

Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? – Sprache und Physikunterricht

von Josef Leisen

erschienen in: *Unterricht Physik 3*(2005), S. 4-9

Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten?

Es ist immer das gleiche Spiel: In einer Untersuchung wird festgestellt, dass die heutigen Schüler dieses oder jenes nicht mehr können – z. B. Kopfrechnen, Textverstehen oder Umgangsformen – und die erste Reaktion der Öffentlichkeit und der Politik lautet: Die Schule muss mehr tun. Lehrerinnen und Lehrer wissen, dass Schule damit überfordert ist und dass jeder Weg zu Verbesserungen langwierig und mühsam ist. Die Antwort auf die Frage *Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten?* ist ein eindeutiges und klares *Nein*. Physiklehrkräfte unterrichten Physik und nicht die deutsche Sprache. Physik wird allerdings in deutscher Sprache unterrichtet und insofern ist jeder Physikunterricht auch Sprachunterricht. Kein Physikunterricht kommt an dem Thema Sprache im Physikunterricht vorbei. Ohne Sprache kein Physikunterricht! Sprache ermöglicht erst das Lehren und Lernen der Physik.

Was hat denn Sprache mit Physik zu tun?

Stellen Sie sich in einem Gedankenexperiment die Physik ganz ohne gesprochene und geschriebene Sprache vor. Wenn man Physik ausschließlich in mathematischer Symbolik (Formeln) und graphisch – gewissermaßen in einer überdimensionalen Formelsammlung - darstellt, so können Experten mit dieser „sprachlosen“ Darstellungsform etwas anfangen nicht jedoch diejenigen, die noch auf dem Weg zur Physik sind. Physik ohne Sprache ist bestenfalls etwas für den sozialisierten Experten.

Heisenberg - zweifellos ein Experte in Sachen Physik - sagt: *„Physik entsteht im Gespräch“*. Aber nicht nur Physik, auch das Physiklernen entsteht im Gespräch. Allein aus diesem Grunde muss der Physikunterricht konsequent kommunikativ und diskursiv angelegt und gestaltet sein. Wir lernen also Physik in der Sprache und mit der Sprache. Folglich sind Sprachlernen und Physiklernen untrennbar miteinander verbunden. Physikerwerb ist gleichzeitig Spracherwerb und Sprachvermittlung. Sprache im Physikunterricht ist nicht vor der Physik da, ist ihr auch nicht nachgängig, sondern beides entwickelt sich gleichzeitig. *Sprache im Unterricht ist wie ein Werkzeug, das man gebraucht, während man es noch schmiedet*. Kommunizieren über Physik und Kommunizieren-Lernen in der Physik fallen zusammen.

Eine gängige Auffassung sagt: Sprache ist dazu da, um Inhalte zu transportieren. Sprache ist in dieser Weise ein „Transportmittel“ für Inhalte. Nach neurophysiologischen und lernpsychologischen Erkenntnissen ist diese Auffassung allerdings falsch, weil außer sinnlosen Signalen nichts in den Kopf des Schülers „transportiert“ werden kann. Der Schüler selbst muss die Bedeutungen der Signale und die semantischen Strukturen in seinem eigenen Kopf konstruieren. Sprache ist dazu ein wichtiges Konstruktionsmittel, aber kein Transportmittel.

Sprache ist nicht vor den Inhalten – gewissermaßen auf Abruf da, sondern wächst gleichzeitig mit dem Lernen der Fachinhalte. Insofern kann man Fach und Sprache nicht voneinander

trennen, weder fachdidaktisch, noch sprachdidaktisch, noch lernpsychologisch. Dann müssen Fachinhalte und Sprache aber auch gleichzeitig gelehrt und gelernt werden. Die Kommunikation bindet die Gesprächspartner aneinander, wie zwei Spieler, die einander Sprechblasen zuwerfen und keine darf herunterfallen, weil damit das Spiel unterbrochen wird.

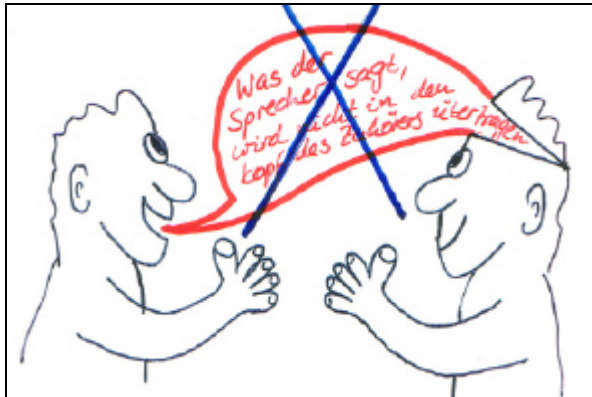


Abb. 1: Sprache ist kein Transportmittel

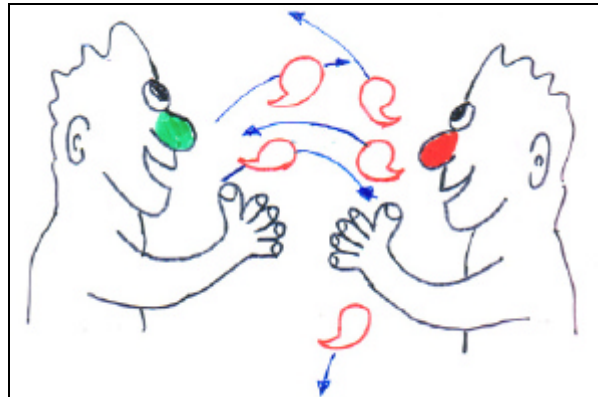


Abb. 2: Sprache als Sprachspiel

Wie wird im deutschen Physikunterricht kommuniziert und gesprochen?

