Stand: 06.06.2017

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. Für weitere Anregungen und konstruktive Kritik bin ich dankbar.

Der vorliegende Text wendet sich sowohl an Deutsch- als auch Mathematiklehrerinnen und -lehrer. Daher findet man im Text auch Erklärungen, die für Deutschlehrerinnen und -lehrer vollkommen selbstverständlich sind, und andere, die für Mathematiklehrerinnen und -lehrer selbstverständlich sind.

Voraussetzungen

Es ist zu empfehlen, Band 1 vor Band 2 durchzuarbeiten. Wie man die Rechnungen liest, wird in Band 2 nur noch an wenigen Stellen aufgeführt. In Band 2 wird an verschiedenen Stellen auf Band 1 verwiesen. Damit man mit Band 2 auch arbeiten kann, wenn Band 1 nicht vorliegt, steht eine zweiseitige Datei zum Download bereit, in der die Stellen aus dem Buch enthalten sind.

Zum Verständnis der Zusammenhänge sind die Funktionsgleichungen im Allgemeinen nicht erforderlich und werden auch in dem Buch nicht angegeben. Damit bei Bedarf auch die Graphen reproduziert werden können, habe ich die Funktionsgleichungen zu einigen Graphen in diesen Hinweisen angegeben.

Einsatz des zweiten Bands

Der vorliegende zweite Band ist in erster Linie für den Unterricht in einem fachsprachlich orientierten Deutschunterricht gedacht. Es geht hier, im Gegensatz zu Band 1, nicht so sehr um die Fachtermini, sondern um typische fachsprachliche Formulierungen, in erster Linie aus der Mathematik, aber auch aus der Physik und in geringem Maße aus anderen Gebieten. Ein B1-Kurs sollte nach Möglichkeit abgeschlossen sein, damit Nebensätze und einfache Passivkonstruktionen vorausgesetzt werden können. Beim Konditionalsatz wird im Buch die Spitzenstellung des Verbs nicht verwendet. Zwar kommt auch in der Mathematik die Spitzenstellung des Verbs vor, aber sobald es um die Formulierung von Folgerungen geht, zieht man in der Mathematik die Subjunktion „wenn“ bei Konditionalsätzen vor, um die Schlussrichtung deutlich zu machen. Häufig wird sogar bewusst der Konditionalsatz mit „wenn“ und der Hauptsatz mit „dann“ eingeleitet. Eine besondere Bedeutung haben die Formulierungen „dann und nur dann, wenn“ und „genau dann, wenn“. Hierauf wird in Lektion 31 eingegangen. Was man an grammatischen Themen nicht aus einem B1-Kurs voraussetzen kann und fachsprachliche Relevanz besitzt, wird eingeführt, allerdings nur in dem Umfang, wie es für Formulierungen im fachsprachlichen Kontext nötig ist.

Damit nicht zu viele mathematische Fachtermini eingeführt werden müssen, wird alles am Begriff der Funktion aufgehängt. Bei den grammatischen Beispielen und Übungen werden überwiegend mathematische Formulierungen aus dem vorliegenden Band oder Band 1 verwendet. In einem Lehrbuch, das auf 80 Seiten inklusive Lösungen begrenzt ist, kann man natürlich keine Vollständigkeit erwarten. Exemplarisch werden einige fachsprachlich relevante Themen eingeführt, die dann im Unterricht von sprachlicher oder fachlicher Seite ergänzt werden können. So könnte man im Unterricht *Deutsch als Fremdsprache* die angesprochenen Grammatikthemen weiter ausbauen, zusätzliche Leseverstehensübungen einfügen oder weitere Texte zu den gleichen Themen aus anderen Quellen zur Ergänzung hinzunehmen. Im Mathematikunterricht lassen sich z.B. die entsprechenden Rechnungen hinzunehmen. So könnte man beim Thema „Tangentensteigung und Krümmungsverhalten“ den Zusammenhang mit der ersten und zweiten Ableitung ansprechen und damit die notwendige und hinreichende Bedingung für ein lokales Extremum bei differenzierbaren Funktionen anschließen, wenn die Lernenden genügend fachliche Vorkenntnisse haben.

Zusammenarbeit zwischen Mathematik- und Deutschlehrer/in

Gerade in Studienkollegs wird häufig gefordert, dass Fachlehrer/innen und Deutschlehrer/innen zusammenarbeiten sollen. Das Buch bietet die Möglichkeit, diese Zusammenarbeit konkret zu organisieren. Funktionen werden im ersten Semester des Studienkollegs eingeführt. Spätestens nach einem Monat Unterricht kommt die Definition der Funktion vor. Indem im Deutschunterricht parallel zum Fachunterricht die erforderliche Sprache eingeführt und geübt wird, werden die Studierenden sprachlich dazu befähigt, die sprachlichen Feinheiten zu verstehen.

Natürlich ist nicht jede(r) Lehrer(in) für Deutsch als Fremdsprache begeistert, sich die Reihenfolge der überwiegend grammatischen Themen vom Fachunterricht diktieren zu lassen, aber ein großer Vorteil liegt, speziell bei T-Kursen, in der Motivation: Die Studierenden sehen, dass der Deutschunterricht nicht nur eine Schikane ist, die es nur aufgrund der Ausbildungs- und Prüfungsordnung gibt, sondern dass ohne fundierte Sprachkenntnisse die fachlichen Zusammenhänge nicht voll erfasst werden können.

Das Buch unter fachlichem Aspekt

Das Buch ist ein Fachsprachenbuch, es soll ein Mathematikbuch bzw. den Mathematikunterricht nicht ersetzen. Trotzdem werden auch fachliche Themen eingeführt, allerdings fehlen an vielen Stellen Erklärungen, die für das Fach entscheidend sind. Mathematiklehrerinnen und -lehrer werden speziell in den letzten Lektionen viele Definitionen vermissen. Die Erklärungen erfolgen an Graphen, was aber den Nachteil mit sich bringt, dass Feinheiten unberücksichtigt bleiben. So wird zwar zwischen abgeschlossenem und offenem Intervall unterschieden, aber es wird anhand des Buchs nicht ersichtlich, aus welchem Grunde das Intervall in einem speziellen Fall als abgeschlossen bzw. als offen gewählt worden ist. Normalerweise gehe ich vom abgeschlossenen Intervall aus, weil das abgeschlossene Intervall für Lernende leichter zu verstehen ist. Der Ableitungsbegriff wird nicht verwendet, obwohl er inhaltlich indirekt vorkommt. Stetigkeit wird meist indirekt vorausgesetzt, aber kommt als Begriff in den Erklärungen nicht vor. Beim Thema „Krümmungsverhalten“ werden offene Intervalle verwendet, damit man „Rechtskrümmung“ mit $f''(x) < 0$ und „Linkskrümmung“ mit $f''(x) > 0$ gleichsetzen kann. Auf diese Weise führen die letzten beiden Sätze im Merkkästchen zur hinreichenden Bedingung für lokale Maxima und Minima differenzierbarer Funktionen, wie sie meist im Schulunterricht besprochen werden. Eine genaue Erklärung, was man unter *Mengen* versteht, wird nicht gegeben, ebenfalls werden viele Begriffe nur anschaulich erklärt. Als Ausnahme wird jedoch die Monotonie genauer definiert, damit an der Definition einige typische fachsprachliche Formulierungen erlernt werden können.

Veränderungen in der Fachsprache

Die Formulierungen in der Mathematik ändern sich mit der Zeit. Schulbuchautoren bemühen sich häufig, Texte für Schülerinnen und Schüler verständlich zu formulieren, was dazu führt, dass einige früher in der Mathematik viel verwendete Formulierungen mit und mit aus Schulbüchern verschwinden. Ein Beispiel ist die Verwendung des Konjunktivs I bei der Nennung einer Annahme oder Voraussetzung, der sogenannte *thetische Konjunktiv*: „Gegeben **sei** eine lineare Funktion …“, „Das Fahrzeug **habe** die Masse … **bewege** sich mit der Geschwindigkeit …“. An diesem Konjunktiv I erkennt man, dass die so formulierten Aussagen für den folgenden Teil eine Annahme oder eine Voraussetzung darstellen. Was aus diesen Annahmen oder Voraussetzungen folgt, steht dann im Indikativ. In den Schulbüchern ist der thetische Konjunktiv inzwischen (fast) verschwunden, in Universitätslehrbüchern, auf Internetseiten und in Klausuren findet man ihn jedoch noch häufig. Dasselbe trifft auf den imperativischen Konjunktiv (*„man berechne“*) zu, der zwar nicht mehr in Schulbüchern, aber doch noch in Hochschulen und im Internet vorkommt. Auf den thetischen Konjunktiv wird in Lektion 31 kurz eingegangen.

