

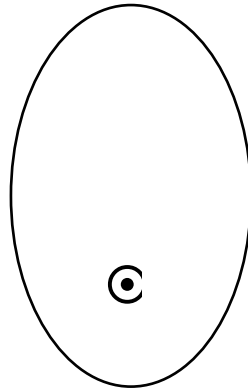
## Typische Fehlkonzepte bei Lehramtskandidaten und ihre Behebung

Seit über einem Jahr hat sich an der Frankfurter Universität der physikdidaktische Anteil an der Gymnasiallehrausbildung stark erhöht. Bei unseren physikdidaktischen Veranstaltungen fiel auf, dass die Studierenden trotz mehrsemestrigem vorangegangem Physikstudium immer noch an einer Reihe von Präkonzepten festhielten, obwohl diese in der Physikdidaktik schon lange bekannt sind. Beispiele sind u.a. die Erklärungen:

- 1) Der Auftrieb eines Ballons entstehe, weil Helium nach oben stiegt.
- 2) Erdwärme stamme aus der Entstehung des Planeten.
- 3) Sommerhitze komme von der größeren Sonnennähe.
- 4) Superposition gelte für alle Wellen.
- 5) Der Erdschatten erzeuge die Mondsichel-
- 6) Die reactio greife an den gleichen Körper an wie die actio.

Im Aufsatz werden solche Präkonzepte und ihre Überwindung dargestellt.

### Sommerhitze durch Sonnennähe?



Keplers Planetensystem gehört zum Genialsten der Physik. Leider wird es oft mißbraucht, um etwas Einfaches zu deuten: Das ist wie mit Kanonen nach Spatzen schießen und dann auch noch daneben. So wird oft die Sommerhitze durch die Sonnenähe auf der Ellipsenbahn erklärt. Aber die scheinbare Sonnen- Größe ändert sich nicht merklich. Dabei ist die Lösung doch so einfach:

Im Sommer sind die Tage länger und die Schatten kürzer. Dazu kommt: Der Winter ist die kürzeste Jahreszeit, also ist dann die Erde am schnellsten, also der Sonne am nächsten.

### Mondsichel und Erdschatten

Auch die Mondphasen sind im heliozentrischen Bild verwirrend. Sonne, Erde und Mond drehen sich, und der Erdschatten fällt auf den Mond. Dabei muss man nur einen Kopf von der Sonne beleuchten lassen. Er wird dann wie der Mond Phasen zeigen. Außerdem soll man lernen hinzusehen: Die Sichel steht neben der Sonne. Wie kann der Erdschatten dahin kommen. Die Sichel scheint eine Woche lang.

Etwa ein Mal im Jahr wandert der Erdschatten über den Vollmond. Diese Sichel scheint nur 1h, was viele wundert.

Da der Durchmesser des Kernschattens der Erde auf dem Mond 3x so groß ist wie der des Mondes, berechnete Aristarch ( 310 – 230v.Chr.), dass die Erde 4x so groß ist wie der Mond.

### Erdwärme

I. Kant erklärte 1756 die Erdwärme so: Sie entstand, als der Planet sich aus dem Wirbel zusammenballte.

Lord Kelvin folgerte: Die Erde konnte nicht heißer gewesen sein als 3 000K, sonst wäre sie verdampft. Ein so heißer Erdball würde sich in 200 Mio. Jahren so abkühlen, wie es der heutige Temperaturanstieg in der Tiefe anzeigt.

Schließlich erklärte Joly 1908 die Erdwärme mit der Radioaktivität. Und zwar ist die radioaktive Schicht, die die Erde umgibt wie die Schale den Apfel nur 10 km dick.

## Ein Ei in eine Flasche zaubern mit brennender Watte in der Flasche

Das Mißkonzept hier lautet: Die brennende Watte in der Flasche verbraucht Sauerstoff. So entsteht Unterdruck, der saugt das Ei in die Flasche. Argumentiert man mit dem saugenden Unterdruck, dann sollte Nichts am stärksten saugen. In Wirklichkeit aber es entsteht heißes  $\text{CO}_2$ , das den Sauerstoff völlig ersetzt. Beim Abkühlen des Gases sinkt der Innendruck. Die Außenluft drückt nun das Ei hinein. Also kann man statt mit brennender Watte auch mit etwas heißem Wasser die Flaschenluft erhitzen. Ohne Asche schmeckt so auch das Ei besser.

## Wärme

In der Fachsprache ist „Wärme“ wie „Arbeit“ eine „Prozess“-Größe. Das Jargon-Wort „Wärmeenergie“ heißt in der Fachsprache „innere Energie“.