Das Physiklernen als kommunikativer Prozess findet in Deutschland seinen Ausdruck in dem weit verbreiteten fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch. Diese Unterrichtsform ist in keinem andern Land so ausgeprägt wie in Deutschland (vgl. [4]). Der Physikunterricht in Deutschland läuft nach folgender - überzeichneter - Choreografie ab: Der Lehrer macht Experimente, stellt Phänomene vor und erarbeitet im fragend-entwickelnden Stil. Am Ende eines langen und mühsamen, oft quälend-öden Unterrichtsgesprächs gibt endlich ein Schüler dem Lehrer die lang ersehnten Stichworte, um ruckzuck eine Definition oder einen Merksatz an die Tafel zu bringen. Erleichtert atmet der Lehrer auf, und umrahmt mit roter Kreide den Satz, wendet sich den Schülern zu und in einer Mischung aus Erleichterung und Erschöpfung kommt ihm ein „So!“ über die Lippen. Die Schüler fragen mit gelangweilter Erleichterung: „Sollen wir das abschreiben?“ Das Rot-Umrahmen ist der finale Akt des sprachlichen „Einsargens“ im Physikunterricht. Kaum abgeschrieben folgt vom Lehrer: „So, und jetzt wenden wir das an!“

Was geschieht hier? „Eine mühsam errungene Erkenntnis, sinkt herab zu einer Definition.“ (Walter Jung). Die Erkenntnis, der physikalische Denkprozess und der sprachliche Ausschärfungs- bzw. Aushandlungsprozess werden entwürdigt und erniedrigt. Da werden Prioritäten falsch gesetzt. Der Lehrer misst dem sprachlichen Einsargen die prioritäre Bedeutung zu. „Soll ich denn auf sprachliche Präzision verzichten? Soll ich denn nichts anschreiben? Es muss doch mal exakt und lernbar aufgeschrieben werden!“ fragt der Lehrer empört zurück. Nein, es gibt keine Einwände gegen den roten Kasten, aber welche gegen die Entwürdigung. Was läuft hier verquert?

- ? Der Lehrer steuert die Definition direkt an, fachlich und sprachlich.
- ? Er geht den Erkenntnisprozess ergebnisorientiert und nicht prozessorientiert an.
- ? Er bereitet in der Planung einen einzigen Denk- und Erkenntnisweg vor und gibt genau diesen in der Stunde zum Denken frei.
- ? Er bindet die Schüler nur scheinbar ein und verliert zu viele von ihnen auf dem Weg.
- ? Der Lehrer achtet nicht genügend auf die verschiedenen Sprachen die er, seine Schüler und die Bücher bzw. Medien benutzen.

- ? Er versteht Sprache primär als Zeichensystem und nicht als ein Instrument zum Aushandeln einer gemeinsamen Sprache (Physiklernen als Sprachspiel).
- ? Er reflektiert nicht mit den Schülern das Phänomen des sprachlichen Aushandelns (Metareflexion).

Diese genannten Merkmale hindern daran, Sprache als konstruktives Element des Physiklernens zu nutzen. Dass Physiklehrer in Deutschland diese Gelegenheiten zu wenig nutzen, hat mehrere Gründe. Lehrkräfte in Deutschland können sich nur schwer von den in der Ausbildung gelernten Unterrichtschoreografien lösen. Die Schulbücher verführen zum begrifflichen Einsargen und zur Missachtung der Erkenntnis, dass Begriffsverstehen und Begriffslernen ein mühsamer, zyklischer Prozess des sprachlichen und konzeptionellen Schleifens ist. Drei Beispiele für Begriffseinführungen aus gängigen deutschen Schulbüchern:

Kräfte lassen sich nur durch ihre Wirkungen erkennen: Kräfte können einen Körper verformen, seine Geschwindigkeit vergrößern oder verkleinern, seine Bewegungsrichtung ändern. ([1], S. 159)

Druck kennzeichnet den Zustand einer Flüssigkeit. Er macht sich durch Kräfte senkrecht zu den Begrenzungsflächen der Flüssigkeit bemerkbar. ([1], S.179)
Der Quotient F/A ist ein Maß für den Druck p . Man definiert: Druck = Kraft/Fläche bzw. $p=F/A$. ([1], S. 180)

Die elektrische **Spannung** ist ein Kennzeichen einer elektrischen Quelle. Die elektrische Spannung bestimmt, zusammen mit dem angeschlossenen Gerät, die Stromstärke im Stromkreis. ([1], S. 111)

Alle drei eingerahmten „Definitionen“ sind die Zusammenfassung vorangegangener Überlegungen und haben dasselbe Schicksal: Durch die Einrahmung entkoppeln und isolieren sich die Begriffe vom vorangegangenen Kontext und laufen Gefahr sprachlich und konzeptionell nicht mehr verstanden zu werden. Aus ihren Unterrichtserfahrungen mit diesen Begriffen wissen die Lehrkräfte:

- ? Das Denkkonzept der „Wechselwirkung von Kräften“ wird von den Schülern nicht mit dem adäquaten Sprachkonzept „... *eine Kraft wirkt auf* ...“ dauerhaft in Verbindung gebracht. Die newtonsche Brille der Wechselwirkung wird von den Schülern nicht aufgesetzt, sondern schnell wieder durch die aristotelische Brille des „Kraft-Habens“ ausgetauscht. Das Beispiel in Abb. 3 zeigt, wie das sprachliche Aushandeln zur Festigung des Wechselwirkungskonzeptes unterstützend benutzt werden kann, ohne dass das Problem damit alleine lösbar ist. Rincke unterbreitet in diesem Heft ([7], S. xx) unterrichtliche Vorschläge zu einem fachsprachenorientierten Zugang zum Kraftbegriff.
- ? Im Unterricht reden die Schüler vom Druck und meinen die Kraft oder umgekehrt. Die sprachliche Erklärung des Druckbegriffs erhellt nicht, sondern schafft erst begriffliche Unsicherheiten, getreu nach dem was Augustinus über die Zeit sagt: „Bevor ich darüber nachdachte, wusste ich was es ist.“
- ? Im Unterrichtsgespräch bieten die Schüler dem Lehrer den Begriff „Strom-Spannung“ an und hoffen darauf, dass sich der Lehrer schon das richtige herausucht, nämlich mal den „Strom“ und mal die „Spannung“. Das ist ein Indiz dafür, dass die Schüler unsicher sind und sie die Größen nicht in ihrem Beziehungsgeflecht zueinander verstanden haben. Der Grund könnte darin liegen, dass der elektrische Stromkreis nicht systemisch, nämlich immer in der Einheit „Antrieb-Widerstand-Fluss“ angegangen wird, sondern in additiven Teilkonzepten, eins für die Spannung, eins für die Ströme, eins für den Widerstand. Diese

kann der Schüler gedanklich nicht eigenständig zusammenfügen. Wie soll er sprachlich zurechtkommen mit Sprachverwendungen zur Spannung „eine Spannung herrscht zwischen .., eine Spannung liegt an ..., die (anliegende) Spannung (zwischen) beträgt ..., der Generator erzeugt eine Spannung von ...“, wenn er das Konzept nicht als Einheit von Anfang an gelernt hat?

