

5 Resümee

Lernen an Stationen ist eine viel versprechende Unterrichtsmethode für den Mathematikunterricht in allen Schulformen und in allen Schulstufen – eben auch in der Sekundarstufe II. Sie ermöglicht und fördert in besonders geeigneter Weise das selbstständige Lernen und eine schülergerechte Binnendifferenzierung. Auch in anderen Fächern wird die Methode zunehmend mit Gewinn eingesetzt [7]. Die Schwierigkeiten für einen häufigeren Unterrichtseinsatz liegen in der äußerst aufwendigen Erstellung der einzelnen Stationen und in dem organisatorischen Problem, einen geeigneten Raum in der Schule für längere Zeit entsprechend einzurichten. Andererseits liegt inzwischen eine Vielzahl geeigneter Materialien vor – wie z. B. der kostenlos zum Downloaden bereit stehende Stationszirkel »Ganzrationale Funktionen« [6] –, sodass ein Einsatz im alltäglichen Mathematikunterricht durchaus praktikabel ist.

Literatur

- [1] R. BAUER: Schülergerechtes Arbeiten in der Sekundarstufe I: Lernen an Stationen. – Berlin: Cornelsen 1997.
- [2] R. BAUER: Geometrische Körper 5. Schuljahr. Kopiervorlagen und Materialien. – Berlin: Cornelsen 1997.
- [3] R. BAUER: Lernen an Stationen. Neue Möglichkeiten schülerbezogenen und handlungsorientierten Lernens. – Pädagogik **50** (1998), Nr. 7–8, 25–27.
- [4] R. BAUER – J. MAURACH: Bruchrechnen 6. Schuljahr. Kopiervorlagen und Materialien. – Berlin: Cornelsen 1999.
- [5] S. EIGEL: Lernzirkel Mathematik 4.–6. Schuljahr. – Donauwörth: Ludwig Auer 2000.
- [6] I. GABRIEL – H. HESKE – M. TEIDELT – H. WESKER: Lernen an Stationen: Ganzrationale Funktionen. – Soest 2000. – <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/selma/foyer/projekte/dinslakenproj1/index.htm>
- [7] G. LEERHOFF – J. MÖLLERINNG – I. EILKS: Lernzirkel zur Behandlung der Stoffeigenschaften. – MNU **53** (2000), Nr. 4, 231–234.
- [8] D. LENORD: Einführung in die Untersuchung geometrischer Körper unter Einsatz der Unterrichtsmethode Lernen an Stationen. – Staatsexamensarbeit – Oberhausen 1999.
- [9] B. METZGER: Der Taschenrechner als Hilfsmittel 7.–8. Schuljahr. Kopiervorlagen und Materialien. – Berlin: Cornelsen 1998.
- [10] K. NEUHAUS: Körperberechnungen – eine Unterrichtsreihe unter Einsatz der Methode Lernen an Stationen. – Staatsexamensarbeit. – Oberhausen 1999.
- [11] M. PLENGE: Einführung der komplexen Zahlen unter Einsatz der Unterrichtsmethode Lernen an Stationen. – Staatsexamensarbeit. – Oberhausen 1999.
- [12] P.-M. RÜBSAM: Trigonometrie 10. Schuljahr. Kopiervorlagen und Materialien. – Berlin: Cornelsen 1999.
- [13] H. J. SCHMIDT: Lernzirkel: Der Satz des Pythagoras. – Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr 1999.
- [14] M. SCHULTE-RENTROP: Lernzirkel: Bruchrechnen aktiv. – Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr 1996.

Dr. HENNING HESKE, Am Kaisergarten 52, 46049 Oberhausen, henningo@t-online.de ist Mitherausgeber der Schulbuchreihe Zahlen und Größen. Er ist Lehrer an der Ernst-Barlach-Gesamtschule Dinslaken und Fachleiter Mathematik am Studienseminar SII Oberhausen. ■

JOSEF LEISEN

Qualitätssteigerung des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur

Es besteht dringender Bedarf zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Nicht nur das Gutachten zum BLK-Modellversuch »SINUS« kritisiert, dass das Potenzial von Aufgaben besonders in Erarbeitungs- und Übungsphasen nicht ausgeschöpft wird. Der Beitrag stellt eine abwechslungsreiche Sequenzierung des Unterrichts im Hinblick auf das Aufgabenlösen vor und klassifiziert beispielgebunden Aufgaben für eine derartige Sequenzierung.¹

1 Der Stellenwert des Aufgabenlösen im Bewusstsein der Physikdidaktik

Das BLK-Gutachten zum Modellversuch »SINUS« [1] hält dem naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland den Spiegel vor, indem festgestellt wird,

¹ Der Beitrag ist die gekürzte Fassung eines Vortrages auf der rheinland-pfälzischen MNU-Landestagung vom 20.10.–22.10.1999 in Speyer.

