

Technische Universität Dresden
Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften,
Fachrichtung Physik
Professur für Didaktik der Physik

Masterarbeit
in den Fächern Physik und Deutsch, Masterstudiengang Höheres Lehramt an Gymnasien

Auf dem Weg zu Fach- und Sprachkompetenz
Analyse von Lehrbuchtexten der Sekundarstufe 1
zum Thema Elektrizitätslehre
unter sprachwissenschaftlichen und physikdidaktischen Gesichtspunkten

Gutachterin: Prof. Dr. Gesche Pospiech
Zweitgutachter: Prof. Dr. Karlheinz Jakob

Abgabe: Dresden, 27. August 2013

vorgelegt von

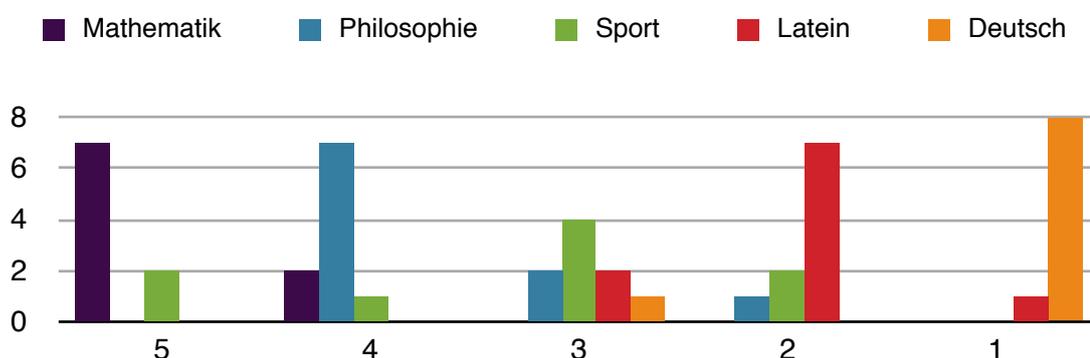
Wiebke Janßen (3490219)
Helgolandstraße 19
01097 Dresden
geb. 18. April 1989
MA Höheres Lehramt an Gymnasien
studierte Fächer: Deutsch, Physik
4. Fachsemester

1. Physikunterricht und Sprache?	1
2. Die physikalische Fachsprache	4
2.1 Fachsprache und Alltagssprache	4
2.2 Fachsprachen als Varietäten	7
2.3 Vertikale Schichtung von Fachsprachen	9
2.3.1 Übertragung des Modells auf die Sprache des Physikunterrichts	10
2.4 Eigenschaften von Fachsprachen	12
2.5 Merkmale von Fachsprachen	13
2.5.1 Syntaktische Merkmale von Fachsprachen	13
2.5.2 Lexikalische Eigenschaften von Fachsprachen: Fachwortschatz	15
2.6 Physikalische Fachsprache	17
2.6.1 Fachwortschatz der Physik	18
2.6.2 Kunstsprachliche Einflüsse und ikonische Darstellungen	20
3. Fachsprache im Physikunterricht	22
3.1 Sprachformen im Physikunterricht nach Josef Leisen	23
3.2 Fachsprache im Lernprozess	25
3.3 Fachsprache als Lernziel	27
Analyse wesentlicher Fachtermini der Elektrizitätslehre mit Blick auf mögliche Lernschwierigkeiten	30
4.1 Elektrische Stromstärke	30
4.2 Elektrische Spannung	33
4.2.1 Lebensweltnahe Analogien zur Vermittlung des Spannungsbegriffs	35
4.3 Elektrischer Widerstand	37
4.4 Sonstige Begriffe	37
4.4.1 Wortgruppe leiten	37
4.4.2 Wortgruppe schalten	38
5. Kriterien für die Analyse der Lehrbuchtexte	39
5.1 Lexik	39
5.2 Syntax	40
5.3 Das Hamburger Verständlichkeitsmodell	41
6. Analyse der Lehrbuchtexte	44
6.1 Grundsätzlicher Aufbau der Lehrwerke	44
6.2 Lehrbuchtexte Klasse 6: Elektrische Stromkreise	46
6.2.1 DUDEN Paetec: Level Physik Klasse 6	47
6.2.1.1 Lexikalische Betrachtungen	47