Bei der Frage, wie Schüler Begriffe lernen, weist Muckenfuß ([2], S. 248) treffend darauf hin, dass kein Begriff, keine Aussage präziser verstanden werden kann, als es die individuelle Denkstruktur zulässt. Die Bedeutung des Begriffs konstruiert sich jeder Schüler individuell im Rahmen seiner eigenen Denkstruktur. So ist die Vagheit der Alltagssprache die Voraussetzung für Verstehen. „Begriffe, die in dem Sinne ‚präzise‘ sind, dass ihnen nur eine scharf umrissene Bedeutung zugeordnet werden darf, sind für den Lernprozess von geringem Wert, weil sie subjektiv keine neuen Inhalte konstituieren, sondern nur bereits Bekanntes ordnen oder aber nicht verstanden werden“ ([2], S. 250). Exakte Begriffe sind nicht für das Verstehen gedacht, sondern für das Verstandene. Das Verstandene ist aber nichts, was einmal dauerhaft im Gehirn abgespeichert ist, sondern ist etwas, das immer wieder neu rekonstruiert werden muss. Das Rot-Umrahmte gerät zwangsläufig in eine Zwickmühle: Es ist Ausdruck des Verstandenen, das sich von der Genese des Verstehens abgelöst hat, aber implizit dieser Genese bedarf, damit das Gefühl des Verstehens aufkommen kann.

Zusammengefasst: Vage Formulierungen begleiten den Prozess des Verstehens, exakte Formulierungen taugen für das bereits Verstandene.

Die genannten Beispiele zeigen, dass Begriffe theoriegeladen sind (vgl. auch [2], S. 260), d.h. sie sind in ein Netz theoretischer Zusammenhänge eingebunden und können daraus nicht heraus gelöst werden. Das Lernen von Begriffen ist somit immer das Lernen von Begriffsnetzen und des zugehörigen Theorierahmens. Damit ist eine Teilantwort auf die folgende Frage gegeben.

Wo liegen denn die Schwierigkeiten mit der Sprache im Physikunterricht?

Ein Teil der Schwierigkeiten liegt darin, dass der Theorierahmen und das verbundene Begriffsnetz zu komplex und zu abstrakt sind. Diese Schwierigkeiten sind fachdidaktisch bedingt und somit sind zunächst fachdidaktische und keine sprachdidaktischen Lösungen gefordert. Die Physikdidaktik muss den Theorierahmen und das Begriffsgefüge so stricken, dass sie lehr- und lernbar werden.

Beispielsweise können Energie und Entropie als fundamentale naturwissenschaftliche Größen nicht im Sinne einer Rückführung auf andere Größen definiert werden. Definitionsversuche, die in Schulbüchern zu finden sind, wie z.B. „Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten“, führen in eine Verstehenssackgasse. Fundamentale Größen wie die Energie werden nur dadurch begreiflich, dass man klarmacht, welche verschiedenen Phänomene sie zusammenfassen und wie sie das tun. Dabei werden Gemeinsamkeiten und Regeln sichtbar. Die Energie ist ein Band, das eine Abhängigkeit zwischen allen Naturerscheinungen erkennen lässt und somit die Vorgänge in der Welt ordnet. Energie ist eine mengenartige Größe, die bilanzierbar ist und die weder erzeugt noch vernichtet werden kann (Erhaltungsgröße). Lernpsychologisch ist das von großem Vorteil, weil man sich somit eine mengenartige Vorstellung machen kann und dass man darüber in der „Haben-Sprache“ sprechen kann, im Gegensatz zum Kraftbegriff. Ähnliches gilt für andere mengenartige Größen, wie die Entropie, den Impuls und die elektrische Ladung.

Ein anderer Teil der Schwierigkeiten mit der Sprache im Physikunterricht liegt in den Sprachphänomenen und hat sprachdidaktische Gründe. Aus Untersuchungen, z.B. [3], S. 152-163 ist bekannt:

- ? In einer Unterrichtsstunde treten etwa 9 neue Fachbegriffe auf
- ? (Ältere) Physikbücher enthalten etwa 1500 bis 2000 verschiedene Fachbegriffe
- ? In einem üblichen Schulbuchtext ist etwa jedes 6. Wort ein Fachbegriff und jedes 25. Wort ein neuer Fachbegriff.
- ? Rund 50% der Fachbegriffe werden im Buch nur einmal benutzt
- ? In einer naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunde begegnen dem Schüler mehr neue Begriffe als im fremdsprachlichen Unterricht neue Vokabeln.

Die Sprache im Physikunterricht unterscheidet sich von der Alltagssprache durch die Häufigkeit, mit der gewisse syntaktische und morphologische Strukturen vorkommen, die Schwierigkeiten im Verständnis und in der Verwendung bereiten, etwa der nominale Stil mit bevorzugten unpersönlichen Konstruktionen, häufig im Passiv, die erweiterten Nominalphrasen, die verkürzten Nebensatzkonstruktionen, usw. (vgl. Exkurs).

Diese sprachlichen Hürden sind oft vermeidbar und neuere Schulbücher haben vieles davon im Blick. Welche positiven Effekte eine veränderte Fachsprache bewirkt, ist von Starauschek [5] überzeugend untersucht worden. Schüler lobten danach die Verständlichkeit des Buches zum Karlsruher Physikkurs und sie benutzen ihr Lehrbuch häufiger als traditionell unterrichtete Schüler. Dem Karlsruher Physikkurs [6] liegt eine andere Struktur zu Grunde und er benutzt eine entrümpelte, einfachere und schülergemäße Sprache.