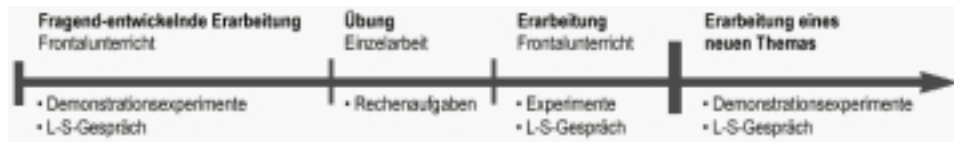


Abb. 1.



Abb. 2.

dass es um die Aufgabenkultur beim Erarbeiten, Üben und Wiederholen nicht besonders gut steht:

1. Bei der Erarbeitung des neuen Stoffs mangelt es an unterschiedlichen Vorgehensweisen und Lösungsmöglichkeiten. Im eng geführten fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch wird auf eine einzige Lösung oder Routine hin unterrichtet.
2. Dem Üben mangelt es an abwechslungsreichen Anwendungsaufgaben in variierenden Kontexten.
3. Das Wiederholen ist nicht hinreichend harmonisch in die Erarbeitung, Vertiefung und Übung des neuen Stoffs eingefügt.

Das Aufgabenlösen ist gegenüber der Erarbeitung unter verschiedenen Gesichtspunkten randständig. Die Erarbeitung steht im Zentrum des Unterrichts, ihr wird viel Vorbereitungs- und Unterrichtszeit gewidmet. Das Aufgabenlösen wird oft als lästiges Anhängsel und notwendiges Übel zur Vorbereitung der schriftlichen Leistungsmessung betrachtet. Dabei kann Aufgabenlösen doch mehr sein als Anhängsel zur Routinebildung, mehr sein als Instrument zur Festigung des Verstandenen und mehr als Beispielpool mit Verweischarakter auf die nächste Arbeit.

Die oben angemahnten Kennzeichen ins Positive gewendet ergeben ein Programm:

1. Bei der Erarbeitung von neuem Stoff werden Aufgabentypen und Problemstellungen zu Grunde gelegt, die unterschiedliche Zugangsweisen und Lösungswege ermöglichen und erschließen. Es ist das Ziel, Schüler auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus zu flexiblem physikalischen Denken anzuregen und Selbsttätigkeit und Kreativität zu fördern.
2. In den Übungsphasen ergänzen abwechslungsreiche Anwendungsaufgaben in variierenden Kontexten und Strukturen das bloße Training von Routineaufgaben. Sie dienen der Konsolidierung und Flexibilisierung des Wissens und ermöglichen die innere Differenzierung und die Diagnose individueller Schwierigkeiten.
3. Die Wiederholung zurückliegender Inhalte wird systematisch und kontinuierlich in die Erarbeitung, Konsolidierung und Übung des neuen Stoffes integriert. Dadurch soll ein Grundbestand an Wissen

und Kompetenzen dauerhaft gesichert und zurückliegender Unterrichtsstoff mit den jeweils neuen Inhalten verknüpft werden.

Dem Programm möchte wohl jeder zustimmen, bleibt allein die Frage, welche Aufgaben das wohl zu leisten vermögen. Dabei muss man erkennen, dass es nicht ausschließlich eine Angelegenheit der passenden Aufgaben ist. Vielmehr muss das Verhältnis von Erarbeitung, Übung und Wiederholung im Kontext der Unterrichtssequenzen neu angegangen werden. Die gängige Sequenzierung des Unterrichts zeigt der Ablauf auf der Zeitachse in Abbildung 1.

Der Erarbeitung wird sehr viel Zeit gewidmet. Die sich anschließende Übung folgt der Struktur der Erarbeitung und übt die Sachverhalte mittels Rechenaufgaben zum Zweck der Routinebildung ein. Eine weitere Erarbeitungsphase vertieft und erweitert den Stoff. Es dominieren Lehrer-Schüler-Gespräche mit ergänzenden Experimenten. Nach Abschluss des Themas wird meistens ohne Wiederholung ein neues Themengebiet angegangen.