Verwendetes Begriffssystem

Im zweiten Band des Buchs „Wie spricht man in der Mathematik?“ gibt es viele Grammatikkapitel, in denen fachsprachlich relevante Bereiche der Grammatik eingeführt werden. Ich lege den Erklärungen die Dependenzgrammatik (*Erhard G. Heilmann: Über Grammatik, ISBN 978-3-922989-53-0, Clamer, Heilmann, Röller: Übungsgrammatik für die Mittelstufe, ISBN 978-3-922989-51-6, Clamer, Heilmann: Übungsgrammatik für die Grundstufe, ISBN 978-3-922989-70-7*) zugrunde, habe mich allerdings dazu entschlossen, *Akkusativobjekt* statt *Akkusativergänzung* zu schreiben und ebenfalls auf den Begriff *Nominalergänzung* zugunsten von *Gleichsetzungsnominativ* bzw. *-akkusativ* zu verzichten, um zu vermeiden, dass das Begriffssystem der Dependenzgrammatik thematisiert werden muss.

Zielgruppen

Normalerweise betrachtet man als Zielgruppe eines Lehrwerks die Lernenden, die sich mit dem Thema beschäftigen. Da es sich um ein Lehrwerk handelt, in dem Sprache und Fach kombiniert werden, muss man auch den Unterrichtenden berücksichtigen und sich die Frage stellen: Sollte eine Mathematiklehrerin bzw. ein Mathematiklehrer oder eine Lehrerin bzw. ein Lehrer für Deutsch als Fremdsprache nach dem Buch unterrichten?

- **Lernende**
  In erster Linie ist das Buch für Lernende gedacht, die auf einen Fachunterricht (gymnasiale Oberstufe, Hochschule) vorbereitet werden. Hierunter fallen ausländische Studierende, die in absehbarer Zeit ein mathematisches, technisches oder naturwissenschaftliches Studium aufnehmen wollen, als auch Zuwanderer, die bereits sprachliche Grundlagen erworben haben und ihre Schul- oder Berufsausbildung vervollständigen wollen. In den Flüchtlingskursen an Weiterbildungskollegs und Abendschulen kann im gymnasialen Bereich das Buch nach Bearbeitung von Band 1 und Erreichen des Sprachniveaus B1 eingesetzt werden.

- **Unterrichtende**
  Das Buch ist in erster Linie zum Einsatz in einem Sprachunterricht konzipiert. Die fachlichen Anforderungen sind so gering wie möglich gehalten, rechnerisch werden lediglich die Grundrechenarten vorausgesetzt. Der fachliche Teil beschränkt sich neben der Lexik auf Definitionen und die Interpretation von Diagrammen. Wenn Mathematiklehrer oder -lehrerinnen nach dem Buch unterrichten, sollten sie sich Grundlagen der Dependenzgrammatik aneignen, z.B. nach der Übungsgrammatik für die Grundstufe (ISBN 978-3-922989-70-7).

Hauptabschnitte des Buchs

Das Buch lässt sich in drei Unterrichtssequenzen aufteilen. Bei den Lektionen 1 bis 10 geht es um die Definition der Funktion. In den Lektionen 11 bis 25 geht es um die ganzrationalen Funktionen, die in Leistungs- und Grundkursen von Gymnasien ausführlich behandelt werden. Die Lektionen 26 bis 31 schließlich handeln vom Steigungs- und Krümmungsverhalten der Funktionsgraphen und von besonderen Punkten eines Graphen (Hochpunkt, Tiefpunkt, Wendepunkt), was eng mit der Einführung der Differenzialrechnung verknüpft ist. Auf die Differenzialrechnung selbst wird nicht eingegangen, weil die Sprache und nicht die Rechnung im Vordergrund des Buchs steht.

Lektionen 1 bis 10 im Zusammenhang

In den ersten zehn Lektionen geht es darum, dass die Lernenden verstehen, was man in der Mathematik unter einer Funktion versteht. Neben den fachlichen Schwierigkeiten kommen auf B1-Niveau noch sprachliche Schwierigkeiten hinzu, weil sich abstrakte Zusammenhänge im Allgemeinen nicht durch einfache Sätze formulieren lassen. Um die erforderlichen sprachlichen Mittel bereitzustellen, sind 6 der 10 Lektionen auf Sprache ausgerichtet. Um die Definition anschaulich zu klären, ist der eigentlichen Definition ein Alltagsbeispiel vorangestellt, das direkt zur Definition der Funktion führt. Damit ist das Buch auch für Lernerinnen und Lerner geeignet, die den Funktionsbegriff noch nicht kennen.

Lektion 1. Als Einstiegsbeispiel habe ich das Porto von Briefen gewählt. Dass ich mit einem Einstiegsbeispiel beginne, liegt daran, dass der Funktionsbegriff in allgemeiner Form Schülerinnen und Schülern häufig große Schwierigkeiten bereitet. Einen Einstieg über eine lineare Funktion, was man häufig in Schulbüchern findet, vermeide ich hier, damit die Schülerinnen und Schüler nicht vorschnell die Funktion mit einer graphischen Darstellung oder einer Funktionsgleichung verknüpfen. Ziel ist es, so allgemein wie im voruniversitären Bereich möglich den Funktionsbegriff einzuführen.

Wir gehen hier von einer Tabelle aus, in der das Porto dem Briefgewicht gegenübergestellt wird. (Dass auch noch Anforderungen an die Abmessungen der Briefe gestellt werden, wird nicht berücksichtigt.) Im ersten Schritt geht es für die Lernenden darum, zu entscheiden, wie der Brief bei welchem Gewicht frankiert werden muss. An diesem Beispiel werden Fachbegriffe der Mathematik erklärt.

- Die Frage ***Welches Gewicht darf höchstens mit der Deutschen Post als Brief verschickt werden?*** führt zu dem Begriff des *Definitionsbereichs*. Der Definitionsbereich umfasst also alle Gewichte von 0 bis einschließlich 2000 g.
- Die Frage ***Welche Briefmarken muss ich im Hause haben, damit ich jeden Brief mit jeweils nur einer Briefmarke frankieren kann?*** führt zum Begriff *Wertemenge*. Die Wertemenge umfasst hier 5 Zahlen mit der Einheit Euro.
- Die Frage ***Welche Briefmarke muss ich z.B. bei 60 g auf den Brief kleben?*** führt zum Verb *zuordnen*.

Die Tabelle und diese drei Fragen reichen aus, um den Funktionsbegriff voll zu erfassen. Es bleibt nur die Aufgabe, die Verwendung der abstrakten Begriffe *Definitionsbereich*, *Wertebereich*, *Zuordnung* und damit *Funktion* einzuüben. Nach Lektion 1 sollte Lektion 5 dann keine Schwierigkeiten mehr bereiten.

Im Unterricht empfiehlt es sich, das Verb *zuordnen* mit seiner Rektion zu üben. Mündlich könnte man verschiedene Gewichte nennen oder nennen lassen und von den Lernenden Sätze bilden lassen wie „Die Tabelle ordnet einem Brief von 60 g 1,45 € zu.“ Dabei sollte man besonders auf die Dativendung achten und auf die korrekte Formulierung des Geldbetrags (*einen Euro fünfundvierzig* oder *eins fünfundvierzig*, ↗ Bd. 1, Lektion 3).