Es ist nun keinesfalls so, dass im Physikunterricht nur eine Sprache gesprochen wird, sondern es sind deren mehrere. Für die Lernenden ist dies oft verwirrend: „Mal besteht unser Lehrer darauf, dass ich es exakt und ganz genau ausdrücke, mal ist er damit zufrieden, wenn ich es so ungefähr sage.“ Erfahrungsgemäß sind Schüler sehr dankbar dafür, wenn ihnen erklärt wird, „wann man wie reden darf und muss“. Dazu ist es notwendig, zu wissen, welche Sprachen im Physikunterricht zur Anwendung kommen.

Welche Sprachen werden im Physikunterricht gesprochen?

Ein Blick in ein Physikbuch zeigt, dass im Unterricht verschiedene „Sprachen“ i. S. von Darstellungen benutzt werden.

Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen

VERSUCHE

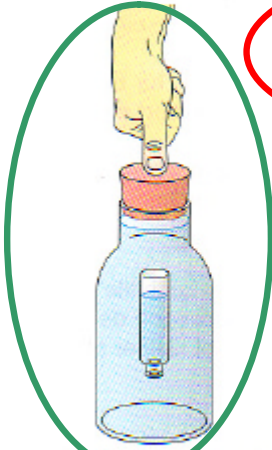
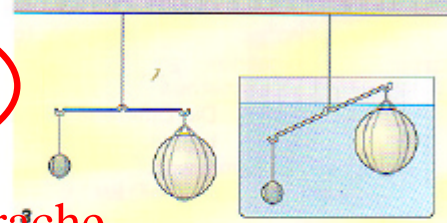
① Einen Nichtschwimmer kannst du mit einer Hand halten, wenn er sich dabei flach im Wasser ausstreckt. Außerhalb des Wassers wird dir das nicht gelingen. Die Person erscheint im Wasser leichter.

③ Zwei Körper gleicher Masse, aber aus unterschiedlichem Stoff, sind nicht mehr im Gleichgewicht, wenn man sie in Wasser eintaucht (Abb. ► 3).

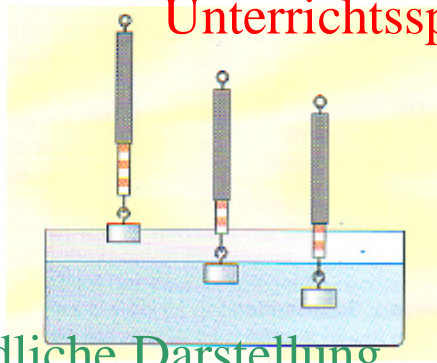
Alltagssprache

② Miß die Gewichtskraft von Quadern gleicher Größe aus Messing, Eisen und Aluminium außerhalb von Wasser und bei ganz eingetauchtem Quader (Abb. ► 1). Die Differenz der Kräfte ist für jeden dieser Körper gleich.

Unterrichtssprache

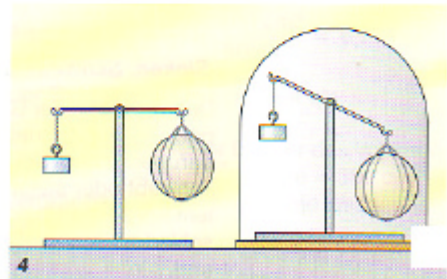


2 Durch Druck auf den Stöpsel kann man das teilweise mit Luft gefüllte Fläschchen sinken, schweben oder aufsteigen lassen.



② Wiederhole den ersten Versuch mit Knetmasse. Verforme den Körper und wiederhole die Messungen. Die Form des Körpers beeinflusst das Ergebnis nicht.

④ Zwei Körper mit deutlich unterschiedlichem Volumen (Abb. ► 4) werden in Luft ins Gleichgewicht gebracht. Bringt man sie unter eine Glasglocke und pumpt Luft ab, so geht das Gleichgewicht verloren.



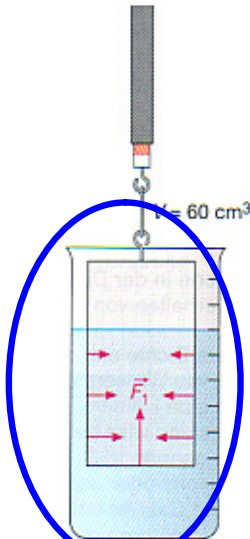
bildliche Darstellung

Die Auftriebskraft

Ein Stein läßt sich im Wasser leichter als in der Luft tragen. Ganz allgemein beobachtet man:

Taucht ein Körper in eine Flüssigkeit ein, so wird seine Gewichtskraft scheinbar kleiner. Diese Erscheinung nennt man **Auftrieb**. Der Auftrieb entsteht durch den Schweredruck:

Taucht z. B. ein Quader teilweise in eine Flüssigkeit ein (Abb. ► 5), so ruft der Schweredruck p an der Unterseite des Quaders eine Kraft $F = p \cdot A$ hervor. Die Kraft ist nach oben, gegen die Gewichtskraft gerichtet. Sie heißt **Auftriebskraft** F_A . Der Kraftmesser zeigt eine um den Betrag der Auftriebskraft verringerte Gewichtskraft an. Ist der Quader ganz eingetaucht, so verändert sich die Auftriebskraft nicht mehr.