Zukünftig wünscht man sich als Konsequenzen aus der Expertise eine abwechslungsreichere Sequenzierung des Unterrichts (Abb. 2). Nach einer ersten Information wird der neue Stoff bereits auf elementarer Basis mittels einfacher Rechenaufgaben, Einsetzaufgaben und Zeichenaufgaben eingeübt. In einer anschließenden kurzen Erarbeitungsphase unter Einbezug von Experimenten wird im Lehrer-Schüler-Gespräch neuer Stoff erarbeitet. In komplexeren Aufgaben mit Kontextbezügen wird dieser anschließend eingeübt. Eine nachfolgende Erarbeitungsphase, gegebenenfalls in Gruppenarbeit, mündet in komplexe Aufgaben und Anwendungen. Wiederholungsübungen werfen den Blick zurück und Strukturierungen bereiten zukünftiges Lernen vor.

Der Stellenwert des AufgabenlöSENS muss somit neu gesehen werden. Das Aufgabenlösen kann nicht nur in der Vertiefungsphase, sondern auch in den anderen Phasen des Unterrichts stärker genutzt werden. Man sollte den traditionellen, auf Demonstrationsexperimenten aufbauenden, fragend-entwickelnden Unterricht nur auf die Einführung der wenigen grundlegenden Begriffe und Gesetze beschränken, die beim Lösen von Aufgaben immer wieder benötigt werden. Das

Aufgabenlösen wird dann Bestandteil der Erarbeitung und erhält damit auch innerhalb des unterrichtlichen Geschehens einen andern Platz. Die Erfahrung lehrt doch, dass mit einer noch so guten einmaligen Erarbeitung die Sachverhalte keinesfalls umfassend verstanden sind. Vielmehr zeigt die Unterrichtserfahrung, dass sich das Verständnis erst nach einer angemessenen Zeit der Beschäftigung und Vertrautheit allmählich einstellt. Bei dem sich allmählichen Einstellen von Verstehen, spielt das Aufgabenlösen eine wichtige Rolle. Ausgehend von der Frage, wie stark das Problemlösen geleitet oder selbstständig sein sollte, gibt es zur Methodik des Aufgaben- und Problemlösens neue Denkansätze. Dem Durcharbeiten von Aufgaben mit Musterlösungen wird heutzutage wieder größere Effizienz bescheinigt.

»Das Durcharbeiten solcher Aufgabensequenzen mit vorgegebenen Lösungen oder Lösungshinweisen sollte einen ökonomischeren und motivierenderen Weg zur Entwicklung von Problemlösekompetenz darstellen, als wenn man von vornherein auf möglichst weitgehende Selbsttätigkeit beim Problemlösen setzt. Der Weg zur Expertise im Problemlösen führt den bisherigen Erkenntnissen zufolge immer über Routineexpertise, die auf Problemschemata basiert. Die Förderung nicht-routinierter Problemlösens, die man alternativ erwägen könnte, kommt bislang kaum in Betracht, da nicht-routiniertes Problemlösen bei Anfängern deutlich anders strukturiert ist als bei Experten und bislang noch nicht hinreichend geklärt ist, wie nicht-routiniertes Problemlösen bei Experten verläuft.« [2]

Auch die Unterrichtserfahrung zeigt gute Resultate mit dem Bearbeiten gelöster Beispielaufgaben. Anfangs darf man beim selbstständigen Problemlösen nur geringe Transferanforderungen stellen. Schrittweise kann man den Grad der Selbstständigkeit erhöhen. So bieten sich Aufgaben mit abgestuften Lernhilfen an.

2 Klassifikation von Aufgaben für eine Unterrichtssequenzierung

2.1 Rechenaufgaben – Einsetzaufgaben

Diese Gruppe einfacher Aufgaben soll Sicherheit in Gesetzen, Einheiten, Formeln und Begriffen herstellen. Es gilt das Prinzip der Isolation von Schwierigkeiten. Dementsprechend kurz und einfach sind die entsprechenden Aufgaben. Schüler bedürfen einer angemessenen Phase der Beschäftigung mit dem neuen Stoff. Somit wird erst die Bereitschaft und Basis für weitergehendes Arbeiten gelegt.

Aufgabe 1

Ein Auto mit der Masse 920 kg benötigt 22 s, um die Geschwindigkeit 80 km/h zu erreichen.

- Berechne die Beschleunigung unter der Annahme, dass es sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung handelt.
- Berechne die mittlere Kraft des Motors.

