

Stand: 01.07.2018

Die Hinweise werden gelegentlich überarbeitet. Aufgrund von Erfahrungen im eigenen Unterricht kommen neue Arbeitsblätter hinzu. Wenn Sie in Ihrem Unterricht feststellen, dass weitere Übungen sinnvoll wären, können Sie mir dies gern mitteilen: [bruno.liebaug\(at\)daf-buch.de](mailto:bruno.liebaug(at)daf-buch.de). Für weitere Anregungen und konstruktive Kritik bin ich dankbar.

Einleitung

„Sprache ist in der Schule konstitutiv für das Lehren und Lernen in jedem Fach, das gilt für den Physikunterricht ebenso wie für den Geschichts- oder den Biologieunterricht. Inhalte werden primär über Sprache vermittelt und mittels Sprache gelernt. Ohne Sprache ist Wissenserwerb im Fachunterricht nicht möglich – Sprache ist ein zentrales Medium des Lernens in jedem Fach.“

(Sabine Schmölder-Eibinger: Sprache als Medium des Lernens im Fach. In: Becker-Mrotzek, Michael; Schramm, Karen; Thürmann, Eike; Vollmer, Helmut (Hrsg.): Sprache im Fach, Münster; Waxmann, S. 25)

Weshalb Fachsprachenunterricht?

Lernende, die nicht Deutsch als Muttersprache haben, müssen, wenn sie in Deutschland leben und arbeiten wollen, genauso wie alle anderen Schulen besuchen. Der Fachunterricht ist auf deutsche Schülerinnen und Schüler ausgerichtet, d. h., selbst auf niedrigem fachlichen Niveau wird eine Sprache verwendet, die in den Bereich C1 eingestuft werden müsste. Wer erst kurz in Deutschland ist, hat das Sprachniveau A1/A2 erreicht, aber ist bei weitem noch nicht fähig, einem muttersprachlichen Fachunterricht zu folgen. Auch junge Leute mit Migrationshintergrund, die bereits lange in Deutschland leben und denen man im Alltag nicht anhört, dass ihre Muttersprache nicht Deutsch ist, haben bei der Entschlüsselung von Lehrbuchtexten häufig unüberwindbare Schwierigkeiten. Lehrerinnen und Lehrer, die sich nicht mit der Problematik beschäftigt haben, schieben das Versagen im Unterricht häufig auf fehlendes Fachverständnis. So kann es passieren, dass Lernende, die erfolgreich im Heimatland einen mittleren oder höheren Schulabschluss erreicht haben, in Mathematik zum Beispiel Unterstufenaufgaben zum weiteren Üben bekommen, an denen sie nicht wegen der mathematischen, sondern der sprachlichen Schwierigkeiten scheitern. Aufgaben lö-

sen zu müssen, die deutlich unter dem fachlichen Niveau sind, ist uneffektiv: Man verliert Zeit, die viel sinnvoller für das Erlernen der sprachlichen Grundlagen des Fachs verwendet würde. Kinder aus Flüchtlingsfamilien, die nach kurzer Zeit in den regulären Fachunterricht gesetzt werden, wenn sie gerade A1/A2 erreicht haben, scheitern zwangsläufig an der Sprache der üblichen Schulbücher. Bei Hausaufgabenhilfen, die ich einigen Migrationskindern gebe, stelle ich immer wieder fest, dass sie den Aufgabentext gar nicht erst zu lesen versuchen, sondern sich die Zahlen und mathematischen Zeichen heraussuchen, um damit eine Aufgabe lösen, von der sie meinen, dass bei diesen Zahlen und Zeichen dies die geforderte Aufgabe sein könnte. Aber sobald es auf die Zentralen Prüfungen in der Realschule, auf die Berufsschule oder das Gymnasium zugeht, hilft diese Methode nicht mehr. Es muss systematisch die Sprache der Unterrichtsfächer erlernt werden. Und die meisten Fachbücher setzen das Beherrschen der C-Grammatik voraus.

In den beschriebenen Fällen ist es sinnvoll, vor oder parallel zum Fachunterricht mit Fachsprachenbüchern zu arbeiten. Dabei sollte der Schwerpunkt nicht auf dem Fach liegen, sondern auf der verwendeten oder zu verwendenden Sprache. Wenn die Möglichkeit besteht, vor dem oder parallel zum Unterricht auch Fachsprachenunterricht zu erteilen, wird dies für die Lernenden eine große Hilfe sein.

Bei den Methoden und dem verwendeten Material muss auch das Alter der Lernenden berücksichtigt werden. Die Bücher „Wie spricht man in der Mathematik?“, Bd. 1 und Bd. 2, und das Buch „Wie spricht man in der Physik?“ sind **für Jugendliche und Erwachsene** konzipiert. Für Kinder ist das Prinzip, grammatische Schwierigkeiten und sprachliche Strukturen explizit zu erklären, nur bedingt geeignet.

Für Kinder habe ich das folgende Material gefunden: Der Cornelsen-Verlag bietet auf seiner Homepage kostenlos zum Download einen „Kleinen Mathe-Sprachführer“ an, ISBN 978-3-06-081955-3, der Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer sowie 30 Seiten Kopiervorlagen für den Unterricht enthält. Er ist speziell für die Grundschule gedacht. Stefan Oppelt bietet auf seiner Seite <https://www.mathe-deutsch.de/> ein selbst-erstelltes Übungsbuch an, das speziell ab Klasse 5 verwendet werden soll und Hilfen vor allem im Wortschatz bietet. Bei Westermann erscheinen zurzeit (2018) Arbeitshefte zu Deutsch als Zweitsprache, die sich an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I wenden. INTRO Mathema-

tik in 6 Bänden ist bereits erschienen, INTRO Naturwissenschaften besteht aus zwei Arbeitsheften, von denen das Arbeitsheft 1 (2. Quartal 2018, ISBN 978-3-14-151205-2) aus dem Bereich der Physik die Themen Wärme und Licht und das Arbeitsheft 2 (4. Quartal 2018, ISBN 978-3-14-151206-9) die Themen Elektrischer Strom und Magnetismus enthält. Zurzeit liegt mir nur die Vorankündigung vor. Nach den drei Beispielseiten (Thema: Haustiere) werden trennbare Verben und Fachwörter durch Unterstreichungen im Text gekennzeichnet und am Rand aufgegriffen (Raubtiergebiss = das Raubtier + das Gebiss). Trotz intensiver Suche habe ich darüber hinaus kein weiteres Material für Kinder gefunden.

Berücksichtigung der Sprache in einem Physikunterricht – Grenzen des Fachsprachenunterrichts

Ein wesentlicher Teil der Arbeit im Physikunterricht besteht darin, Begriffe eindeutig zu definieren und sie den Lernenden klarzumachen. Fachsprachliche Lexik führen daher im Physikunterricht auch Lehrerinnen und Lehrer ein, die selbst sonst nicht auf die Sprache eingehen. Was jedoch häufig nicht gemacht wird, sind Hilfestellungen zu geben, die eingeführten Wörter im richtigen Zusammenhang sprachlich korrekt zu gebrauchen. Dazu gehört auch die Angabe des Artikels und ein Hinweis zur Pluralbildung. Außerdem brauchen Nichtmuttersprachler Hilfen durch Angabe von Synonymen: Wenn im Schulunterricht die physikalische *Länge* besprochen wird, ist den muttersprachlichen Schülerinnen und Schülern klar, dass man je nach Blickrichtung und Zusammenhang auch *Breite*, *Höhe*, *Tiefe*, *Stärke*, *Dicke*, *Größe*, *Weg* usw. sagen kann. Nichtmuttersprachler müssen diese Wörter jedoch erst lernen. (In „Wie spricht man in der Mathematik? Teil 1“ wird auf diese Wörter in Lektion 21 eingegangen.) Die in der Physik doppelte Bedeutung von *Größe* – die physikalische *Größe* wie zum Beispiel die Stromstärke und die *Größe* einer Person – bereitet Lernenden ebenfalls häufig Schwierigkeiten.

Ein Fachsprachenunterricht kann nicht auf jede Schwierigkeit vorbereiten. In Textaufgaben, die sowohl in der Mathematik als auch in der Physik vorkommen, werden Situationen aus dem Alltag beschrieben. In diesen Beschreibungen kommen sehr viele Wörter vor, die nicht zum Fachwortschatz gehören. Wegen der Vielzahl der möglichen Situation und des riesigen allgemeinsprachlichen Wortschatzes müssen die Lernenden darauf vorbereitet werden, mit Wörterbü-

chern zu arbeiten, um diese Wörter nachschlagen zu können und ggf. auch entscheiden zu können, ob ein unbekanntes Wort für das Verständnis der Aufgabe erforderlich ist.

Mit einer fachsprachlichen Vorbereitung auf den Unterricht ist es daher häufig nicht getan: Nichtmuttersprachliche Lernende brauchen auch danach noch mehr Hilfen als Lernende aus deutschsprachigen Familien.

Rezeptives und produktives Lernen im Fachsprachenunterricht

Ein wesentliches Ziel des Fachsprachenunterrichts besteht darin, Fachtexte aus Lehrbüchern erfassen zu können. Hierzu müssen

- die verwendeten grammatischen Strukturen verstanden werden,
- der Zusammenhang zwischen den Sätzen und Abschnitten durch die richtige Deutung von Signalwörtern erfasst werden,
- der Fachwortschatz als auch häufig verwendete allgemeinsprachliche Synonyme verstanden werden,
- Abbildungen bei der Entschlüsselung der Texte einbezogen werden,
- auch nicht explizit aufgeführtes Vorwissen aktiviert und mit dem Text in Verbindung gebracht werden.

Im Rahmen eines Fachsprachenunterrichts braucht natürlich nicht auf die nicht-sprachlichen Schwierigkeiten und Voraussetzungen eingegangen werden. Dies ist Sache des Fachunterrichts. Der Fachsprachenunterricht kann jedoch auch hier Grundlagen legen, indem z.B. der Text mit im Buch dargestellten Grafiken verknüpft wird.

Manchmal müssen Lernende auch selbst Fachtexte verfassen. Dabei kann es sich um kurze Antworten auf Fragen in Form von verkürzten Haupt- oder Nebensätzen handeln. Manchmal werden auch kleinere Texte verlangt, z.B. eine Zusammenfassung eines physikalischen Zusammenhangs oder eine Versuchsbeschreibung als Teil eines Versuchsprotokolls. Voraussetzung hierzu sind:

- Kenntnis der Fachwörter. Hierbei handelt es sich meist um Nomen, gegebenenfalls mit Adjektiv (magnetisches Feld, elektrisches Feld, gleichförmige Bewegung ...)
- Kenntnis der Verben mit Rektion, die in einem fachsprachlich korrekten Text mit diesen Fachwörtern gebraucht werden. (Kraft ausüben auf)

- Kenntnis fachsprachlich relevanter Nominalisierungen (der Strom fließt – der Stromfluss)
- Kenntnis von Signalwörtern, die den zu produzierenden Text gliedern (bei Versuchsbeschreibungen Wörter wie zuerst, dann ..., um die Reihenfolge der einzelnen Versuchsschritte klar herauszustellen.)

Darüber hinaus ist bei kurzen Texten auch der Aufbau wichtig.

Progression

Gemeinsam mit den beiden Bänden „Wie spricht man in der Mathematik“ (ISBN 978-3-922989-91-2 und 978-3-922989-93-6) dient das Buch „Wie spricht man in der Physik“ dazu, Migrantinnen und Migranten und nicht-muttersprachliche Lernende auf einen Fachunterricht Physik vorzubereiten. Das Buch ersetzt nicht Physikbücher und Physikunterricht. Es dient lediglich dazu, die sprachlichen Grundlagen für den Unterricht und die Fachbücher zu legen. Im Gegensatz zur Mathematik, wo einige fachliche Vorkenntnisse vorausgesetzt werden können, ist dies in der Physik nicht unbedingt der Fall. Daher wurde bei der Erstellung des Fachsprachenbuchs Physik darauf geachtet, dass (fast) keine fachlichen Voraussetzungen zum Verständnis des Inhalts erforderlich sind. Im Buch wird sowohl eine fachliche als auch eine sprachliche Progression berücksichtigt: Fachlich werden nur die Themen vorausgesetzt, die in den vorhergehenden Lektionen eingeführt worden sind. Sprachlich wird ein abgeschlossener A2-Kurs vorausgesetzt. In den neun sprachlichen Lektionen werden sprachliche Phänomene eingeführt, die zur Darstellung der physikalischen Themen der folgenden Lektionen erforderlich sind oder Formulierungen der vorherigen Lektion in einen größeren sprachlichen Zusammenhang stellen. In einer dieser Lektionen geht es um die Textproduktion am Beispiel einer Versuchsbeschreibung.

Schwerpunkt Verben

Die Probleme, die Lernende mit Verben im Fachunterricht Physik haben, habe ich ausführlich in einem Vortrag dargestellt (*Bruno Liebaug: Schwierigkeiten mit Verben im Physikunterricht, Vortrag auf der FaDaF-Tagung 1989 in Karlsruhe, erschienen in Materialien Deutsch als Fremdsprache, Heft 31, Regensburg 1991*). Bei der Auswahl der Themen habe ich mich bemüht, sprachliche Phänomene in den Mittelpunkt zu stellen, die sehr häufig zu Verständnisproblemen im Fach führen. In der Physik sind dies einige Verben, die mit der physikalischen Größe Kraft

verwendet werden: Neben „A übt Kraft auf B aus“ gibt es noch die Formulierungen „A wendet Kraft auf“, „die Kraft wirkt auf B“, „B erfährt eine Kraft“. Ohne sprachliche Erklärungen werden im Physikunterricht *ausüben* und *erfahren* häufig gleichgesetzt. Auch die Beschleunigung wird gelegentlich mit dem Verb „erfahren“ verwendet: Statt „wird beschleunigt“ liest man manchmal auch „erfährt eine Beschleunigung“. Die Unterschiede zwischen den Verben müssen vor allem passiv beherrscht werden, im aktiven Sprachgebrauch kann „erfahren“ und „wirken“ durch die Passivform „ausgeübt werden“ ersetzt werden, „angreifen“ und „gerichtet sein“ durch das Verb „haben“ mit den Nomen „Angriffspunkt“ und „Richtung“. Inwieweit die Verben in einem Physiklehrbuch auftreten, hängt stark vom Autor ab. Einige Autoren kommen mit dem Verb „ausüben“ im Aktiv und Passiv aus, andere verwenden sämtliche Verben. Ich will mich hier nicht auf die unbedingt erforderlichen Verben beschränken, weil dann die Lernenden bei der Lektüre eines Physiklehrbuchs ggf. an den Verben scheitern.

Gerade in der klassischen Mechanik und in der Elektrizitätslehre, die auch wichtige Grundlagen für alle technischen Bereiche sind, findet man eine Reihe von Verben, die im fachsprachlichen Zusammenhang geübt werden müssen. Einige Verben treten gemeinsam mit physikalischen Größen auf. Ihre Verwendung ist für eine fachsprachlich korrekte Ausdrucksweise erforderlich. Hierzu gehören Ausdrücke wie *der Strom fließt*, *Spannung liegt an* bzw. *Spannung fällt ab*, *Arbeit wird verrichtet*. Es gibt also eine Reihe von Kollokationen, die auch aktiv beherrscht werden müssen, um sich im Fach korrekt ausdrücken zu können.

Neben den fachsprachlich korrekten Verben findet man im Schulunterricht, in Vorlesungen und auch in Physiklehrbüchern gelegentlich Verben, die den beschriebenen physikalischen Vorgang anschaulicher machen sollen. Diese Verben zielen auf muttersprachliche Lernende ab und sollen den Unterricht lebendiger gestalten. Ein Beispiel, das man häufiger hört oder liest, ist das Verb „wandern“ zur Beschreibung der Bewegung von Ladungsträgern (Elektronen, Ionen). Im Lehrbuch *Jürgen Eichler: Grundlagen des Ingenieurstudiums, Studium Technik, Vieweg, Wiesbaden 2007, ISBN 978-3-8348-0223-1* findet man z.B. auf Seite 187 der Satz: „Die positiven Ionen wandern im elektrischen Feld zur Kathode, dem Minuspol; ...“ (Auch viele andere Bücher lassen sich mit dieser Formulierung finden.) Für nicht-muttersprachliche Lernende bedeuten solche

Ausdrücke, dass sie neben den Fachwörtern und den zugehörigen Verben noch zusätzliche Wörter lernen müssen, die aber eigentlich in einen ganz anderen Kontext gehören. Im Buch „Wie spricht man in der Physik?“ habe ich diese Verben nicht verwendet. Sie kommen gehäuft in populärwissenschaftlichen Artikeln vor und erhöhen für ausländische Lernende die Sprachanforderungen stark, ohne dass sie etwas zum Lernerfolg beitragen. DaF-Lehrerinnen und -Lehrer sollten daher populärwissenschaftliche Texte für einen Fachsprachenunterricht vermeiden. Sie erhöhen die sprachlichen Anforderungen und bringen Formulierungen bei, die häufig für das Fach untypisch sind. In Praktikumsprotokollen der Lernenden im Bereich Physik/Naturwissenschaften haben diese Formulierungen nichts zu suchen.

Bei den Verben, die gemeinsam mit Fachwörtern der Physik verwendet werden, gibt es gelegentlich Unterschiede zwischen Alltagssprache und Fachsprache: Den Ausdruck *Arbeit leisten* findet man häufig in der Umgangssprache, aber sprachbewusste Physiker lehnen diese Ausdrucksweise ab, weil *Arbeit leisten* nichts mit der physikalischen Größe *Leistung* zu tun hat. Im Duden-Wörterbuch und im Wahrig wird „Arbeit leisten“ in Zusammenhängen wie „gute Arbeit leisten“ verwendet. Unter dem Stichwort „Arbeit“ findet man im Wahrig zwar die Definition der physikalischen Arbeit, aber nicht das zu verwendende Verb. Dass die meisten Wörterbücher selbst im Bereich des Schulstoffes der Physik unzureichend sind, ist im Artikel *Bruno Liebaug / Hildegard Liebaug-Dartmann: Wörterbücher im Fachunterricht Physik in Studienkollegs für ausländische Studierende, Lexicographica, Max Niemeyer Verlag Tübingen, Ausgabe 5/1989, S. 143 – 158* dargelegt. Deshalb kann man bei Fachtexten der Physik nicht einfach sagen, dass die unbekanntesten Wörter in Wörterbüchern nachgeschlagen werden sollen. Die Fallstricke in der Fachsprache müssen den Lernenden direkt im Fach- bzw. Fachsprachenunterricht bewusst gemacht werden.