G. Job: hat überzeugend dargelegt Das Wort „Wärme“ in der natürlichen Sprache passt vorzüglich zu Entropie.

## Newtons zweites Gesetz

$F = ma$  folgt aus dem Trägheitsgesetz.

In guten Büchern lautet das zweite Newtonsche Gesetz  $F = dp/dt$ , also  $F = ma + v \, dm/dt$ , welches „ $v$ “ ist aber gemeint?

Wenn es in einen offenen fahrenden Wagen regnet, erhält er in  $dt$  von den Tropfen ( $dm$ ) die Impulse:  $v \, dm$ .

$v$  ist die Tropfengeschwindigkeit. Falls der Wagen auf Schienen fährt, fangen sie die Impulskomponente senkrecht zu ihnen auf. Falls zusätzlich der Regen senkrecht zur Erde fällt, bleibt für „ $v$ “ nur die Geschwindigkeit des Wagens  $x(-1)$

Also  $dt \, F = v \, dm$

## Drittes Newtonsches Gesetz

Sehr häufig wird die reatio dritten Newtonschen Gesetz mit dem Kräftegleichgewicht verwechselt. Denn wenn man z. B. auf eine Waage steigt, reagiert sie, und ihr Federkraft ist gleich seinem Gewicht, aber entgegen gesetzt gerichtet. Aber das ist sie erst nach dem Einschwingvorgang. Bei Newtons reatio handelt es sich stets um zwei wechselwirkende Körper. Der Mensch zieht z. B. die Erde so stark an, wie sie ihn.

Evidenzbeweis: Der Mensch steht auf der Erde. Würde er die Erde weniger anziehen als sie ihn, so würden ja beide in Richtung Erde beschleunigt. Das wäre ein Perpetuum mobile.

## Auftrieb

Im Geiste des Aristoteles wird der Auftrieb damit erklärt, weil die Luft z. B. im U-Boot nach oben will. Dann müsste allerdings der Auftrieb mit Pressluft größer werden.

Nach Descartes ist das grundlegende Schema: A drückt B. So versteht er den Auftrieb: Unter dem Boot drückt das Wasser stärker als über dem Boot. Kann das Wasser nicht zwischen Holz und Grund eindringen, so steigt das Holz nicht auf.

Berge können auf der Erde nicht höher sein als 9000m, weil sonst ihr Grund zerquetscht würde. Steine sind unter Wasser leichter. Dennoch ist Hawaii auch nur 8000m hoch, weil das Wasser von unten nicht gegen den Vulkan drücken kann.

Bläschen im Sekt werden vom Sekt ans Glas gedrückt. Erst wenn sie wachsen und sie durch die Oberflächen-Spannung sich der Kugelform nähern, kann der Sekt unter sie dringen und sie hoch drücken. Aber nicht im freien Fall.

## Ladung

In vielen populären Büchern wird die elektrische Ladung als Elektronenmangel erklärt. Dabei spielt die Masse und Spin der Elektrons keine Rolle, nur sein Ladung. Das ist ein Kreis - Schluß. Außerdem sind Elektronen Quantenobjekte. Also wird etwas Dunkles durch etwas Dunkleres erklärt. Wie die Alchemisten sagten. : Obscurum per obscurius!!! Um einen genetischen Weg zur Ladung zu finden hilft die Geschichte: Bernsteins heißt auf griechisch Elektron (siehe der Mädchen Name Elektra = Ex L cht= Leuchtende)

Bernstein zieht Staub in der Ferne an, wie Magnete Eisen. Magnetisieren: Magnetgleich machen. Elektrisieren: Bernstein gleich machen. Bisher konnte man einen magnetischen Pol nicht vom Magneten entfernen. Aber die Ursache der elektrischen Kraft kann man vom Bernstein entladen wie die Koffer aus dem Auto und auf einen Kater aufladen. Manchmal entlädt sich ein Auto selbstständig. Eine selbständige elektrische Entladung, so z. B. einer elektrisierten Wolke, ist der Blitz.

Die Energie des elektrischen Stromes ist nicht die kinetische der Elektronen, sondern das X-Produkt von E und B. U. Backhaus erläutert in seiner Habilitationsschrift: in der üblichen Konvention kommt die Energie vom Unendlichen senkrecht in den Leiter.

