

Helmut Dittmann, Helmut Näpfel, Werner B. Schneider

Die zerrechnete Physik¹

Im heutigen Physikunterricht beobachtet man zunehmend die Tendenz, Rechenaufgaben mit physikalischem Inhalt überzubetonen und zu vergessen, daß zum Physiklernen auch noch andere, weit wichtigere Komponenten gehören. An einigen Beispielen wird diese Tendenz belegt, und es werden einige Anregungen zur Rückbesinnung auf die eigentlichen Anliegen des Schulphysikunterrichts gegeben.

1. Vorbemerkung

In dem folgenden Beitrag geht es uns nicht darum, grundsätzlich gegen das Rechnen oder das Lösen von Rechenaufgaben im Physikunterricht zu sprechen. Es geht uns auch nicht darum, Betrachtungen über den generellen Sinn von Physikaufgaben oder zur Kunst der Aufgabenerstellung anzustellen. Hierzu gibt es bereits ausführliche Darstellungen (z.B. [1], [2], [3]). Es geht uns vielmehr darum, auf die im gegenwärtigen Schulphysikunterricht zu beobachtende Tendenz der Überbetonung von Rechen- bzw. Einsetzaufgaben hinzuweisen. Die Tendenz wird nach außen sichtbar, wenn man die Flut der in den letzten Jahren erschienenen Aufgabensammlungen oder die Aufgaben in neueren Physiklehrbüchern betrachtet. Hier stellt man im Vergleich mit älteren Ausgaben eine enorme Vermehrung der im Text gestellten Aufgaben fest. Nimmt man als Beispiel den Bereich Kinematik, Dynamik und Erhaltungssätze für die 11. Jahrgangsstufe, so zählt man im Dorn ([4], Ausgabe 1957) noch 67 Aufgaben, in der Ausgabe 1970 [5] 118 Aufgaben und im Dorn-Bader ([6], Ausgabe 1983) bereits 170 Aufgaben. Im Grimsehl ([7] Ausgabe 1983) bereits 170 Aufgaben. Im Grimsehl ([7] Ausgabe vor 1958) sind es ca. 35 Aufgaben und in der Ausgabe 1968 [8] 52 Aufgaben. In einer Neuerscheinung ([9], 1987) findet man 253 Aufgaben. Dabei ist zu beachten, daß sich der Stundenanteil der Physik in der 11. Jahrgangsstufe (mathem.-naturwiss. Zweig) gegenüber 1958 nicht geändert hat.

Allen Büchern ist gemeinsam, daß von den aufgeführten Aufgaben im Mittel ca. 80% typische Einsetzaufgaben, d.h. reine Rechenaufgaben sind, bei denen im wesentlichen nur das Umstellen von im Unterricht bereitgestellten Formeln und das richtige Einsetzen der gegebenen Daten verlangt wird.

Geht man der Ursache der Vermehrung dieses Aufgabentyps nach, so erfährt man, daß Lehrbuchautoren zunehmend von seiten der Verlage und Lehrer mit der Forderung konfrontiert werden, möglichst viele Aufgaben obiger Art in das Buch aufzunehmen. Bei der Entscheidung über die Einführung eines bestimmten Physiklehrbuchs ist oft die Zahl der im Buch zu findenden Aufgaben ausschlaggebend. In einigen Büchern wird daher schon im Vorwort mit der Zahl der im Text gestellten Aufgaben geworben. Es ist einsichtig, daß sich am leichtesten die gewünschte Vermehrung der Aufgaben durch Einsetz- und Rechenaufgaben erreichen läßt.

¹ Leicht geänderte Fassung eines Beitrags gleichen Inhalts und Titels in „Wege in der Physikdidaktik“, (Herausgeber W.B. Schneider), Verlag Palm und Enke, Erlangen 1989

2. Merkmale typischer Rechenaufgaben

Einen übermäßig großen Raum in den „Aufgabenplantagen“ der Mechanik nehmen die offensichtlich sehr geliebten „s-a-v-t“-Aufgaben ein. An ihnen kann man einige charakteristische Merkmale der in Lehrbüchern typischerweise anzutreffenden Rechen- bzw. Einsetzaufgaben erkennen. Sie zeigen eine einheitliche Struktur, sie setzen die im Unterricht behandelten Formeln voraus, und es wird auf die im Unterricht gewählten Bezeichnungen und Sprechweisen zurückgegriffen:

Eine Masse m wird mit der Beschleunigung $a = 0,42 \text{ m/s}^2$ aus der Ruhe heraus beschleunigt. Welche Geschwindigkeit hat sie nach $t = 3 \text{ s}$?