Klare Formulierungen in der Fachsprache erleichtern das physikalische Verständnis. Eine Formulierung wie „im elektrischen Feld wird Arbeit verrichtet“ reicht zum Verständnis des Zusammenhangs nicht aus. Man muss auch sagen, wer oder was die Arbeit verrichtet und an wem oder was die Arbeit verrichtet wird. Daher werden nicht nur die Verben eingeführt, sondern es wird besonderer Wert auf die Rektion der Verben gelegt. „A verrichtet Arbeit an B“: A = Subjekt, *Arbeit* = Akkusativergänzung / B = Präpositionalergänzung *an_{Dat.}* A ist die Person oder Sache,

die etwas tut, B die Person oder Sache, mit der etwas getan wird. Die Energie der Person oder Sache, die Arbeit verrichtet, nimmt ab, die Energie der Person oder Sache, an der Arbeit verrichtet wird, nimmt zu. In der Formelschreibweise erkennt man den Unterschied am Vorzeichen (+ für Zunahme der Energie, – für Abnahme der Energie).

Themenauswahl

Da die Problematik der Verwendung von Verben thematisiert werden soll und besonders beim Thema Kraft das korrekte Verständnis der Verben sehr wichtig ist, arbeiten die ersten 13 Lektionen auf Kraft hin. Da Magnete sehr anschaulich und wohl allen Lernenden bekannt sind, beginnt das Buch mit Magnetismus. Anziehung und Abstoßung führt zu den Kräften, die gegenseitige Anziehung und Abstoßung zum Wechselwirkungsgesetz (dem 3. Newton'schen Gesetz). Wesentlich ist hier, dass die Lernenden Gegenkräfte und Kräfte im Gleichgewicht voneinander unterscheiden können. Die letzte Lektion zum Thema Kraft beinhaltet die Kräfteaddition (Kräfteparallelogramm). Ein Einschub zur Vektoraddition stellt den Zusammenhang mit der Mathematik her. Die Grundlage für das 1. Newton'sche Gesetz wird im Rahmen *Masse und Gewicht* gelegt, allerdings wird das Gesetz selbst nicht vorgestellt. Entscheidend ist hier der Unterschied zwischen Masse (als physikalische Größe, die angibt, aus wie viel Materie ein Körper besteht) und Gewicht (Kraft, mit der ein Körper in Richtung Erdmittelpunkt gezogen wird). Im Alltag nennt man die Masse (die die Einheit Kilogramm hat) *Gewicht*. Umgangssprachliche und fachsprachliche Ausdrucksweise werden in Lektion 17 einander gegenübergestellt, damit die Lernenden sie voneinander unterscheiden und sie dann abhängig von der Situation verwenden können. Am Beispiel der Dichte werden Beschreibungen von Versuchen und Messungen eingeführt, also kurze Texte, die Lernende im Physikunterricht selbst produzieren müssen. Danach folgen Grundlagen der Elektrizitätslehre und am Ende Arbeit, Leistung, Energie.

Im Aufbau gibt es viele Lücken, die allerdings keine Probleme für das Verständnis des Zusammenhangs bedeuten. So wird Geschwindigkeit und Beschleunigung nicht eingeführt, obwohl das Verb „beschleunigen“ mit Erklärung in Lektion 11 verwendet wird. Im Band 2 von „Wie spricht man in der Mathematik?“ wird im Rahmen der mathematischen Funktion auf Geschwindigkeit und Beschleunigung näher eingegangen. Energie und Arbeit werden nur anschaulich einge-

führt. Entscheidend für die Themenauswahl war, woran sprachliche Probleme im Fach am besten erarbeitet werden können, damit in einem späteren Physikunterricht sprachliche Defizite nicht zu einem Versagen im Fach führen.

Sollte eine Physiklehrerin / ein Physiklehrer oder eine Deutschlehrerin / ein Deutschlehrer nach dem Buch unterrichten?

Im *Handbuch des fach- und berufsbezogenen Deutschunterrichts – DaF, DaZ, CLIL* von Rosemarie Buhlmann und Anneliese Fearn, Frank & Timme Verlag, Berlin 2018, ISBN 978-3-7329-00013-8 vertreten die Autorinnen die Ansicht, dass Lehrerinnen und Lehrer für Deutsch als Fremdsprache einen Fachsprachen- bzw. CLILiG-Unterricht (Content and Language Integrated Learning in German) durchführen können. Allerdings müsse das Rollenverständnis anders als im nicht fachbezogenen Deutschunterricht sein: „Die Arbeit mit einem fachsprachlichen, berufsbezogenen oder CLILiG Lehrwerk/Unterrichtsmaterial im Unterricht setzt ein bestimmtes, grundlegendes Rollenverständnis voraus, das man kurz folgendermaßen charakterisieren kann: Der Lernende ist im Unterricht vordringlich Subjekt des Lernprozesses und nicht Objekt von Unterweisungen. Der Lehrer schafft die Lernsituation und organisiert den Lernweg mithilfe des Lehrwerks/Unterrichtsmaterials. Im Unterricht gibt er Impulse, leistet Hilfestellung und berät. Das Lehrwerk bzw. Unterrichtsmaterial – wir unterstellen, dass es funktional, d.h. fachlich, didaktisch und methodisch angemessen ist – garantiert den Fachbezug und die berufliche Orientierung, fachliche Relevanz und Korrektheit und ein der Realisierung der Lernziele angemessen didaktisiertes Unterrichtsmaterial. Es kann damit als fachliche Instanz fungieren und enthält Referenzfunktion.“ (S. 595)

Hiernach kann eine DaF-Lehrerin bzw. ein DaF-Lehrer nach dem Buch unterrichten. Das Unterrichtsmaterial sind das Buch, die zugehörigen Filme und die zusätzlichen Arbeitsblätter einschließlich der Lösungen. Die Lehrerin bzw. der Lehrer dürfen jedoch nicht versuchen, fachliche Zusammenhänge mit eigenen Worten zu erklären, wenn sie meinen, dass bestimmte Aussagen im Buch nicht verständlich genug sind. Das Ergebnis könnte fachsprachlich nicht angemessen sein oder es könnte auch etwas Falsches beigebracht werden. Aufgabe der Lehrerin bzw. des Lehrers ist es, die Erarbeitung des Stoffs durch die Lernenden zu organisieren (Gruppenarbeit,

Partnerarbeit), an geeigneter Stelle die Filme vorzuführen und die Lernenden dazu anzuleiten, die Aufgaben zu bearbeiten, im Zweifelsfall die Lösungen zu Hilfe zu nehmen, Stichwort- und Inhaltsverzeichnis zu verwenden und ggf. im Internet zu recherchieren.

Auf Seite 596 ergänzen Buhlmann/Fearn: „Im fachsprachlichen bzw. berufsbezogenen Deutschunterricht ist jedoch ein Träger von Fachkompetenz ausreichend: Ist der Lerner fachkompetent, so benötigt der Lehrer keine besondere Fachkompetenz (...); ist das Material fachlich angemessen, so ist es nicht nötig, dass der Lehrer Fachmann ist (...) Mangelnde Fachkompetenz des Lehrers wird nur dann problematisch, wenn ein nicht fachkompetenter Lehrer nicht fachkompetente Lerner mit fachlich unangemessenem Unterrichtsmaterial zur sprachlichen Handlungsfähigkeit im Fach führen soll.“ Da ich hoffe, dass das Buch einschließlich des Begleitmaterials ein fachlich angemessenes Unterrichtsmaterial ist, müsste also auch eine DaF-Lehrerin bzw. ein DaF-Lehrer nach diesem Material unterrichten können.

Allerdings bin ich überzeugt, dass ein sinnvoller Unterricht nur gelingen kann, wenn die DaF-Lehrerin bzw. der DaF-Lehrer sich intensiv mit dem Unterrichtsmaterial beschäftigt und sich vor dem Unterricht einen Überblick über das Gesamtmaterial verschafft, damit das Zusatzmaterial an geeigneter Stelle einsetzen kann. So werden die meisten Versuche, die im Buch beschrieben werden, auch als kurze Videos zur Verfügung gestellt. Wenn die Versuchsbeschreibungen im Buch mit den Videos verglichen werden, wird der erklärte Inhalt sofort klar. Dann reicht zur Erklärung der zugehörige Filmausschnitt. Fragen, die über den dargestellten Stoff hinausgehen, sollte die DaF-Lehrerin bzw. der DaF-Lehrer durch Verweis auf anderes Material oder auf das Internet beantworten. Um DaF-Lehrerinnen und -Lehrer die Vorbereitung zu erleichtern, gibt es in diesen Hinweisen zu jeder Lektion ausführliche Beschreibungen des Begleitmaterials. An einigen Stellen werden auch fachliche Hinweise gegeben – wenn z.B. eine Aussage nicht allgemeingültig ist oder wenn es sinnvoll ist, dass die Unterrichtenden den Stoff im fachlichen Zusammenhang kennen sollten. Teilweise werden auch die fachlichen und sprachlichen Lernziele genannt – jedoch nicht durchgängig – und Hinweise gegeben, worauf man im Unterricht achten sollte. Im Buch wird keine spezielle Unterrichtsmethode vorgeschlagen. Je nach Aktions- und Sozialformen im Unterricht muss die/der Unter-

richtende entscheiden, wie das Material sinnvoll eingesetzt wird.

Physiklehrerinnen und -lehrer müssen sich die sprachlichen Phänomene klarmachen, denn meistens sind ihnen die Schwierigkeit, die die Formulierungen ausländischen Lernenden bereiten, nicht bewusst. Wenn sie bisher nur Schülerinnen und Schüler mit der Muttersprache Deutsch unterrichtet haben, sollten sie einige Regeln beachten:

- Man muss vermeiden, fachsprachliche Formulierungen durch umgangssprachliche zu erklären. Die umgangssprachlichen Formulierungen sind den Lernenden meist genauso unverständlich wie die fachsprachlichen.
- Man sollte für eine Sache immer dasselbe Wort verwenden und nicht aus stilistischen Gründen synonyme Wörter gebrauchen.
- Man sollte eine Erklärung nicht sofort auf eine andere Weise wiederholen, wenn man den Eindruck hat, dass sie nicht verstanden wurde. Man erhöht dadurch die Zahl der Sätze, die der Lernende verstehen muss. Besser ist es, den Lernenden genügend Zeit zu geben, um eine Aussage zu verstehen.
- Man sollte sich am Anfang bemühen, keine Passivsätze zu verwenden. Auch sollten die Sätze kurz und nicht verschachtelt sein.
- Man sollte mal erst nur eine einzige Formulierung verwenden: Konditionalsätze immer mit *wenn*, Kausalsätze immer mit *weil* einleiten. Vor allem sollte bei den Konditionalsätzen die Spitzenstellung des Verbs (**Legt** man den Stein ist Wasser, **steigt** der Wasserspiegel.) vermieden werden, weil sie auf der Stufe A2 noch nicht Unterrichtsthema war und die Lernenden die Formulierung mit Fragen verwechseln könnten. Außerdem führt die häufige Spitzenstellung des Verbs im Konditionalsatz durch den Lehrer leicht dazu, dass die A1/A2-Lernenden die deutsche Wortstellung nicht mehr beherrschen. Erst in Lektion 34 wird diese Formulierung von Konditionalsätzen eingeführt.
- Man sollte den mathematischen (thetischen) Konjunktiv und den Konjunktiv als Aufforderung vermeiden (*eine Funktion sei für alle reellen Zahlen definiert / man berechne die gesuchte Masse / es sei noch angemerkt, dass ...*). Er wird zwar in der letzten Lektion von „Wie spricht man in der Mathematik, Band 2“ vorgestellt, ist aber nicht zum aktiven Gebrauch vorgesehen.

Literatur zur Vorbereitung auf einen Fachsprachenunterricht

Im Buch *Udo Ohm, Christina Kuhn, Hermann Funk: Sprachtraining für Fachunterricht und Beruf, Fachtexte knacken – mit Fachtexten arbeiten*, Waxmann Verlag, Münster 2007, ISBN 978-3-8309-1744-1 werden Hinweise gegeben, wie ausländische Lernende auf den (beruflichen) Unterricht vorbereitet werden können. Das Buch ist für Lehrerinnen und Lehrer gedacht, enthält didaktische und methodische Planungshilfen für den Unterricht wie auch eine knappe Einführung in die sprachwissenschaftlichen Grundlagen für Fachsprachen.

Für Lehrerinnen und Lehrer der Naturwissenschaften ist *Erhard G. Heilmann, Über Grammatik*, Verlag Liebaug-Dartmann, Meckenheim 2002, ISBN 978-3-922989-53-0 zu empfehlen. Es gibt einen Überblick über die Dependenzgrammatik, die dem Unterricht Deutsch als Fremdsprache im Allgemeinen zugrunde gelegt wird. Das Buch ist aus Lehrbriefen entstanden, die sich an Lehrerinnen und Lehrer der Naturwissenschaften richtete, die in Studienkollegs Fachunterricht erteilen. Es sollte die Unterrichtenden für die sprachlichen Probleme der Lernenden im Fachunterricht sensibilisieren. Herr Heilmann, DaF- und Biologielehrer, hat im Buch viel Wert auf eine klare und eindeutige Ausdrucksweise gelegt. Das zeitgleich erschienene Buch *Ulrich Engel: Kurze Grammatik der deutschen Sprache*, Iudicium Verlag, München 2002, ISBN 9783891297445 behandelt das gleiche Thema, ist aber von der Darstellung her eher auf DaF-Lehrer/innen ausgerichtet. Bei den verwendeten Begriffen gibt es leichte Unterschiede (z. B. *Präpositional-Ergänzung* bei Heilmann, *Präpositivergänzung* bei Engel), inhaltlich sind die Unterschiede jedoch unwesentlich. (Im Grammatikduden, 7. Auflage 2005, wird hierfür das Wort *Präpositionalobjekt* verwendet). Ich selbst habe im Buch im Gegensatz zu Heilmann und Engel statt *Ergänzung* „Objekt“ (wie im Grammatikduden) geschrieben, weil ich nicht voraussetzen kann, dass sich die Lehrerinnen und Lehrer mit der Dependenzgrammatik auseinandergesetzt haben. Das ältere Wort „Objekt“ ist dagegen allen DaF-Lehrer/innen vertraut. Außerdem ist es häufig den Lernenden aus vorhergehendem Unterricht bekannt.

Experimente in der Physik

Physiklehrerinnen und -lehrern ist klar, dass die Lernenden möglichst selbst die Geräte in die Hand nehmen sollten, wenn es um das „Berei-

fen“ der Phänomene geht. Wer versucht hat, die Nordpole zweier starker Magnete zusammenzudrücken, hat sofort eine Vorstellung von Abstoßung und damit eine wesentliche Grundlage für das Verständnis des Feldbegriffs erworben. Obwohl man nichts zwischen den Polen sieht oder fühlt, hat man den Eindruck, irgendetwas Unsichtbares zusammenzudrücken. Wenn für den Fachsprachenunterricht eine Physiksammlung zur Verfügung steht, ist vieles leichter klarzumachen. Aus meiner Unterrichtserfahrung am Studienkolleg weiß ich, dass viele Lernende aus ärmeren Ländern noch nie physikalische Geräte in der Hand hatten, selbst wenn sie viel Physikunterricht in der Schule hatten. Physikalisches Experimentiermaterial steht in einigen Ländern nicht oder nur in zu geringem Maße zur Verfügung. Daher ist es sinnvoll, nach Möglichkeit auch die Lernenden selbst mit Geräten hantieren zu lassen. Dabei braucht es sich nicht um Material für den Physikunterricht von Lehrmittelfirmen zu handeln. Ein Haushaltsmessbecher und eine Küchenwaage für die Dichte, starke Magnete, ein Expander oder ein Gummiring für den Kraftbegriff reichen häufig aus.

Sprachliche Themen in den drei Büchern „Wie spricht man der Mathematik / Physik“

Zur übersichtlichen Darstellung kürze ich das Buch „Wie spricht man in der Mathematik? Band 1“ mit **M1**, „Wie spricht man in der Mathematik? Band 2“ mit **M2** und „Wie spricht man in der Physik?“ mit **P** ab.

Wenn die Möglichkeit besteht, ab A1 bis Ende B1 Fachsprache parallel zur Allgemeinsprache zu unterrichten, so kann mit den drei Büchern die Grundlage für das Verständnis mathematischer, naturwissenschaftlicher und technischer Texte gelegt werden. Zusammen decken die drei Bücher die wichtigsten fachsprachlich relevanten Bereiche der Grammatik, der Wortbildung, des Textverständnisses und der Textproduktion ab. Zu empfehlen ist die Reihenfolge **M1, P, M2**.

Grammatische Themen

Modalsatz mit <i>indem</i>	M1
Uneingeleiteter Konditionalsatz	P
Präpositionen <i>von, um, auf</i>	M1
Verben der Zustandsänderung	M1
Nomen-Verb-Kombinationen	P
Verben mit passivischer Bedeutung	P
Reflexive und reziproke Verben	P

Unpersönliche Ausdrucksweise	M2
Vorgangspassiv	P, M2
Passiv mit Modalverb	M2
Zustandspassiv	M2
Passiversatz	M2

Attribute allgemein	M2
Partizipialattribute	P, M2
Modales Partizip	M2

Verbale und nominale Formulierungen	P, M2
-------------------------------------	--------------

Der mathematische Konjunktiv	M2
------------------------------	-----------

Wortbildung

Wortbildung	P, M2
-------------	--------------

Textverständnis

Definitionen	M2
Aufgabensprache	M2

Textproduktion

Versuchsbeschreibungen	P
Beschreibung eines Gegenstands	P
Beschreibung von Diagrammen	M2
Vorgangsbeschreibungen	M2

Wie weit sollte man im Fachsprachenunterricht auf die allgemeinsprachliche Lexik eingehen?

Im Physikunterricht kommen – deutlich mehr als im Mathematikunterricht – unbekannte Wörter für das entsprechende Sprachniveau vor, die nicht als Fachwörter angesehen werden können. Zwei einfache Maschinen sind z. B. Seil und Stange (Lektion 12). Wenn man Aufgaben zu Seil und Stange verstehen will, muss man auch Wörter kennen, die situationsbedingt für die einfachen Maschinen *Seil* bzw. *Stange* stehen. Für den *Faden*, die *Schnur*, die *Kordel*, den *Riemen*, die *Leine*, das *Tau* (der Tau muss natürlich hiervon unterschieden werden) gelten die gleichen Gesetze wie für das *Seil*. Ein *Stock*, ein *Stab* oder ein *Brett* kann je nach Thema auch anstelle von *Stange* verwendet werden. Hier gibt es die gleichen Probleme, die beim Wort *Länge* bestehen (**M1**, Lektion 21): *Breite*, *Höhe*, *Tiefe*, *Größe*, *Stärke*, *Dicke*, *Weg*, *Strecke* werden ebenfalls in Meter gemessen und sind nichts anderes als eine Länge unter bestimmten Blickwinkeln.

