

Die Energiekatastrophe unserer Schulphysik

The Energy Disaster of our School Physics

Alexander Bogdanov

Zusammenfassung

Schleichend hat sich in den letzten Jahren in unserer Schulphysik eine Neuerung durchgesetzt, die nicht nur für den Physikunterricht, sondern für alle naturwissenschaftlichen Fächer gravierende negative Folgen hat. Es geht um die fast irrationale Überbetonung des Energiebegriffes und um die vielfachen damit einhergehenden Verzerrungen des logischen Aufbaus des Physikcurriculums der gymnasialen Mittelstufe. Wir versuchen nach kurzer Betrachtung der Auslöser dieser Entwicklung, die wesentlichen negativen Konsequenzen zu beschreiben und die schwerwiegenden Auswirkungen auf das Physikbild der Schüler beim Übergang in die Oberstufe aufzuzeigen. Ein einfacher und praktikabler Ausweg aus dieser Sackgasse wird vorgeschlagen.

Schlüsselwörter: Kerncurriculum Physik – Physikunterricht – Energie – Energiebegriff – Leitlinie – Kompetenzen – Didaktik

Abstract

We have witnessed in the past decade or so how, without any special notice, a fracture in the edifice of our school physics has appeared which causes severe malfunctioning of the teaching of physics and the related natural sciences. Our concern is the extreme, almost irrational, exaggeration of the energy concept within the context of the physics curriculum for the intermediate grades (7 to 10) of the Gymnasium. The overall logic of the physics didactics gets distorted by this imbalance. Beginning with a concise review of the triggering mechanisms of this development we try to pinpoint and analyse the most alarming consequences. We discuss also the negative implications for the resulting physics knowledge base which the students possess at the start of the so called Qualification Phase (Grades 11 and 12). A relatively simple and viable solution of the problem is proposed at the end.

Keywords: School Physics Curriculum – Teaching Physics – Energy – Energy Concept – Guideline – Skills – Didactics

1 Das Problem

Im Laufe der unaufhörlichen Innovationen der curricularen Vorgaben zum Physikunterricht, die das Bild der Schulphysik in den letzten fünfzehn Jahren radikal umgekrempelt haben, hat sich eine Neuerung schleichend durchgesetzt und, aus meiner Sicht, die Vermittlung des Stoffes in der gymnasialen Mittelstufe radikal negativ beeinflusst. Die Rede ist von der unermesslich gesteigerten Betonung und Betrachtung allerlei Aspekte des Energiebegriffes. Die falsch verstandene Notwendigkeit der Sensibilisierung der Jugendlichen für die Energieaspekte des alltäglichen Lebens hat dazu geführt, dass die Strukturierung der Einführung in die Fundamente

der Physik im aktuellen Kerncurriculum (KC) und als Folge auch in den Schulphysikbüchern wortwörtlich Kopf steht. Worum genau geht es?

In einer langen Entwicklung hat sich gegen das Ende des letzten Jahrhunderts ein mehr oder weniger allgemein akzeptierter Kanon für die Reihenfolge und den Vertiefungsgrad der Darstellung der einzelnen Gebiete der Schulphysik etabliert. Dabei gehorchte die Einführung der einzelnen Hauptbegriffe und der physikalischen Größen der Logik ihrer wechselseitigen Verknüpfung und Stellung im heutigen physikalischen Weltbild. Wichtig dabei

war, dass am Anfang die fundamentalen und (mindestens im Prinzip) direkt messbaren Größen wie Kraft, Masse, elektrische Ladung, elektrische Stromstärke u.ä. im Rahmen der Einführung der Mechanik und der Elektrizitätslehre betrachtet und verstanden wurden. Erst danach konnte man über den Begriff Arbeit einer Kraft Schritt für Schritt und didaktisch korrekt das höchst abstrakte Konzept der Energie als physikalische Größe einführen. Leider gehört diese Vorgehensweise der Vergangenheit an.