Im Rahmen des Definitionsbereichs wird die Intervallschreibweise verwendet. Sie ist im Abschnitt *Für Fortgeschrittene* in Bd. 1, Lektion 18, eingeführt worden. Dass man die 5 Geldbeträge in geschweiften Klammern aufzählt, kam zwar noch nicht vor, braucht aber nur als Schreibkonvention angesehen zu werden.

Entscheidend für die Definition der Funktion ist, dass **jedem** x aus dem Definitionsbereich **genau ein** y (nicht 0, nicht 2 oder mehr) zugeordnet wird. Zur Verdeutlichung dieser Tatsache dient die Aufgabe 4 auf Seite 7. Auch wenn man sich noch nie mit mathematischen Funktionen beschäftigt hat, wird einem schnell klar, dass die Macher dieser (frei erfundenen) Werbung für den Paketdienst nicht sorgfältig gearbeitet haben. Wenn die Lernenden nicht von sich aus die Fehler erkennen, kann man ein paar Fragen stellen:

1. Wie teuer ist der Versand eines Paket von 550 g, 2,5 kg, 20,5 kg? (In der Tabelle fehlen diese Werte u. a.)
2. Was muss man für 10,5 kg bezahlen? (Es gibt hier 2 Werte, 3,90 € und 5,90 €.)
3. Bis wie viel kg liefert die EPD? Was ist mit einem Paket von 31 kg? (Hier gibt es einen Widerspruch zwischen dem Satz oben „Wir liefern alles bis 30 kg …“ und der letzten Zeile der Tabelle „bis 31 kg“).

Aufgrund dieser Fragen erkennt man leicht:
Die drei Werte unter Punkt 1 verstoßen gegen ***jedem*** *Gewicht*.
2. verstößt gegen ***genau*** *ein Porto*.
3. verstößt gegen ***aus dem Definitionsbereich***.

In Lektion 1 ist der Lernwortschatz in zwei Bereiche untergliedert. Der untere Bereich (*zuordnen* usw.) ist der Teil, der unbedingt beherrscht werden sollte, bevor zu Lektion 5 übergegangen wird, denn diese Wörter werden zur Definition der Funktion benötigt. Der Wortschatz im oberen Bereich der Lektion (bis Zeile 16) kann man in den Bereich *Landeskunde* einordnen. Damit sich die Lernenden weiter mit den Formulierungen in Lektion 1 beschäftigen, könnte man die zusätzliche Aufgabe geben, sämtliche Nebensätze in Lektion 1 zu suchen: Konditionalsätze Zeilen 1, 7, 8, 13; indirekter Fragesatz Zeilen 11; Modalsatz Zeile 24; Relativsatz Zeile 13. Kriterium, ob es sich um einen Nebensatz handelt, ist die Stellung der finiten Verbform. Der Modalsatz wurde in Band 1 (Lektion 11) eingeführt. Zur Einübung des Wortschatzes gibt es zu Lektion 1 ein Arbeitsblatt (Homepage des Verlags). Wörter, die mit *Tabelle* in Verbindung stehen, sind bereits in Bd. 1 auf S. 56 vorgekommen.

Sprachlich wird in dieser Lektion noch auf das Passiv verzichtet, der Konditionalsatz ist mit *wenn* eingeleitet, das Relativpronomen steht im Nominativ. Die Grammatikanforderungen zum Verständnis des Textes sind also noch vergleichsweise gering. Beim Verweis auf die Tabelle kommt ein Adverbialattribut („die Tabelle *rechts oben*“) vor, ebenfalls Präpositionalattribute, was aber meiner Erfahrung nach keine Schwierigkeit bedeutet. In den folgenden drei Lektionen werden Formulierungen dieser Lektion aufgegriffen und zur Einführung des Passivs und der Attribute verwendet.

In der Mathematik gibt es für *Wertemenge* bzw. *Wertebereich* zwei verschiedene Definitionen. Ich habe mich in diesem Buch danach gerichtet, was man hierunter in deutschen Schulen versteht: *Wertemenge* hat also in diesem Buch die Bedeutung *Bildmenge* und nicht *Zielmenge*. In der Wertemenge sind damit nur die fünf Portowerte der Tabelle enthalten. Wenn man dagegen die Bedeutung *Zielmenge* zugrunde legen würde, könnte jeder Geldbetrag in dieser Menge enthalten sein. In Lektion 5 wird das bei der Definition der Funktion nicht genannt. Im Hochschulunterricht wird auf die Unterschiede eingegangen. Wenn der Unterricht von Mathematiklehrerinnen oder -lehrern durchgeführt wird und das Ziel der Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer ein Hochschulstudium ist, wäre dies eine sinnvolle Ergänzung. Im Unterricht Deutsch als Fremdsprache sollte darauf gar nicht eingegangen werden, weil der Unterschied auch deutschen Schülerinnen und Schüler im Allgemeinen nicht bekannt ist.

Lektionen 2 und 3. Alle Sätze mit dem unpersönlichen *man* im Aktiv zu formulieren ist in der Mathematik nicht üblich, sondern Passiv herrscht meist vor. Daher geht es in diesen beiden Lektionen darum, die Lernenden mit Passiv und Passiversatzformen vertraut zu machen. Nach Abschluss von B1 ist häufig das Vorgangspassiv bekannt. Die Einführung des Vorgangspassivs ist daher sehr knapp gehalten und vor allem als Wiederholung gedacht. Sollte es noch nicht oder nicht mehr bekannt sein, sind zusätzliche Erklärungen und Übungen erforderlich. Als sprachliche Ergänzung sei auf *Clamer / Heilmann: Übungsgrammatik für die Grundstufe, ISBN 978-3-922989-70-7, S. 41 – 45* und weiterführend auf *Clamer / Heilmann / Röller: Übungsgrammatik für die Mittelstufe, ISBN 978-3-922989-51-6, Kap. 10, Passiv,* und *Dorothea Stein-Bassler: Lerngrammatik zur Studienvorbereitung, ISBN 978-3-922989-72-1, Kapitel 2, Täter oder Opfer, S. 19 ff* hingewiesen.

Die Übungen der Lektionen 2 und 3 enthalten zu einem großen Teil Sätze, die in Lektion 1 vorkamen bzw. in Lektion 5 vorkommen werden. Allerdings stammen auch Sätze aus Bd. 1, Bereich Bruchrechnung und Geometrie.

In Mathematik, Naturwissenschaften und Technik ist nur das Präsens wichtig, alle anderen Zeitformen kommen nur sehr selten und dann auch nur in Beispielen oder Aufgaben vor. Daher wird das Passiv nur im Präsens eingeführt, auf Präteritum und Perfekt wird in Lektion 8 nur im Rahmen des Zustandspassivs eingegangen.

Lektion 3 geht über eine Wiederholung des B1-Stoffs hinaus. Bei der Transformation des Aktivsatzes in einen Passivsatz mit Modalverben sollte man dringend auf die Änderung des Modalverbs eingehen. Aus *man will* oder *man möchte* mit Infinitiv wird *soll(en)* mit Infinitiv Passiv. Ebenfalls kommt das subjektlose Passiv häufig in Fachtexten vor. Neben Passiv mit Modalverben findet man auch Ersatzformulierungen für das Passiv, nämlich statt „*können* + Passiv“ „*sich lassen* + Infinitiv“ oder „*sein* + Adjektiv auf *-bar*“. Das Suffix *-bar* kommt gelegentlich auch terminologisiert vor, z.B. *abzählbar* (*die abzählbar unendliche Menge*). Das Suffix *-bar* könnte hier durch eine Reihe von Übungen ergänzt werden. Um nicht das Buch zu umfangreich werden zu lassen, habe ich jedoch die Derivation der Wortbildungslehre nicht als eigene Lektion eingebaut, sondern gehe nur im Rahmen einzelner Übungen darauf ein. Mit wenigen Ausnahmen (brennbar, haftbar) hat das Suffix *-bar* die Bedeutung *kann … werden* und ist damit eine häufige Passiversatzform.