Eingetauchtes Volumen	Auftriebskraft in Wasser	Auftriebskraft in Spiritus
10 cm ³	0,1 N	0,07 N
20 cm ³	0,2 N	0,14 N
30 cm ³	0,3 N	0,21 N
40 cm ³	0,4 N	0,28 N
50 cm ³	0,5 N	0,35 N
60 cm ³	0,6 N	0,42 N

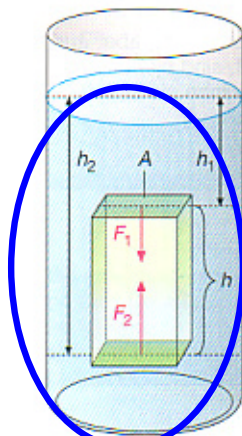
Die vom Schweredruck auf die Seitenflächen des Quaders ausgeübten Kräfte heben sich paarweise auf und beeinflussen deshalb die Kraftanzeige nicht. Durch den Schweredruck erfährt jeder eingetauchte Körper eine nach oben wirkende Auftriebskraft. Sie verringert scheinbar die Gewichtskraft.

symbolische Darstellung

Fachsprache

5 Zum Entstehen des Auftriebs und Messungen zum Auftrieb

Fachsprache



Das Archimedische Gesetz

Der Schweredruck nimmt mit der Tiefe zu. Taucht ein Quader ganz in eine Flüssigkeit ein, so ist der Druck p_2 an der unteren Fläche des Quaders größer als der Druck p_1 an der oberen Fläche. Für die Kräfte gilt:

$$F_1 = p_1 \cdot A = \rho_{\text{Fl}} \cdot h_1 \cdot g \cdot A \quad \text{und} \\ F_2 = p_2 \cdot A = \rho_{\text{Fl}} \cdot h_2 \cdot g \cdot A$$

Die Differenz $F_2 - F_1$ ergibt die Auftriebskraft F_A :

$$F_A = \rho_{\text{Fl}} \cdot (h_2 - h_1) \cdot g \cdot A \\ = \rho_{\text{Fl}} \cdot h \cdot A \cdot g \\ = \rho_{\text{Fl}} \cdot V_{\text{Kö}} \cdot g$$

Das Volumen $V_{\text{Kö}}$ des Körpers und das Volumen $V_{\text{verdrängt}}$ der durch den Körper verdrängten Flüssigkeit sind gleich. Die Auftriebskraft beträgt also:

$$F_A = \rho_{\text{Fl}} \cdot V_{\text{verdrängt}} \cdot g$$

1 Bei ganz eingetauchtem Körper ist $V_{\text{verdrängt}} = V_{\text{Kö}}$

Der Faktor $\rho_{\text{Fl}} \cdot V_{\text{verdrängt}}$ gibt die Masse m der verdrängten Flüssigkeit an. Das Produkt $m \cdot g$ ist die Gewichtskraft dieser verdrängten Flüssigkeit! Damit folgt als **Archimedisches Gesetz**:

Die Auftriebskraft hat den gleichen Betrag wie die Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Flüssigkeit.

Das Archimedische Gesetz gilt für beliebig geformte Körper. So erfährt ein vollständig eingetauchter Klumpen Knetmasse unabhängig von seiner Form und seiner Lage in der Flüssigkeit immer die gleiche Auftriebskraft.

Auftrieb gibt es auch in der Lufthülle der Erde. Sie ist allerdings wegen der geringen Dichte der Luft viel kleiner als in Flüssigkeiten.

symbolische Darstellung

mathematische Darstellung

(aus: *Impulse Physik. Mittelstufe. Stuttgart: Klett 2002, S. 157-158*)

An den Beispielen erkennt man die Merkmale der verschiedenen Sprachen bzw. Darstellungen:

Alltagsprache

Einführende Texte in Lehrbüchern beschreiben oft Alltagserfahrungen und führen auf fachliche Fragestellungen hin. Sie sind im Wesentlichen in der Alltagsprache abgefasst.

Fachsprache

Merksätze und Definitionen sind gekennzeichnet durch eine hohe Dichte der vorkommenden Fachbegriffe (z. B. Auftriebskraft, Schweredruck, eine Kraft erfahren, ...) und durch Satz- und Textkonstruktionen (Taucht ein so wird ...), die in der Allgemeinsprache selten vorkommen. Der Text kann vom Schüler erst verstanden werden, wenn er bereits viel über den Auftrieb weiß. Es ist ein Fachtext vom Ende und nicht vom Anfang des Auftrieblernens.

Symbolische und Mathematische Darstellung

Symbole, Fachzeichen, Fachskizzen (z. B. Schaltpläne, Konstruktionszeichnungen), Formeln, mathematische Terme und mathematische Darstellungen sind Bestandteil vieler Fachtexte.

Bildliche Darstellung

Zur Veranschaulichung und zur Erklärung der Sachverhalte bedient sich der Fachunterricht der Bildsprache in Form von Fotografien, Skizzen, Zeichnungen, Grafiken, Diagrammen etc., aber auch gleichnishafter Darstellungen und Analogien.