Alle möglichen Wörter aufzuführen würde einen Fachsprachenunterricht überfrachten. Es ist sinnvoll, zuerst die fachsprachlich definierten

Wörter zu erklären. In Aufgaben kommen dann andere vor, und dann müssen sie als physikalisch gleichwertig erkannt werden: Das Tau ist ein spezielles Seil, mit dem ein Schiff am Ufer befestigt wird; es ist dick usw.

Hinweise zu den Lektionen

Zum Zusatzmaterial:

Der Name der Datei beginnt jeweils mit der Lektion im Buch (L01, ...), gefolgt von V und der Nummer des beschriebenen Versuchs oder Z (mit einer Ziffer), wenn der Versuch nicht im Buch nummeriert ist. Arbeits- und Übungsblätter bekommen hinter der Angabe der Lektion ein A (mit einer Ziffer). Die Dauer von Filmen ist angegeben durch: (Minuten : Sekunden)

Einige Filme werden auch auf YouTube hochgeladen. Auf Seite 30 ist eine Liste der Filme mit den entsprechenden Links.

1

Begleitmaterial

Zu den fünf beschriebenen Versuchen (Versuch 1 bis 5) liegen kurze Videos vor (L01_V1 bis L01_V5), ebenfalls ein Video zu Aufgabe 6 (L01_ZA6) und zwei zusätzliche Videos (L01_Z1 und L01_Z2) in insgesamt 7 Videodateien. Die Zeitangaben beziehen sich auf die Gesamtlänge, also einschließlich eines 6 Sekunden langen Abspans mit Angabe des Buchs und des Verlags. Im Unterricht kann die Vorführung vor dem Abspann abgebrochen werden.

Der Film **L01_V1** (0:48) besteht aus zwei Teilen: Im ersten Teil wird die Büroklammer an die beiden Pole gehalten (die fehlende Wirkung der Indifferenzzone kann man schlecht vorführen, da die Nichtanziehung nicht sichtbar dargestellt werden kann; hier muss man selbst experimentieren), im zweiten Teil (nicht beschrieben) hängt die Büroklammer an einen Faden. Man sieht deutlich, in welche Richtung die Büroklammer gezogen wird.

L01_V2 (0:44) Versuch 2: Weil das Ausrichten in Nord-Süd-Richtung sehr lange dauert, wird der Film zweimal unterbrochen und die Dauer der Unterbrechung eingeblendet. Man muss „glauben“, dass die eingeblendeten Wörter „Norden“ und „Süden“ wirklich die Richtungen angeben. Besser ist natürlich, dass man einen solchen Versuch selbst vorführt, indem man z.B. aufgrund des Sonnenstands die Richtungen bestimmt und dann überprüft, ob wirklich nach einiger Zeit der Nordpol in Richtung Norden zeigt.

L01_V3_V4 (0:31) Die Versuche 3 und 4 werden in drei Teilen zusammenhängend dargestellt.

L01_V5 (0:39) Es sind andere Materialien als die in Versuch 5 beschriebenen verwendet worden. Bei den Metallen handelt es sich um Eisen, Aluminium, Kupfer und Messing (Kupfer-Zink-Legierung).

L01_ZA6 (0:47) stellt den beschriebenen Versuch in Aufgabe 6 dar: Welche Münzen werden von Magneten stark angezogen, schwach angezogen und welche überhaupt nicht?

Hinzu kommen noch zwei weitere Filme:

L01_Z1 (0:47) kann als Motivation und zur Erheiterung dienen. Wenn der Unterricht sich nicht nur auf die Fachsprache Physik beschränken soll, bieten sich hier kurze allgemeinsprachliche Beschreibungen an (*Puppen, küssen, Hund, sich umdrehen, beschnuppern, Katze, Maus, fangen*). Zur Physik kommt man dann wieder, indem man den Grund für das Verhalten der Spielzeugteile nennt und Vermutungen äußert, wo sich die Pole der Magnete im Inneren des Spielzeugs befinden, d.h., wann gleichnamige und wann ungleichnamige Magnetpole einander gegenüberstehen.

Film **L01_Z2** (0:50) kann zur Festigung des Unterrichtsstoffs dienen. Im Sockel des Stabs ist der Nordpol des Magneten oben, und da sich zu Beginn alle Ringmagnete anziehen, befindet sich auch bei allen Ringmagneten der Nordpol oben. Wenn die einzelnen Ringmagnete abgehoben werden, wird jeder zweite Magnet umgedreht, so dass sich der Nordpol des zweiten (blau) und des vierten Magneten (rot) unten befindet. Weil dies für das Versuchsergebnis wichtig ist, wird durch das Verb „umdrehen“ darauf hingewiesen. Jetzt beginnt das Zurückstecken auf den Stab mit dem vierten Magneten (rot). Sein Nordpol (unten) steht dem Nordpol des Sockels (oben) gegenüber, der Ringmagnet wird abgestoßen. Im nächsten Schritt stehen sich der Südpol des roten Magneten (oben) und der Südpol des gelben (unten) einander gegenüber, also wieder Abstoßung. Es schließen sich noch der blaue und der grüne an. Am Ende stehen sich also immer die gleichnamigen Pole gegenüber. Wer den Film aufmerksam beobachtet, erkennt, dass der Abstand zwischen Sockel und rotem Magneten jeweils etwas kleiner wird, wenn ein weiterer Magnet hinzukommt. Das Gewicht der zusätzlichen Magnete drückt auf den roten Magneten, sodass jedes Mal die Kraft, mit der der rote Magnet in Richtung des Sockels gedrückt wird, größer wird. Das Gewicht eines Ringmagneten ist etwa 0,12 N. Daher werden der rote Magnet und der Sockel zuerst mit der Kraft 0,12 N, dann mit 0,24 N, ... und am Ende mit 0,48 N zusammengedrückt.

Hinweise zu Experimenten

Hilfreicher als das Schauen von Filmen ist für Lernende die Möglichkeit, selbst die Anziehungs- und Abstoßungskräfte zu **spüren**. Wenn man also zwei starke Magnete hat, so sollte man den Lernenden die Möglichkeit geben, selbst die Anziehung und Abstoßung zu spüren, indem man sie zwei sich anziehende Magnetpole auseinanderziehen oder zwei sich abstoßende Magnetpole zusammendrücken lässt. Werden zwei Magnete mit dieser Anweisung im Kurs herumgereicht, dann bleibt die Kraftwirkung besser in Erinnerung, als wenn die Lernenden nur die Versuche beobachten. Beachten Sie dabei die Sicherheit der Lernenden: Bei den üblichen Magneten besteht keine Gefahr. Aber große Neodymmagnete können sich mit einer so großen Kraft anziehen, dass man sich zwischen ihnen die Finger verletzen kann.

Sprachliche Lernziele

Die fachsprachlichen Ausdrücke sollten aktiv und passiv beherrscht werden. In Lektion 1 geht es hauptsächlich um Fachausdrücke zum Magnetismus. Wichtig sind auch Wörter, die das Vorgehen im Experiment differenzieren, hier der Unterschied zwischen *nähern* und *berühren*. Die Antonyme *anziehen* und *abstoßen* dürfen nicht mit *anziehen* und *ausziehen* verwechselt werden. In einer Klausur hat einmal jemand geschrieben: *Ungleichnamige Magnetpole ziehen sich an, gleichnamige Magnetpole ziehen sich aus*. Übung 3 soll die Unterschiede verdeutlichen.

Wenn es die Zeit erlaubt, kann man die Präfixe *an-, ab-, ein-, um-, ver-* durch weitere Beispiele ergänzen, z.B.:

anziehen – abstoßen (Kräfte)

*anziehen, ausziehen, **umziehen*** (Kleidung)

*einziehen, ausziehen, **umziehen*** (Wohnung)

jd. ist unbekannt verzogen

einsteigen, aussteigen, umsteigen (Bus, Zug)

In den beiden Folgelektionen wird auf Wortbildung (Lektion 2) und Rezipropronomen (Lektion 3) eingegangen. Man könnte bereits in Lektion 2 Verben mit Präfixen (*berühren, anziehen, abstoßen, aufhängen ...*), Komposita (*Indifferenzzone, Nichtmetall, gleichnamig, ...*) suchen lassen und damit einen Übergang zu Lektion 2 schaffen. Ebenfalls ist es sinnvoll, auf das Wort „sich“ einzugehen, da es hier nicht als Reflexivpronomen, sondern als Ersatz für ein Rezipropronomen verwendet wird. Für die Physik ist dieser Unterschied besonders wichtig, weil dadurch das Wechselwirkungsgesetz (3. Newton'sche Axiom) über

eine sprachliche Übung vorbereitet wird. Erfahrungsgemäß achten viele Lernende nicht darauf, dass das 3. Newton'sche Axiom von **zwei** Körpern ausgeht, die aufeinander wirken.

Fachliche Lernziele

Die Lernenden sollen die Grundlagen des Ferromagnetismus kennenlernen und wissen, dass sich ungleichnamige Magnetpole anziehen und gleichnamige abstoßen. Ebenfalls sollen sie wissen, dass es ferromagnetische Stoffe gibt, die von Permanentmagneten immer angezogen werden. Es reicht aus, wenn sie wissen, dass Eisen, Nickel und Kobalt ferromagnetisch sind (und auch Legierungen, die genügend Eisen, Nickel oder Kobalt enthalten). Neben Eisen, Nickel, Kobalt gibt es noch Elemente, die bei sehr niedrigen Temperaturen ferromagnetisch sind, z.B. Gadolinium Gd bei unter 19°C. Alle anderen werden erst ferromagnetisch bei deutlich niedrigeren Temperaturen, als auf der Erde auftreten können. Das ist jedoch kein Lernziel für dieses Buch und spielt erst im Fachstudium eine Rolle. Die zurzeit stärksten Permanentmagnete werden Neodym-Magnete genannt und bestehen aus einer Legierung aus Neodym, Eisen und Bor. In späteren Lektionen kommt das Wort als Bezeichnung für einen starken Magneten vor.

Das Thema „Permanentmagnete“ gehört in den Bereich Grundschule / Sekundarstufe I. Was darüber hinausgeht, wird in diesem Buch nicht thematisiert. Für die Sekundarstufe II und für ein technisches oder naturwissenschaftliches Studium wäre der Zusammenhang zwischen Strom und Magnetismus wichtig, darüber hinaus noch der Dia- und Paramagnetismus. Hierauf kann in einem fachsprachlichen Einführungskurs nicht eingegangen werden. Wenn nicht nachgefragt wird, sollte es auch nicht im Unterricht thematisiert werden.

Die Deklination von *Magnet*

Nach Duden (Rechtschreibung, Bd. 1, 26. Auflage) wird „Magnet“ stark oder schwach dekliniert. Es gibt keine Empfehlung, was man bevorzugen sollte. Wahrig (Deutsches Wörterbuch, 2006) gibt nur die n-Deklination an. Ich habe in mehreren Physikbüchern und im Internet nachgesehen und festgestellt, dass meistens *Magnet* im Singular stark und im Plural schwach dekliniert wird, allerdings manchmal nicht konsequent durchgeführt. Ich habe mich dazu entschlossen, im Buch konsequent im Singular die schwache und im Plural die starke Deklination zu verwenden.

Wenn der Kurs auch der Allgemeinsprache dienen soll, dann könnte man im Rahmen dieser Lektion die beiden Deklinationen wiederholen.

2

In Lektion 2 sollen – zum Teil aus dem A2-Unterricht bekannte – Phänomene der Wortbildung wiederholt und ergänzt werden. Die Liste der untrennbaren Präfixe ist erforderlich, um Aufgabe 1 lösen zu können. Präfixe, die manchmal trennbar und manchmal untrennbar sind, kommen in der Übung nur vor, wenn die Wörter auf Seite 8 in den Beispielen genannt worden sind. Zwar gehören die Regeln zur Trennbarkeit/Untrennbarkeit in den Bereich der Grammatik, aber ich wollte mich hier nicht nur auf die verwendeten Präfixe beschränken, sondern die vollständige Regel angeben.

Ausführlich sollte auf *gleichnamig* und *ungleichnamig* eingegangen und werden, weil diese Wörter nicht mit *gleich* und *ungleich* gleichgesetzt werden dürfen. Die aufgeführten Suffixe und das Präfix *un-* sind für die physikalische Fachsprache sehr wichtig und sollten daher in Hinblick auf ihre Verwendung in den Folgelektionen wiederholt werden.

3

Wenn man sich A1-, A2-, B1- und B2-Sprachlehrbücher ansieht, findet man normalerweise keinen Hinweis auf die reziproke Verwendung des Reflexivpronomens. Beispiele für den reziproken Fall werden häufig reflexiv genannt. Wahrscheinlich werden im normalen Sprachgebrauch die Lernenden einen Satz wie „Wir lieben uns“ reziprok auffassen (*du liebst mich und ich liebe dich*) und nicht reflexiv (*ich liebe mich und du liebst dich*), obwohl die zweite Bedeutung auch gemeint sein könnte. Die meisten Lernenden werden wohl auch ohne Hinweis auf die reziproke Verwendung den Satz „Gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab“ richtig verstehen. Dass ich trotzdem darauf eingehe, hat weniger einen sprachlichen Zweck als einen fachlichen. In meiner Unterrichtspraxis als Physiklehrer hat sich häufig herausgestellt, dass Lernende das Wechselwirkungsgesetz (Wechselwirkungsprinzip, 3. Newton'sche Axiom bzw. Gesetz, Kraft und Gegenkraft, Actio und Reactio) immer wieder falsch beschrieben haben, weil sie sich nicht klar machten, dass die beiden Kräfte vom gleichen Betrag auf zwei verschiedene Körper wirken und sich gegenseitig bedingen. Es gab

immer wieder Verwechslungen mit zwei Kräften, die sich im Gleichgewicht halten und damit auf denselben Körper wirken.

Ziel ist es, die Lernenden dafür zu sensibilisieren, dass wechselwirkende Kräfte auf zwei verschiedene Körper wirken. Der Fehler in der Geschichte vom Baron Münchhausen, der sich selbst an den Haaren aus dem Sumpf zieht, lässt sich mit dem Wechselwirkungsgesetz leicht finden. Auf dieses Gesetz, das in Lektion 11 vorkommt, soll Lektion 3 hinarbeiten. Hierzu ist eine Präzisierung der Ausdrucksweise hilfreich (*einander anziehen, sich gegenseitig anziehen, aufeinander wirken, sich voneinander unterscheiden*).

4

Begleitmaterial

L04_V1_V2 (0:38) gibt die Versuche 1 und 2 wieder.

L04_V3 (0:50) gibt den Versuch 3 wieder. Am Ende wird noch zusätzlich gezeigt, dass die Anziehungskraft zwischen den beiden Büroklammern nach Entfernen des Magneten sofort nachlässt.

L04_V4 (1:04) zeigt die Verwendung von Eisenpulver zur Darstellung des Magnetfeldes. Das geschieht nacheinander mit verschiedenen Magneten.

L04_Z1 (1:04) wird nicht im Buch direkt beschrieben; Die magnetischen Feldlinien werden mit einem *Polfinder* untersucht. Beim Polfinder kann sich der kleine Magnet, der für einen Probemagneten steht, um 2 Achsen drehen, sodass er jede räumliche Richtung annehmen kann. Allerdings gibt es in den Achsen leichte Reibung, wodurch die Reaktion teilweise etwas verspätet oder ruckartig eintritt.

Lernziele

Sprachlich geht es in Lektion 4 in erster Linie um den Fachwortschatz. An den Fachwörtern kann die in Lektion 2 eingeführte Bildung von Komposita geübt werden.

Fachlich wird der abstrakte Feldbegriff eingeführt. Der Begriff des Feldes spielt in der Physik eine große Rolle. Das Feld ist der Übermittler der Kraft zwischen zwei entfernten Körpern. Neben dem Magnetfeld wird später auch auf das elektrische Feld und das Gravitationsfeld eingegangen. Wenn sich zwei Magnete voneinander entfernt im Raum befinden, ist jeder Magnet im Feld des an-

deren Magneten. Weil er im Feld des anderen Magneten ist, erfährt er eine Kraft. Die Kraft wird also nicht direkt von einem Magneten auf den anderen übertragen, sondern um jeden Magneten entsteht ein magnetisches Feld. Das magnetische Feld breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit in alle Richtungen aus. Sobald das magnetische Feld den anderen Magneten erreicht hat, tritt die Kraftwirkung ein. Die Richtung des Magnetfelds in einem Punkt des Raums wird durch die Feldlinien dargestellt. Auf den Betrag der Kraft, die auf den Körper wirkt, wird nicht eingegangen. Allerdings wird im Rahmen des elektrischen Felds (Lektion 25) der Begriff der Feldstärke eingeführt. Die Feldstärke ist eine Vektorgröße (Lektion 13 bis 16) und hat einen Betrag und eine Richtung.

Hinweise für den Unterricht

- Auf S. 12, Z. 9 steht der Satz: „Man nennt **dies** Remanenz.“ Man sollte im Unterricht herausarbeiten, dass sich „dies“ nicht auf ein einziges Wort bezieht, sondern auf die Gesamtaussage des vorherigen Satzes, nämlich, dass der Magnetismus noch eine Zeitlang erhalten bleibt.
- Außerdem ist es sinnvoll herauszuarbeiten, dass das Wort „Magnetismus“ in dieser Lektion in der Bedeutung von „Magnetischsein“ verwendet wird und nicht als „Lehre von den Eigenschaften des magnetischen Feldes“.
- In den Zeilen 22 und 23 steht der Satz: „Das Magnetfeld übt die Kraft auf andere Magnete oder auf ferromagnetische Stoffe aus.“ Hier kommen die Wörter *Kraft* und *ausüben* vor, die erst in den Lektionen 7 und 8 eingeführt werden. Wenn den Lernenden diese Ausdrücke unklar sind, kann man im Unterricht z. B. einen Gummiring von zwei Seiten ziehen und dies durch den Satz „Ich übe eine Kraft auf den Gummiring aus“ beschreiben. Man kann auch einen Gummiring mit einem Expander vergleichen (und beim Ziehen *kleine Kraft*, *große Kraft* sagen). Ich selbst nehme in meinen Unterricht bei diesen Themen immer ein paar Büroklammern, eine kleine Schraubenfeldler und einen Gummiring mit, um bei Bedarf durch Vorführen Wörter anschaulich klären zu können. Wenn man jederzeit die Möglichkeit hat, ein Video vorzuführen, kann man auch die ersten 3 Clips von **L10_Z1** vorführen und in diesem Zusammenhang bereits die Wörter „elastisch“ und „plastisch“ einführen.
- An dieser Stelle kann man auf die Wechselwirkung zwischen Magneten eingehen:



Die Magnete erzeugen ein Magnetfeld. Nicht Magnet 1 und Magnet 2 üben direkt Kräfte aufeinander aus, sondern die Wirkung geht vom erzeugten Magnetfeld aus. Das Magnetfeld ist der Übermittler der Kraft.