Lektion 4. In Lektion 1 kommen bereits (wenn auch nur für einfache Fälle) Rechtsattribute vor. Das Genitivattribut setze ich als bekannt voraus, es geht hier in erster Linie um das Adverbialattribut und das Präpositionalattribut. Die Beispielsätze greifen wieder auf Lektion 1 zurück oder bereiten Lektion 5 vor. In den Übungsaufgaben habe ich jedoch auch mehrere nicht fachsprachlich orientierte Beispiele gewählt, um passende Gegenüberstellungen von Attribut und Direktiv- bzw. Situativergänzung zu erreichen. Da ich sehr wenige Übungen zu Adverbial- und Präpositionalattributen in mir bekannten Grammatik-Übungsbüchern und im Internet gefunden habe, habe ich ein Übungsblatt zu Lektion 4 erstellt (Homepage des Verlags).

Bereits in Band 1 konnte nicht auf die Genitivattribute verzichtet werden. In fachsprachlichen Formulierungen kommen Attribute gehäuft vor und werden wegen der Kürze Attributsätzen vorgezogen. Da auf B1-Niveau Relativsätze vorausgesetzt werden können, werden hier Präpositional- und Adverbialattribute mithilfe von Relativsätzen erklärt. In der Mathematik sind Präpositionalattribute so häufig, dass wohl die meisten Mathematiker gar nicht merken, dass sie ständig Präpositionalattribute verwenden. Es geht bereits beim Funktionsterm $f(x)$ (f **von** $\boldsymbol{x}$) los. In Definitionen gibt es Häufungen von Attributen: Eine Funktion ordnet jedem $x \in \mathbb{D}$ (x **aus der Definitionsmenge**) genau ein $y \in \mathbb{W}$ (y **aus der Wertemenge**) zu (jeweils Präpositionalattribute).

Lektion 5. Lektion 5 ist der Definition der Funktion gewidmet, die den Mittelpunkt der ersten 10 Lektionen darstellt. Für Lernende, die nicht Deutsch als Muttersprache haben, bereitet die Rektion des Verbs „zuordnen“ eine große Schwierigkeit. Die Variable x steht immer im Dativ, die Variable y im Akkusativ. Sprachlich ist dies nicht in allen Sätzen leicht zu erkennen, da für viele Lernende das Genus der Nomen ein großes Problem darstellt.

Wenn es um Funktionen geht, ist eigentlich der Mengenbegriff sehr wichtig. In der Universität wird der Funktionsbegriff (Abbildungsbegriff) auf der Menge aufgebaut. In der Schulmathematik wird heute auf Mengen nur am Rande eingegangen, wogegen ab 1974 einige Jahre lang die Menge bereits in der Grundschule eingeführt wurde. Dass dies dazu geführt hat, dass einige Schülerinnen und Schüler nicht mehr rechnen konnten und Lehrerinnen und Lehrer nicht wussten, wie sie den Lehrplan im konkreten Unterricht sinnvoll umsetzen sollten, mag ein Grund dafür sein, dass die Menge im Schulbereich einen schlechten Ruf bekommen hat. In dieser Lektion verwende ich zwar das Wort *Menge* und auch in Lektion 1 kam das Wort *Menge* bereits vor, aber ich gehe hier nur davon aus, dass intuitiv der Begriff verstanden wird. Man kann die Menge wie den Inhalt eines Behälter (z.B. einer Federmappe) ansehen. Die einzelnen Sachen in diesem Behälter sind die Elemente der Menge (z.B. roter Kugelschreiber, kurzer Bleistift, langer Bleistift, Spitzer …). In Lektion 1 haben wir zwei Mengen, alle Zahlen mit der Einheit Gramm bis 2000 g, die unendlich viele Elemente enthält, und die Menge der 5 Zahlen mit der Einheit Euro. Bei Nachfragen könnte man das Beispiel mit der Federmappe verwenden, um das Wort *Menge* zu erklären. In Bd. 1 kommen die Symbole zur Menge $\in$ (gehört zu, ist Element von) und $\notin$ (gehört nicht zu, ist nicht Element von, ist kein Element von) sowie auch die geschweiften Klammern vor (Seite 40 und 41).

Da man graphisch x immer auf der horizontalen Achse eines Koordinatensystems und y immer auf der vertikalen Achse zeichnet, dürfen aufgrund der Definition der Funktion niemals Punkte eines Graphen untereinander liegen (*genau ein y*), nebeneinander ist dagegen möglich. Zur Einübung des Funktionsbegriffs könnte man auch Bilder geben, bei denen die Lernenden entscheiden müssen, ob die abgebildete Kurve eine Funktion darstellen kann oder nicht. Solche Beispiele findet man in vielen Schulbüchern. Im vorliegenden Buch sind dazu keine Beispiele angegeben.

Lektion 6. Die Lektion beschränkt sich auf Äquivalenzdefinitionen, in denen die Äquivalenz des zu definierenden Ausdrucks (Definiendum) und des definierenden Ausdrucks (Definiens) verbalisiert wird. Dies geschieht durch Verben in Aktiv- oder Passivsätzen.

Durch Umformulierungen der Funktionsdefinition soll der Funktionsbegriff weiter geübt werden. Gleichzeitig ist dies auch eine Wiederholung des Passivs, weil die Verben *nennen* und *bezeichnen* sowohl im Aktiv als auch im Passiv vorkommen. Auf die Passivversion von *verstehen unter* habe ich verzichtet, weil sie mir zu umständlich erscheint. Aber man kann natürlich noch ergänzen: „Unter einer Funktion wird eine Vorschrift verstanden, …“ Damit hätte man ein weiteres Beispiel für subjektloses Passiv.

In Übung 3 wird noch einmal auf das Verb *zuordnen* eingegangen, weil es eine so zentrale Bedeutung bei der Definition der Funktion in der Mathematik hat.

Zu beachten sind hier die Verben mit doppeltem Akkusativ oder doppeltem Nominativ. Ich habe hier die Termini *Gleichsetzungsakkusativ* und *Gleichsetzungsnominativ* verwendet, weil eine Einführung der Nominalergänzung und des Ergänzungsbegriffs der Dependenzgrammatik zu viel Grammatiktheorie erforderte, die den Rahmen eines Fachsprachenbuchs sprengen würde. Auf „bezeichnen als“ (ebenfalls mit Nominalergänzung) wird nicht gesondert hingewiesen.

Falls die Möglichkeit besteht, die Nominalergänzung einzuführen, könnte man vom Satz der Aufgabe 2 von Lektion 9 (in verkürzter Form) ausgehen (Graph ist maskulin, *n*-Deklination, daher kann man den Akkusativ vom Nominativ an der Endung unterscheiden):
Man nennt die Menge (*Akk.*) aller Punkte … Graph**en** (*Akk.*) der Funktion.
Die Menge (*Nom.*) aller Punkte … wird Graph (*Nom.*) der Funktion genannt.
Die Menge (*Nom.*) aller Punkte … heißt Graph (*Nom.*) der Funktion.
Man bezeichnet die Menge (*Akk.*) aller Punkte … als Graph**en** (*Akk.*) der Funktion.
Die Menge aller Punkte (*Nom.*) … wird als Graph (*Nom.*) der Funktion bezeichnet.
In *Ulrich Engel, Kurze Grammatik der deutschen Sprache, Iudicium-Verlag München 2002, ISBN 978-3-89129-744-5* findet man auf S. 23 weitere Beispiele, an denen man das Thema ausbauen kann, ebenfalls in *Erhard G. Heilmann, Über Grammatik, Verlag Liebaug-Dartmann, Meckenheim 2002, ISBN 978-3-922989-53-0*.

Es ist sinnvoll, die verschiedenen Formulierungen der Definition auch an Beispielen, die nicht mit Mathematik zu tun haben, üben zu lassen, z.B.: *Anlieger = Person, der an einer Straße wohnt*; *Vogel = Tier mit Federn, Flügeln und Schnabel, das Eier legt und meist fliegen kann*. In Wörterbüchern für Deutsch als Fremdsprache z.B. *Langenscheidt Power Wörterbuch, ISBN 978-3-468-13108-0*, findet man viele Anregungen.