2 Wurzeln der Fehlentwicklung

Treu der Anweisung des KC, dass der Energiebegriff als themenübergreifende Leitlinie dienen soll (KC-2007, S.16; in ähnlicher Form auch im neuen KC-2015 für das wiedergeborene G9-Gymnasium), wird am Anfang des doppelten Jahrgangs 7/8 unverzüglich mit dem Hantieren mit der Energie begonnen. „Die Schüler verfügen über einen altersgemäß ausgeschärften Energiebegriff (KC-2015, S.26).“ Wie das Ausschärfen zu erreichen ist, begreift man beim Blättern durch die neueren Ausgaben der Physikbücher für die 7./8. Klasse. In einer Flut von bunten Bildern werden die verschiedenen Energieformen eingeführt und erläutert. Die Schüler werden getrimmt über Energie zu philosophieren, von strengerer Betrachtung der physikalischen Zusammenhänge ist verständlicherweise keine Spur. Die dauerhafte Folge dieses Zugangs ist die Entfesselung eines Begriffs- und Verständnisschaos in den Köpfen der Schüler, dem später kaum mehr entgegenzuwirken ist.

Statt das physikalische Weltbild der Schüler Schritt für Schritt systematisch auszubauen, versucht man ihnen einen rein phänomenologischen Überblick über die verschiedenen Energieformen und ihre Umwandlungen zu verschaffen. Dabei wird das Niveau der physikalischen Präzision so tief gedrückt, dass die eigentlichen Energieformen (kinetische, potentielle, innere Energie) mit Begriffen wie Heizenergie, Energie der Sonne (Bader F., Heinz-Werner O., 2008, S. 36), die nur die Energiequelle andeuten, verwechselt werden können. Man ist auf dem Niveau von Wetternachrichten angekommen, wo es z.B. von „wärmeren“ und „kälteren“ Temperaturen und „Minusgraden“ wimmelt. Keiner wird es bestreiten: Ein Bild der Energieaspekte der Welt

müssen die Schüler am Ende der Mittelstufe bekommen haben. Nur, dieses Bild muss als Ergebnis der konsequenten Betrachtung der, zum Beispiel, verschiedenen physikalischen Wechselwirkungsformen und der ihnen zugrunde liegenden Kräfte zustande kommen und nicht, Deus ex machina, die Schüler mit einer Lawine aus „fertigen“ Formeln und unverständlichen Zusammenhängen überschütten.

Wie ist es dazu gekommen? Wir haben es hier, meines Erachtens, mit dem typischen Fall des Ausschüttens des Kindes mit dem Bade zu tun. In der Ideologie des anwendungsorientierten und lebensnahen Unterrichts wird vorgeschrieben, den Physikunterricht um den Energiebegriff zu konzentrieren und auszubauen. Zum Beispiel in KC-2015 auf S.16 beim Formulieren der inhaltsbezogenen Kompetenzen: „... andererseits dient er (der Energiebegriff) als themenübergreifende Leitlinie, weil er alle nachfolgenden Themenbereiche berührt“. Und dieses Programm wird konsequent umgesetzt, bis zu einem Grade, wo es nicht mehr rational ist und dem Erreichen der Ziele des Unterrichts in der Mittelstufe nur schadet.

3 Schwerwiegende Konsequenzen

Der Schaden ist zweierlei. Einerseits durch eine Art Prägung-Effekt verwurzelt sich das Wort Energie (nicht der physikalische Energiebegriff!) so tief und unwiderruflich, dass die Schüler versuchen, alle physikalischen Phänomene mit Hilfe dieses Reizwortes zu erklären – das oben erwähnte Begriffschaos ist da. Die Einführung des Begriffs der Kraft leidet am meisten darunter. Dem frommen Wunsch des KC, dass die Schüler „unterscheiden zwischen Kraft und Energie“ (KC-2015) ist nach der konsequenten „Energievergiftung“ nicht mehr effizient nachzukommen. Zweite schwerwiegende Seite dieses Schadens ist der Verlust wertvoller Unterrichtszeit, die später bei anderen wichtigen Fragen fehlt.