Lösung Aufgabe 1

a) $80 \text{ km/h} = 80000 \text{ m}/3600 \text{ s} \approx 22 \text{ m/s}$

Aus $v = a \cdot t$ folgt $a = v/t \approx (22 \text{ m/s})/22 \text{ s} = 1 \text{ m/s}^2$

b) $F = m \cdot a = 920 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 920 \text{ N}$

2.2 Zeichen- und Denkaufgaben

Durch Zeichen- und Denkaufgaben, wird ein Gefühl für Größenordnungen und ein Verständnis für Einflussgrößen und Zusammenhänge geschaffen. Diese Aufgaben sind meist kurz in der Lösung bieten sich zur raschen Bearbeitung an.

Aufgabe 2

Ein springender Ball vollführt folgende Bewegung (Abb. 3). Zeichne in das Situationsbild an den Stellen A, B, C die wesentlich wirkenden Kräfte ein.

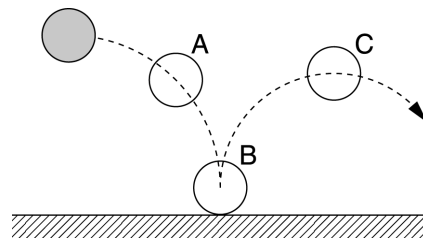


Abb. 3.

Lösung Aufgabe 2

An den Stellen A und C wirkt nur die Gravitationskraft (Abb. 4).

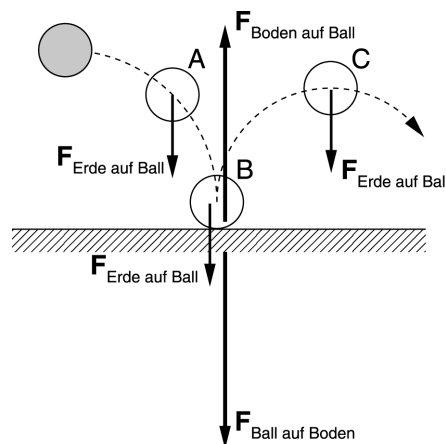


Abb. 4.

2.3 Komplexere Rechenaufgaben und Pseudo-Anwendungsaufgaben

Komplexere Rechenaufgaben fördern die vertikale Vernetzung innerhalb eines engen Fachgebietes und erhöhen die Sicherheit im Umgang mit Gesetzen, Einheiten und Formeln. Viele Anwendungsaufgaben entpuppen sich nicht als solche, wenn die Einkleidung der Aufgabe lediglich um einen Rechenkern herumgelegt ist. Diese sind bestenfalls als erweiterte Rechenaufgaben zu betrachten.

Aufgabe 3

Ein Auto fährt mit 60 km/h gegen ein Hindernis und wird plötzlich zum Stehen gebracht. Der Fahrer ist angegurtert. Der Gurt dehnt sich und bringt den Oberkörper des Fahrers auf der Strecke von 30 cm zur Ruhe.

- a) Welche durchschnittliche Beschleunigung erfährt der Oberkörper des Fahrers?
- b) Mit welcher Kraft wirkt der Gurt auf den Oberkörper mit der Masse 50 kg?
- c) Warum darf sich der Gurt nach der Dehnung nicht wie eine Feder zusammenziehen?

Lösung Aufgabe 3

- a) $60 \text{ km/h} = 60000 \text{ m}/3600 \text{ s} \approx 16,7 \text{ m/s}$
Aus $s = 1/2 \cdot a \cdot t^2$ und $v = a \cdot t$ folgt $a = v^2/2s = 463 \text{ m/s}^2$
- b) $F = m \cdot a = 50 \text{ kg} \cdot 463 \text{ m/s}^2 = 23150 \text{ N}$
- c) Beim Zusammenziehen nach dem Aufprall würde erneut eine Kraft wirken.

2.4 Anwendungsaufgaben und Kontextaufgaben

Echte Anwendungsaufgaben stehen in einem realitätsbezogenen Kontext, greifen auf authentisches Material zurück und verwenden reale Daten. Diese Aufgaben können sowohl in der Erarbeitungsphase als auch in einer Übungsphase eingesetzt werden. Lehrerhilfe ist meistens erforderlich. Arbeitsteiliges Bearbeiten bietet sich ebenso an wie die Bearbeitung in Gruppen.

Aufgabe 4

Fahrschulregel: Bremsweg = (Tacho/10)²

Frage: Ist diese Regel richtig, wenn für die Bodenbeläge folgende Bremsverzögerungen gelten?