Lektion 7. Bei graphischen Darstellungen von Funktionen ist das kartesische Koordinatensystem wichtig. Es geht in dieser Lektion darum, dass die Lernenden Punkte im Koordinatensystem ablesen und die Lage von Punkten beschreiben können. Die Lektion unterbricht den Zusammenhang mit den Funktionen, aber ich wollte dieses Thema nicht in die Lektion mit den Funktionsgraphen aufnehmen, weil diese dann überladen wäre. Das Lernziel der Lektion ist neben der Lexik überwiegend fachlich. Aufgrund meiner Erfahrung in der Abendschule führe ich dieses Thema hier ausführlich ein. Es handelt sich nicht um ein schwieriges mathematisches Thema, aber das Nichtbeherrschen verhindert das spätere Verständnis der graphischen Darstellung von Funktionen. Sprachlich sind eine Reihe von Fachwörtern zu lernen. In dieser Lektion wird zum ersten Mal das Zustandspassiv verwendet (Zeilen 15 und 17). Damit bildet diese Lektion den Einstieg für Lektion 8, wo es um das Zustandspassiv geht.

Lektion 8. Da die Beschreibungen in Mathematik und Naturwissenschaften mehr statisch als dynamisch sind, kommt das Zustandspassiv im Präsens sehr häufig vor. Da es in Sprachkursen meist erst ab B2 vorgesehen ist, wird es in einer eigenen Lektion eingeführt. Die Vergangenheitsformen werden hier nicht erwähnt, weil sie für die fachsprachliche Kommunikation unwichtig sind. Zur Ergänzung sei auf *Clamer / Heilmann / Röller: Übungsgrammatik für die Mittelstufe, ISBN 978-3-922989-51-6, Kap. 10.2, „sein"-Passiv* hingewiesen.

Frequente Formulierungen mit Zustandspassiv in der Mathematik sind:

- bei Aufgaben: *gegeben ist / sind, gesucht ist*
- bei allgemeinen Aussagen: *ist für … definiert*

und kombiniert mit dem thetischen Konjunktiv (Lektion 31)

- *gegeben sei(en)*
- *sei für … definiert*

Lektion 9. Lektion 9 baut inhaltlich auf Lektionen 5 und 7 auf. Ziel ist die graphische Darstellung von Funktionen einschließlich der Berücksichtigung des Definitionsbereichs. Im Mittelstufenunterricht wird auf den Definitionsbereich nicht eingegangen (außer bei anwendungsorientierten Textaufgaben), für den Oberstufenunterricht und das Studium ist jedoch der Definitionsbereich unerlässlich. Die Lektion hat in erster Linie fachliche Ziele.

In der Lektion wird auf die Programme Geogebra und MatheGrafix hingewiesen. Geogebra ist kostenlos (Homepage: *www.geogebra.org*), und bei MatheGrafix gibt es eine Freeware- und eine Pro-Version (Homepage: *mathegrafix.de*).

Aufgabe 2 greift bereits den Attributen von Lektion 10 vor. Am Beispiel dieser Sätze kann das Attribut geübt werden. Wenn die Lernenden mit dieser Übung nicht klarkommen, kann man Lektion 10 einschieben und nach Bearbeitung von Lektion 10 auf diese Übung eingehen: (umzuformender Satz in Übung 2)

- aller **geordneten** Paare: Partizip II, Partizipialattribut zu „Paare"
- **aller geordneten Paare**: Genitivattribut zu „Menge"
- **aus den Elementen … und den zugehörigen Funktionswerten**: Präpositionalattribut zu „Paare"
- **der Definitionsmenge**: Genitivattribut zu „Elementen"

Lektion 10. Aufgrund von Perfekt und Passiv ist das Partizip II bekannt. Daher wird nur auf die Bildung des Partizips I eingegangen. Partizipialattribute sind in allen Fachtexten sehr frequent, weil sie meist knappere Formulierungen ermöglichen als Formulierungen mit Attributsätzen. Hinzu kommt die Tendenz in Fachtexten, der Eindeutigkeit halber die Sätze möglichst vollständig zu formulieren, was die Zahl der Attribute erhöht.

Zu den Partizipialattributen gibt es ein Arbeitsblatt (4 Seiten: Partizip I, modales Partizip, Partizip II, gemischte Aufgaben) auf der Verlagshomepage.

Lektion 11 bis 25 im Zusammenhang

In diesen Lektionen geht es um ganzrationale Funktionen. Die Einführung erfolgt in drei Schritten: Zuerst werden die linearen Funktionen (ganzrationale Funktionen nullten oder ersten Grades, Lektionen 12 und 14), danach die quadratischen Funktionen (ganzrationale Funktionen zweiten Grades, Lektion 17) und schließlich die ganzrationale Funktion für einen beliebigen Grad eingeführt (Lektion 24). Vier Lektionen sind anwendungsorientiert: Der Steigungsbegriff wird am Beispiel der Straßensteigung und der schiefen Ebene eingeführt (Lektion 11), als Anwendungen der linearen Funktion dienen die geradlinige gleichförmige Bewegung (Physik, Lektion 15) und die lineare Kostenfunktion (Wirtschaftswissenschaften, Lektion 16), als Anwendung der quadratischen Funktion wird die gleichmäßig beschleunigte Bewegung eingeführt (Physik, Lektion 18). Um auch komplexere Bewegungen näherungsweise darstellen zu können, werden die abschnittsweise definierten Funktionen (Lektion 21) und ihre Anwendungen zur Beschreibung von zusammengesetzten Bewegungen (Bereich Physik, Lektionen 22 und 23) vorgestellt. In drei sprachlich orientierten Kapiteln wird auf die Aufgabensprache (Lektion 13), auf die Bildung von Komposita (Lektion 19) und auf verbale und nominale Formulierungen in Fachtexten (Lektion 20) eingegangen.

Lektion 11. Ausgangspunkt ist die Steigung und das Gefälle bei Straßen, angegeben in Prozent. Ein wesentliches Lernziel besteht darin, in ein Foto ein Steigungsdreieck einzuzeichnen, daraus die Steigung zu berechnen und in % anzugeben. Es sollte den Lernenden klar werden, dass 100% nicht senkrecht (wie eine Hauswand) bedeutet, sondern dass bei 100% Steigung die Straße den Winkel 45° mit der Horizontalen einschließt. Da der Neigungswinkel bei schiefen Ebenen in der Physik eine große Rolle spielt, werden in diesem Zusammenhang Wörter zur schiefen Ebene eingeführt. Aufgabe 4 soll Vorarbeiten für die verbale und nominale Formulierung in Lektion 20 leisten. Eine Recherche-Aufgabe soll das Einbinden des Internets in den Unterricht anregen. Unter dem in den Lösungen angegebenen Link findet man eine verständliche Einführung zu den einfachen Maschinen.

Lektion 12. Die Steigung ist zentraler Begriff bei den linearen Funktionen. Es geht hier um den allgemeinen Funktionsterm einer linearen Funktion $ax + b$, wobei herausgearbeitet wird, dass a die Steigung und b der y-Achsenabschnitt ist. Hier wird im Gegensatz zu Lektion 11 die Steigung nicht in Prozent angegeben, sondern, wie in der Mathematik üblich, als reelle Zahl: 100% entspricht 1, 50% entspricht 0,5. Zusätzlich wird ein Vorzeichen bei der Steigung eingeführt. Die Steigung ist positiv, wenn der Graph von links unten nach rechts oben verläuft ↗, sie ist negativ, wenn er von links oben nach rechts unten verläuft ↘. Mit dieser Vorzeichenregel erhält man dann die gleichen Steigungswerte wie in Lektion 14 mithilfe der Steigungsformel. Es sollte deutlich werden, dass Graphen **immer von links nach rechts** betrachtet werden, und dass sich aus dieser Betrachtungsrichtung *steigen* und *fallen*, *linksgekrümmt* und *rechtsgekrümmt* (s. Lektion 26) ergeben.

Auf S. 38, Z. 8 wird „dabei“ verwendet, um die Erklärung der Koeffizienten a und b anzuschließen. Es liegt ein Arbeitsblatt vor, das Übungen zu „wobei“ und „dabei“ in dem entsprechenden Zusammenhang anbietet.