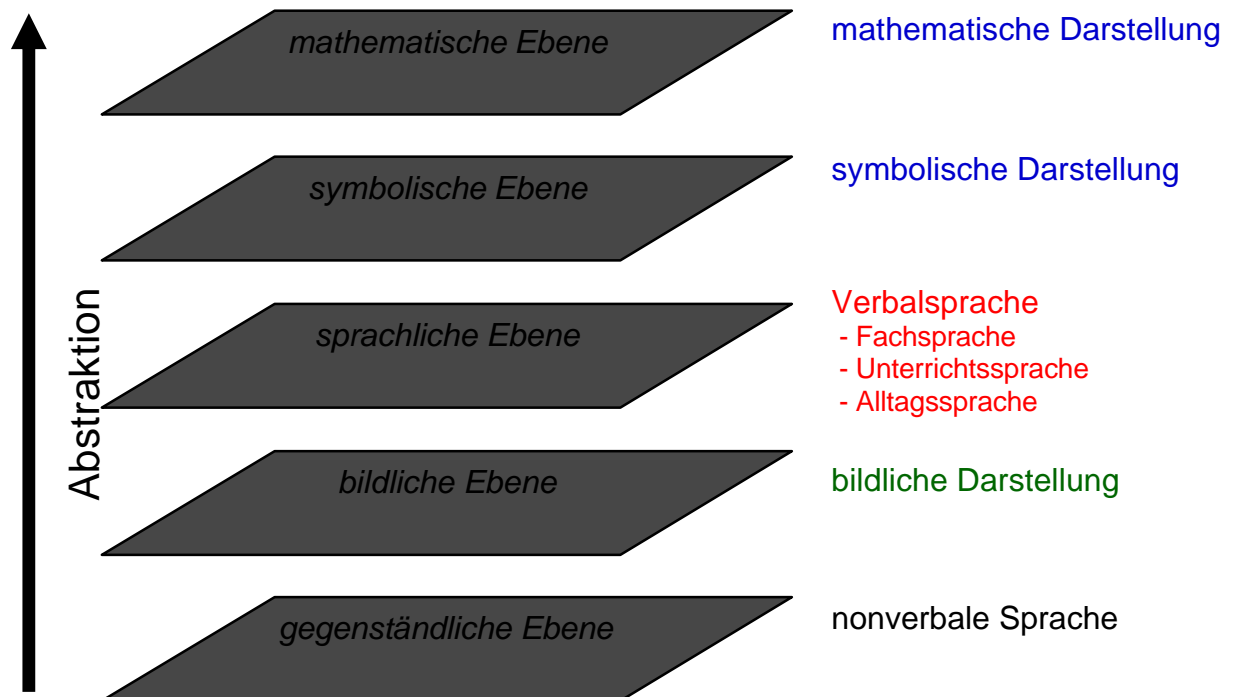
Unterrichtssprache

Hinführende, erläuternde und erklärende Passagen in Fachtexten bemühen sich anschaulich und Beispiel gebunden um eine allmähliche, sanfte Hinführung zum Fachlichen. Diese Textpassagen wollen dem Unterrichtsgespräch recht nahe kommen. Sie stellen so etwas wie eine gereinigte, sprachlich verdichtete Unterrichtssprache dar. Es ist aber kaum möglich und sinnvoll, die im Unterricht verwendete Sprache auch im Lehrbuch zu dokumentieren; denn

was im Lehrbuch auf zwei Textseiten erscheint, verteilt sich im Unterrichtsgeschehen oft auf mehrere Stunden.

Die folgende Abbildung zeigt, dass sich die verschiedenen Darstellungen auf Ebenen unterschiedlichen Abstraktionsniveaus befinden. Daraus resultieren manche Verstehens- und Sprachprobleme und es gilt situativ die passende Darstellungsebene und die passende Darstellungsform zu nutzen.

Darstellungsebenen



Wann soll welche Sprache bzw. Darstellung benutzt werden?

Jeder Sprachtyp hat seine Berechtigung und seine besondere Verwendung. Die Kunst des guten Fachlehrers besteht darin, die passende Sprache am passenden didaktischen Ort zu benutzen. Der Fachunterricht ist didaktisch viel zu reichhaltig, als dass es vertretbar wäre, nur eine einzige Sprache zu benutzen. Daraus entsteht ein didaktischer Imperativ: Der Lehrer nutze jeweils die Sprache im Fachunterricht, in der die Schüler am besten fachlich handeln, erleben und verstehen.

Zwei Parameter bestimmen den passenden didaktischen Ort der jeweiligen Sprache: der Abstraktionsgrad des Unterrichtsgegenstands bzw. des Unterrichtsziels und die unterrichtliche Situation. Wenn z. B. eine fachsprachlich exakte Fassung eines Sachverhaltes (beispielsweise des Auftriebs) mein Ziel ist, dann muss diese am Ende auch erreicht werden. Methodisch folgt indes nicht daraus, dass ich diese fachsprachliche Fassung auf direktem Weg ansteuere. Im Gegenteil, sie ergibt sich als Ergebnis von vorgängigen sprachlichen Zwischenformen. Das Beispiel zum Thema „Auftrieb“ in dem Beitrag „Heureka – Ich habe den Auftrieb verstanden“ in diesem Heft, S. xx zeigt wie dies didaktisch und methodisch angegangen werden kann. Andererseits ist aber der Weg von der Konkrektion zur Abstraktion kein didaktisch zwingender Weg, wenn sich andere als didaktisch günstiger anbieten. Gerade in

dem variantenreichen Springen zwischen einer Darstellungsebene und der anderen eröffnen sich methodische Möglichkeiten, die genau auf das Denk- und Sprachvermögen der Lerngruppe abgestimmt sind. Darüber hinaus bieten sich beste Möglichkeiten zur Binnendifferenzierung.

Wie viel Fachsprache braucht der Physikunterricht?

Der didaktische Ort der Fachsprache ist weder der Anfang noch das Ende des Physiklernens. Er ist überall da, wo sich Fachsprache aufdrängt, wo ein Mehrgegninn an Erkenntnis und Präzision entsteht, da wo es einsichtig ist, Fachsprache zu gebrauchen. Es ist keinesfalls so, dass Fachsprache aus der Alltagssprache durch sprachliche Ausschärfung heraus erwächst. Viele physikalische Begriffsbildungen, z. B. Kraft oder elektrische Spannung, sind erst durch Begriffsumdeutungen, durch ein Abkoppeln von der Alltagssprachlichen Deutung möglich. Mit der Fachsprache wird eine eigene Begriffswelt geschaffen, mit eigenen Gesetzmäßigkeiten und eigenen Sprachregeln. Im Sinne von Wittgenstein handelt sich um ein „Sprachspiel“. Der Physikunterricht braucht gerade soviel Fachsprache wie dem Physiklernen zuträglich ist, wie ein Mehrgegninn entsteht und wie ein bildender Einblick in das „Sprachspiel“ gegeben wird.

Der Grad des Verstehens zeigt sich in der Sprache der Schüler. So ist die Sprache der am häufigsten benutzte Indikator zum Überprüfen des Verstehens. Erfahrungen zeigen, dass man sich dabei nicht vornehmlich an der Syntax, d.h. an der korrekten Verwendung der Fachsprache, orientieren darf, sondern die Semantik im Blick haben muss. Auf diesen Sachverhalt geht der Artikel „Das Verhältnis von Verstehen und Fachsprache“ in diesem Heft, S. xx ein.

Wie gestalte ich einen sprachintensiven und sprachgerechten Physikunterricht?

Die Kommunikation im Physikunterricht sollte durch passende Unterrichtsarrangements möglichst in die Hände der Schüler gelegt werden. Die Rolle des Lehrers ist die des Sprachmoderators und des Arrangeurs, der das Springen zwischen verschiedenen Abstraktionsebenen und Darstellungsformen initiiert und immer neue Bedeutungszuweisungen eröffnet.