- In Zeile 31 steht der Satz: „Diese Linien heißen magnetische Feldlinien.“ Hier bin ich einen Kompromiss zwischen sprachlicher Einfachheit und Korrektheit eingegangen, denn nicht die materiellen Eisenpulverlinien sind die Feldlinien, sondern die gedachten Linien, an denen sich das Eisenpulver ausrichtet. Eine exakte Beschreibung, was Felder und Feldlinien sind, ist weder auf dem angestrebten fachlichen noch dem angestrebten sprachlichen Niveau möglich. Trotzdem sollten die Wörter „Feld“ und „Feldlinie“ früh eingeführt werden, weil sie in der Physik grundlegend sind. Man muss sich klarmachen: Das Feld und die Feldlinien sind auch dann vorhanden, wenn sie nicht (z. B. durch Eisenpulver) nachgewiesen werden.

5

Begleitmaterial

L05_V1_V2 (0:53) gibt die Versuche 1 und 2 wie im Buch beschrieben wieder.

In **L05_V3** (1:02) setzen sich die beiden Magnete aus jeweils 5 Neodym-Magneten zusammen. Mit den Vorführmagneten lässt sich das Phänomen nicht leicht nachweisen, weil die Pole sich am Rand nicht hundertprozentig decken. Solange man die Stelle, an der sich die beiden ungleichnamigen Pole der Vorführmagnete berühren, fühlen kann, ist dort auch eine magnetische Kraft auf die Büroklammer nachweisbar. Die Neodym-Magnete eignen sich wegen ihrer glatten Oberfläche deutlich besser für den Versuch.

Lernziele und Hinweise

Das wichtigste fachliche Lernziel ist zu erkennen, dass Anziehung und Abstoßung gegenseitig ist, dass es sich also um eine Wechselwirkung handelt. Mit der gleichen Kraft, mit der ein Magnet einen ferromagnetischen Stoff anzieht, zieht auch der ferromagnetische Stoff den Magneten an. An den Versuchen lässt sich die betragsmäßige Gleichheit der Kräfte nicht erkennen, aber in Hinblick auf das Wechselwirkungsgesetz wird

schon die betragsmäßige Gleichheit behauptet: „Die Büroklammer zieht den Magneten genauso stark an wie der Magnet die Büroklammer“. Das Magnetmodell wird vorwiegend im Unterricht der Sekundarstufe I verwendet. Bei tieferem Eindringen in das Thema wird es durch bessere Modelle ersetzt.

Darüber hinaus soll der Begriff des *Modells* verstanden werden als eine bildliche Vorstellung, die einem das Verständnis erleichtert, aber nur einen Teil der Realität korrekt wiedergibt.

Durch das Modell wird die gegenseitige Anziehung von Magnet und Eisenstück dadurch erklärt, dass der Magnet ein Feld hat, welches dann aus dem Eisenstück einen Magneten macht, dessen Feld dann auf den ursprünglichen Magneten zurückwirkt. In dieser Vorstellung hat jeder der beiden Magnete ein Feld, und dieses Feld wirkt jeweils nur auf den anderen Magneten. Man kann auch das gemeinsame Magnetfeld beider Körper als Grundlage nehmen und die Kraft über die Anordnung der Feldlinien des gemeinsamen Feldes erklären. (Die Feldlinien zweier sich anziehender Körper schließen sich zusammen, die Feldlinien zweier sich abstoßender Körper dagegen nicht; die Dichte der Feldlinien ist ein Maß für die Stärke des Feldes, wobei man genaugenommen dreidimensionale Darstellungen verwenden müsste.)

Sprachlich sollte das Wort *Phänomen* erklärt werden. Hierzu dient Aufgabe 2 als Beispiel.

In der klassischen Physik gibt es nur magnetische Dipole, d. h., jeder Magnet hat einen Nord- und einen Südpol. Diese beiden Pole lassen sich nicht voneinander trennen, sodass das Modell der Elementarmagnete das Verhalten voll beschreibt. Dass Dirac bereits 1931 die Existenz magnetischer Monopole postuliert hat und inzwischen auch magnetische Monopole bei extrem niedrigen Temperaturen nachgewiesen wurden, gehört nicht zur klassischen Physik, sondern in den Bereich der Quantentheorie. Hierauf sollte nach Möglichkeit nicht eingegangen werden.

6

Begleitmaterial

Das Arbeitsblatt **L06_A1** umfasst drei Seiten. Während im Buch nur die Transformation Aktiv in Passiv erklärt und geübt wird, geht es hier um die Transformation von Passiv in Aktiv und das Verständnis von Passivsätzen in einem Text. Das neu gelernte Passiv wird hier also nicht aus dem

bekanntem Aktiv konstruiert, sondern der neu gelernte Stoff soll in die schon lange bekannten Formulierungen umgeformt werden. Die Umformung von Passiv in Aktiv ist jedoch schwieriger als die andere Richtung. Die Lernenden müssen entscheiden, ob der Satz ein zusätzliches „man“ benötigt. Damit es nicht gleich zu Beginn zu schwer ist, muss das zusätzliche „man“ in allen Übungssätzen auf der ersten Seite eingefügt werden. Auf Seite 2 folgen dann die Fälle, in denen das Subjekt des Aktivsatzes aus dem Passivsatz entnommen werden muss. Beiden Fällen ist ein Umwandlungsschema vorangestellt. Auf Seite 3 steht schließlich ein Fachtext mit vielen Passivsätzen. Hier sollen die Lernenden zuerst durch Unterstreichen die Verben im Passiv finden, **von** + *Dat.* unterstreichen, um das entsprechende Subjekt des Aktivsatzes zu finden, das Subjekt des Passivsatzes, das zum Akkusativobjekt des Aktivsatzes wird, ebenfalls unterstreichen. Danach kann der Text in Aktiv umgeformt werden. (Einmal kommt ein Passivsatz mit Modalverb vor.)

Hinweise und Lernziele

Texte im Passiv verstehen und schreiben zu können ist in einem naturwissenschaftlichen Unterricht sehr wichtig. Es reicht natürlich nicht aus, die Passivübungen, die im Buch angeboten werden, zu machen. Wichtig ist auch, den Lernenden zu begründen, was die Aufgabe des Passivs ist. Im Buch „Wie spricht man in der Mathematik?, Band 2“ wird das Passiv unter der Überschrift „Die unpersönliche Ausdrucksweise“ eingeführt. Die Lernenden müssen erkennen, dass Passiv nicht nur eine neue grammatische Form ist, sondern dass damit das Ziel verbunden ist, die Handlung und nicht die handelnde Person in den Vordergrund zu stellen. Magdalena Michalak, Valerie Lemke, Marius Goeke schreiben in *Fachsprache im Fachunterricht, Narr Studienbücher, Tübingen 2015, ISBN 978-3-8233-6843-4* dazu: „Beim Schreiben eines Versuchsprotokolls soll beispielsweise Passiv nicht zum Thema einer isolierten Übung werden, sondern es soll begründet werden, warum solche Konstruktionen in Protokollen zu verwenden sind. So kann den SchülerInnen deutlich gemacht werden, dass im Passiv die Handlung bzw. der Vorgang im Vordergrund steht und nicht die handelnde Person (...) Es ist nebensächlich, wer diese Erkenntnisse gewonnen hat. Zentral ist die Frage, wie sie gewonnen wurden (...) Damit ist der Gebrauch von Passivformen funktional bedingt.“ (Seite 54)

Das Passiv wird im Unterricht Deutsch als Fremdsprache normalerweise erst auf der Stufe

B2 behandelt. In den Fachsprachen kommt es jedoch häufig vor. Selbst die Regeln zur Bruchrechnung werden in vielen Schulbüchern der Sekundarstufe I im Passiv formuliert (Schnittpunkt Mathematik, Klett, Stuttgart 2007): *Brüche werden multipliziert, indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert.* (Man könnte hier auch schreiben „Man multipliziert Brüche, indem man ...“ Lehrbuchautoren ist die Schwierigkeit für DaZ-Lernende wohl nicht bewusst.) Im Buch *Michalak, Lemke, Goeke: Sprache im Fachunterricht, Tübingen 2015, Narr, ISBN 978-3-8244-4854-5* steht hierzu auf Seite 31: „Sie (die DaZ-Lernenden) sehen sich stattdessen mit einem Unterricht konfrontiert, der für muttersprachliche Lernende konzipiert ist ... Das Passiv ist beispielsweise ein grammatisches Phänomen, das in zahlreichen Fachtexten auftritt und für die Fachsprache im Fachunterricht charakteristisch ist. Es stellt eines der größten Probleme für DaZ-Lernende dar, zumal passivische Konstruktionen in anderen Sprachen nicht so häufig gebraucht werden wie im Deutschen ...“

Wegen der häufigen Verwendung des Passivs möchte ich Passivsätze nicht ganz vermeiden, sondern sie nach der Einführung in einfachen Fällen verwenden. Das Buch soll auf einen Fachunterricht vorbereiten und nicht Fachthemen in vereinfachter Sprache darstellen.

In diesem Buch wird das Passiv nur bei Verben eingeführt, die eine Akkusativergänzung haben, und zwar nur im Präsens und ohne Modalverben. Auf die anderen Fälle wird im Buch „Wie spricht man in der Mathematik? Teil 2“ eingegangen. Im Buch selbst wird nur auf die Transformation von Aktiv in Passiv eingegangen, die umgekehrte Richtung ist jedoch für das Textverständnis besonders wichtig. Das Zusatzmaterial sollte also unbedingt Unterrichtsgegenstand sein. Dass diese Übungen trotz der Wichtigkeit nicht im Buch stehen, liegt an Platzgründen: Jede Lektion wird auf zwei Seiten dargestellt, damit das Buch trotz des Wechsels zwischen Sprache und Fach übersichtlich ist. Der Nachteil, dass manchmal zu wenig Übungen vorhanden sind, soll durch die zusätzlichen Übungsblätter ausgeglichen werden.

Durch diese Lektion sollen die Lernenden befähigt werden, Aktivsätze, die eine Akkusativergänzung haben, in Passivsätze zu transformieren und umgekehrt. Ebenfalls sollen die Lernenden Passivkonstruktionen in einem Fachtext erkennen und die Bedeutung der Sätze verstehen können (als Grundlage des Leseverstehens). Hierzu dient die Unterstreichungsübung.

Ab Lektion 7 wird das Passiv, wenn auch sparsam, verwendet. Im Unterricht sollte von nun an regelmäßig der Text auf Passivsätze untersucht und die Bedeutung dieser Sätze geklärt werden.

7

Begleitmaterial

Das zusätzliche Übungsmaterial **L07_A1** (zweiseitig) zu Lektion 7 dient als weiteres Übungsmaterial zu den eingeführten Verben. Hinzu kommen die Verben *drücken*, *schieben*, *ziehen* (verschiedene Rektionen), die beim Thema **Kraft** in Beispielen häufig verwendet werden. Außerdem dient es der Wortschatzerweiterung.

Hinweise und Lernziele

Das Wort „Kraft“ wird im Alltag in vielen Bedeutungen verwendet. Es geht in dieser und den Lektionen 8 und 10 darum, die Bedeutung von Kraft aus physikalischer Sicht herauszuarbeiten. „Während man im Alltag z.B. von Muskel-, Seh- und Willenskraft spricht, ist der Begriff Kraft in der Physik anders definiert. In der Physik *hat* man keine *Kraft*, sondern man kann lediglich die Wirkungen von Kräften in Form von Bewegungsänderungen, Verformungen und Materialumwandlungen betrachten. Daher sagt man in der Physik, dass *eine Kraft auf etwas ausgeübt wird*. Daraus ergibt sich die Konsequenz, dass die SchülerInnen nicht nur das Wort und dessen Konzept lernen müssen, sondern auch die Kollokationen, also typische sprachliche Verbindungen, die fachlich angemessen sind.“ (*Magdalena Michalak, Valerie Lemke, Marius Goeke: Sprache im Fachunterricht, Narr Studienbücher, Tübingen 2015, ISBN 978-3-8233-6843-4, S. 57*)

Eine Kraft ist durch die drei Bestimmungsgrößen *Betrag*, *Richtung* und *Angriffspunkt* eindeutig definiert. Kräfte werden im Allgemeinen durch Pfeile symbolisiert. Der Betrag kann aus der Pfeillänge bestimmt werden, wenn durch einen Maßstab Länge und Kraft miteinander in Beziehung gesetzt werden. **Fachlich** sollen die Lernenden wissen, dass eine Kraft durch *Betrag*, *Richtung* und *Angriffspunkt* bestimmt ist. Sie sollen den Maßstab in Zeichnungen berücksichtigen können (Aufg. 5). Für diese Übung brauchen sie ein Lineal oder ein Geodreieck.

Die **sprachlichen Lernziele** bestehen darin, dass die Lernenden neben den Wörtern für die Bestimmungsgrößen auch die zugehörigen Verben beherrschen und richtig verwenden. Wei-

terhin soll die Rektion der Verben *angreifen*, *betragen*, *entsprechen*, *wirken* richtig verwendet werden können. Wichtig ist auch die Leseübung, damit mathematische Symbole und Einheiten sprachlich richtig genannt werden.

8

In Lektion 8 geht es **sprachlich** darum, die Verben *ausüben* und *erfahren* (Kollokationen *Kraft ausüben*, *Kraft erfahren*) zu verstehen und richtig verwenden zu können. Darüber hinaus soll in diesem Zusammenhang *wirken* und *angreifen* wiederholt werden. Dies geschieht durch Übung 1.

Die Regel für die Indizes (*der erste Buchstabe bezeichnet den Körper, der die Kraft ausübt, der zweite den Körper, auf den die Kraft ausgeübt wird*) **wird hier willkürlich festgesetzt**. Auch andere Schreibweisen sind möglich. Vereinbarungen werden sehr häufig in Wissenschaften getroffen, damit man zum Beispiel eine Schreibweise verwenden kann, ohne dass man sie jedes Mal erklären muss. Durch die hier vereinbarte Schreibweise wird die Beziehung zwischen den Kräften leichter verständlich, besonders, wenn das Wechselwirkungsgesetz (Lektion 11) eingeführt wird. Im Schulunterricht der Sekundarstufe I sind doppelte Indizes nicht üblich, wohl aber in der Studienvorbereitung, dem Studium und gelegentlich auch im Oberstufenunterricht. Die Vereinbarung zur Schreibweise bezieht sich hier auch auf die nächsten Lektionen zur Kraft.

Fachlich wird der physikalische Körper definiert. Im Unterricht muss klar werden, dass hiermit nicht wie im Alltag nur der Körper eines Menschen oder Tiers gemeint ist, sondern dass der Begriff allgemein jede begrenzte Menge von Materie bedeutet. Damit gibt es auch Gas- und Flüssigkeitskörper. *Aggregatzustand*, *fest*, *flüssig* und *gasförmig* werden eingeführt. Beim Wort *gasförmig* muss den Lernenden klar werden, dass es sich hierbei trotz „-förmig“ nicht um eine Form (wie bei *quaderförmig*, *kugelförmig*, *würfelförmig*) handelt. Hierzu ist Übung 2 gedacht.

9

Begleitmaterial

Beim zweiseitigen Zusatzmaterial zu Lektion 8 bzw. 9 **L09_A1** geht es darum, vor allem das Verb „erfahren“ deutlich von den anderen Verben, die mit Kraft verwendet werden, abzugrenzen. Spe-

ziell dieses Blatt sollte vor allem dann eingesetzt werden, wenn Lernende mit geringeren fachlichen und sprachlichen Vorkenntnissen im Kurs sind. Man sollte darauf achten, dass *ausüben auf* nur bei Kraft verwendet wird. Wenn es um Gewalt geht, wird *ausüben* entweder ohne Präpositional-Ergänzung oder mit der Präposition *gegen* verwendet.

Hinweise

In dieser Lektion geht es darum, die in der Fachsprache Physik häufig verwendeten Verben auch in anderen Zusammenhängen kennenzulernen. Die Verben sind im physikalischen Zusammenhang rot und in anderen, nicht-physikalischen Zusammenhängen blau gekennzeichnet. Die Lektion kann als Einstieg in das Thema *Funktionsverbgefüge, feste Nomen-Verb-Verbindungen, Kollokationen* dienen. Das Verständnis der Verben in nicht-physikalischen Zusammenhängen erleichtert auch das Verständnis in der Physik.

Bei den nicht-physikalischen Beispielen kommen die Verben jeweils in der Bedeutung vor, die sie auch im physikalischen Kontext haben. „Erfahren“ hat also etwas mit „erleiden“ zu tun und nicht mit „Information bekommen“. Wenn der Unterricht von Sprachlehrerinnen oder -lehrern durchgeführt wird, bietet sich an, auch auf die anderen Bedeutungen der Verben einzugehen.

10

Begleitmaterial

Der Film **L10_Z1** (1:35) zeigt die Verwendung und den Aufbau des Kraftmessers, der im ersten Absatz von Lektion 10 beschrieben wird. Im letzten Teil des Films wird gezeigt, wie man den Zeiger mithilfe der weißen Mutter zu Beginn einer Messung auf 0 stellt. Der Film kann zur Wiederholung des Lehrbuchtextes als auch als Einführung dienen.

Durch den Film **L10_Z2** (1:33) sollen die Wörter *elastisch, plastisch, Gummiring, Schraubenfeder, Zugfeder, Druckfeder* eingeführt werden. Es werden auch die Verben zu den Nomen *ziehen (Zugfeder)* und *drücken (Druckfeder)* genannt. Auf die Verb-Nomen-Zusammenhänge *drücken – der Druck, ziehen – der Zug* wird ausführlich in Lektion 36 eingegangen.

Hinweise

Sprachlich sollen einige Fachwörter aus der Physik (*Längenänderung, proportional, Proportionalität, Zeiger, Skala, elastisch, plastisch, Messgerät, Messbereich*) und einige technische Wörter (*Gewinde, Mutter, Griff, Haken*) eingeführt werden. Hinzu kommt das Verb *durchführen* (*eine Messung durchführen* für *messen*). Das Verb *durchführen* wird in Lektion 20 im Zusammenhang mit dem physikalischen Versuch wieder aufgegriffen. Beim Wort *Mutter* muss besonderer Wert auf den Plural gelegt werden.

Man könnte hier den Unterricht noch ergänzen durch *lang – verlängern, kurz – verkürzen, groß – vergrößern, klein – verkleinern, breit – verbreitern* (\neq *verbreiten*) und in nicht räumlicher Bedeutung *dünn – verdünnen, dick – verdicken*.