Lektion 13. In den mathematisch orientierten Lektionen gab es bereits Aufgaben, in denen Aufforderungsverben wie „berechnen Sie“, „geben Sie an“, „zeichnen Sie“ usw. verwendet wurden. In dieser Lektion soll ein knapper Einblick gegeben werden, was von Lernenden bei welchen Verben verlangt wird.

Da bei Fragewörtern häufig nicht erkannt wird, wie umfangreich oder begründet eine Lösung sein soll, hat man für das Zentralabitur die sogenannten *Operatoren* definiert. Das sind Aufforderungsverben, für die definiert ist, was zur Lösung hinzugehört. Sie werden nach Anforderungsbereichen gegliedert: Anforderungsbereich I umfasst die reproduktiven Tätigkeiten, Anforderungsbereich II selbstständiges Erklären und Anwendung gelernter Inhalte und Methoden, Anforderungsbereich III selbstständige Begründungen, Folgerungen und Bewertungen. Die Anforderungsbereiche gehen ineinander über.

Die Listen der Operatoren können für alle Abiturfächer auf den Internetseiten der einzelnen Kultusministerien und auf der Seite der KMK downgeloadet werden. Die Listen sind größtenteils identisch. Manchmal sind die Operatorenlisten nur auf ein Fach bezogen, manchmal auf eine Fächergruppe (https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/la17-operatoren-fbiii.pdf bezieht sich auf Mathematik, Physik, Biologie, Informatik). Für NRW findet man die Listen der Operatoren für die einzelnen Fächer auf https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/ → Zentralabitur GOSt → Fächer → (gewünschtes Fach) → (unter Fachliche Vorgaben, Hinweise und Materialien) Operatorenübersicht. Auch Schulbuchverlage stellen manchmal Operatorenlisten zur Verfügung (http://www.cornelsen.de/fm/1272/0223014_operatoren_mathe.pdf).

Ich habe hier nur einige Verben ausgesucht, die zu dem vorliegenden Buch passen. Da komplizierte mathematische Themen im Buch nicht vorkommen und der Schwerpunkt auf der Fachsprache liegt, handelt es sich überwiegend um Operatoren, die in den Anforderungsbereich I gehören, manchmal in den Anforderungsbereich II hineinreichen. Ich habe die Texte nicht aus den Operatorenlisten übernommen, sondern versucht, möglichst einfach auszudrücken, was verlangt ist.

Als zusätzliche Ergänzung zu diesem Kapitel könnte im Unterricht die Operatorenliste eines Bundeslandes oder der KMK durchgesprochen und darüber diskutiert werden, was bei einer Lösung ausreicht und was nicht ausreicht. Leider gibt es keine Operatorenliste für Deutsch als Fremdsprache. Hier müsste man sich an den Listen für die Schulfremdsprachen orientieren.

Lektion 14. Hier geht es um die Steigungsformel, Berücksichtigung des Definitionsbereichs und Bestimmung von Schnittpunkten. Diese Lektion hat überwiegend fachliche Lernziele.

Es geht nicht darum, Schnittpunkte rechnerisch zu bestimmen (das wird im Mathematikunterricht gemacht), sondern sie im Koordinatensystem ablesen und am Bild erkennen zu können, ob es überhaupt einen Schnittpunkt gibt. Zwei parallele Geraden haben keinen Schnittpunkt, aber auch, wenn der mögliche Schnittpunkt nicht im Definitionsbereich einer der beiden Geraden (oder beider Geraden) enthalten ist, gibt es ihn nicht.

Lektion 15. Die Beziehung zwischen dem Zeitpunkt und dem Ort eines Körpers, der sich mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig bewegt, ist ein Beispiel für eine lineare Funktion. Sie ist sehr selten in der Natur, dient aber dazu, komplizierte Bewegungen für einzelne Zeitabschnitte anzunähern. Dies wird in den Lektionen 22 und 23 gemacht. Neben dem Fachwortschatz geht es darum, den Zusammenhang zwischen Mathematik und Physik aufzuzeigen. Die Übungen zu dieser Lektion sind rein sprachlich.

In der Physik gibt es einen Begriff, der jede begrenzte Ansammlung von Materie bezeichnet: der *Körper*. In der Alltagssprache wird *Körper* meist mit menschlichem (oder tierischem) Körper assoziiert. Daher vermeide ich das Wort und spreche von *Gegenstand* oder *Fahrzeug*. In Lektion 18 verwende ich das Wort Körper das erste Mal mit Beispielen in einer Klammer. Hierzu kommt dann eine Leseverstehensaufgabe, in der physikalische Begriff *Körper* erklärt werden soll.

Lektion 16. Hier wird die lineare Funktion an einem Beispiel aus den Wirtschaftswissenschaften vorgestellt. Mathematisch kommt nichts Neues hinzu, fachsprachlich werden Kostenbegriffe und ihre Einheiten eingeführt. Fixkosten und Grenzkosten haben die Einheit Euro, Grenzkosten und Durchschnittskosten die Einheit Euro pro Mengeneinheit oder Euro pro Stück.

Der Grenz-Begriff (Grenzkosten, Grenzertrag, Grenzerlös …) ist in den Wirtschaftswissenschaften wichtig und hängt eng mit der Mathematik zusammen. Wenn man die Kosten, den Ertrag, den Erlös … als mathematische Funktion beschreibt, handelt es sich dabei um die Tangentensteigungen bzw. die ersten Ableitungen. Bei der Lösung von Aufgabe 3 sollten die Lernenden erkennen, dass es sich bei den Grenzkosten um die Steigung der Geraden handelt, die die gegebene Kostenfunktion beschreibt. Es ist nicht Ziel der Aufgabe, hier die Steigung berechnen zu lassen.

Lektion 17. Neben dem Fachwortschatz und der Bedeutung der Koeffizienten in der Funktionsgleichung könnte man zusätzlich Komposita (Scheitelpunkt, Normalparabel, Tangentensteigung, Funktionsterm, Funktionsgleichung) und das Partizip II (geöffnet, gestreckt, gestaucht) ansprechen. Im Unterricht sollte klar werden, dass es sich in den Zeilen 23/24 um offene Intervalle handelt. Bei $a = 1$ und -1 liegt keine Stauchung oder Streckung vor, bei 0 haben wir eine Gerade auf der x-Achse und damit keine Parabel.

Lektion 18. In Lektion 18 bietet sich eine Wiederholung der Präpositionen *von*, *um*, *auf* und der entsprechenden Verben an (die Geschwindigkeit wird *erhöht / vergrößert / verringert / verkleinert*; das Fahrzeug *wird schneller / langsamer*) (Band 1, S. 36). Man sollte hier auf den Unterschied Fachsprache – Allgemeinsprache hinweisen: In der Physik wird das Verb *beschleunigen* für jede Geschwindigkeitsänderung, also sowohl für *schneller* als auch *langsamer machen,* verwendet. In der Allgemeinsprache versteht man unter *beschleunigen* nur *schneller machen*. Für *langsamer machen* verwendet man *verzögern* oder *bremsen*.

Lektion 19. Da in den vorhergehenden Lektionen viele Komposita vorkamen, wird die Komposition in einer eigenen Lektion thematisiert. Es geht hier nur um die Determinativkomposita. Übungen 3 und 4 enthalten einige terminologisierte Komposita. Bei den Beispielen wird auch auf Bd. 1 zurückgegriffen. Im Normalfall gehört das Kompositum derselben Wortart wie das Grundwort an. Beispiel für eine Ausnahme ist das Wort *barfuß*.

Lektion 20. Wenn man die verbale Ausdrucksweise in die nominale umformen will, benötigt man Nomen zu den Verben. Zu einem Verb das passende Nomen zu finden bzw. umgekehrt, ist eine wichtige Grundlage für derartige Transformationen. Häufig braucht man Komposita.

In der Mathematik kommen Konditional-, Kausal-, Modal- und Finalangaben häufig vor. Die Übungen zur Lektion 20 beschränken sich auf die Transformation von Angaben zu Nebensätzen. In dem Arbeitsblatt zur Lektion 20 werden Übungen für die Transformation von Nebensätzen zu Angaben angeboten.