Ich gestalte einen sprachintensiven und sprachgerechten Unterricht, indem ich:

- ? den Unterricht auf Kommunikation hin ausrichte und dem Kommunizieren in und über Physik große Bedeutung einräume,
- ? Sprache als eine von vielen Darstellungsformen nutze und den Schülern dieses bewusst mache,
- ? die Unterrichtssprache und die Sprache der Physik mit den Schülern aushandle,
- ? die Schüler zum Sprechen ermutige, motiviere und anrege,
- ? beim strukturierten Sprechen (z. B. Versuchsbeschreibungen) unterstütze und helfe (z.B. durch Filmleisten, Bildsequenzen, Sprechhilfen),
- ? fachsprachliche Strukturen behutsam angehe und übe (z.B. durch Satzmuster)
- ? metareflexive Phasen in den Unterricht integriere und Sprachbewusstsein schaffe,
- ? beim Lesen von Texten Hilfen gebe und das Textverstehen übe,
- ? verhindere, dass sich Fachlernprobleme und Sprachlernprobleme vermischen,
- ? und sprachliche Misserfolge möglichst vermeide.

In diesem Sinne ist das Thema „Sprache im Physikunterricht“ keine Belastung für den Physikunterricht, sondern eine Entlastung. Ein unpassendes Verhältnis zur Sprache und ein

ungeschickter Einsatz der Sprache im Physikunterricht machen das Thema erst zum Problem. Der zunehmende Anteil nicht muttersprachlich deutscher Schüler im Fachunterricht lenkt den Blick verstärkt auf die Thematik, denn fremdsprachliche Schüler reagieren wie ein besonders sensibles Lackmuspapier auf Sprache im Fachunterricht. Das Thema ist virulent und sehr bedeutsam. Ideen und Hilfen gibt der Beitrag „Sprachhilfen für Schüler mit Migrationshintergrund“ in diesem Heft, S. xx.

Ein sprachintensiver und sprachgerechter Physikunterricht wird folgende Grundsätze für die Kommunikation beachten ([8], S. 20):

Grundsätze für die Kommunikation im Physikunterricht

1. Sprachlernen ist durchgängig eine Angelegenheit des Physikunterrichts, weil Fachlernen und Sprachlernen nicht voneinander getrennt werden können und sich gleichzeitig entwickeln. (*Prinzip der Gleichzeitigkeit von Fachlernen und Sprachlernen*)
2. Die Kommunikation im Physikunterricht ist ein Prozess des Aushandeln und Austarierens von Bedeutungszuweisungen, indem mit und um Sprache gerungen wird. (*Prinzip des Aushandelns*)
3. Die Kommunikation im Physikunterricht sollte neben dem Inhaltsaspekt auch den Beziehungsaspekt im Auge haben. Die Qualität der Beziehung wird wesentlich durch die passende Sprache im passenden Ton beeinflusst. (*Prinzip von der passenden Sprache im passenden Ton*)
4. Die Kommunikation im Physikunterricht sollte durch passende Unterrichtsarrangements möglichst in die Hände der Schüler gelegt werden. Die Rolle des Lehrers ist die des Sprachmoderators und des Arrangeurs, der Ebenensprünge initiiert und immer neue Bedeutungszuweisungen eröffnet. (*Prinzip von der sprachlichen Eigentätigkeit*)
5. Der Kommunikationsprozess im Physikunterricht sollte sich die verschiedenen Ebenen der Repräsentation physikalischen Wissens zunutze machen, um viele Zugänge der Bedeutungszuweisung zu eröffnen. (*Prinzip von der Nutzung der Darstellungsformen*)

Das Thema Sprache im Physikunterricht zeigt in zwei Richtungen.

1. Wie erleichtere ich den Schülern den Zugang zu und den Umgang mit der Sprache im Physikunterricht.
2. Wie bringe ich die Schüler dazu, ihr physikalisches Wissen und Können zu verbalisieren und zu kommunizieren.

In beiden Fällen spielen Darstellungsformen eine zentrale Rolle. Der Weg vom Hören bzw. Lesen zum Verstehen und der Weg vom Denken zum Sprechen bzw. Schreiben führen oft über methodische Zwischenschritte. Ermutigende Beispiele an Hand konkreter Unterrichtserfahrungen werden in diesem Heft vorgestellt. So werden in dem Beitrag S. xx Methoden-Werkzeuge für einen kommunikativen Physikunterricht vorgestellt. Beispielgebunden stellen Kraus und v. Aufschnaiter in ihrem Beitrag auf S. xx Methoden zur Förderung der diskursiven Kompetenz vor. Narrative Zugänge werden von Kasper u.a. auf S. xx gezeigt und Horn und Bobsin zeigen in ihrem Beitrag auf S. xx aus der Unterrichtspraxis wie Schüler eigenständig „physikalische Geschichten“ verfassen. In allen Beiträgen geht es immer um den Wechsel der Darstellungsformen. Darin kristallisiert sich physikalisches Verstehen durch eigenständiges Tun.

Exkurs: Besonderheiten der Fachsprache

Morphologische Besonderheiten der Fachsprache:

- substantivierte Infinitive (das Hobeln, das Fräsen, das Schleifen),
- Substantive auf -er: nomina agentis (Fahrer, Dreher), nomina instrumenti (Zeiger, Zähler, Schwimmer, Rechner),
- Adjektive auf -bar, -los, -reich, -arm, -frei, -fest usw. (brennbar, nahtlos, vitaminreich, sauerstoffarm, rostfrei, säurefest usw.),
- Adjektive mit Präfix nicht (nicht leitend, nicht rostend),
- mehrgliedrige Komposita (Zylinderkopfmutter, Scheibenwaschanlage),
- Zusammensetzungen mit Ziffern, Buchstaben, Sonderzeichen (T-Träger, 60-Watt-Lampe, U-Rohr),
- Mehrwortkomplexe (elektronische Datenverarbeitung, Flachkopfschraube mit Schlitz),
- Bildungen mit und aus Eigennamen (galvanisieren, röntgen, Bunsenbrenner, Ottomotor),
- fachspezifische Abkürzungen (DGL für Differenzialgleichung).