Fachlich sollen Aufbau und Funktionsweise eines Kraftmessers verstanden werden.

11

Begleitmaterial

Im Film **L11_Z1** wird das Wechselwirkungsgesetz veranschaulicht. Die beiden Körper, die Kraft aufeinander ausüben, sind die Hand (Körper A) und das Stativ (Körper B). Der rechte Kraftmesser misst die Kraft F_{AB} , die die Hand (also Körper A) auf das Stativ (Körper B) ausübt. Da im Film gezogen wird, ist diese Kraft nach links gerichtet (Zugrichtung). Wie man sieht, zieht das Stativ (Körper B) auch an der Hand (Körper A). Der linke Kraftmesser zeigt diese Kraft F_{BA} an. Man kann sehen, dass zu jedem Zeitpunkt beide Kraftmesser den gleichen Wert anzeigen, die Beträge der Kräfte also gleich sind. Ihre Richtungen sind entgegengesetzt: Beim linken Kraftmesser wird der Haken nach rechts aus dem Gehäuse gezogen, beim rechten Kraftmesser nach links. Die Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet.

Wenn man zwischen den beiden Haken einen Körper befestigen würde, so wirkten beide Kräfte auf diesen Körper. In diesem Fall würden die beiden Kräfte den Körper im Gleichgewicht halten.

Lernziele

Die Lernziele sind überwiegend **fachlich**.

Die Lernenden sollen wissen,

- dass man Kräfte an ihren Wirkungen, Verformung und Beschleunigung, erkennt,
- dass eine Beschleunigung mit einer Geschwindigkeitsänderung zusammenhängt,

- dass durch Beschleunigung ein Körper schneller oder langsamer wird oder seine Bewegungsrichtung ändert,
- dass zum Wirken von Kräften zwei Körper vorhanden sein müssen,
- dass die beiden Körper Kräfte erfahren, die gleiche Beträge haben und entgegengesetzt gerichtet sind.

Darüber hinaus sollen die Lernenden die Fachwörter kennen und korrekt verwenden können.

Hinweise

Dass Beschleunigung nicht nur schneller werden bedeutet, weicht von der alltäglichen Sprechweise ab. Wenn ein Körper eine Kraft in Bewegungsrichtung erfährt, wird er schneller. Wenn die Kraft entgegengesetzt zur Bewegung gerichtet ist, wird er langsamer. Wenn sie einen Winkel von 90° mit der Bewegungsrichtung einschließt, bewegt sich der Körper auf einer Kurve und wird dabei weder schneller noch langsamer.

Im Normalfall greift nicht nur eine Kraft an einem Körper an, sondern viele Kräfte. In dem Fall muss man *Kraft* durch *resultierende Kraft* ersetzen.

Aus der Erfahrung weiß man, dass Körper mit der Zeit zur Ruhe kommen. Das widerspricht nicht den Aussagen, weil zwischen dem Boden und dem Körper Reibungskräfte wirken und auch ein Luftwiderstand vorhanden ist. Reibung und Luftwiderstand wirken immer entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung.

Das Wechselwirkungsgesetz (3. Newton'sche Axiom) gilt ausnahmslos für die gesamte klassische Physik (quantenphysikalische Phänomene müssen ausgenommen werden). Daher wird darauf im Studium der Physik und Technik sehr viel Wert gelegt. Es bereitet anschaulich jedoch Schwierigkeiten, weil man sich den Ablauf vieler alltäglicher Bewegungen im Allgemeinen nicht klarmacht. Das Beispiel auf Seite 26 unten und die beiden Beispiele in Aufgabe 4 auf Seite 27 sollen das Wirken von Kraft und Gegenkraft bei alltäglichen Situationen veranschaulichen. Es lassen sich sehr viele weitere Beispiele finden. Dabei muss man berücksichtigen, dass die Wirkung bei schweren Körpern weniger sichtbar ist als bei leichten. Eine Kugel, die auf den Boden fällt, wird von der Erde angezogen. Gleichzeitig zieht die Kugel auch die Erde an. Die Kugel fällt also nicht nur auf die Erde, sondern die Erde fällt auch auf die Kugel. Da die Erde eine viel größere Masse als die Kugel hat, sieht man nur die Bewegung der Kugel. Die Bewegung der Erde kann wegen des riesigen Massenunterschieds nicht registriert werden.

Weitere Beispiele für das Wechselwirkungsgesetz sind z.B. der Antrieb von Flugzeugen oder der Rückstoß bei einem Gewehr.

12

Begleitmaterial

Im Film [L12_Z1](#) (0:33) wird ein etwas ungewöhnliches Beispiel für das stabile Gleichgewicht gezeigt. Der Gewichtsheber steht nur auf den beiden Nägeln, die als Beine dienen. Er schaukelt hin und her, aber das Gleichgewicht wird gehalten. Das liegt an den beiden Kugeln des Gewichts. Durch sie wird der gemeinsame Schwerpunkt ins Innere des Sockels verlagert. Aufgrund der Form ist der Schwerpunkt während des Hin-und-her-Schaukelns immer im Inneren des Sockels. Dadurch ist das Gleichgewicht stabil. Wenn man dieses Phänomen vollständig erklären will, muss man den Schwerpunkt (bzw. Massenmittelpunkt) einführen. Dies geschieht hier nicht. Wird das Buch und der Film in einem Physikunterricht eingesetzt, könnte dieses Thema ergänzt werden. Für den Fachsprachenunterricht habe ich es nicht vorgesehen, weil hier lediglich ein paar Fachwörter und physikalische Erklärungen hinzukämen, die aber keine besonderen sprachlichen Schwierigkeiten enthalten.

Hinweise

Den meisten Lernenden wird stabiles, labiles und indifferentes Gleichgewicht bekannt sein. Es geht hier also nur darum, die deutschen Wörter einzuführen. Das Thema „Gleichgewicht“ ist vor allem im Zusammenhang mit dem Wechselwirkungsgesetz wichtig, weil Gegenkräfte mit Kräften im Gleichgewicht häufig verwechselt werden. Wenn sich zwei Kräfte im Gleichgewicht halten, haben sie wie Gegenkräfte gleichen Betrag und entgegengesetzte Richtung. Der Unterschied besteht darin, dass zwei Kräfte im Gleichgewicht an einem einzigen Körper angreifen. Gegenkräfte greifen dagegen an zwei verschiedenen Körpern an und bedingen sich gegenseitig.

Lernziele

Die Lernenden sollen zwei Kräfte, die im Gleichgewicht sind, von Gegenkräften unterscheiden können. Sie sollen wissen, dass

- zwei Kräfte im Gleichgewicht am selben Körper angreifen und auf derselben Geraden liegen,

- Gegenkräfte an zwei verschiedenen Körpern angreifen und Ursache füreinander sind.

13

Begleitmaterial

Der Film **L13_Z1** (1:01) soll die Vektoraddition von Kräften veranschaulichen. Zuerst wird die Gewichtskraft eines kleinen Täschchens zu 4,1 N gemessen. Danach wird dasselbe Täschchen von einer Person und dem Stativ getragen. Zwei Kraftmesser zeigen die Beträge der Kräfte an. Auf den Kraftmessern liest man nun die beiden Beträge der Kräfte zu 2,9 N und 3 N ab. Die 4,1 N haben sich also nicht nur einfach aufgeteilt, sondern die Summe der Kraftbeträge ist größer als die zu Beginn gemessene Gewichtskraft. Hieran erkennt man, dass Kräfte sich nicht wie reelle Zahlen zusammensetzen, sondern dass andere Regeln (die der Vektorrechnung) gelten. Je größer der Winkel ist, den die beiden Kräfte einschließen, desto größer ist bei gleichem Gewicht die Summe der Beträge.

Hinweise

Nur wenn beide Kräfte senkrecht nach oben wirken, ist die Summe ihrer Beträge gleich dem Gewicht. Praktisch könnte man dieses Thema dahingehend ausbauen, dass man auf ein gemeinsames Tragen einer Tasche eingeht, zum Beispiel, Mutter und Tochter tragen gemeinsam eine Einkaufstasche nach Hause. Das Gewicht teilt sich nicht einfach nur auf die beiden tragenden Arme auf, sondern im Allgemeinen müssen die beiden Personen mehr Kraft aufwenden, als wenn nur eine Person die Tasche trüge. Mithilfe des Kräfteparallelogramms kann man die Kräfte konstruieren. Vorgegeben ist dann jeweils die Kraft, die die Gewichtskraft im Gleichgewicht hält (senkrecht nach oben) und die Richtungen, in die die Arme der beiden Personen an der Tasche ziehen. Je weiter die Personen voneinander entfernt stehen, desto größer ist die aufzuwendende Kraft. Ebenfalls kann man zeichnerisch nachweisen, dass die kleinere Person weniger Kraft als die größere aufwenden muss, weil die Armrichtung eine geringere vertikale Komponente hat. Dies geht allerdings deutlich über das Thema des Fachsprachenbuchs hinaus.

Im Lehrbuch auf Seite 30 wird begründet, dass sich Kräfte vektoriell addieren. Die Schlussfolgerung ist folgendermaßen:

Wir halten die Kraft F_G auf zwei Weisen im Gleichgewicht, einmal durch eine einzelne Kraft F_P , die senkrecht nach oben gerichtet ist, und einmal durch zwei Kräfte F_A und F_B , die einen Winkel einschließen. F_A und F_B gemeinsam haben die gleiche Wirkung wie F_P allein. Daher sagen wir, dass F_A und F_B gemeinsam gleich der Kraft F_P sind. Hieraus ergibt sich dann $F_A + F_B = F_P$ als Vektorsumme (Lektionen 14 bis 16). Das Pluszeichen ist hier nicht das Pluszeichen zwischen reellen Zahlen, sondern ein Summenzeichen zwischen zwei Vektoren. Im Unterricht der Sekundarstufe I wird nicht vom Addieren von Vektoren gesprochen, sondern vom Konstruieren der Resultierenden mithilfe eines Kräfteparallelogramms. Die Lektionen 14 bis 16, die zur Grundlage der analytischen Geometrie gehören, bringen das Thema auf das Niveau der Sekundarstufe II.

Wichtig ist, dass die Lernenden auf die Zahlen in den Abbildungen (weiße Zahlen auf grünen Kreisflächen) und den entsprechenden Zahlen vor den Erklärungen hingewiesen werden. Es reicht hier nicht aus, den Text nur zu lesen, sondern man muss jede Aussage des Textes mit dem zugehörigen Bild vergleichen. Es handelt sich also nicht um einen reinen Lesetext, sondern um einen Lese-Seh-Text. Im naturwissenschaftlichen Unterricht (in Schule und Universität) werden viele Bilder gezeigt, so dass man nicht nur das Hörverstehen, sondern ein Hör-Seh-Verstehen trainieren muss. Dass man nicht nur den Text lesen bzw. hören muss, sondern auch gleichzeitig die Abbildungen zu betrachten und zu deuten hat, ist ein wichtiges Lernziel für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Im Unterricht werden häufig bewusst (mit Pointer oder Zeigestock) die Stellen in der Abbildung gezeigt, auf die es ankommt. Bei Lese-Seh-Texten muss den Lernenden mehr Zeit als bei reinen Lesetexten gegeben werden, weil der Blick von der zu lesenden Zeile immer wieder zu dem Bild gelenkt wird und nach Erfassen des Bilds und Vergleich mit den gelesenen Sätzen wieder zu der entsprechenden Stelle im Text zurückkehren muss.

Fachliche Lernziele

- Die Lernenden sollen wissen, dass Kräfte nicht wie reelle Zahlen addiert werden können.
- Sie sollen die Resultierende zweier Kräfte zeichnerisch (durch ein Parallelogramm) ermitteln können.
- Sie sollen wissen, dass man die Resultierende von Kräften nur dann durch ein Paralle-

logramm konstruieren darf, wenn sich ihre Wirkungslinien in einem Punkt schneiden.

Anmerkung

Auf dem Papier schneiden sich immer zwei Wirkungslinien, die nicht parallel verlaufen. Im dreidimensionalen Raum ist das jedoch nicht der Fall. Betrachtet man alle Kräfte (z.B. Gewichtskraft und die beiden Kräfte, die die Tasche halten), so schneiden sich bei Gleichgewicht alle Wirkungslinien in einem Punkt. Wenn dagegen die Vektorsumme 0 ist und die Wirkungslinien **nicht** durch einen Punkt gehen, dann besteht kein Gleichgewicht: Der Körper würde eine beschleunigte Drehung ausführen. Neben der Bedingung, dass die Vektorsumme aus den Kräften 0 ist, müsste für das Gleichgewicht noch die Bedingung, dass die Summe der Drehmomente 0 ist, hinzukommen.

14

15

16

Kapitel 14 und 15 vertiefen den Vektorbegriff auf mathematische Weise. Die Erklärungen sind Grundlagen der analytischen Geometrie, auf die in den beiden Büchern „Wie spricht man in der Mathematik?“ nicht eingegangen wird. Grund für diesen Einschub ist, dass die Vektorrechnung Grundlage für alle Vektorgrößen der Physik ist. Zu den Vektorgrößen gehören Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Impuls, Drehmoment, Drehimpuls und die Feldstärken (elektrische Feldstärke, magnetische Feldstärke, Gravitationsfeldstärke). In der Nähe der Erdoberfläche ist die Gravitationsfeldstärke gleich der Fallbeschleunigung (Ich verwende hier das Wort „Gravitationsfeldstärke“, obwohl nach der allgemeinen Relativitätstheorie Gravitation anders als das elektrische Feld zu betrachten ist). Da die Physik nicht ohne die Mathematik auskommt, gehört das Lernen der mathematischen Grundlagen zur Physik hinzu.

Wichtig ist, dass man für die Vektorsumme das Zeichen „+“ verwendet und ebenfalls *addieren* und *Summe* sagt, obwohl die Rechenregeln unterschiedlich sind. Genauso unterscheidet man auch nicht in der Sprechweise zwischen dem Betrag einer reellen Zahl und dem Betrag eines Vektors, obwohl es auch hier entscheidende Unterschiede gibt. In Physik und Technik lässt man außerdem den Vektorpfeil über einem Nullvektor weg, was hier aber nicht gemacht werden soll. Den Lernenden sollte bewusst werden, dass das Plus- und Minuszeichen bei Vektoren für andere Rechenoperationen als bei den reellen Zahlen steht.

Ich beschränke mich in diesem Buch auf zweidimensionale Vektoren (Vektoren in einer Ebene). In der analytischen Geometrie in Gymnasium und Universität muss allerdings mit dreidimensionalen Vektoren (Vektoren im Raum) gerechnet werden. Die einfacheren Grundlagen können auch in der Ebene geklärt werden. Für viele physikalische Aufgaben reicht das aus. Wenn man nur zwei Kräfte und ihre Resultierende betrachtet, dann kann man diese drei Kräfte immer in einer Ebene darstellen. Und Themen, bei denen die dritte Dimension wichtig ist wie z.B. das Vektorprodukt, kommen in diesem Buch nicht vor. Ich persönlich habe auch im Oberstufenunterricht (Abendgymnasium) immer zuerst den zweidimensionalen Fall besprochen, bevor ich zu den drei Dimensionen übergegangen bin, weil die graphische Darstellung eine große Verständnishilfe ist.

Der zweite Teil von Lektion 16 beschreibt die Vektoraddition von Kräften (Thema von Kapitel 13) mit den in Lektion 14 bis 16 eingeführten mathematischen Darstellungen. Gleichgewicht lässt sich dann leicht dadurch beschreiben, dass die Vektorsumme aller am Körper angreifenden Kräfte gleich dem Nullvektor ist, vorausgesetzt, die Wirkungslinien aller Kräfte schneiden sich in einem Punkt.

Neben den sprachlichen Aufgaben sind in diesen Lektionen auch Aufgaben zum Zeichnen (Lektion 14, Aufgabe 4), zum Messen von Längen (Lektion 16, Aufgaben 1 und 2), zum Ablesen von Punkten und Vektoren (Lektion 15, Aufgaben 2 und 3) und zum Rechnen mit Spaltenvektoren vorhanden. Beim Messen und Zeichnen muss mit einem Lineal oder Geodreieck auf den Millimeter genau gearbeitet werden. Wenn die Aufgaben im Unterricht gemacht werden sollen, sollte man die Lernenden auffordern, ein Lineal mitzubringen.

Wenn man in Aufgabe 1 der Lektion 16 (Seite 37) die ganzen Millimeter korrekt misst, ergibt sich jedes Mal ohne Runden der Satz des Pythagoras. Bei der Konstruktion der Dreiecke habe ich nur pythagoreische Zahlentripel oder ihre ganzzahligen Vielfachen verwendet, wobei 1 genau 1 mm entsprach.

17

Begleitmaterial

Je schneller ein Körper seine Geschwindigkeit ändert, desto größer ist die Trägheitskraft, die

er erfährt. Im **Film L17_Z1** (1:10) sieht man, dass die Münze bei einer kleinen Geschwindigkeitsänderung des Blatt Papiers die Bewegung des Papiers mitmacht. Wenn sich die Geschwindigkeit des Papiers schnell ändert, müsste es das Geldstück stark beschleunigen. Die Kraft, die hierfür erforderlich wäre, wäre größer als die Reibungskraft zwischen Geldstück und Papier. Daher kann bei der vorliegenden Reibungskraft das Geldstück der Bewegung des Papiers nicht folgen, es fällt also ins Glas.

Im zweiten Teil des Versuchs wird die Hand sehr schnell gedreht. Die Drehachse befindet sich außerhalb des Rands der Münze. Unter der Münze wird die Hand mit einer Geschwindigkeit weggedreht, die größer als die Fallbeschleunigung ist. Das Geldstück fällt also nur senkrecht nach unten. Da es nicht an der Hand haftet, übt die Hand keine Kraft auf die Münze aus, die deshalb die Drehbewegung nicht mitmacht. Die einzige Kraft, die auf die Münze wirkt, ist also die Gewichtskraft, die nach unten gerichtet ist und keine Drehung erzeugen kann.

Im dritten Teil ist ein Behälter auf dem Spielzeugauto. Das Spielzeugauto fährt mit hoher Geschwindigkeit gegen einen Buchrücken. Der Behälter fliegt über das Buch hinweg. An diesem Beispiel sieht man, dass Trägheit nicht nur bedeutet, dass ein Körper seinen Ruhezustand beibehält, wenn er vorher in Ruhe ist, sondern auch seinen Bewegungszustand, wenn er vorher in Bewegung ist. Obwohl das Auto unter ihm durch den Aufprall zurückgeschleudert wird, bewegt sich der Behälter weiter geradeaus.