Lektion 21. Nicht immer lassen sich Funktionen durch nur einen Funktionsterm ausdrücken (s. Lektion 1). Im Rahmen der abschnittsweise definierten Funktionen werden die Betragsfunktion und die Vorzeichenfunktion eingeführt. Aufgabe 5 auf Seite 47 kann nicht direkt aufgrund der Erklärungen gelöst werden. Sie soll die Lernenden zum Nachdenken und Experimentieren bringen.

Bei 5 a) ist die Steigung der beiden Geradenstücke doppelt so groß wie in dem Bild zur Definition der Betragsfunktion. Daher muss der Faktor 2 vor dem x eingefügt werden. Der Graph in 5 b) unterscheidet sich von dem Graphen auf S. 46 nur dadurch, dass er um eine Einheit nach unten geschoben ist. Man muss von $|x|$ eins subtrahieren. Der Graph in 5 c) ist der an der x-Achse gespiegelte Graph von 5 b). Man erhält ihn, indem man ein Minuszeichen vor den gesamten Funktionsterm von 5 b) setzt.

Lektion 22 und 23. Die in der Physik definierten Bewegungsarten (gleichförmige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung) werden verwendet, um reale Bewegungen näherungsweise zu beschreiben. Ziel ist es, sich eine reale Bewegung (wie einen Spaziergang in Lektion 22 oder die Bewegung eines Aufzugs in Lektion 23) vorstellen und sie in einzelne Abschnitte zerlegen zu können. Die Bewegung soll sprachlich beschrieben und in einem Koordinatensystem darstellen werden können. Weiterhin soll aus einer Darstellung eine Beschreibung erstellt werden können. Es geht also um Leseverständnis, Textproduktion und die Interpretation von Graphen.

Lektion 24. Hauptziel ist der Fachwortschatz und ein tiefes Verständnis der Fachbegriffe. Ganzrationale Funktionen werden sowohl in Leistungs- als auch Grundkursen vorausgesetzt und dienen als wichtige Beispiele für die Differenzialrechnung.

Lektion 25. Die Funktionsterme (Lektion 25 oben) sind für die Bearbeitung der Aufgaben und für das Verständnis der Erklärungen nicht erforderlich. Die Funktionsterme zu den Abbildungen 1 bis 4 auf Seite 54 sind:

Abb. 1: $f(x) = \frac{1}{4}x^4 - \frac{5}{4}x^2 + 1$

Abb. 2: $g(x) = \frac{1}{4}x^4 - x^3 + \frac{1}{4}x^2 + \frac{3}{2}x$

Abb. 3: $h(x) = x^3 - \frac{9}{4}x$

Abb. 4: $i(x) = x^3 - 3x^2 + \frac{3}{4}x + \frac{7}{4}$

Die Funktionsterme sind absichtlich nicht angegeben, damit sich die Lernenden auf die Bedeutung der Begriffe konzentrieren und nicht die Rechnung in den Vordergrund stellen. Im Unterricht kann man sie zur Ergänzung angeben und durch Einsetzen der angegebenen Nullstellen für x nachprüfen lassen, ob es sich wirklich um Nullstellen handelt. Für Abbildung 4 würde man jedoch nicht 0 erhalten, weil die Nullstellen nur grob gerundet angegeben worden sind. Auf 5 Stellen hinter dem Komma sind die Nullstellen in dem Fall: $x_1 = -0{,}60074$, $x_2 = 1{,}22745$, $x_3 = 2{,}37328$. Auch bei diesen Werten erhält man nicht 0, obwohl mit diesen Werten die Ergebnisse viel näher bei 0 liegen.

Lektion 26 bis 30 im Zusammenhang

Zu Beginn der Oberstufe wird die Differenzialrechnung eingeführt. Bei diesem Thema geht es um Berechnung von Extrempunkten, Wendepunkten und die Betrachtung von Monotonie und Krümmung. Im Schulunterricht steht bei vielen Lernenden die Rechentechnik im Vordergrund, sodass sie teilweise gar nicht mehr wissen, warum sie was rechnen.

Das, was in erster Linie im Mathematikunterricht gemacht wird, ist nicht Aufgabe dieses Fachsprachenbuchs. Hier sollen nur die Begriffe, die im Mathematikunterricht eingeführt werden, anschaulich vorgestellt werden, auf exakte Definition wird verzichtet. Die Anschaulichkeit kann natürlich nicht die Mathematik in allen Feinheiten darstellen, aber ohne sich unter den Begriffen bildlich etwas vorstellen zu können, läuft der Mathematikunterricht speziell bei schwächeren Schülern auf eine Art „Kochbuchmathematik“ heraus. Sie merken sich, was sie nacheinander bei einem Stichwort in der Aufgabe, z. B. „Extrempunkt“, machen müssen, damit sie viele Punkte erreichen. Manchmal merken sie sich auch einige Schritte in Form von Tastenkombinationen auf dem Taschenrechner. Warum diese Schritte notwendig sind, ist vielen nicht klar.

Sich in Form eines „Rezepts“ zu merken, wie man den Taschenrechner bedient und was bei den einzelnen Anzeigen des Taschenrechners aufgeschrieben werden muss, ist natürlich nicht Zweck des Mathematikunterrichts. Meine Erfahrung hat gezeigt, dass es sinnvoll ist, zuerst sprachlich den Verlauf von Graphen zu beschreiben, anhand der Beschreibung die Fachwörter wie streng monoton steigend und fallend, Hochpunkt, Tiefpunkt, Extrempunkt und Wendepunkt einzuführen. Erst wenn man eine bildliche Vorstellung von diesen Begriffen hat, sollte man mit den Rechnungen beginnen.

Die Bedeutungen der Wörter *steigend, fallend, Hochpunkt, Tiefpunkt* lassen sich ein einem Streckenprofil erklären (Lektion 26), *Linkskrümmung, Rechtskrümmung* und *Wendepunkt* am Luftbild einer Straße, auf der ein Auto fährt (Lektion 29). Und wenn man dann den Zusammenhang zwischen Krümmung und Steigung eines Graphen herausgearbeitet hat (Lektion 30), kann man die zugehörigen Rechnungen der Differenzialrechnung auch wirklich verstehen. Auf die formalen Rechnungen gehe ich nicht ein.

Lektion 26. Lektion 26 dient dazu, eine Vorstellung von *steigend, fallend, Hochpunkt, Tiefpunkt* usw. zu entwickeln. Am besten stellt man sich diese Begriffe an einem Streckenprofil vor. Die Blickrichtung ist dabei immer von links nach rechts. Wer an einem Streckenprofil beschreiben kann, ob es aufwärts, abwärts geht, ob ein Berggipfel oder ein Tal erreicht wird, hat damit schon inhaltlich die mathematischen Begriffe *monoton steigend / fallend, Hochpunkt / Tiefpunkt, Maximum / Minimum* erfasst. Man kann sich Streckenprofile bei Google Maps anzeigen lassen, wenn man für eine Strecke „Fahrrad“ auswählt. Wenn es sich um kurze Strecken in einem bergigen Gebiet handelt, ergeben sich ähnliche Bilder wie das auf Seite 56 oben.

Lektionen 27 und 28. In diesen Lektionen werden die mathematischen Fachbegriffe zu den Vorstellungen aus Lektion 26 erklärt und geübt.

Wichtig ist, dass man jeweils zwischen dem Punkt, dem *y*- und dem *x*-Wert unterscheidet. Weiterhin muss man zwischen lokalen, globalen Extremwerten und dem Randextremwert unterscheiden. Zum Thema *Minima und Maxima* gibt es mehrere synonyme Fachwörter:

Synonyme:
global = absolut
lokal = relativ
Minimum = Minimalwert (*y*-Wert)
Maximum = Maximalwert (*y*-Wert)
Extremum = Extremwert (*y*-Wert)
Minimalpunkt = Tiefpunkt
Maximalpunkt = Hochpunkt
Minimumstelle = Minimalstelle (*x*-Wert)
Maximumstelle = Maximalstelle (*x*-Wert)

In Lektion 27 wird (streng) monoton fallend und (streng) monoton steigend definiert. Die Definition hat (neben den bereits behandelten Attributen) noch die sprachliche Besonderheit, das „mit $x_1 < x_2$“ eingeschoben ist. Zur Verwendung der Präposition „mit“ in diesem Zusammenhang gibt es ein Arbeitsblatt.