Syntaktische Besonderheiten der Fachsprache:

- Funktionsverbgefüge (in Angriff nehmen, Anwendung finden, in Betrieb nehmen),
- Nominalisierungsgruppen (die Instandsetzung der Maschine, der Überführungsvorgang),
- erweiterte Nominalphrasen, Satzglieder anstelle von Gliedsätzen (nach der theoretischen Vorklärung, beim Abkühlen des Materials),
- komplexe Attribute anstelle von Attributsätzen (das auf der Achse fest sitzende Stirnrad; der vorfristig beendete genehmigungspflichtige Vorgang),
- bevorzugte Nebensatztypen: Konditionalsätze, Finalsätze, Relativsätze,
- bevorzugte Verbkonstruktionen: 3. Person Singular/Plural; Indikativ Präsens; Passiv-Formen (Vorgangs- und Zustandspassiv), Imperative,
- unpersönliche Ausdrucksweise (man nimmt dazu; Strahlungen lassen sich schwer nachweisen; mit dem Festzurren erübrigt sich die Kontrolle).

Wie man im Alltag und in der Physik über Kräfte spricht

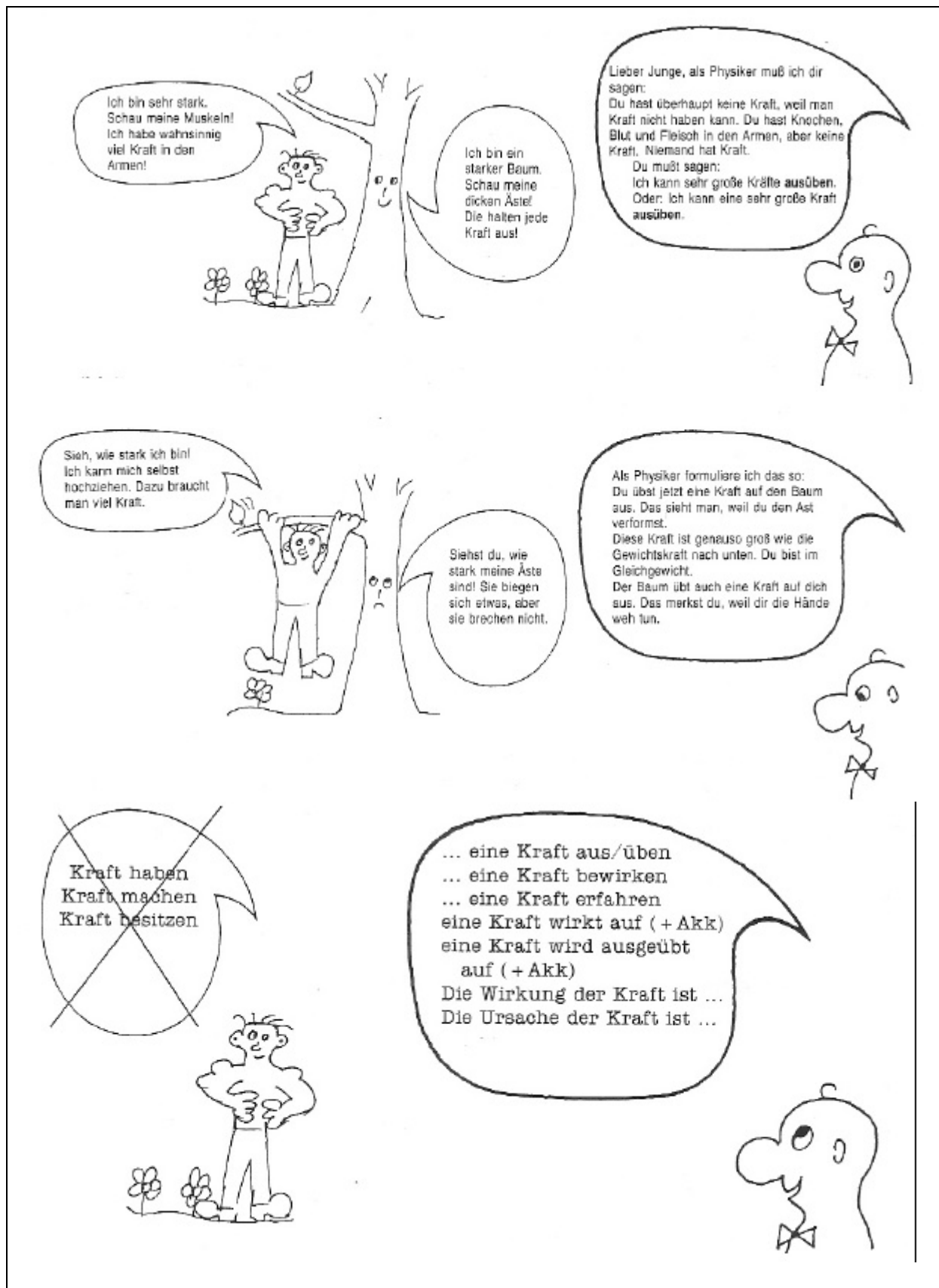


Abb. 3

Literatur:

- [1] Impulse Physik. Mittelstufe. Stuttgart: Klett 2002
- [2] Muckenfuß, Heinz: Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen 1995
- [3] Merzyn, Gottfried: Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Kiel: IPN, 1994
- [4] Videostudie Physik des IPN: www.ipn-kiel.de/projekte/video/videostu.htm
- [5] Starauschek, Erich: Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 9(2003), S. 147-159
- [6] Herrmann, Friedrich (Hrsg.): Der Karlsruher Physikkurs. Köln: Aulis 1998.
- [7] Hepp, R.; A. Krüger und J. Leisen (Hrsg.): Methoden-Werkzeuge. Naturwissenschaften im Unterricht 75/76(2003)
- [8] Leisen, Josef (Hrsg.): Methoden-Handbuch – Deutschsprachiger Fachunterricht (DFU). Bonn: Varus 1999 und 2003
- [9] Rincke, Karsten: Ein fachsprachenorientierter Zugang zum Kraftbegriff. Naturwissenschaften im Unterricht 83/(2004)