Hinweise

Wichtigste Aufgabe des Kapitel ist es, den Unterschied zwischen Masse und Gewicht herauszuarbeiten. Masse ist das Maß für die Menge an Materie, Gewicht ist wie die Trägheit eine Eigenschaft der Masse. Im Alltag unterscheidet man nicht zwischen Masse und Gewicht, man sagt, dass das Gewicht z.B. 3 kg ist oder dass der Gegenstand 3 kg wiegt. Gewicht wird also im Alltag in zwei Bedeutungen gebraucht: Bei Produkten in der Bedeutung *Masse*, bei der Belastung in einem Aufzug z.B. als *Gewicht*. In der Physik muss man zwischen diesen beiden Wörtern unterscheiden. In vielen Physikbüchern der Sekundarstufe I wird daher häufig das Wort „Gewicht“ vermieden und immer „Gewichtskraft“ gesagt.

Im Unterricht sollte der Plural des Wortes *Maß* „Maße“ dem Wort „Masse“ gegenübergestellt werden. Da in vielen Sprachen die Vokallänge im Gegensatz zum Deutschen kein Phonem ist, sollte man besonders darauf hinweisen. Es gibt genügend Beispiele, die man hierzu nennen kann: die

Rate und die *Ratte* (eine Bank wäre nicht erfreut, wenn man seine Schulden in Ratten zurückzahlen würde), *muss* und *Mus*, *Mitte* und *Miete*, *denn* und *den* usw.

Das Persische kennt nur beim „a“ einen Bedeutungsunterschied zwischen lang und kurz. Daher haben auch Iraner und Afghanen Schwierigkeiten, die Vokallänge als bedeutungstragendes Element anzusehen. Man kann ihnen dann z.B. das Wortpaar باد (bad = schlecht; a wird nicht geschrieben) und باد (ba:d = Wind) gegenüberstellen. Allerdings wird im Persischen das kurze a heller als im Deutschen und das lange a offen in Richtung o (ein Laut, der zwischen dem deutschen Wort *Ball* und dem englischen Wort *ball* liegt) gesprochen. Diese Gegenüberstellung hilft jedoch persischen Lernenden, die Vokallänge als bedeutungstragend zu erkennen.

Die zweite Eigenschaft der Masse ist die Trägheit. Ausgangspunkt zur Erklärung der Trägheit könnte die Erklärung sein, was „träge“ bei einem Menschen bedeutet. Wenn ein Mensch träge ist, möchte er den Zustand, in dem man sich befindet, nicht ändern, er will zum Beispiel weiter auf dem Sofa liegen und nicht aufstehen. Denn für jede Änderung ist Anstrengung (*Kraft* bzw. *Energie*) erforderlich. Danach kann man leicht die physikalische Bedeutung von Trägheit klären.

Änderung der Geschwindigkeit bedeutet, dass ein Körper schneller oder langsamer wird oder dass er von einer geradlinigen Bahn abweicht. Ebenfalls ist Kraft erforderlich, um einen Körper in Drehung (Rotation) zu versetzen. Die Filme verdeutlichen die Trägheit: ein ruhender Körper (Münze auf dem Blatt Papier) „will“ die Bewegung nicht mitmachen, ein bewegter Körper (Kästchen auf dem Auto) „will“ nicht plötzlich zur Ruhe kommen, eine Münze in der Hand „will“ sich nicht plötzlich drehen. (Natürlich ist das Modalverb *wollen* hier nur bildhaft zu sehen.)

Die Trägheit ist im 1. Newton'schen Gesetz formuliert: Jeder Körper bleibt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung, wenn er nicht durch eine äußere Kraft gezwungen wird, diesen Bewegungszustand zu ändern.

Begleitmaterial

Der Film **L18_Z1** (2:54) zeigt den Massenvergleich mit einer Balkenwaage. Bei der Balkenwaage handelt es sich um eine chinesische Schulwaage, bei der das kleinste Wägestück 5 g ist und

die zusätzlich ein Schiebegewicht hat, mit dem man den Bereich von 0 g bis 5 g einstellt. Es wird hier nicht wie bei einer elektronischen Waage die Gewichtskraft bestimmt, sondern wirklich Massen miteinander verglichen, wobei allerdings das Hebelgesetz für die Feineinstellung (unter 5 g) zugrundegelegt wird.

Wegen des Schiebegewichts muss man zwischen der Waagschale für den Körper, dessen Masse bestimmt werden soll, und der Waagschale für Wägestücke unterscheiden. Damit sich die Masse der Wägestücke durch den Gebrauch nicht ändert, fasst man die Wägestücke nicht mit der Hand an, sondern verwendet eine Pinzette.

Wenn die Balkenwaage zu Beginn nicht im Gleichgewicht ist, muss sie zuerst justiert werden. Hierzu hat die verwendete Balkenwaage zwei Justierschrauben. Im Film ist das Gleichgewicht zu Beginn absichtlich nicht vorhanden, damit man sieht, wie man bei leeren Waagschalen vorgehen muss. Man dreht an den Justierschrauben, bis die Waage bei leeren Waagschalen im Gleichgewicht ist. Im Film wird das Justieren zeitlich begrenzt, sodass man am Ende noch eine kleine Abweichung vom Gleichgewicht feststellen kann. Bei der Vorführung des Versuchs wurde wirklich gemessen, d.h., da der Film unter 3 Minuten bleiben sollte, musste die Genauigkeit der Messung etwas eingeschränkt werden. Man braucht nicht unbedingt darauf zu warten, bis der Zeiger genau auf die Mitte der Skala zeigt und in Ruhe ist; wenn der Zeiger beim Pendeln von der Mittelstellung aus genauso weit nach links wie nach rechts ausschlägt, ist auch Gleichgewicht vorhanden.

Beim Schiebegewicht sollte man darauf hinweisen, dass man am linken Rand des Schiebegewichts ablesen muss, weil der linke Rand zu Beginn bei 0 auf der Skala liegt. Wenn man den Körper (hier einen Stein) auf die linke Waagschale gelegt hat, geht diese Waagschale nach unten. Im Film wird mit einem Wägestück 50 g begonnen. Man sieht, dass das 50-g-Stück schwerer als der Stein ist. Daher wird es wieder von der Waagschale genommen und ein 20-g-Stück, danach noch ein zweites 20-g-Stück auf die Waagschale gelegt. 40 g sind zu viel, daher wird ein 20-Gramm-Stück gegen ein 10-Gramm-Stück ausgetauscht. Dies ist zu wenig, es kommt noch ein 5-Gramm-Stück hinzu. Die Masse des Steins muss also zwischen 35 Gramm und 40 Gramm liegen. Da das kleinste Wägestück des Wägesatzes 5 Gramm ist, muss von nun an das Schiebegewicht verwendet werden. Es wird stückweise nach rechts geschoben (das Schiebegewicht gleitet nicht leicht über die Schiene, wie es bei einem Präzisionsgerät eigentlich sein sollte, sondern bleibt an einigen Stellen hängen; ich wollte für den Film nicht teure Ge-

räte anschaffen, denn das Prinzip kann man an einfachen Geräten genauso gut verstehen. Wenn man schließlich Gleichgewicht erhalten hat, muss man das Ergebnis am Schiebegewicht ablesen. Hierbei ist zu beachten, dass man an der linken Seite des Schiebegewichts ablesen muss. Man liest den Teilstrich ab, der der linken Seite des Schiebegewicht am nächsten liegt, im Film sind das 2,6 g, da alle 0,2 g ein Teilstrich auf der Skala ist. Die Waage hat die Genauigkeit 0,2 g. Da die Teilstriche relativ weit voneinander entfernt sind könnte man natürlich auch versuchen, die Stelle genauer zu bestimmen. Man kann sehen, dass die Stellung zwischen 2,5 g und 2,6 g liegt. Dieses genaue Ablesen ist allerdings bei der Waage nicht vorgesehen. Die Toleranz ist mit 0,2 g angegeben (chinesische Angaben auf der Vorderseite, Zahlenangaben im Text).

Der Film [L18_Z2](#) (0:43) zeigt die Verwendung der Tara-Taste bei einer elektronischen Waage. Will man nur die Masse einer Flüssigkeit im Glas und nicht der Flüssigkeit mit Glas messen, so stellt man zuerst das Glas auf die elektronische Waage. Sobald die Anzeige in Ruhe ist, drückt man die Tara-Taste. Die Anzeige ist jetzt 0 Gramm. Jetzt schüttet man die Flüssigkeit in das Glas. Die Waage zeigt nur die Masse der Flüssigkeit an.

Hinweise

Am Beispiel der Masse wird in dieser Lektion dargestellt, welche Schritte erforderlich sind, um eine physikalische Grundgröße operativ zu definieren. Drei Schritte sind erforderlich:

Gleichheit: Man definiert, unter welcher Bedingung der Wert einer physikalischen Größe von zwei verschiedenen Körpern gleich ist. Bei der Masse kann man hierzu die Eigenschaften *Gewicht* oder *Trägheit* verwenden. Auf der Erde ist das Gewicht am besten geeignet, die unbekannte Masse eines Körpers mit einer bekannten zu vergleichen. Man kann allerdings auch die Trägheit verwenden. Dann würde die Definition folgendermaßen lauten: Zwei Massen sind gleich, wenn sie durch die gleiche Kraft gleich stark beschleunigt werden. Derartige Messungen sind jedoch kompliziert durchzuführen, aber in der Schwerelosigkeit ist dieses Prinzip die einzige Möglichkeit, die Masse zu messen.

Vielfachheit: Man definiert, unter welcher Bedingung der Größenwert doppelt so groß, dreimal so groß, ..., n -mal so groß wie ein anderer ist. Bei der Masse lässt sich dies durch die Additivität erklären.

Einheit: Man setzt eine Einheit fest. Die Einheit der Masse ist 1 kg. Das Kilogramm ist zurzeit noch definiert als die Masse des Internationa-

len Kilogrammprototyps (Urkilogramms), ein Zylinder aus einer Platin-Iridium-Legierung (90% Platin, 10% Iridium), der die Höhe 39 mm und den Durchmesser 39 mm hat. Es wird in Sèvres bei Paris aufbewahrt. Neben dem Internationalen Prototyp gibt es nationale Kilogrammprototypen, das deutsche in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

Zurzeit ist geplant, die Masse in absehbarer Zeit auf andere Weise zu definieren. Das Kilogramm soll auch wie andere Basiseinheiten durch Naturkonstanten definiert werden.

Vorsätze und ihre Vorsatzzeichen Kilo- (k), Milli- (m), Mikro- (μ) usw. sind sehr wichtig im Bereich der Naturwissenschaften. Daher werden die Vorsätze mit ihren Zeichen und auch zusätzlich das Wort „Tonne“ angegeben (die Tonne ist eine Million Gramm, also 1 „Megagramm“. Dieses Wort wird jedoch nicht benutzt).

Das Lesen von Zahlen, Zehnerpotenzen und Einheiten mit Vorsätzen sollte intensiv geübt werden. Dabei ist bei Dezimalzahlen darauf zu achten, dass alle Ziffern hinter dem Komma einzeln gelesen werden. Man muss unterscheiden, ob man bei „1“ *eins* oder *ein / eine / einen / einem* sagen muss. Übung 1 auf Seite 41 sieht zwar einfach aus, bereitet den Lernenden jedoch große Schwierigkeiten. Auf Einzelheiten beim Lesen von Zahlen selbst wird in den Erklärungen nicht eingegangen. Dies ist ein wichtiges Thema im Buch „Wie spricht man in der Mathematik? Band 1“. In den Lösungen sind alle Zahlen voll ausgeschrieben, sodass man sieht, ob man „eins“ oder „ein“ mit Endung lesen muss.

In Aufgabe 4 e) wird auf eine Anwendung der Tara-Taste im Alltag eingegangen. In Deutschland, Österreich und der Schweiz darf die Verpackung nicht mitgewogen werden, sondern das Nettogewicht braucht nur bezahlt zu werden. Dies wird im Lebensmittelhandel dadurch ermöglicht, dass alle elektronischen Waagen eine Tara-Taste haben.

Aus Wikipedia: *Im Handel bezeichnet die Tara das Gewicht der Verpackung eines Produktes. Das Mitwiegen der Verpackung beim Verkauf von losen Waren nach Gewicht, der sogenannte „Brutto-für-Netto-Verkauf“, ist im deutschen Einzelhandel nach § 380 HGB und § 26 der Mess- und Eichverordnung unzulässig und stellt eine Ordnungswidrigkeit dar.*

Begleitmaterial

In Lektion 18 werden zwei Versuche beschrieben. Diese Versuche sind jeweils in einem Film dargestellt.

In **L19_V1** (1:39) werden die Maße (Länge und Durchmesser) eines kleinen Zylinders mit einem Messschieber gemessen. Für die Masse wird eine elektronische Waage verwendet.

In **L19_V2** (0:43) wird das Volumen des Steins mit Wasser und Messbecher gemessen.

Ein zusätzliches Übungsblatt **L19_A2** dient dazu, Übung beim Ablesen von Flüssigkeitsvolumen zu erhalten. Beim Flüssigkeitsvolumen muss man sich zuerst die Skalenteilung ansehen: Welches Volumen bedeutet der Abstand zweier Teilstriche auf der Skala? Folgende Abstände kommen vor: 1 Teilstrich entspricht 1 ml (Bild 1, Bild 2, Bild 5), 1 Teilstrich entspricht 0,5 ml (Bild 4), 1 Teilstrich entspricht 2 ml (Bild 3), 1 Teilstrich entspricht 0,02 ml (Bild 6). Auf den Bildern ist es schwierig, den Teilstrich, dem der Wasserspiegel am nächsten ist, gut zu erkennen. Da Wasser die Eigenschaft hat, sich an der Gefäßwand nach oben zu wölben, muss man bei Wasser immer die untere sichtbare Linie ablesen.

Bei den fotografierten Messzylindern handelt es sich um einfache Kunststoffzylinder, bei denen das Wasser stärker als bei Glaszylindern an der Innenwand haftet. Für genauere Messungen sollte man Messzylinder aus Glas verwenden. Um das Prinzip der Messungen zu erlernen, reicht das einfache Material aus.

Ein weiteres Arbeitsblatt **L19_A1** soll in die Verwendung eines Messschiebers einführen. In Metallberufen gehört der Messschieber zur Standardausrüstung, obwohl inzwischen häufig statt einer Noniusskala eine Digitalanzeige verwendet wird. (Die Noniusskala funktioniert immer, die Digitalanzeige nur, solange die Batterie noch nicht leer ist.) Wer gelernt hat, eine Noniusskala zu verwenden, kann auch mit der Digitalanzeige umgehen, anders herum ist das jedoch nicht der Fall.

Schließlich gehören zu diesem Thema auch der Film **L21_Z1** (3:21) und das zugehörige Blatt **L21_A1**. Sie werden jedoch erst unter Lektion 21 beschrieben, weil die Themen aus Lektion 21 Voraussetzung für die Aufgaben sind.

Hinweise

Die Dichte eines homogenen Stoffs bestimmt man, indem man die Masse eines Körpers, der ganz aus diesem Stoff besteht, durch sein Volu-

men dividiert. Obwohl man einen speziellen Körper zur Messung verwendet, ist die Dichte in diesem Fall eine Stoffeigenschaft. Ein Stein besteht dagegen im Allgemeinen nicht aus einem homogenen Stoff, deshalb wird hier von der Dichte des Steins gesprochen. Es sollte im Unterricht darauf hingewiesen werden, dass $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$ ist. Hieraus folgt auch, dass ein Kubikmeter gleich 1000 Liter ist.

Manchmal beginnt die Einführung der Dichte in der Schule mit der Scherzfrage, was schwerer ist, 1 kg Blei oder 1 kg Watte. Die häufig falsche Antwort (Blei ist schwerer) lässt sich darauf zurückführen, dass die Schülerinnen und Schüler indirekt die Dichten miteinander vergleichen. Allerdings muss man genaugenommen berücksichtigen, dass 1 kg Watte ein größeres Volumen als 1 kg Blei hat und damit in Luft eine größere Auftriebskraft erfährt. Wenn mit Gewicht die Gewichtskraft und nicht die Masse gemeint ist, ist also 1 kg Watte geringfügig leichter als 1 kg Blei.

Das Übungsblatt **L19_A2** ist eine geeignete Ergänzung zu Versuch 2, weil es gar nicht so einfach ist, ein Volumen abzulesen. Der Film **L19_V2** stellt den beschriebenen Versuch 2 dar.

Wenn der Film **L19_V1** vorgeführt wird, kommt sicher die Frage nach der Verwendung des Messschiebers auf. Dies kann am Arbeitsblatt **L19_A1** geübt werden. Bei Wikipedia gibt es zur Erklärung der Verwendung eines Messschiebers eine animierte Gif-Datei (Dauer: 18 Sekunden), die anschaulich die Verwendung und das Ablesen eines Messschiebers zeigt.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Using_the_caliper_new.gif

Man kann die gif-Datei auch speichern und in einem Browser abspielen.

Neben dem Messschieber mit Nonius gibt es auch komfortablere Messschieber mit Digitalanzeige. Die Beschreibungen findet man auf Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Messschieber>

Die beiden Arbeitsblätter **L19_A1** und **L19_A2** sind vor allem für Lernende gedacht, die noch keine experimentelle Erfahrung haben. Ebenfalls sind die Aufgaben 3 und 5 für Lernende mit geringen fachlichen Vorkenntnissen vorgesehen. Wenn das Buch im Sprachunterricht bei bereits ausgebildeten Naturwissenschaftlern und Ingenieuren eingesetzt wird, sollten diese beiden Arbeitsblätter und die Aufgaben 3 und 5 auf Seite 43 nicht behandelt werden, weil sie nicht auf die Sprache, sondern auf fachliche Kompetenzen abzielen, die man dann voraussetzen kann. Auf

Übung 2 darf unabhängig von den Vorkenntnissen nicht verzichtet werden.

20

In dieser Lektion werden wichtige Wörter zu den Themen *Experiment* und *Messung* eingeführt. Diese Wörter sind nicht auf die Physik beschränkt, sondern spielen in allen Naturwissenschaften eine entscheidende Rolle. Auf das Wort „experimentieren“ habe ich bewusst verzichtet, weil es immer durch „Experimente durchführen“ ersetzt werden kann. Umgekehrt ist das jedoch nicht der Fall. „Experimentieren“ bezieht sich rein auf die Tätigkeit und darf nicht verwendet werden, wenn man auch das Ziel der Experimente nennt. Den Unterschied sollte man erst auf dem Sprachniveau C1 klären.

„Messen“ ist in der Liste der Operatoren für das Zentralabitur nicht enthalten, bei „bestimmen“ wird der Messanteil ebenfalls nicht berücksichtigt. Die Wörter sind wegen experimenteller Aufgaben in einem Praktikum aufgeführt. Wenn auf das Zentralabitur hingearbeitet wird, sollte man die Operatorliste besprechen und auf den anderen Gebrauch von „bestimmen“ hinweisen.