Belag	Bremsverzögerung
trocken	8 m/s ²
nass	4 m/s ²
Schnee	2 m/s ²
Eis	1 m/s ²

Lösung Aufgabe 4

Fahrschulregel: Bremsweg = (Tacho/10)² = (Tacho)²/100

Anhalteweg = Reaktionsweg + Bremsweg

$$s_A = v_0 \cdot t_A + v_0 \cdot t_B - 1/2 \cdot a \cdot t_B^2$$

Frage: Wie ist der s_B-v₀-Zusammenhang?

Bremszeit berechnen:

Aus $v_A = 0 = v_0 - a \cdot t_B$ folgt $t_B = v_0/a$

eingesetzt: $s_B = v_0 \cdot t_B - 1/2 \cdot a \cdot t_B^2 = v_0^2/a - 1/2 \cdot a \cdot v_0^2/a^2 = v_0^2/2a$

Überprüfung der Regel: Wenn die Regel stimmt, dann müsste 2a größer gleich 100 sein, wobei in der Fahrschulregel 100 in (km/h)² gemessen wird. Die Beschleunigung der Tabelle muss man in (km/h)² umrechnen und erhält:

$$2a = 2 \cdot 3,6^2 \cdot a > 100, \text{ oder } a > 100/26 \approx 4$$

Für nasse Straßen gilt die Fahrschulregel. Für trockene Straßen ist der mit der Fahrschulregel errechnete Wert des Bremsweges zu lang, was vernünftig ist.

2.5 Experiment in Gruppenarbeit

Schülerexperimente oder Miniexperimente können leicht zu Übungszwecken herangezogen werden. Die

Parametervariation bei Modellbildungsaufgaben stellt zwar hohe Ansprüche, ist aber ein ausgezeichnetes Mittel zu Einübung des Umgang mit funktionalen Zusammenhängen und Systembedingungen.

Experiment in Gruppenarbeit (Aufgabe 5)

Die mittlere Kraft eines Fußballs beim Aufprall eines Elfmeter-Abschusses soll in Gruppenarbeit experimentell ermittelt werden.

Methode

Ein Fußball wird in einen wassergefüllten Eimer eingetaucht und aus der Entfernung von elf Metern gegen eine Wand geschossen. Dort hinterlässt er einen Wasserfleck. Aus dessen Durchmesser, dem Durchmesser des Balles, dessen Masse und der Flugzeit kann man die mittlere Kraft berechnen.

Folgende Idealisierungen sind erforderlich:

- Die Form des auftreffenden Balles ist im Querschnitt ein Kreisabschnitt.
- Der Ball gehorcht beim Zusammendrücken dem Hooke'schen Gesetz.
- Die momentane Kraft ist gleich der mittleren Kraft.

Herleitung

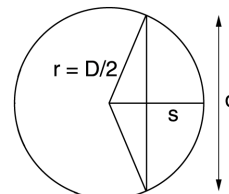


Abb. 5.

- Pythagoras:
 $r^2 = (r - s)^2 + (d/2)^2$
 $r^2 = r^2 - 2rs + s^2 + (d/2)^2$
 $s^2 - 2rs + (d/2)^2 = 0$
 $s = r - [r^2 - (d/2)^2]^{1/2} = D/2 - [(D/2)^2 - (d/2)^2]^{1/2}$
- Energiesatz: $1/2 \cdot m \cdot v^2 = 1/2 \cdot k \cdot s^2$ Also: $k = m \cdot v^2/s^2$
- Hooke'sches Gesetz: $F_{\text{max}} = k \cdot s = m \cdot v^2/s$
- mittlere Kraft: $F = m \cdot a = m \cdot v^2/s$

Berechnung

- m =
- t =
- D =
- d =

2.6 Strukturierungs- und Wiederholungsübungen

Wiederholungen sollten den zurückliegenden Unterricht nicht im Zeitraffertempo nochmals durchlaufen, sondern das Gelernte aus einer neuen Sicht heraus betrachten und dabei Wert auf das Herausarbeiten von Strukturen legen. Wiederholungsaufgaben werfen den Blick zurück, sind in ihrer Strukturierung gleichzeitig auf das Zukünftige hin ausgerichtet.

Aufgabe 6

Erstelle mittels der vorgegebenen Kärtchen eine Begriffsstruktur zur Mechanik.

(Eine Lösung wird in Abbildung 6 gezeigt.)