Um den didaktischen Fehler, den man begeht, besser zu verstehen, lassen wir einen der großen Physikpädagogen des 20. Jahrhunderts, Richard Feynman zu Wort kommen. In seinen berühmten „Vorlesungen über Physik“ (Feynman, R. 2006/1963) schreibt er: „Es ist wichtig, zu begreifen, dass wir in der heutigen Physik nicht

wissen, was Energie ist. Unser Bild ist nicht von Energie, die in kleinen Klümpchen von bestimmter Größe kommt. Das ist nicht das richtige Bild. ... Energie ist etwas abstraktes, sie sagt uns nichts über den Mechanismus und die Gründe, die in den einzelnen Formeln (zur Energieberechnung) stecken.“ Mahnende Worte, die in unserem Kerncurriculum keine Beachtung finden, weil die Verfasser nicht einsehen wollen, dass sie mit Energie als Leitlinie auf das falsche Pferd setzen.

Wenn man sich einmal auf diesen Weg begeben hat, sind die nächsten Schritte fast vorprogrammiert. Als eine mögliche Alternative der Einführung der physikalischen Größe Kraft fordert man „den Kraftbegriff von der Energie oder vom Impuls her zu erschließen“ (KC-2007 und KC-2015, S. 17). Es fällt einem schwer, den didaktischen Wert eines solchen Zugangs zu kommentieren. Bei so einem Weg der Einführung der Begriffe steht das Physikbild der Schüler endgültig Kopf und es aufzurichten ist praktisch nicht mehr möglich. Man schaukelt zwischen solchen zutiefst abstrakten Zugängen, die eher axiomatischer Natur sind, und dem anderen Extremum der anschaulichen, aber genau so wenig für das Physikbild förderlichen qualitativen Energieflussdiagrammen, die über die wahre physikalische Natur der Prozesse kaum aussagekräftig sind. Noch eine fragwürdige Konsequenz dieses Weges ist die vorzeitige Einführung der Energieeinheit Joule. Das geschieht, ohne auf dieser Stufe einen vernünftigen Zusammenhang mit den bekannten Einheiten fundamentaler mechanischer Größen aufzeigen zu können – das Ergebnis: Auch später, wenn diese Art von Zusammenhängen schon verständlich werden könnten, sind die Schüler nicht mehr in der Lage, sich dem Begriffschaos zu entziehen.

Das Aufgeben der Idee eines systematischen Aufbaus des Gebäudes der Schulphysik öffnet die Tür für allerlei Unverbindlichkeiten. Zum Beispiel am Ende der 8. Klasse „...(die Schüler) kennzeichnen die elektrische Spannung als Maß für die Energie je Elektron“ (KC-2015, S. 27). Man erwartet zwar nicht, dass im KC tadellose Definitionen formuliert werden, aber wenn sie da unbedingt erscheinen müssen, dann sollten sie nicht falsch sein. Ebenso frivol erscheint auch die Erwartung, dass die Lernenden am Ende der 10. Klasse „unterscheiden Temperatur und innere Energie“. Eine sehr optimistische Einstellung, wenn man bedenkt, dass die Temperatur als

physikalische Größe auf dieser Stufe nur im Rahmen des Chemieunterrichts eingeführt wird und das Konzept des Teilchenmodells (irgendwie im Sinne von ikonischen Modellen (KC-2015)) nirgendwo in der Mittelstufenphysik ernsthaft diskutiert wird.

Man kann mühelos Beispiele aufführen, zu welchen Missverständnissen und irreführenden Behauptungen es in den Lehrbüchern kommt, wenn man übereifrig die Vollendung dieses „Energieprogramms“ verfolgt. Energie wird z.B. gemessen, wobei klar ist, dass dies eine von den nicht direkt messbaren Größen der Physik ist. Der altgediente Begriff der Leistung eines Energiewandlers wird durch Energiestromstärke ersetzt an Stellen, wo kein räumlicher Energietransport stattfindet, sondern eine Energieform lokal in eine Andere transformiert wird.