Eine Steigerung des Anspruchsniveaus und der oft geforderte Bezug zur Erfahrungswelt der Schüler werden dann – bei gleicher Aufgabenstruktur – in der Regel dadurch angestrebt, daß das im Unterricht geprägte Schema verlassen wird und stärker Situationen aus dem Alltag oder der Technik in die Aufgaben einbezogen werden. Bei den „s-a-v-t“-Aufgaben werden bevorzugt Personenzüge, Güterzüge, Intercities, Autos, Krafträder, Raketen usw. „bewegt“. Besondere Aufmerksamkeit der Schüler erhofft man sich offenbar durch eher spektakuläre Begriffe wie z.B. Laserimpuls, TGV (Train à Grande Vitesse), Ionenrakete. Lebewesen kommen hingegen in den Aufgabentexten kaum vor!

Zu fragen ist jedoch, ob durch dieses Vorgehen der angestrebte Bezug zur Physik, zur Technik oder zum Alltag erreicht werden kann, und ob über das bloße Einsetzen hinaus wirklich etwas physikalisch oder technisch Relevantes dabei gelernt wird. Ein Lernerfolg kann sich nur dann einstellen, wenn der Lernende über einschlägige Erfahrungen im Umgang mit den im Aufgabentext aufgeführten Situationen verfügt, um die erhaltenen Ergebnisse auch entsprechend würdigen zu können. Dies trifft in der Regel beim Schüler nicht zu. Oft ist es auch so, daß die den Aufgaben zugrunde gelegten Vorgänge im Alltag ganz anders verlaufen und damit nicht mit den Erfahrungen der Schüler übereinstimmen können. Welcher Schüler weiß z.B. über die Bremsprozesse bei einem TGV Bescheid, oder wer kann sich unter einem Laserimpuls das hier Gemeinte vorstellen?

„Vertrauensbildende Maßnahmen“, die dem Lernenden die erhaltenen Ergebnisse erst plausibel erscheinen lassen und eine sinnvolle Einordnung ermöglichen würden, fallen meistens aus. Darüberhinaus verläßt sich der Lehrer zu sehr darauf, daß im Aufgabentext Situation und Daten vernünftig gewählt sind. Eine Überprüfung ist ihm oder dem Schüler in vielen Fällen unmöglich.

Eine weitere Möglichkeit, das gewohnte Unterrichtsschema zu verlassen und „Schwierigkeiten“ bzw. „Abwechslung“ in die Aufgaben einzubringen, besteht darin, die gegebenen Größen nicht in SI-Einheiten anzugeben, im Grunde einfache Formelumstellungen zu verlangen oder auf länger zurückliegendes, d.h. unsicheres Wissen zurückzugreifen.

Der Drang mancher Aufgabensteller, Formelumstellungen zu erzwingen, nimmt zum Teil groteske Formen an. Ohne auf den physikalischen Sinn oder auf die Realität zu achten, werden eigens nur zu diesem Zweck erfundene Situationen oder Experimente in den Aufgaben vorgegeben. So wird z.B. mit einer Atwoodschen Fallmaschine eine Massenbestimmung durchgeführt, mit einem Beschleunigungsversuch die Neigung der Fahrbahn bestimmt, mit einem Thermometer die Länge eines Stabes „gemessen“ oder aus der Dichte und der Masse der Luft im Klassenzimmer sowie der Grundfläche des Zimmers die Höhe berechnet.

Nur schlichtes Formelwissen und stupides Einsetzen und Umordnen wird z.B. von der folgenden Aufgabe aus der Elektrizitäts-Lehre verlangt:

Zeigen Sie für eine langgestreckte luftgefüllte Zylinderspule, daß $N\Phi = LI$ gilt.

Bekommt der Schüler durch Aufgaben dieser Art nicht den falschen Eindruck, daß Physikverstehen vorwiegend darin besteht, nach einer gewissen Lösungsstrategie Formeln in Form eines „Puzzles“ geschickt kombinieren zu können? Dabei ist die Niederschrift eines physikalischen Zusammenhangs in der Formelsprache doch nur der nachträgliche Vollzug eines zuvor erschlossenen physikalischen Gedankengangs. Die Lösung eines physikalischen Problems vollzieht sich in einem ersten Schritt auf einer rein qualitativen Ebene. Daher ist es möglich und erstrebenswert, die Denkergebnisse sprachlich oder auch ikonisch wiederzugeben und erst in einem zweiten Schritt mit der Formelsprache zu agieren.

In abgewandelter Form gilt die Kritik auch Aufgaben, bei denen die Lösung eines Gleichungssystems oder einer quadratischen Gleichung verlangt wird. Perlen sind hier die Überhol- oder Treffpunktaufgaben:

Zum Zeitpunkt $t = 0$ startet ein Radfahrer mit der konstanten Geschwindigkeit $v = 6 \text{ m/s}$; ihm folgt ein PKW, der 30 s später an der gleichen Stelle startet und mit der konstanten Beschleunigung $a = 1,5 \text{ m/s}^2$ anfährt. Wann und wo treffen sie sich?