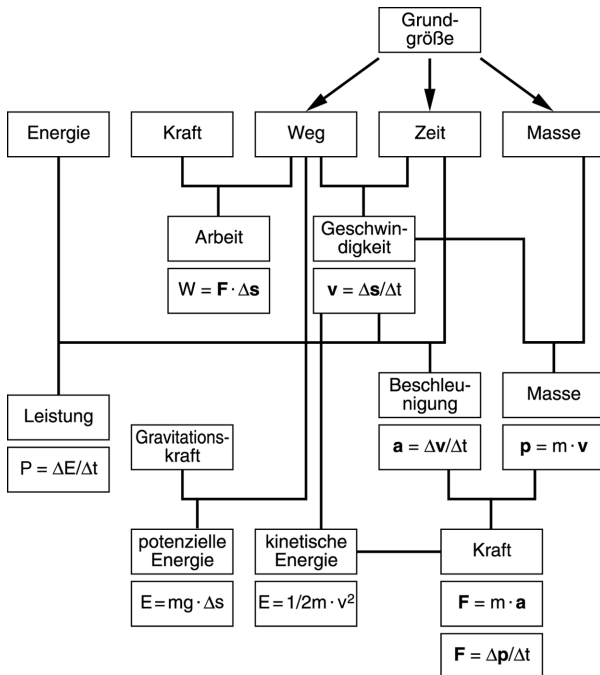


Abb. 6. Begriffsnetz zur Mechanik

Literatur

- [1] BUND-LÄNDER-KOMMISSION FÜR BILDUNGSPLANUNG UND FORSCHUNGSFÖRDERUNG (Hrsg.): Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«. Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung, Heft 60. – Bonn: BLK 1997.
- [2] P. REINHOLD – G. LIND – G. FRIEGE: Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 5 (1999) Nr. 1, 41–62.

OStD JOSEF LEISEN, Peter-Joseph-Rottmann-Straße 22, 56077 Koblenz, odsleis@uni-koblenz.de, Leiter des Staatlichen Studienseminars für das Lehramt an Gymnasien, vormals Fachleiter für Physik am Studienseminar, Lehrauftrag für Didaktik der Physik an der Universität Mainz, Leiter der Lehrplankommission Physik Sek. II in Rheinland Pfalz.

ANSGAR ARMBRUST

Physikaufgaben und -informationen aus der Zeitung

Pressenachrichten und -reportagen als Quellen und Medien für einen anwendungsbezogenen und alltagsorientierten Physikunterricht

In vielen Fächern ist die Verwendung aktuellen Zeitungsmaterials Standard. Auch zu physikalischen Themen lassen sich vielfach aktuelle Meldungen und Berichte ausfindig machen und in den Unterricht integrieren, vor allem aus spezifisch wissenschaftlich ausgerichteten Magazinen und Zeitungsressorts. Im Folgenden sollen an Beispielen aus der eigentlich »nicht-physikalischen Berichterstattung« die Integration allgemein-informativer Artikel in den Mechanikunterricht angeregt werden.

Der Schock aus den Ergebnissen der TIMS-Studie sitzt immer noch tief, und auch die Nachrichten über die Bildung und Erziehung des wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses für unsere heranreifende Informations- und Technikgesellschaft sind meistens wenig erbaulich. Wie die meisten Bildungsminister – und damit auch die Lehrpläne als gesetzliche Rahmenbedingungen für den Unterricht – ruft man immer stärker nach einem anwendungsorientierten und alltagsbe-

zogenen Unterricht, der sich erfreulicherweise in den meisten Schulbüchern – und damit auch in den Schulen – weitgehend durchgesetzt hat.

Doch warum sollte man nicht bei der Unterrichtskonzeption auch die Mittel heranziehen, die meist mehr auf Missstände im Bildungssystem und Unterricht der deutschen Schulen hinweisen: die Medien, liefern sie doch – vielleicht manchmal mehr unbewusst und ungewollt – manche wertvolle Information, die sich in den Physikunterricht integrieren lässt, sei es als zusätzliche Information oder sogar als Quelle für Physikaufgaben »aus der Zeitung«; eine Methode, die in vielen anderen Fächern selbstverständlich genutzt wird. Da der Oberstufen-Lehrplan z. B. des Bundeslandes Rheinland-Pfalz als Wahlpflichtthemen für die Jahrgangsstufe 11 unter anderem »Physik und Verkehr« und »Physik und Sport« vorsieht, lag eine entsprechende verstärkte kritische Sicht aus dem Blickwinkel der Mechanik in die Tageszeitung und die bekannten