Die Widersprüche des so aufgebauten inhaltlichen Curriculums ragen an einigen Stellen des KC heraus. Zum Beispiel, erwartet man am Ende der 8. Klasse: „Die Schülerinnen und Schüler... beschreiben verschiedene geeignete Vorgänge mit Hilfe von Energieübertragungsketten.“ (KC-2007, S. 26). Erst am Ende der 10. Klasse wird allerdings erwartet, dass „Die Schülerinnen und Schüler... mechanische Energieübertragung (Arbeit) von thermischer (Wärme) an ausgewählten Beispielen unterscheiden.“ (ibid.). Man fragt sich, was spielt sich in den Köpfen derselben Schüler ab, wenn sie sich in der 8. Klasse über Energieübertragungsketten Gedanken machen sollen, aber erst zwei Jahre später begreifen werden, wovon eigentlich zwei Jahre davor die Rede war. Das ist nur eine der Konsequenzen der übereifrigen und verfrühten Einführung der Energiebetrachtung.

4 Ein möglicher Ausweg

Dabei, den richtigen Zugang zu finden, wäre gar nicht so schwer. Man sollte sich auf den bewährten kanonischen Weg des Aufbaus des Physikgebäudes zurück besinnen, das Pferd vor den Karren spannen und die adäquate Energieform der jeweiligen Wechselwirkungsart (Gravitation, mechanische Kräfte, elektrische und magnetische Wechselwirkung, etc.) oder Bewegungsform erst am Ende der Betrachtung der Kraftaspekte der Wechselwirkung als Größe

einführen, die es ermöglicht, den Zusammenhang mit den anderen Wechselwirkungstypen zu verdeutlichen und zu verstehen. Um den Schritt in diese Richtung überhaupt möglich zu machen, sollte man „Energie“ als selbstständigen inhaltsbezogenen Kompetenzbereich aufgeben und die entsprechenden Textbausteine im KC adäquat umgestalten und umsiedeln oder gänzlich fallen lassen.

Nur so wird man am Ende der Mittelstufe wieder eine solidere Basis für die Oberstufenphysik erschaffen können und damit den heute sehr problematischen Übergang zwischen den beiden Phasen der Schulphysik fließend machen. Der Preis des Verbleibs bei der jetzigen Lage wäre zu hoch, um ihn mit guten aber unerfüllbaren Vorsätzen rechtfertigen zu können.

5 Quellen

Literatur

Bader, F., Heinz-Werner, O. (2008). Physik Gymnasium 7/8, Dorn-Bader, Schroedel Verlag, Braunschweig

Niedersächsisches Kultusministerium (2007). Kerncurriculum für das Gymnasium – Schuljahrgänge 5-10, Naturwissenschaften, Niedersachsen (KC-2007)

Niedersächsisches Kultusministerium (2015). Kerncurriculum für das Gymnasium – Schuljahrgänge 5-10, Naturwissenschaften, Niedersachsen (KC-2015)

Internet

Feynman, R. (2006, online Edition). The Feynman Lectures on Physics (Vorlesungen über Physik), Volume I, 4-1 What is energy?, Copyright © 1963, 2006, 2013 by California Institute of Technology, Michael A. Gottlieb and Rudolf Pfeiffer
http://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_04.html
[19.04.2017]

Kontakt

Dr. Alexander Bogdanov
Ricarda-Huch-Schule Gymnasium
Mendelssohnstr. 6
38106 Braunschweig

AlexanderBogdanov@web.de

Eingegangen: 30. Juni 2016 / Angenommen: 15. März 2017 / Online publiziert: 01. Mai 2017
Gesellschaft für Didaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik (GdNM)