Eine starke rechnerische Ausrichtung des Physikunterrichts zeigt sich auch an formalen Dingen. Beim Lösen von Aufgaben wenden Schüler meistens die im Mathematikunterricht gelernte „Gegeben-Gesucht“-Strategie an. Hierbei stellt man allerdings fest, daß zwar die gegebenen Größen sehr gründlich unter „gegeben“ aufgeschrieben werden, der physikalische Zusammenhang oder die physikalisch relevanten Voraussetzungen jedoch nicht unter „gegeben“ notiert werden. Letzteres wäre natürlich wichtig, wenn durch die Aufgaben auch das physikalische Denken angeregt und gefördert werden sollte.

Diesem Anliegen glaubt man in manchen Aufgaben dadurch gerecht zu werden, daß man den Aufgabentext durch Fragen erweitert, die sogenanntes echtes physikalisches Denken verlangen. Die folgende Aufgabe ist hierfür ein typisches Beispiel:

Ein Stein von 3 kg Masse soll an einer 80 cm langen Schnur mit der konstanten Bahngeschwindigkeit $v = 2 \text{ m/s}$ in einer vertikal stehenden Kreisbahn herumgeschleudert werden. Mit welcher Kraft wird die Schnur im obersten und mit welcher Kraft im untersten Punkt der Kreisbahn belastet?“

Genügt dieses „physikalische Alibi“? Wir meinen nein! Fordert diese Aufgabe nicht sofort die Frage heraus, wie man es erreichen kann, daß dem Energiesatz zum Trotz der Stein auf konstanter Bahngeschwindigkeit gehalten wird? Wie muß man die Hand führen, um das Vorausgesetzte zu gewährleisten? Die Antwort auf Fragen dieser Art ist schwierig. Zu schwierig werden viel sagen, denn man kann nicht rechnen. Solche Fragen werden daher im Unterricht kaum gestellt. Häufig scheint es beim Lösen von Aufgaben so zu sein, daß man mit einem Ergebnis aufhört, bei dem die Physik eigentlich erst anfängt.

3. Wertung

Der Lehrer wird aus unterrichtspraktischen Gründen vor allem das an seiner Schule eingeführte Physikbuch als Quelle von Aufgaben verwenden. Daher ist es fast unvermeidlich, daß die dort am häufigsten vorkommenden Aufgaben – Rechen- und Einsetzaufgaben – auch entsprechend häufig behandelt und daher das Rechnen, Umstellen von Formeln, das Einsetzen in Formeln und der Umgang mit Größengleichungen vorzugsweise geübt werden. Diese Aktivitäten sind gegenüber anderen Anliegen des Physikunterrichts durchaus wichtig. Aber sind sie so wichtig, daß sie den heute zu beobachtenden hohen Stellenwert einnehmen? Erhalten Schüler so nicht ein vollkommen falsches Bild von den Anliegen und Zielen der Physik als Weg zur Naturerkenntnis?

Fragt man Kollegen oder Schüler, so stellt man zweierlei fest: Beiden wird die Überbetonung dieses Aufgabentyps oft nicht bewußt, und sie sind mit dem Zustand eigentlich sehr zufrieden. Warum? Gründe dafür könnten sein, daß der Lehrer mit Aufgaben der erwähnten Art die Unterrichtsvorbereitung minimieren und die geforderte Leistungsmessung optimieren kann. Er kann hiermit offensichtlich am besten der Forderung der Gesellschaft nach meßbaren, justitiablen Leistungserhebungen nachkommen. Zusätzlich glaubt er, Defizite des Mathematikunterrichts auf diese Weise ausgleichen zu können.

Auch dem Schüler ist durch die starke Orientierung auf das Aufgabenrechnen, vordergründig betrachtet, geholfen. Bekommt er doch durch die Beschränkung auf wenige Aufgabentypen sichere Strategien in die Hand, um den Anforderungen des zugehörigen Physikunterrichts zu genügen und somit gute Noten zu erreichen.

Wir sehen hier die Gefahr eines sich einstellenden „Teufelskreises“, den die Beteiligten nicht wahrnehmen oder einfach verdrängen. Er beginnt in der Schule und führt in die Schule zurück. In Klassenarbeiten wird der Schüler das abgefragt, was im Unterricht geübt wird. Da dies vor allem Physikrechenaufgaben sind, wird er diese natürlich besonders intensiv lernen. In Ländern mit Zentralabitur führt dies zum Teil zu bedauerlichen Situationen. Hier beobachtet man verstärkt, daß im letzten Halbjahr vor dem Abitur der Physikunterricht in der Regel durch das Trainieren einer Folge von Physikrechenaufgaben geprägt wird (meistens werden Abituraufgaben der vorangegangenen Jahre gerechnet).