21

Hinweise

Versuchsbeschreibungen sind ein häufig sprachlich schwieriger Teil eines Versuchsprotokolls. Versuchsprotokolle müssen in naturwissenschaftlichen Praktika angefertigt werden. Der Aufbau eines Versuchsprotokolls richtet sich nach seiner Aufgabe, dem Leser zu vermitteln, was durch den Versuch gezeigt werden soll, welche Arbeitsmethoden zur Erreichung des Ziels angewandt werden, was die Ergebnisse des Versuchs sind, wie verlässlich sie sind und in welchem fachlichen Zusammenhang der Versuch und die Ergebnisse einzuordnen sind. Das Protokoll soll alle wichtigen Schritte der Planung, der Versuchsdurchführung und der Auswertung wiedergeben.

Ein Versuchsprotokoll soll umfassen:

1. Ziel des Versuchs (z.B. in Form einer Überschrift oder einer kurzen Einleitung)
2. Physikalische Grundlagen (Der Versuch wird motiviert und in einen allgemeinen Zusammenhang eingebettet; Vernachlässigung einzelner physikalischer Bedingungen müssen angegeben und motiviert werden)

3. Hypothese, die dem Versuch zugrunde liegt (welche Zusammenhänge oder Gesetze vermutet man?)
4. Versuchsbeschreibung: Beschreibung des Versuchsaufbaus (evtl. mit Skizze oder Zeichnung) und der Versuchsdurchführung
5. Messwerte, Messtabellen
6. Auswertung, Diagramme, Umrechnungen, Betrachtung der Messunsicherheiten
7. Formulierung des Versuchsergebnisses

Mit Ausnahme des fünften und zum Teil des sechsten Punktes werden sprachliche Fertigkeiten benötigt, um die Aufgabe bewältigen zu können. Ordnet man die einzelnen Teile eines Versuchsprotokolls nach sprachlichen und fachlichen Anforderungen, so ergibt sich im Normalfall die folgende Reihenfolge:

Nach sprachlicher Schwierigkeit geordnet
(von schwer nach leicht):

1. Versuchsbeschreibung
2. Physikalische Grundlagen
3. Ziel des Versuchs, Versuchsergebnis; Betrachtung der Messunsicherheiten, Hypothese
4. Auswertung (ohne Betrachtung der Messunsicherheiten)

Nach fachlicher Schwierigkeit geordnet
(von schwer nach leicht):

1. Auswertung, Betrachtung der Messunsicherheiten, Hypothese
2. Physikalische Grundlagen
3. Versuchsbeschreibung, Ziel des Versuchs, Versuchsergebnis

Während also im Allgemeinen die Versuchsbeschreibung die größten sprachlichen Anforderungen an die Lernenden stellt, sind die fachlichen Voraussetzungen am geringsten. Daher ist es sinnvoll, im fachsprachlich orientierten DaF-Unterricht den Schwerpunkt auf die Versuchsbeschreibung zu legen. Die Sprachlehrerin bzw. der Sprachlehrer muss sich für dieses Thema die Namen der einzelnen Geräte oder Geräteteile aneignen, die Beschreibung des Aufbaus, des Zusammenwirkens der Teile und der Tätigkeiten des Experimentators ist dann lediglich ein sprachliches Problem; wichtig ist, dass in der Versuchsbeschreibung nur die Geräte, die Vorgänge und eventuell Teilergebnisse beschrieben, aber noch nicht gedeutet werden. Die Deutung geschieht erst bei der Auswertung.

Die Darstellung der physikalischen Grundlagen ist im Unterricht Deutsch als Fremdsprache problematischer. Da in diesem Punkt des Protokolls der Versuch in einen physikalischen Zusammenhang gestellt wird, ist die Kenntnis und das Verständnis des Zusammenhangs erforderlich. Voraussetzung für die Behandlung der physikalischen Grundlagen im fachsprachlich orientierten DaF-Unterricht ist, dass zu dem Thema geig-

nete Hör-, Lese- bzw. Hör-Lese-Texte zur Verfügung stehen. Hier ist der Unterrichtende darauf angewiesen, dass er entweder für den Sprachunterricht aufbereitetes Material hat oder dass er mit einer Kollegin oder einem Kollegen aus dem Bereich der Physik zusammenarbeitet. Alle anderen Teile des Versuchsprotokolls sollten besser im Fachunterricht behandelt werden. (*Auszüge aus Bruno Liebaug: Das physikalische Versuchsprotokoll, Vortrag auf der 17. Jahrestagung des FaDaF 1989 in Karlsruhe, erschienen in Materialien Deutsch als Fremdsprache, Heft 31, Regensburg 1991*)

Insgesamt gesehen ist es also sinnvoll, das Hauptgewicht bei der Behandlung des Versuchsprotokolls im DaF-Unterricht auf die Versuchsbeschreibung zu legen. In Lektion 21 wird daher auch nicht auf die anderen Teile eines Protokolls eingegangen, sondern nur die Versuchsbeschreibung eingeführt.

Teilweise findet man für das Wort *Messunsicherheit* (das ich oben verwendet habe) auch noch das früher übliche Wort *Messfehler*. Ende des letzten Jahrhunderts hat man sich um eine sprachliche Präzisierung bemüht und das zweideutige Wort *Messfehler* durch die beiden Wörter *Messunsicherheit* und *Messabweichung* ersetzt. *Messunsicherheit* bedeutet, dass der gemessene Wert etwas größer oder etwas kleiner sein könnte, weil man z. B. auf einem Lineal nur ganze Millimeter ablesen kann und man damit selbst bei sorgfältigster Messung den Wert nie 100% exakt bestimmt. Die *Messabweichung* ist etwas, was man nie kennt; sie ist die Differenz zwischen dem unbekanntem wahren Wert und dem Messwert.

In einem Fachsprachenunterricht, in dem es vor allem darum geht, die sprachliche Handlungsfähigkeit im Fach und nicht die fachliche Handlungsfähigkeit zu entwickeln, ist das Anfertigen von Versuchsbeschreibungen ein wichtiges Lernziel. Hier kommt es darauf an, dass neben der sprachlichen Korrektheit auch auf für das Fach typische Textstrukturen geachtet wird. Eine Versuchsbeschreibung wird in einem Protokoll in einer unpersönlichen Form (*man* oder Passiv) geschrieben. Im Schulunterricht und in Schulbüchern wird auch häufig das Pronomen *wir* verwendet. Dies ist zum Beispiel auch in vielen Beschreibungen im vorliegenden Buch gemacht worden. Eine sinnvolle Zusatzaufgabe zu dieser Lektion könnte darin bestehen, die Lernenden entsprechende Versuchsbeschreibungen aus dem Buch von der „wir“-Form in die „man“-Form oder ins Passiv umwandeln zu lassen.

Bei allen weiteren Teilen des Versuchsprotokolls reicht ein rein sprachlicher Unterricht nicht aus. Um ein gesamtes Versuchsprotokoll zu erstellen, müssen fachliche und sprachliche Kompetenzen gemeinsam entwickelt werden.

Das Begleitmaterial zu Lektion 21 sollte erst nach der Bearbeitung von Lektion 21 eingesetzt werden. Es handelt sich um einen Versuch, der deutlich komplizierter als die bisherigen Versuche, aber trotzdem auch für Nichtphysiker leicht verständlich ist.

Die Filme aus früheren Lektionen können gut verwendet werden, Textproduktionen und Versuchsbeschreibungen üben zu lassen. Den Film **L01_Z1** kann man an den Anfang stellen und einen Text formulieren lassen, der keine Fachwörter enthalten muss. Man kann hier z.B. *küssen*, *Schnauze des Hundes*, *die Katze fängt die Maus* verwenden. Trotzdem kommen auch Wörter vor, die in einer physikalischen Beschreibung üblich sind wie *nähern* und *sich drehen*. Die Versuche in **L17_Z1** können ebenfalls unabhängig von der Physik zur Übung einer Textproduktion dienen: *Man zieht das Papier rasch weg, das 2-€-Stück fällt ins Glas, man dreht die Hand schnell, das Spielzeugauto fährt gegen das Buch ...*

Man könnte auch zu diesen beiden Filmen erklären lassen, was aus physikalischer Sicht passiert. Dann kommen die Wörter *anziehen*, *abstoßen*, *gleichnamig*, *ungleichnamig* und *Trägheit* vor.

Begleitmaterial

Zu Lektion 20 gibt es einen Videofilm **L21_Z1** (3:21) und ein Arbeitsblatt zu diesem Videofilm **L21_A1**. Videofilm und Arbeitsblatt sollten erst nach der Bearbeitung von Lektion 21 eingesetzt werden. Sprachlich wird das Partizipialattribut verwendet, das allerdings erst in Lektion 23 eingeführt wird. Man könnte natürlich auch ohne Partizipialattribut den Text formulieren, aber die Formulierungen wären entweder komplizierter oder unvollständiger.

In dem Begleitmaterial geht es um die Messung der Dichte von Luft und schließt daher inhaltlich an Lektion 19 an. Da der Film bereits 2007 aufgenommen worden ist, ist die Bildqualität deutlich schlechter als bei den anderen Filmen. Die Bearbeitung habe ich dagegen 2018 vorgenommen. Eine Neuaufnahme ist nicht möglich, weil die verwendete Hohlkugel nicht mehr im Handel erhältlich ist, die Messmethode aber im Vergleich zu anderen Methoden für Nicht-Physiker viel leichter nachvollzogen werden kann.

Auf der ersten Seite des Arbeitsblatts werden die Versuchsgeräte gestellt. Die zweite Seite arbeitet

auf eine Versuchsbeschreibung durch Fragen hin. Auf der dritten Seite soll schließlich der Versuch unter der Voraussetzung, dass die Leserinnen und Leser wissen, wie man Masse und Volumen von festen und flüssigen Körpern misst, beschrieben werden.

Im Film selbst wird zuerst die Hohlkugel vorgestellt, mit der die Dichte der Luft gemessen werden soll. Danach folgen die Messung der Masse und des Volumens der in die Kugel gepumpten Luft.

Am Anfang misst man die Masse der Hohlkugel. Im Inneren der Hohlkugel ist zwar Luft unter Normaldruck; Die Masse dieser Luft zeigt die Waage jedoch nicht an, weil ihr Gewicht vom Auftrieb der Kugel in der Umgebungsluft im Gleichgewicht gehalten wird. Nach dem Hineinpumpen von Luft hat die Masse der Kugel um 0,33 g zugenommen. Dies ist die Masse der in die Kugel gepumpten Luft. Man lässt die hineingepumpte Luft in den Messbecher ab und kann so das Volumen zu 0,25 Liter bestimmen. Aus diesen beiden Werten berechnet man die Dichte. Das Volumen ist gleich dem Volumen des verdrängten Wassers. (Die Luft verdrängt das Wasser, weil nicht am selben Ort zwei Körper gleichzeitig sein können.) Da die Waage hundertstel Gramm anzeigen kann, ist die Messunsicherheit bei der Bestimmung der Masse knapp 3%. Die Unsicherheit bei der Messung des Volumens ist größer, weil der Messbecher mit der Hand gehalten wird, sodass nicht unbedingt der Wasserspiegel parallel zum Boden des Messbechers verläuft. Außerdem kann ein wenig Luft in der Ablassvorrichtung verloren gehen. Genaugenommen müsste man beim Ablesen des Wasserspiegels darauf achten, dass er genau auf der gleichen Höhe wie der Wasserspiegel außen im Wasserbad ist, worauf wegen der dadurch schlechteren Aufnahmemöglichkeiten nicht geachtet worden ist. Wenn nämlich der Wasserspiegel im Inneren des Messzylinders (wie im Film) höher liegt, ist der Luftdruck im Inneren etwas kleiner als außen und deshalb ist das Volumen der Luft etwas größer. Außerdem sind die Temperatur der Luft und der äußere Luftdruck nicht bekannt. Bei Gasen hängt die Dichte viel stärker als bei festen Körpern und Flüssigkeiten von Temperatur und Luftdruck ab. Insgesamt muss man mit einer Messunsicherheit von etwa 10% rechnen, sodass das Ergebnis bis zu 10% kleiner oder größer sein könnte.

Die hier aufgeführten Überlegungen zur Messunsicherheit sind nicht für den Unterricht, sondern nur zur Information der Unterrichtenden gedacht, außer, es handelt sich um Lernende, die gute fachliche Vorkenntnisse haben.

Wegen der vielen Schritte im Versuch empfehle ich, den Film zuerst vorzuführen. Danach sollte der Wortschatz anhand von Seite 1 des Arbeitsblatts geklärt werden. Nach der Klärung des Wortschatzes können dann Film und Arbeitsblatt kombiniert verwendet werden, um die Versuchsbeschreibung zu verfassen.

22

Die drei beschriebenen Versuche werden in einem Film **L17_V1_V2_V3** (1:25) hintereinander vorgeführt.

Die elektrostatische Anziehung und Abstoßung hat nichts mit der magnetischen Anziehung und Abstoßung zu tun. Auf elektromagnetische Felder wird nicht eingegangen, da sie in den Bereich der Sekundarstufe II gehören. Darauf einzugehen würde den Rahmen des Buchs sprengen.

23

Partizip II ist den Lernenden aus dem A1/A2-Unterricht durch das Perfekt bekannt. Um nicht zu viele neue Begriffe einzuführen, wurde auf das Wort „Partizipialattribut“ verzichtet, sondern stattdessen gesagt, dass die Partizipien „wie Adjektive“ verwendet werden. Eine genauere Darstellung findet sich im Buch „Wie spricht man in der Mathematik, Band 2“. Ebenfalls wurde auf den Begriff „Zustandspassiv“ verzichtet, obwohl das Zustandspassiv in dem Satz „Der Acrylglasstab ist positiv geladen“ vorkommt. Wenn man das Partizip hier wie ein Adjektiv behandelt, kann man es als Adjektiv in prädikativer Stellung ansehen.

Im Buch wird nur auf die Fälle eingegangen, in denen am bestimmten oder unbestimmten Artikel die Klammer erkannt werden kann, in der sich das Partizip befindet. Nur dann lässt sich eindeutig erkennen, was alles zum Partizipialattribut gehört. Wenn man jedoch im unbestimmten Fall den Plural bildet, ist das anders: Die Stelle des Nullartikels ist nicht bekannt, und in einigen Fällen muss man aus dem Zusammenhang erschließen, wo die Klammer beginnt. Da das erweiterte Partizipialattribut in Fachtexten sehr frequent ist, findet man in der Literatur auch viele Sätze, in denen das Nomen mit dem Nullartikel das Partizipialattribut einschließt. Für den Fall, dass im Unterricht näher auf das Thema eingegangen werden soll, gibt es ein zusätzliches Arbeitsblatt **L23_A1**. Dieses Blatt wäre dann geeignet, wenn die Lernenden sprachliche

Vorkenntnisse haben, die deutlich über A2 hinausgehen.

24

Im Film **L24_V1** (0:54) wird vorgeführt, wie man zuerst einen Acrylglasstab reibt und damit das Elektroskop auflädt. Das Entladen des Elektroskops und das Aufladen mit einem PVC-Stab werden auch vorgeführt.

Damit im Unterricht die Übung 1 zum Partizip leichter durchgeführt werden kann, sind in dieser Lektion die Zeilen nummeriert. (Die Zwischenüberschriften wurden nicht mitgezählt.) Bei der Bildung der Komposita von Übung 4 muss beachtet werden, dass die Komposita bei f), g) und j) terminologisierte Komposita sind, d.h., sie können nicht einfach aus den Wörtern gebildet werden, sondern es müssen die Fachwörter (gleichnamig, ungleichnamig, Oberfläche) angegeben werden.

25

Das Video **L25_V1** (0:28) zeigt den beschriebenen Versuch.

Man muss zwischen den verschiedenen Feldern (elektrisches Feld, magnetisches Feld, Gravitationsfeld) klar unterscheiden. Auf die Kombination aus elektrischem und magnetischem Feld, dem elektromagnetischen Feld, wird nicht eingegangen.

Einige fachliche Anmerkungen

Eine **Probeladung** muss so klein sein, dass sie nicht (durch Influenz) die felderzeugenden Ladungen beeinflusst. Im Idealfall muss sie gegen 0 gehen. Wenn sie nämlich groß ist, kann sich die Ladungsverteilung der felderzeugenden Ladungen ändern und damit das zu messende Feld beeinflussen. Dies ist ein Messproblem, was häufig auftritt. Auch bei einem Thermometer muss man darauf achten, dass es viel kleiner als der Körper ist, dessen Temperatur man messen will. Wenn man die Temperatur einer sehr kleinen Wassermenge mit einem großen Thermometer messen wollte, würde man nicht die Temperatur des Wassers, sondern eine Mischtemperatur von Wasser und Thermometer erhalten. Eine Probeladung muss punktförmig (nicht räumlich ausgedehnt) sein, damit die Stelle, an der man die Kraft misst, genau bekannt ist.

Die **elektrische Feldstärke** wird hier nicht definiert, sondern nur beschrieben. Eine Definition

wäre über eine Formel möglich, die es erlaubt, aus der Kraft, die eine Probeladung q im Punkt P erfährt, und der Probeladung selbst die Feldstärke zu berechnen:

$$\mathbf{E}_P = \frac{\mathbf{F}_P(q)}{q}$$

P gibt den Punkt im Raum an, in dem sich die Probeladung befindet. q muss so klein sein, dass die felderzeugenden Ladungen nicht durch die Probeladung beeinflusst werden. An der Formel sieht man auch, dass als Probeladung positive und negative Ladungen möglich sind: Wenn q negativ ist, dann steht unter dem Bruchstrich eine negative Zahl. Die Vektoren \mathbf{E} und \mathbf{F} haben dann entgegengesetzte Richtungen. Aufg. 5 ist auch ohne diese Information lösbar.

Lernziele

Neben den Lernzielen, die durch die Fachwörter vorgegeben sind, sollten die Lernenden die Zehnerpotenzen lernen, wenn sie es nicht bereits aufgrund ihrer fachlichen Vorkenntnisse können. Hier muss aufgrund der Vorkenntnisse der Kursteilnehmer entschieden werden, ob dieses Thema gemacht werden sollte oder nicht.

Wichtig sind auch die beiden Verben *umgeben* und *untersuchen*, weil die Präfixe *um-* und *unter-* zu den Präfixen gehören, die trennbar und untrennbar sein können (Lektion 2).

26

Der Film **L26_V1** (0:27) ist mit 50 Vollbildern pro Sekunde statt der üblichen 25 Bilder bzw. 50 Halbbilder aufgenommen worden. Wegen der Komprimierung in mp4-Dateien würde man sonst den Lichtblitz wegen seiner Kürze eventuell gar nicht sehen können. Daher ist die Datei vergleichsweise groß.