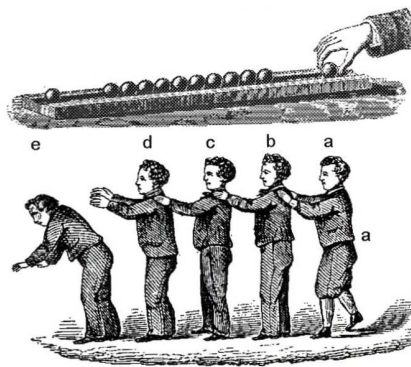
Elektrische Ströme lassen sich nicht nur mit wanderten Elektronen, sondern auch mit elektrisierten Katzen oder Protonen realisieren.

### Tyndalls Wellendefinition

Obwohl „Welle“ neben „Strom“ und „Teilchen“ zu den fundamentalen Begriffen der klassischen Physik gehört, gibt es keine einheitliche Definition. Mit Blick auf das Licht wird oft gesagt: Wellen sind periodische Formen ohne Medium. Aber das ist auch der Mond, und der Knall ist nicht periodisch. Periodische Effekte sind stets nur leichter zu erforschen. Wegen des Äthersteits (SRT) verzichtete man beim Licht aufs Medium. Licht ist aber keine Welle. „Welle“ ist nur eins der zwei komplementären Bilder. Nebenbei gesagt: Der heutige Vakuumbegriff umfasst mehr Eigenschaften als der mechanische Äther.

#### Wellendefinition

Das Wellenmedium zu vernachlässigen ist nicht erstrebenswert. Denn die Mediumeigenschaften bestimmen die Phasengeschwindigkeit: Rückstellkraft des Medium wirkt gegen Trägheit. (Dichte). J. Tyndall sowohl durch seine Entdeckungen als auch durch seine populären Vorträge berühmt, hat Wellen als wandernde Formen definiert, wobei der Stoff (das Medium) an der Stelle bleibt. Das Bild zeigt zwei Beispiele.



Physik ist die Lehre von der Natur. Das Fremdwort „Natur“ bezeichnet das Werden. Deswegen ist „Geschwindigkeit“ einer der wichtigsten Begriffe der Naturwissenschaft. Die gilt auch für die Wellenlehre. Es gibt vier Wellengeschwindigkeiten:

Die Phasengeschwindigkeit: Phase ist das, was erscheint, also der Wellenberg.

Die Gruppengeschwindigkeit ist nicht immer die Geschwindigkeit der Wellenenergie, wie oft zu lesen ist, sondern der WellenGRUPPE, genauer des Maximums der Enveloppe der Wellenberge.

Als vierte Wellengeschwindigkeit gibt es noch die der übertragenen Information.

### Klassifikation der Wellen

Als Young die Polarisation des Lichtes mit dem Modell einer Querwelle erklärte, ahnten Kluge wie Goethe das nahende Ende des mechanistischen Weltbildes. Darum sollten alle Schüler Klassifikation in Quer- und Längswelle das lernen. Aber die Tropfen einer Wasserwelle kreisen. Also schon die bekannteste Welle passt nicht in diese Klassifikation. Und Licht ist keine Welle.

Folgende alternative Wellenklassifikation orientiert sich an der Veränderung der Form.

	ohne Dispersion	mit Dispersion
Linear:	Schall	Wasserwellen
Nichtlinear:	Brandung	Soliton

Viele Wellen haben Dispersion d.h. Zerstreung eines Wellenberges in viele. Eigentlich sind fast alle Wellen nichtlinear. Als Folge werden sie steiler. Häufig ist die lineare Näherung ausreichend. Beim Soliton bleibt die Form

erhalten, weil sich Dispersion und Nichtlinearität kompensieren. Das ist gut für InFORMations – Transport. Verdrillung ist ein anschauliches Soliton.

### **Superposition**

Superposition ist das bekannteste Wellen-Prinzip.

Aber schon für die Badewannenwellen und für die Brandung gilt das Prinzip nicht, sondern nur in der Näherung der linearen Wellen. In aller Strenge gibt es in der Quantentheorie (Dirac), aber da ist „Welle“ nur ein Bild.

### **Zusammenfassung**

Misskonzepte entstehen durch Verwechslung, z.B. der reactio mit dem Kräftegleichgewicht

Oft fehlt es an Logik, z. B. wenn Ladung als Elektronenmangel definiert wird, weil Elektronen geladen sind.

Häufig ist auch mit Kanonen nach Spatzen schießen und dann auch noch daneben, z. B. wenn im heliozentrischen Bild die Mondsichel erklärt wird. Es gibt auch hartnäckige Ideen, die früher einmal genial waren, nun aber überholt sind, z. B. Erdwärme durch Zusammenballen im Wirbel, erklären statt durch Radioaktivität.