

630 „Ladungslos-Stadt“

Aus dem Unterricht wissen Sie, dass

- Energie keinen Antrieb hat ... es gibt keinen "Energieantrieb"!
- Energie niemals alleine strömt ... es strömt immer eine zweite Größe.
Sie kennen auch die „Modellvorstellung vom Trägermodell“ und wir haben ausführlich diskutiert, dass dieses Modell zwar bei einigen Beispielen (z.B. wenn ein Tankwagen chemische Energie mit dem Treibstoff im Tank transportiert) hilfreich ist ... dass dieses Modell aber seine engen Grenzen hat ... Denken Sie z.B. an den elektrischen Energietransport über Felder im Raum mit Lichtgeschwindigkeit ... oder den Transport von Energie in einem Wasserstrom ...
- In der Elektrizitätslehre haben wir gelernt, dass die elektrische Energie zusammen mit der elektrischen Ladung strömt, in der Mechanik ist der Impuls die „fließende Größe“ und in der Wärmelehre ist es die Entropie.

Es wird Sie vielleicht überraschen, dass es vor einigen Jahren noch üblich war, die Physik in der Wärmelehre nur bruchstückhaft zu unterrichten. So z.B. hat man in der Wärmelehre die Entropie einfach weggelassen und eine „Wärmelehre-Physik“ geboten, in der die Entropie „peinlichst vermieden“ wurde. Böse Zungen behaupten, dass dieses „peinliche Weglassen“ etwas damit zu tun hatte, dass die Physiklehrkräfte die physikalische Größe Entropie während ihrem Hochschulstudium nie richtig verstanden haben und deshalb froh waren, dass der Bildungsplan damals nur eine „Ohne-Entropie-Physik“ vorgeschrieben hat.

Arbeitsauftrag - „Ladungslos-Stadt“

Die Wärmelehre ohne Entropie entspricht einer E-Lehre ohne Ladung und einer Mechanik ohne Impuls. In diesem Arbeitsauftrag sollt ihr „kreativ“ sein und eine Physik erfinden, in der die E-Lehre in allen Bereichen ohne den Begriff der elektrischen Ladung formuliert wird.

Stellt euch vor, ihr habt ein Problem mit der „elektrischen Ladung“ und wollt ein Physikbuch schreiben, das möglichst viele Erscheinungen aus der „üblichen elektrischen Welt“ enthält, beschreibt und erklärt – in dem aber an keiner Stelle die elektrische Ladung vorkommt.

Selbstverständlich ist damit auch die elektrische Stromstärke verbogen - es gibt auch keine Ladungsmenge ... es gibt auch kein „Ampere“ und kein „Amperemeter“ ... und die Aufschrift „1800mAh“ auf dem Akku eures Modellautos ist ebenfalls nicht erlaubt.

SEID KREATIV!

Arbeitsauftrag - „Impulslos-Stadt“

Ihr habt den Impuls in Klasse 7 kennen gelernt. Nach dem Impuls (unter dem ihr euch Schwung oder Wucht vorstellen könnt) habt ihr den Impulserhaltungssatz und dann die Kraft als Ursache für eine Impulsänderung im Unterricht behandelt.

Auch wenn ihr euch das kaum vorstellen könnt, gab es einmal eine Zeit, in der die Schülerinnen und Schüler keinen Impuls in der Mittelstufe kennen gelernt haben.

Und ihr könnt euch leicht vorstellen, welchen Arbeitsauftrag ihr bei der „Impulslos-Stadt“ habt! ☺

... interessante Lösung zur "Ladungslos-Stadt"

Interessant in diesem Zusammenhang war die GFS eines Schülers, der als Lösung zur obigen Teamarbeit eine Physik in einer „Ladungslos-Stadt“ erfunden hat ... leider nur mitgeschriebene Stichworte verfügbar:

- Im Alltag begegnen wir verschiedenen elektrischen Energie-Stromkreisen, die mit unterschiedlichen Potenzialdifferenzen (=Spannungen) arbeiten. Die Spannung wird in Volt gemessen. Es gibt in dieser „Ladungslos-Stadt“ selbstverständlich „Voltmeter“ – wobei das Meter nichts mit dem „Meter“ zu tun hat, sondern nur die Kennzeichnung eines „Messgerätes“ ist.
- In dieser Stadt gibt es „Energiestromstärkemessgeräte“. Diese Energiestromstärke-Messgeräte haben verschiedene Skalen / Umschalter, die wir von den Vielfachmessgeräten her kennen. Wenn wir z.B. im Haushaltsnetz messen, stellen wir den Drehknopf auf „Haushalt“ entsprechend wählen wir andere Einstellungen, wenn wir einen Batteriestromkreis vor uns haben usw. Die Einheit für diese Energiestromstärke ist 1 Watt (1W)¹
- Neben den Energiestromstärkemessgeräten gibt es in dieser Stadt auch sogenannte „Energiezähler“ ... die man zur Abrechnung des elektrischen Energieverbrauches in den Haushalten benötigt. Die Energie wird in kWh gemessen. Es gibt Physiklehrer, die für die Klassenarbeiten noch die Einheit 1 Joule einführen, damit die Klassenarbeitsaufgaben nicht so leicht werden.
- Schaltet man zwei Lampen oder zwei Verbraucher mit der Energiestromstärke P_1 und P_2 parallel, dann gilt die Parallel-Regel: $P_G = P_1 + P_2$. Im Experiment können das die Schülerinnen und Schüler dieser „Ladungslos-Stadt“ leicht überprüfen.
- Die Reihenschaltung von Verbrauchern ist im Bildungsplan nicht vorgesehen, denn die Kinder dieser Stadt sind zu intelligent, um solch einen Blödsinn zu schalten. Wer schaltet schon ein Fernsehgerät und einen Heizofen in einem Haushalt in Reihe!
- Auf den Akkus dieser „Ladungslos-Stadt“ steht z.B. 71 280 J / 11 V und das bedeutet, dass der Akku bei voller Aufladung (Aufladung = maximale Aufladung mit elektrischer Energie) eine Spannung von 11 Volt liefert und dabei die elektrische Energie von 71 280 J liefern kann.
- Auf den Verbrauchern – z.B. elektrischen Lampen – steht in dieser Stadt: 50 W / 230 V – das bedeutet, die Lampe darf ans Haushaltsnetz angeschlossen werden und liefert eine Energiestromstärke von 50 Watt – oder 50 Joule pro Sekunde.
- In dieser „Ladungslos-Stadt“ lernen die Schüler auch noch den Begriff des elektrischen Leitwertes – allerdings erst in der Kursstufe. Denn der Bildungsplan in der Mittelstufe ist ausschließlich sinnvoll auf Allgemeinwissen ausgerichtet. Und da kein Bürger den Leitwert (oder in der Vergangenheit den elektrischen Widerstand) in seinem Alltag braucht, ist dieser Leitwert der Kursstufe und dem späteren Studium vorbehalten. Die Formel für die Berechnung des Leitwertes wollen wir nicht verschweigen:

$$L = \frac{P}{U^2}$$

Wenn im gleichen Stromkreis (z.B. bei Haushaltsstromkreisen) die doppelte elektrische Energie pro Sekunde durch eine elektrische Lampe fließt, dann ist der Leitwert der Lampe doppelt so groß ... (früher sprach man von halben Widerstand ... das ist wie bei der Frequenz und Periode ... da genügt im Prinzip auch nur eine physikalische Größe, denn die andere ist einfach nur der Kehrwert. Dass man beide einführt ist wieder so eine „Klassenarbeitsgeschichte“ ... man kann dann in der Physik eine Formel in der Klassenarbeit abfragen.

- Und selbstverständlich addieren sich die Leitwert bei einer Parallelschaltung ... ebenso wie die Energiestromstärken ... siehe oben.

¹ Falls die „Ladungslos-Stadt“ ihre Energiestromstärkemessgeräte aus dem Ausland exportieren

Didaktische Bemerkungen

Immer wieder bekomme ich von Kolleginnen und Kollegen die Frage gestellt, warum müssen wir die Entropie einführen, obwohl man doch alles alleine mit der thermischen Energie (= Hochschulwärme ... d.h. die Energieform, die zusammen mit Entropie durch eine Systemgrenze geht) beschreiben kann.

Eine **erste Antwort** wäre: Die Entropie ist eine ganz wesentliche physikalische Größe in unserer Physikfachsystematik. Ich mag mir nicht vorstellen, dass wir in der Mittelstufe, wenn wir noch alle Schülerinnen und Schüler einer Klassenstufe unterrichten können, die elektrische Ladung oder den Impuls oder bei Wasserströmen das strömende Wasser einfach weglassen und nur noch über „elektrische Energie“, „mechanische Energie“, oder „hydrodynamische Energie“ sprechen. Das käme jeder Physiklehrkraft absurd vor ... denn durch das Physikstudium ist uns die elektrische Ladung so bekannt und vertraut, dass wir es widersinnig finden, wenn wir zwar von „elektrischen Energieströmen“ sprechen würden und dabei das Wort „Elektrizität“ oder „elektrische Ladung“ oder „elektrischen Strom“ verdrängen würden. Die Vertrautheit mit der elektrischen Ladung auf der Seite der Physiklehrkräfte führt automatisch zu der Auffassung, dass man die elektrische Ladung selbstverständlich auch unterrichten muss. Diese Vertrautheit mit der elektrischen Ladung auf der Physiklehrerseite führt dann zu dem fast schon „missionarischen Eifer“ der Lehrer, diese „elektrische Ladung“ in didaktischen Reduktionen (Modellen) den Schülerinnen und Schülern so nahe wie nur möglich zu bringen. Entgleisung in diesem „missionarischen Eifer“ findet man sogar auf der Homepage des Ministeriums ... so z.B. das Bienenmodell des elektrischen Stromkreises (siehe Sendung Nr. 537 / diese Unterrichtsidee wurde, wenn ich richtig informiert bin, inzwischen von der Homepage genommen) und das Gummibärchenmodell (siehe Sendung Nr. 624). Diese Eifer geht z.T. sogar soweit, dass in diesen didaktischen Reduktionen (Modellen) so getan wird, als ob die elektrische Ladung mit den negativen Ladungsträgern in einem metallischen Leiter (also den Elektronen) identisch ist ... von anderen Lernhindernissen ganz zu schweigen.