Entsprechend sieht es an Universitäten mit zentraler, schriftlicher Abschlußprüfung aus. Der Staatsexamenskandidat bereitet sich oft über mehrere Semester in speziell angebotenen „Rechentrimmkursen“ auf die schriftliche Abschlußprüfung vor, die natürlich wegen der scheinbar größeren Objektivität stärker gewichtet ist als die mündliche Prüfung. Bei dieser Entwicklung der letzten Jahrzehnte bekümmert uns insgesamt zu sehen, welcher Stumpfsinn, welche Öde hiermit verbunden ist, und wie in vielen Fällen die anfängliche Begeisterung für die Physik langsam abgetötet wird. Und was macht der so durch die Schule und Universität geformte Lehrer? Die Antwort ist leicht. Auch er rechnet . . . Und So beginnt sich der Kreis zu schließen.

Welches sind nun die Versäumnisse des durch die Überbetonung des Aufgabenrechnens geprägten Physikunterrichts?

Sie zeigen sich u.a. darin, daß

- Einführungs- und Motivationsphasen zu kurz kommen
- Beobachtungen und deren Formulierung und Auswertung nur gering geschätzt werden
- verbale Darstellungen und Begründungen oft eine untergeordnete Rolle spielen
- sprachliches Ausdrucksvermögen im Physikunterricht zu wenig gepflegt wird

- formales Beherrschen wichtiger als Verstehen ist
- Routine den Einfall überwiegt
- kreatives Tun sich zu wenig entfalten kann.

Mit „zerrechneter Physik“ meinen wir, daß wegen der Überbetonung des Aufgabenrechnens wichtige Zielsetzungen des Physikunterrichts auf der Strecke bleiben. Wir vertreten die Auffassung, daß gerade die oben angemahnten Anliegen des Physikunterrichts für die Mehrzahl der Abiturienten später weit wichtiger sind, als die Fähigkeit besonders erfolgreich Physikrechenaufgaben lösen zu können.

Wir plädieren daher dafür, im Physikunterricht mehr Raum für die oben genannten Ziele und Aktivitäten zu schaffen und die nach unserer Sicht verlorengegangene Ausgewogenheit wieder herzustellen. Hierbei sollten sich alle am Physikunterricht beteiligten Personen angesprochen fühlen.

Bei der Verwirklichung dieses Anliegens können u.a. folgende Gesichtspunkte hilfreich sein:

- Reduzierung der Anzahl der typischen Rechenaufgaben in den Lehrbüchern auf ein vernünftiges Maß
- stärkere Besinnung auf den physikalischen Gehalt der Aufgaben und auf die Anliegen des Physikunterrichts
- Verlagerung solcher Anwendungsaufgaben in den Mathematikunterricht, die vor allem mathematische Fertigkeiten abverlangen
- Verzicht auf das intensive Üben von in der Oberstufe im Grunde voraussetzbaren Kenntnissen (Deutschlehrer schreiben in der Oberstufe auch keine Diktate mehr, da sie offensichtlich eingesehen haben, daß dadurch die Kenntnisse in der Rechtschreibung nicht mehr wesentlich verbessert werden)
- stärkere Berücksichtigung von Aufgaben, bei denen es um Beschreibungen, Beobachtungen, selbständige Entdeckungen, Heimversuche oder auch ganz einfach um das Lesen und Bearbeiten ausgewählter Abschnitte des Lehrbuchtextes geht.

Anmerkung: Die im Text direkt oder indirekt genannten Beispiele sind nicht von uns erfunden. Sie stammen alle aus gängigen Lehrbüchern. Wir halten es jedoch hier für angebracht, auf die entsprechenden Quellenangaben zu verzichten.

(Anschrift der Verfasser: StD Dr. Helmut Dittman, Hans-Sachs-Gymnasium Nürnberg, Löbleinstr. 10, 8500 Nürnberg; StD Helmut Näpfel, Helene-Lange-Gymnasium Fürth, Tannenstr. 19, 8510 Fürth; Univ.-Prof. Dr. Werner B. Schneider, Physikalisches Institut – Didaktik der Physik, Universität Erlangen–Nürnberg, Staudtstr. 7, 8520 Erlangen)

Eingangsdatum: 1. 9. 1989

Literatur

- [1] Neunhöffer, M.: „Formulierungsprobleme bei Themen und Lösungen schriftlicher Wiederholungs- und Prüfungsaufgaben“. In: Der Physikunterricht Heft 2 (1967); „Physikunterricht und Sprach-erziehung“
- [2] Hahn, K.: „Methodik des Physikunterrichts“, Verlag Quelle und Meyer, Heidelberg 1955
- [3] „Objektivierte Verfahren der Lernkontrolle im Physikunterricht“. In: Der Physikunterricht Heft 2 (1970)