Schüler auf, physikalische Größen und die zugehörige Basis-Einheiten zu nennen, die hier in dem Experiment eine Rolle gespielt haben können. Es ist zunächst nur eine Sammlung von **Physikvokabeln** ... ohne jede Wertung durch andere in der Klasse.

Dann sammelt die Physiklehrkraft „Formeln“ und „**Gesetzmäßigkeiten**“ an der Tafel, die schon bekannt sind.

3. Schritt: ... Beobachtung

Nun folgt die Aufforderung, exakt zu beschreiben, was man beobachtet hat. Die Teams - 4 Schülerinnen und Schüler pro Team – formulieren die Beobachtungen zunächst in Stillarbeit – dann als wachsende Gruppe – 2 → 4 → 8 → 16 ...

Alternative (z.B. in Lehrproben ☺) wäre ein gutes Lehrer-Schüler-Gespräch mit der ganzen Klasse! ODER wenn man im Rahmen des Methodentrainings ein Gruppenpuzzle einsetzen will, wäre dieser 3te Schritt eine „Expertenrunde“.

Dabei wird streng darauf geachtet, dass wirklich nur Beobachtungen formuliert werden ... und **KEINE Erklärungen**.

¹ Die Energiewandlerketten zeigten, dass man Rotationsenergie in einem Dynamo in elektrische Energie umwandeln kann. Diese elektrische Energie wird in einem Elektrolyseur in chemische Energie umgewandelt. Diese chemische Energie – an Wasserstoff und Sauerstoffgas gebunden – kann in einer Brennstoffzelle wieder in elektrische Energie umgewandelt werden. Diese elektrische Energie kann man dazu nutzen, in einem Elektromotor wieder Rotationsenergie zu erzeugen – diese wird durch den aufgesteckten Propeller in Bewegungsenergie umgewandelt.

4. Schritt: ... offene Diskussion

Die Teams sollen nun in der nächsten Phase darüber diskutieren, welche **Bewegungsenergie** diese „Kreide-Zerstörung“ oder den „virtuellen Aufschrei“ ausgelöst haben. Sie werden vor dem Start an die obigen Stichworte erinnert, die sie aus dem Unterricht kennen.

- Induktion ...
- Deduktion ...
- Galileische Methode ... Hypothese → Vorhersagen → Experimente, die die Vorhersage falsifizieren oder verifizieren → Vertrauen in die Theorie oder Handlungsbedarf, wenn das Experiment die Vorhersage falsifiziert hat.

Hierbei sollen nicht nur die Fakten protokolliert werden, sondern vor allem auch folgende Fragen gestellt, beantwortet und reflektiert werden. In der Klasse 8 nicht so ganz einfach ...

- Was haben wir gesehen? ... War es unerwartet, verwirrend? ...
- Welche Parallelen fallen mir ein? ...
- Welche Fragen stellen sich mir? ... Was würde ich noch gerne wissen? Was würde passieren wenn ... Welche Veränderung in der Durchführung des Experiments (Problemstellung) würden weiterhelfen?
- Wie kann ich das erklären? ... welche Begründungen fallen mir ein? ... Welche Argumente sprechen dafür? ... Welche Gegenargumente machen mich „nachdenklich“? ... Wie antworte ich darauf?
- Wie kann man es visualisieren? ... Wie kann ich es mathematisch fassen?

5. Schritt: ... Dokumentation ... Visualisierung

Die Teams fassen ihre Ergebnisse in einem Argumentationsdiagramm zusammen ... oder Begriffslandkarte ... oder Plakatpräsentation ... oder Handout ...

6. Schritt: ... Präsentation - Fazit - Abschluss

Die Ergebnisse werden präsentiert ...

Visualisierungsmöglichkeiten ...

Problemstellung / Ausgangspunkt / Bedingungen			
Beobachtung			
Daten	... daher ... weil ... spricht dafür dass		Argumente
... das ist so weil ...			
Gründe ...			
Argument, die das festigen ...			