Lektion 29. In Lektion 29 geht es um das Krümmungsverhalten und um Wendepunkte. Wichtig ist hier, dass man in der Vorstellung nicht von einem Streckenprofil ausgehen sollte, sondern vom Luftbild einer Straße. Man kann dann Links- und Rechtskrümmung mit Links- und Rechtskurve in Verbindung bringen.

Die beiden Graphen auf der Seite 62 haben die Funktionsgleichungen:

$f(x) = -0,2x^4 + 1,2x^2 + 0,5$

$f(x) = 0,5x^3 - 0,75x^2 + 0,375x + 0,9375$

Lektion 30. In der Schule werden Hoch- und Tiefpunkte häufig mithilfe der ersten und zweiten Ableitung berechnet. Viele Schülerinnen und Schüler gehen dabei schematisch vor, ohne sich klarzumachen, was die erste und zweite Ableitung bedeutet. Vielen Schülerinnen und Schülern ist auch nicht bewusst, dass diese Methode nur für differenzierbare Funktion gilt. Auf die Betragsfunktion lässt sie sich z.B. nicht anwenden.

Statt „$f'(a) = 0 \wedge f''(a) < 0 \Rightarrow f$ hat an der Stelle a einen lokalen Hochpunkt“ wird hier mit den Wörtern *Steigung* und *Krümmung* gearbeitet.

Der Graph in Abb. 1 und Abb. 2 hat die Funktionsgleichung:

$f(x) = 0,5x^3 - 1,5x$

Lektion 31. In dieser Lektion wird auf Formulierungen eingegangen, die man fast ausschließlich in der Mathematik hört und die in den bisherigen Lektionen nicht vorkamen.

Der thetische Konjunktiv

Durch den Konjunktiv I wird in der Mathematik eine (beliebig gesetzte) Annahme oder Voraussetzung für die folgenden Ausführungen genannt. Er wird gelegentlich „thetischer Konjunktiv“ genannt. Er ist typisch für die mathematische Fachsprache, obwohl er heute nicht mehr so viel wie früher verwendet wird. In den meisten Grammatiken wird auf diesen Konjunktiv nicht eingegangen. Er wird in der Übungsgrammatik für die Mittelstufe von Clamer, Heilmann, Röller unter *8.2.2. Weiterer Gebrauch des Konjunktivs* aufgeführt, im Grammatikduden 7. Auflage unter Nr. 799. Wenn sich der Konjunktiv I nicht vom Indikativ unterscheidet, darf man beim thetischen Konjunktiv nicht den Konjunktiv II als Ersatzform nehmen, sondern man nimmt die gemeinsame Konjunktiv/Indikativ-Form. Da in der mathematischen Fachsprache die Texte und Aufgaben in der dritten Person geschrieben sind und sich mit Ausnahme des Verbs „sein“ in der dritten Person Plural der Konjunktiv I nicht vom Indikativ Präsens unterscheidet, steht in der *Übungsgrammatik für die Mittelstufe*, dass der thetische Konjunktiv nur im Singular mit Ausnahme von „seien“ existiert. In den heutigen Schulbüchern kommt er fast nicht mehr vor, aber in Universitätstexten ist er nach wie vor üblich. „Sei“ und

„seien" sind die beiden häufigsten Formen: „Gegeben sei eine Funktion …", „f und g seien …" Da die meisten Physiker auch Mathematik studiert haben und die Physik ohne mathematische Methoden nicht auskommt, findet man den thetischen Konjunktiv auch in Physikbüchern.

Als Beispiel für die Verwendung des thetischen Konjunktivs führe ich den Text aus dem Buch Adalbert Friederich/Bruno Liebaug: Mechanik, Verlag Liebaug-Dartmann, Troisdorf 1990, S. 164 an: „Ein Zug **fahre** mit der konstanten Geschwindigkeit v_1 = 30 m/s. Im Zug **sitze** ein Fahrgast der Masse m = 80 kg. Der Fahrgast **hat** somit die kinetische Energie $E_1 = 1/2\ mv_1^2$ = 36000 J. Er **stehe** nun **auf** und **beschleunige** innerhalb einer Sekunde gleichmäßig in Fahrtrichtung von 0 m/s auf 1 m/s. Hierzu **verrichtet** er die Arbeit W = $1/2\ mv^2$ = 40 J …"

fahre, sitze: Hier wird eine Situation beschrieben, die sich der Leser vorstellen soll. Die angegebenen Zahlen werden für das Beispiel vorgegeben. Man könnte genauso gut andere Zahlen wählen. Statt des thetischen Konjunktivs könnte man auch schreiben: *Wir nehmen an, dass … fährt, wir nehmen an, dass … sitzt*.

hat: Hier steht Indikativ, weil es sich um eine Folgerung aus dem vorher Gesagten handelt und damit keine weitere Annahme gemacht wird.

stehe … auf, beschleunige: Hier wird der erfundene Vorgang weiter fortgeführt, es werden wieder Handlungen vorgegeben.

verrichtet: Indikativ, weil es eine Folgerung (Rechenergebnis) aus der hypothetischen Handlung ist. Die 40 J lassen sich aus dem Vorhergehenden berechnen.

Eng mit dem thetischen Konjunktiv ist der imperativische Konjunktiv verwandt, der vor einem halben Jahrhundert noch häufig in Kochbüchern verwendet wurde (*man rühre den Teig, man trenne das Eigelb vom Eiweiß usw.*). Heute findet man ihn auch noch in Mathematikaufgaben (*man berechne die erste Ableitung, man zeige unter Verwendung von Satz 3, dass …*). In Vorträgen hört bzw. in Fachbüchern liest man manchmal Ausdrücke wie *es sei noch angemerkt, es sei zunächst daran erinnert* usw. Der Autor drückt damit aus, dass er etwas ergänzen oder hervorheben möchte. Diese Ausdrucksweise ermöglicht, derartige Hinweise ohne Verwendung der 1. Person zu formulieren.

Konditionalgefüge zum Ausdruck logischer Verknüpfungen.
Bei logischen Verknüpfungen von Aussagen sind vor allem die Implikation und die Äquivalenz wichtig. Es geht vor allem um die möglichen sprachlichen Realisierungen. Im Text kommt das logische UND vor. Der Vollständigkeit halber wird UND durch ODER und NICHT erweitert. Bei der Leseübung 3 geht es darum, sich die Bedeutung der Symbole zu merken und das Lesen von Klammern zu wiederholen (Bd. 1, Lektion 8).

Literatur

Dependenzgrammatik (für Unterrichtende):

Erhard G. Heilmann, Über Grammatik, Liebaug-Dartmann Meckenheim 2002, ISBN 978-3-922989-53-0

Ulrich Engel, Kurze Grammatik der deutschen Sprache, Iudicium-Verlag München 2002, ISBN 978-3-89129-744-5

Wortbildungslehre (für Unterrichtende):

Johannes Erben, Einführung in die deutsche Wortbildungslehre, Erich Schmidt Verlag, ISBN 978-3-503-07975-9

Grammatische Ergänzungen für den Unterricht:

Clamer, Heilmann: Übungsgrammatik für die Grundstufe, ISBN 978-3-922989-70-7

Clamer, Heilmann, Röller: Übungsgrammatik für die Mittelstufe, ISBN 978-3-922989-51-6

Dorothea Stein-Bassler: Lerngrammatik zur Studienvorbereitung, ISBN 978-3-922989-72-1

Gisela Gutterer, Bernd Latour: Grammatik in wisschenschaftlichen Texten, Lensing 1980, 2. Auflage Hueber 1992, ISBN 978-3-19-001441-5