Wenn wir (Physiklehrkräfte) unser Verhalten sachlich reflektieren, dann müssten wir zu dem Schluss kommen, dass wir alle grundlegenden physikalischen Größen in einem sinnvollen Umfang und in einer sinnvollen didaktischen Reduktion unterrichten sollten. Wenn wir also die E-Lehre unterrichten, dann sollten wir auch die elektrische Ladung ansprechen ... und wenn wir die Mechanik unterrichten, sollten wir den Impuls ansprechen und wenn wir die Wärmelehre unterrichten, sollten wir die Entropie ansprechen. Alles andere wäre ein Flickwerk schlimmer Art ... und ist mit Sicherheit keine Basis auf dem Weg zu einem nachhaltigen Physikverständnis – von einer Grundlage für die spätere Kursstufe und das eventuell dann kommende naturwissenschaftliche Studium ganz zu schweigen.

Eine **zweite Antwort** wäre: In der Chemie spielt die Entropie selbstverständlich eine wesentliche Rolle. Wie sollen wir sinnvoll begründen, dass wir eine wesentliche physikalische Größe der Physik aus welchen Gründen auch immer nicht unterrichten können ... das aber in der Chemie ohne Probleme möglich ist? Das wäre ein Armutszeugnis ganz besonderer Art!

Eine **dritte Antwort** wäre: Die Aussage, dass man alles in der Wärmelehre ohne Entropie beschreiben kann, ist nicht richtig! Bei der Beschreibung eines „thermischen Kraftwerks“, bei der Beschreibung der Vorgänge in einer Pressluftflasche (siehe Sendung Nr. 552 / 605c) oder das Gummibandexperiment (siehe Nr. 605a) oder die Vorgänge in der Sonne (siehe Nr. 609) sind nur wenige Beispiele, die deutlich machen, dass diese Vorgänge/Experimente/Phänomene sinnvoll einfach nur mit der Entropie zu „fassen“ sind.

Eine **vierte Antwort** wäre: Im Unterricht habe ich bzgl. der "Notwendigkeit" der Einführung der Entropie (also bzgl. der Nachfrage, wozu braucht man sie, es genügt doch thermische Energie) kein Problem, weil meine Schülerinnen und Schüler die beiden Grundsätze weit vor der Entropie verinnerlichen:

- Energie hat keinen Antrieb ... es gibt keinen "Energieantrieb"
- Energie strömt niemals alleine ... es strömt immer eine zweite Größe. Hierbei ist bekannt, dass ich nicht das „Trägermodell“ der KPK verwende.²

Das heißt, wenn ich zur Wärmelehre kommen, fragen die Kids sofort, wie heißt hier die Partnergröße, die mit der Energie "mitströmt" ... dabei kommen sie sofort auf den Antrieb für diese Größe – nämlich die Temperaturdifferenz ... und wenn ich dann sage, ich dürft zu dieser Partnergröße "Wärme" sagen und euch das darunter vorstellen, das ihr intuitiv unter „Wärme“ versteht, dann ist das ein absolut harmonischer Weg auch für schwächere Schülerinnen und Schüler. Dass man diese "Schüler-Wärme" in der Physik mit Entropie bezeichnet ist dann im Unterricht absolut kein Problem. Wunderbar war übrigens die Rückmeldung eines Vater-Ingenieurs am Elternabend, als er mir sagt: "Das ist ja toll, ich habe die Entropie bei meinem Sohn verstanden und Wärmelehre heißt doch eigentlich "Entropielehre" ... das fand ich gigantisch!

² Ich sehe in diesem Trägermodell eine Modellvorstellung mit zu engen Grenzen. Ich kann meinen Schülerinnen und Schüler nicht „verkaufen“, dass die elektrische Ladung (als Träger für die elektrische Energie) im Kabel fließt, die elektrische Energie aber (so meine Modellvorstellung ©) über die Felder im Raum um das Kabel herum fließt (Poyntingvektor). Zudem habe ich in diesem Fall das „Geschwindigkeitsproblem“ – Lichtgeschwindigkeit beim Energietransport, Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger (Elektronen oder Ionen ...) und dann der Komplex „Wechselspannungsnetze“ ...