Skizze auf dem Weg ...

aus dem 2. Schritt: ... Sammlung Physikkabeln / bekannte Formeln / bisherige Theorie

Ein Unterrichtsversuch ergab dabei folgende Vokabelsammlung – die an der Tafel notiert wird.

- Masse: m – gemessen in der Basis-Einheit 1kg (1 Kilogramm) und Untereinheiten 1g
- Höhe: h – gemessen in der Basis-Einheit 1m (1 Meter) und Untereinheit 1cm
- Gewichtskraft: F_G – gemessen in der Basis-Einheit 1 N (1 Newton)
- Kraft beim Anheben: F – gemessen in der Basis-Einheit 1 N
- Geschwindigkeit: v – gemessen in der Basis-Einheit 1m/s
- Ortsfaktor: g - in Waiblingen etwa 10 N/kg
- Energie – gemessen in der Basiseinheit 1 J (1 Joule = 1N·m)

Die „Gesetzmäßigkeiten“ an der Tafel, waren:

- $F_G = m \cdot g$
- $E = F_S \cdot s$
- $v = s/t$
- $\Delta p = F \cdot \Delta t$... bekannt aus dem Unterricht: „Impulsänderung durch Kraft“.

aus dem 3. Schritt: ... Beobachtung

- Der „10kg-Fall“ würde mit Sicherheit dazu führen, dass wir einen „Aufschrei“ beobachten könnten ... und einen gebrochenen Zehen.
- Bei der Kreide sehen wir den Fall der Kreide mit zunehmender Geschwindigkeit und beim Auftreffen auf dem Boden sehen wir das Zerschneiden der Kreide in viele kleine Stücke.

aus dem 4. Schritt: ... offene Diskussion

Antworten ... Team A

- Die Lageenergie ist um so größer, je höher man den Körper anhebt ... wenn man die Kreide nur aus einer kleinen Höhe fallen lässt, dann zerbricht sie nicht.
- Die Bewegungsenergie beim Auftreffen hängt von der Geschwindigkeit ab, mit der die Kreide trifft. Diese Geschwindigkeit hängt von der Höhe ab, aus der sie fällt. Die Bewegungsenergie ist also von der Höhe abhängig ...
- Nicht nur, denn die Kraft, die die Kreide nach unten zieht, hängt vom Ortsfaktor ab - auf dem Mond wäre das ganz anders.
- Die Höhe haben wir schon dabei ... Die Bewegungsenergie wächst doch mit der Höhe.
- Und ganz wichtig ist doch auch die Masse – denn die 10kg brechen den Zehen – die Kreide „zerbricht“ sich nur selbst ...
- Wir streiten uns um zwei Ansichten: Die Bewegungsenergie wächst mit der Masse, da sind wir uns einig. Die EINEN meinen, die Bewegungsenergie wächst mit der Geschwindigkeit
Die ANDEREN meinen, die Bewegungsenergie wächst außerdem mit dem Ortsfaktor und der Höhe ...
Gleichzeitig hängt aber die Geschwindigkeit von der Höhe und dem Ortsfaktor ab ... Es stellt sich die Frage, ob sie auch von der Masse abhängt ... einige meinen, dass die 10kg schneller unten ankommen als die Kreide.
- Wir müssten nun Experimente machen, in denen wir die Geschwindigkeit kurz vor dem Auftreffen messen ... bei unterschiedlichen Massen ... dieser Weg wird Induktion genannt.

... ein wichtiger Punkt, diese Argument zu visualisieren, meint der Physiklehrer ☺

Antworten ... Team B

- Lageenergie berechnen wir aus der Formel $E = F_S \cdot s$... indem wir als F_S die Gewichtskraft einsetzen. Damit bekommen wir $E_{Lage} = m \cdot g \cdot h$
- Die Bewegungsenergie ist nach dem Energieerhaltungssatz ebenso groß, wie die Lageenergie vor dem Loslassen.
- Unser Vorgehen nennt man Deduktion. Damit haben wir bei diesem „Fallen“ die Bewegungsenergie bestimmt