Diese Lektion bildet den Übergang von elektrostatischen Phänomenen zum elektrischen Strom. Unterrichtsziel sind vor allem die Begriffe, die im Alltag eine Rolle spielen. Auf den Wortbestandteil **netz** in Stromnetz und Netzstrom wird in Kapitel 29 im Rahmen der Spannung näher eingegangen.

Im Unterricht sollte auf die Aussprache der Endung *-ie* bei *Batterie* eingegangen werden. Wann spricht man diese Endung als langes i, wann als „je“ aus? Einige Beispiele:

Batterie	Linie
Chemie	Amphibie
Biologie	Studie

Geographie	Bronchie
Technologie	Folie
Philosophie	Lappalie
Energie	Familie

Wenn man für den Unterricht mehr Beispiele braucht, ist ein rückläufiges Wörterbuch zu empfehlen. Im Internet findet man ein kostenloses rückläufiges Wörterbuch (mit etwa 17.000 Wörtern) unter:

<http://www.lehrtheke.de/Wortliste.pdf>

27

Die wichtigsten Wörter und Schaltzeichen für die Sekundarstufe I (Klasse 5) sind hier aufgeführt. es geht um das Erlernen des Wortschatzes. Darauf sind auch die Übungen ausgerichtet.

Eine elektrische Quelle (Batterie, Akku, Steckdose) liefert einen elektrischen Strom. Gleichzeitig hat sie auch eine Spannung, die sie den Geräten zur Verfügung stellt. Der Ausdruck *elektrische Quelle* wird selten verwendet, meistens sagt man *Stromquelle* oder *Spannungsquelle*, wobei im Alltag *Stromquelle* am häufigsten verwendet wird. Ich verwende im Buch überwiegend *Stromquelle* (siehe auch Lektion 29).

28

Statt *Voltmeter* und *Amperemeter* sagt man heute *Spannungsmesser* oder *Spannungsmessgerät* und *Strommesser* oder *Strommessgerät*. Die Wörter *Voltmeter* und *Amperemeter* sollten trotzdem gelernt werden, weil sie noch in den meisten Büchern stehen und wohl auch noch häufig in einem Praktikum verwendet werden. Es vergehen meistens Jahrzehnte, bis sich neue Wörter durchsetzen. In den Komposita *Spannungsmesser* und *Strommesser* und dem früher eingeführten *Kraftmesser* kommt *Messer* von *messen*: Der Artikel ist *der*. Da den Lernenden *das Messer* bekannt ist, muss auf den Artikel *der* hingewiesen werden. In Übung 1 von Lektion 32 wird dies bei den Komposita als Anmerkung erwähnt.

Die Stromstärke wird in dieser Lektion über die Größen *Ladung* und *Zeit* definiert. Im Internationalen Einheitensystem SI sind jedoch Stromstärke und Zeit als Basisgrößen und Ladung als abgeleitete Größe festgesetzt (und damit Ampere und Sekunde als Basiseinheiten und Coulomb als abgeleitete Einheit).

Wahrscheinlich muss der Unterschied zwischen Zahl und Ziffer geklärt werden. Die beiden Wörter werden in „Wie spricht man in der Mathematik?, Band 1“ auf Seite 6 eingeführt.

Als zusätzliche sprachliche Übung könnte man das Partizipialattribut am Satz (neben der Abbildung des Akkus) „Man kann die auf einem Akku angegebene Ladung in Coulomb umrechnen“ wiederholen.

Neben den sprachlichen Übungen geht es hier auch darum, auf Akkus und Batterien die insgesamt speicherbare Ladung zu entdecken und sie in Coulomb umzurechnen. Außerdem ist es sinnvoll, Anzeigen analoger Messgeräte ablesen zu üben (Aufg. 3). Die Entnahme von auf Geräten angegebenen Informationen ist ein Lernziel, das für die heutige technisierte Welt sehr wichtig ist. Es werden zwar immer häufiger die digitalen verwendet, aber es gehört zur grundlegenden Ausbildung in den Naturwissenschaften, auch mit analogen umgehen zu können. Digitale haben darüber hinaus einen entscheidenden Nachteil: Sie gaukeln häufig durch die Zahl der Ziffern eine Genauigkeit vor, die gar nicht vorhanden ist. Bei analogen Geräten gibt man einen gerundeten Wert an, bei digitalen ist es häufig sinnvoll, auch zu runden. Während einer Messung ändert sich die letzte(n) Ziffer(n) häufig willkürlich.

29

Wie genau Spannung definiert ist, ist für Lernende, die noch wenig Vorkenntnisse haben, schwer zu verstehen. Daher wird auch hier keine Spannungsdefinition gegeben, sondern es wird nur von den Angaben auf Geräten ausgegangen. Anschaulich kann man sie als „Stärke“ einer Stromquelle bezeichnen.

Man kann die Spannung über die elektrische Feldstärke definieren, sie lässt sich auch über die Arbeit definieren, die eine elektrische Kraft an einem Verbraucher verrichtet. Eine korrekte Darstellung setzt entweder viel Mathematik oder umfangreiche Erklärungen voraus.

Da es nicht Ziel des Buchs ist, schwierige Themen der Physik zu erklären, sondern in die Grundlagen der physikalischen Fachsprache einzuführen, soll hierauf verzichtet werden.

Wichtiger als die Kenntnis einer exakten Definition ist die Unterscheidung von Gleichstrom (Gleichspannung) und Wechselstrom (Wechselspannung). Ebenfalls sollte der Begriff Frequenz und die Einheit der Frequenz 1 Hertz bekannt

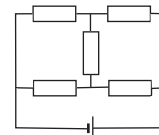
sein. Ohne diese Kenntnisse lassen sich die Angaben auf elektrischen Geräten nicht verstehen.

Welches Wort – Stromquelle, Spannungsquelle oder elektrische Quelle – man verwendet, richtet sich danach, worauf es im gegebenen Fall ankommt. In der Alltagssprache sagt man normalerweise Stromquelle. Wenn es darauf ankommt, dass bei dem entsprechenden Versuch ein Strom fließt, sagt man auch in der Physik *Stromquelle*. Wenn der Stromfluss nicht wichtig ist, sondern es vor allem auf die Spannung ankommt, sagt man *Spannungsquelle*. In Fällen, in denen kein kontinuierlicher Strom fließt wie bei elektrostatischen Versuchen, ist *Spannungsquelle* oder *elektrische Quelle* üblich.

30

Parallel- und Reihenschaltungen gehören in die Sekundarstufe I. Es gibt auch Schaltungen, die sich nicht in Parallel- und Reihenschaltungen zerlegen lassen. Bei der Untersuchung solcher Schaltungen geht man von Verzweigungspunkten (Knoten) und in sich geschlossenen Umläufen in Schaltungen (Maschen) aus (Kirchhoff'sche Regeln). Die Erklärung mit dem Aufteilen des Stroms in einem Verzweigungspunkt soll hierzu die Grundlagen legen.

Die einfachste Schaltung, die sich nicht in Parallel- und Reihenschaltung zerlegen lässt, ist hier abgebildet:



Kein einziger Widerstand ist zu einem anderen parallel- oder in Reihe geschaltet. Egal, welche zwei Widerstände man betrachtet, es gibt immer einen dritten Widerstand, der verhindert, dass die Gesetze für Parallel- und Reihenschaltung angewandt werden können.

Neben dem Fachwortschatz dient diese Lektion dazu, die Partizipialattribute zu wiederholen (Aufgabe 2). In Zeile 13 kommt ein weiteres Partizipialattribut vor, bei dem es keinen Artikel zu dem Nomen, auf das sich das Attribut bezieht, gibt. Wenn nicht bereits in Lektion 23 geschehen, könnte man hier das Arbeitsblatt **L23_A1** einsetzen.

31

Begleitmaterial

Im Film **L31_V2** (2:07) wird vorgeführt, wie die Schaltung aufgebaut wird. Links unten ist die Schaltskizze eingeblendet. Wenn eine Verbindung zweier Geräte durch ein Kabel hergestellt wird, wird die Linie in der Schaltskizze rot.

Im zweiten Teil wird kurz gezeigt, welche Werte die beiden Messgeräte anzeigen. Es ist hier nicht vorgesehen, dass die Lernenden sich die Werte notieren und am Ende das Diagramm zeichnen. Hierzu müsste deutlich mehr Zeit gegeben werden und die Videodatei wäre sehr groß. Wichtig ist jedoch, dass die Lernenden erkennen, dass einige Ziffern sich auch noch nachträglich ändern und daher weggerundet werden sollen. Digitale Messgeräte täuschen manchmal eine Genauigkeit vor, die in Wirklichkeit gar nicht vorhanden sind. Die im Film eingeblendeten Ergebnisse sind gerundet.

Es wäre sinnvoll, die Lernenden selbst eine Schaltung aufbauen und die Messung durchführen zu lassen. Das wäre eine gute Vorbereitung auf Schul- und Universitätsbesuch, vor allem dann, wenn Lernenden – wie viele aus ärmeren Ländern, in denen die Schulen nicht über genug Geräte verfügen – experimentelle Erfahrung fehlt.

Aufbau von Schaltungen

Bei meinem Unterricht als Physiklehrer hatten viele Lernende Schwierigkeiten, elektrische Schaltungen aufzubauen. Als Hilfe habe ich ihnen den folgenden Ratschlag gegeben: Sie sollten am Pluspol der Stromquelle beginnen und dann zu dem ersten Gerät gehen. Dann sollen sie in der Schaltung farbig die Verbindung übermalen, damit sie deutlich sehen, was sie bereits aufgebaut haben. Dann gehen sie von dem anderen Anschluss des ersten Geräts weiter, wobei sie sich jedes Mal die Verbindung auch in der Schaltskizze kennzeichnen. Man ist fertig, wenn schließlich alle Verbindungen farbig übermalt sind. Ein nachträgliches Überprüfen, ob man richtig angeschlossen hat, ist nämlich nur sehr schwer möglich, weil der Verlauf der Kabel in einem fertigen Versuchsaufbau nur schwer erkannt werden kann.

Hinweise zu den Begriffen:

Im Deutschen gibt es nur ein Wort für die physikalische Größe *Widerstand* und das Gerät, das diese Eigenschaft hat. Im Englischen wird dagegen unterschieden: *resistor* (Gerät), *resistance*

(physikalische Größe). Das Wort *Widerstand* bezieht sich hier rein auf die Elektrizität. Es wird in anderen Zusammenhängen (Luftwiderstand) auch gebraucht.

32

Das Thema *Innenwiderstand* geht über das fachliche Niveau der anderen Themen etwas hinaus. Dass alle Stromquellen einen Innenwiderstand haben, kann man auch im Alltag beobachten: Wenn an derselben Steckleiste eine elektrische Heizung und eine Glühlampe angeschlossen sind, leuchtet die Glühlampe etwas schwächer, wenn die Heizung eingeschaltet wird. Wird sie wieder ausgeschaltet, leuchtet die Glühlampe wieder heller. Wenn der Motor eines Autos bei eingeschalteten Scheinwerfern angelassen wird, wird der Batterie viel Strom entnommen. Dadurch nimmt die Helligkeit der Scheinwerfer während des Anlassens ab.

Für den Alltag ist der Begriff *Kurzschluss* wichtig. Auf einigen Batterien und Akkus findet man den Warnhinweis „Nicht kurzschließen“. Bei einem Kurzschluss ist der äußere Widerstand (annähernd) null. Die gesamte chemische Energie, die in der Batterie bzw. im Akku gespeichert ist, wird zu Wärme. Dies führt dazu, dass der Akku zerstört wird und eventuell ein Brand entsteht. Im täglichen Leben ist ein Kurzschluss meist mit einem defekten Gerät verbunden.

Der Innenwiderstand von Messgeräten wird meistens beim Thema „Innenwiderstand“ an den Anfang gestellt. Man unterscheidet dann (in der Physik) die stromrichtige von der spannungsrichtigen Schaltung bzw. (in der Elektrotechnik) die spannungsfalsche von der stromfalschen Schaltung, wenn man in derselben Schaltung gleichzeitig mit einem Volt- und einem Amperemeter misst. Dass eine Batterie einen Innenwiderstand hat, ist jedoch im Alltag mehr von Bedeutung.

33

Was Energie ist, wird nicht definiert. Heute ist Energie ein Begriff, den man überall findet. Auch wenn die Vorstellungen nicht unbedingt physikalisch korrekt sind, kann man darauf aufbauen. Aufgrund der Rechnung kann geschlossen werden, dass man von der Leistung zur Energie kommt, indem man sie mit der Zeit multipliziert. In einem Fachbuch wäre diese Vorgehensweise ein starkes Manko, aber es soll sich bei dem Buch ja nicht um ein logisch gut aufgebautes Physik-

buch handeln – hiervon gibt es viele –, sondern um ein Lehrbuch, durch das man die Sprache der Physik lernen soll. Die allgemeinen Definitionen bleiben einem späteren (oder parallelen verlaufenden) Fachunterricht vorbehalten.

Neben den eingeführten Fachwörtern soll das Verstehen der Angaben auf elektrischen Geräten weiter ausgebaut werden. Die Sätze in den Zeilen 24 und 33 auf Seite 70 sollen einen Übergang zur Besprechung des uneingeleiteten Konditionalsatzes bieten. Hierzu dient auch die Aufgabe 5. Die neu eingeführten Einheiten sollen durch eine Leseübung (Aufg. 1) geübt werden.

Aufgabe 3 verlangt außer Division und Berechnung von Differenzen und Summen natürlicher Zahlen keine mathematischen Vorkenntnisse. Es wird lediglich überprüft, ob die Bedeutung des Wirkungsgrads verstanden wurde. Durch Aufgabe 4 soll das Ablesen von Daten aus einer Tabelle geübt werden.

34

In physikalischen Texten ist der uneingeleitete Konditionalsatz sehr frequent. Daher ist er für die Physik unerlässlich. Ziel der Lektion ist es, dass die Lernenden ihn erkennen und verstehen. Nur zwei uneingeleitete Konditionalsätze sollen selbst gebildet werden, sonst sollen uneingeleitete in eingeleitete umgeformt werden.

Für den Deutschunterricht mag das vielleicht etwas dürrig sein. Aber es gibt Übungsgrammatiken, die genug Übungen für das produktive Beherrschen des uneingeleiteten Konditionalsatzes bieten.

Der Text der Folgelektion 35 bietet die Möglichkeit, den uneingeleiteten Konditionalsatz in einem Fachtext zu erkennen und ihn so weiterzuüben.

35

Diese Lektion schließt sich sprachlich direkt an Lektion 34 an. Die Konditionalsätze sind uneingeleitet formuliert. Es geht darum, sie als Konditionalsätze zu erkennen. Hierzu dient auch Übung 5.

Außerdem muss auf die Verben geachtet werden: Sätze zur Arbeit werden mit „verrichten“ gebildet. Aufgrund von Lektion 33 kann den Lernenden veranschaulicht werden, warum man den Ausdruck „Arbeit leisten“ nicht in der Physik verwenden sollte. Es werden Arbeitsformen und Energieformen der Mechanik eingeführt. Hervor-

zuheben ist hier das Wort „Hubarbeit“, auf das sprachlich noch in Lektion 36 eingegangen wird. Fachlich soll unterschieden werden, wer oder was Arbeit verrichtet und an wem oder woran Arbeit verrichtet wird. Das Skalarprodukt wird zwar nicht eingeführt, ist aber indirekt in der Definition der mechanischen Arbeit enthalten, weil nur die Kraftkomponente in Wegrichtung zugrunde gelegt wird. Die Zusammenhänge zwischen Arbeit und Energie und zwischen Arbeit und Leistung werden erklärt.

Wichtig ist, dass man bei der Einheit der Arbeit auf die Reihenfolge der Kraft- und Längeneinheit achten muss. Da m Milli- und Meter bedeuten kann, muss man bei einer Einheit, in der Meter enthalten ist, das m für Meter **hinter** die andere Einheit, hier N (Newton), setzen. 1 Nm ist ein Newtonmeter = 1 Joule, dagegen ist 1 mN ein Millinewton.

Es reicht aus, wenn kinetische und potenzielle (potentielle) Energie gelernt werden, Lageenergie und Bewegungsenergie kommen fast nur im Schulunterricht vor und werden normalerweise im Unterricht an Universitäten nicht verwendet. „Kinetisch“ und „potenziell“ kommen überdies in vielen Sprachen (in der jeweils anderen Schreibweise und Aussprache) vor.

36

Die wichtigsten Verben, die in den letzten Lektionen eingeführt wurden, werden noch einmal zusammengestellt. Es wird auf Nomen zu Verben eingegangen, die in der Physik wichtig sind und bei denen viele sich vom Verb durch den Stammvokal unterscheiden.

In einem Deutschunterricht könnte man die Beispiele als Ausgangspunkt für Nominalisierung verwenden.

Auf der Homepage des Verlags stehen alle Filme zum Download zur Verfügung. Einen Großteil der Filme kann man auch auf YouTube sehen.

Einige Filme sollen noch überarbeitet werden. Erst nach der Überarbeitung sind sie auf YouTube.

Zurzeit sind auf YouTube (Stand: 01.07.2018):

L01_V1	https://youtu.be/acmPUhy9FmE
L01_V2	
L01_V3_V4	https://youtu.be/wwRGil5Y7eY
L01_V5	
L01_Z1	https://youtu.be/BkyJ2waI_G8
L01_Z2	https://youtu.be/wWYPgAgMFa8
L01_ZA6	https://youtu.be/CO0W8G4jueE
L04_V1_V2	https://youtu.be/JhgUZgKQv8M
L04_V3	https://youtu.be/U1ns3kiJuKc
L04_V4	https://youtu.be/ahsiIBg7B5U
L04_Z1	
L05_V1_V2	https://youtu.be/cpDLzg91FZY
L05_V3	
L10_Z1	https://youtu.be/40dl5KL9jck
L10_Z2	https://youtu.be/T0rI-zOyB64
L11_Z1	https://youtu.be/uFLmzAIS10
L12_Z1	https://youtu.be/L1ropvUlqbE
L13_Z1	
L17_Z1	https://youtu.be/13jSUqaUjHw
L18_Z1	https://youtu.be/bux-4xMIr7s
L18_Z2	https://youtu.be/CadBY1kFNX8
L19_V1	https://youtu.be/AG1VwXeoXLU
L19_V2	https://youtu.be/Zzhhtz-s6cI
L21_Z1	https://youtu.be/qjj9RYc5Os8
L22_V1_V2_V3	https://youtu.be/3a16sYebISo
L24_V1	https://youtu.be/XhpYegAwOm4
L25_V1	https://youtu.be/veUUItUDuiY
L26_V1_50fps	https://youtu.be/ptZ88HuTLq4
L31_V2	https://youtu.be/xmFGcFyluh8