6.2.1.2	Syntaktische Betrachtungen	51
6.2.1.3	didaktische Bewertung der Verständlichkeit	53
6.2.2	Cornelsen Volk und Wissen Physik Plus Klasse 6	55
6.2.2.1	Lexikalische Betrachtungen	56
6.2.2.2	Syntaktische Betrachtungen	60
6.2.2.3	didaktische Bewertung der Verständlichkeit	62
6.3	Lehrbuchtexte Klasse 7	64
6.3.1	DUDEN Paetec Level Physik Klasse 7	65
6.3.1.1	Lexikalische Betrachtungen	65
6.3.1.2	Syntaktische Betrachtungen	68
6.3.1.3	didaktische Bewertung der Verständlichkeit	70
6.3.2	Volk und Wissen Physik Plus Klasse 7	71
6.3.2.1	Lexikalische Betrachtungen	72
6.3.2.2	Syntaktische Betrachtungen	75
6.3.2.3	Didaktische Bewertung der Verständlichkeit	77
6.4	Lehrbuchtexte Klasse 8	78
6.4.1	DUDEN Paetec Level Physik Klasse 8	79
6.4.1.1	Lexikalische Betrachtungen	79
6.4.1.2	Syntaktische Betrachtungen	83
6.4.1.3	didaktische Bewertung der Verständlichkeit	85
6.4.2	Cornelsen Volk und Wissen: Physik Plus Klasse 8	85
6.4.2.1	Lexikalische Betrachtungen	86
6.4.2.2	Syntaktische Betrachtungen	90
6.4.2.3	Didaktische Bewertung der Verständlichkeit	92
7.	Abschlussdiskussion	94
7.1	Zusammenfassender Vergleich der Lehrbücher	94
7.2	Theorie und Praxis	99
Anhang		I
Abkürzungsverzeichnis		I
Abbildungsverzeichnis		I
Tabellenverzeichnis		II
Diagrammverzeichnis		II
Literaturverzeichnis		III
Primärquellen		III
Nachschlagewerke und Sammelbände		III
Sekundärquellen		III
Selbständigkeitserklärung		VIII

1. Physikunterricht und Sprache?

In einem Seminar im Rahmen der Physiklehrer-Ausbildung wurden wir dazu aufgefordert, andere Fächern nach dem Grad ihrer Verflechtung mit dem Physikunterricht zu bewerten. Hierzu sollten wir die Fächer Mathematik, Philosophie, Sport, Latein und Deutsch in eine Rangordnung bringen. Jedem Fach musste einer Ziffer zugeordnet werden, Mehrfachnennungen waren nicht möglich. Die Ziffer fünf steht für eine hohe Verflechtung, die Ziffer eins für eine sehr geringe. Die Ergebnisse der neun Seminarteilnehmer sind in Diagramm 1 dargestellt.



Diagr. 1: Bedeutung einzelner Fächer für das Fach Physik

Auf der X-Achse des Diagramms ist die Wertung (1 - 5), auf der Y-Achse die Anzahl der Studierenden, die sich für diese Wertung entschieden, aufgetragen. Auffällig ist zum einen, dass sieben von neun Studierenden der Mathematik die stärkste Verflechtung und zwei die zweithöchste beimaßen. Zum anderen ist das Meinungsbild sehr homogen, was das Fach Deutsch betrifft. Acht von neun Studierenden maßen dem Fach Deutsch die geringste Verflechtung bei. Die Person, die Deutsch auf Platz drei einordnete, bin ich.

Diese eindeutigen Tendenzen können mit den Fächerkombinationen der Studierenden zusammenhängen. Schätzungsweise 80% der Physik-Lehramt-Studierenden der TU Dresden meines Immatrikulationsjahrgangs studieren im zweiten Fach Mathematik. Da man für das eigene Fach besonders sensibilisiert ist, sieht man für dieses am ehesten Verbindungsmöglichkeiten und Parallelen. Das ist auch der Grund, aus dem ich das Fach Deutsch nicht auf den letzten Platz gesetzt habe.

Worin sehe ich die Parallelen zwischen den Fächern Physik und Deutsch? Die Beschäftigung mit Literatur ist nicht das einzige Anliegen des Deutschunterrichts. Vielmehr geht es um eine grundsätzliche Auseinandersetzung mit der deutschen Sprache. Hierzu zählen ne-

ben Grammatik und Rechtschreibung auch Sprache als Kommunikationsmittel sowie Lese- und Schreibkompetenz.

Physiklernen ist Kommunikation, Physiktreiben ist Kommunikation und Physikunterricht ist damit in all seinen Facetten eine 90-minütige Kommunikation.¹ Sprache spielt im Physikunterricht eine wesentliche Rolle. Sie vermittelt physikalische Inhalte, kann aber auch Lernschwierigkeiten erzeugen, wenn Lehrkraft und SchülerInnen sich nicht verstehen, da sie unterschiedliche Sprachen sprechen. Diese unterschiedlichen Sprachen sind häufig auf Seite des Lehrenden die Fachsprache der Physik und die Alltagssprache auf Seite der Lernenden. Ein grundlegendes Ziel des Physikunterrichts ist die Vermittlung fachsprachlicher Kompetenz, um den Lernenden so den Zugang zu fachlichen Diskursen zu öffnen und mögliche Kommunikationsprobleme zu beheben.

Dem oben gezeigten Meinungsbild steht außerdem die Betonung der Kommunikationskompetenz in den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz (KMK) und ihre Umsetzung im sächsischen Lehrplan entgegen. Laut den Bildungsstandards, die 2005 von der KMK für den mittleren Bildungsabschluss verfasst wurden, ist Kommunikation einer von vier Kompetenzbereichen neben Fachwissen, Erkenntnisgewinn und Bewertung. Teil des Kompetenzbereichs Kommunikation ist das Erschließen von Informationen aus Fachtexten. Die Standards für den Kompetenzbereich Kommunikation sehen vor, dass die SchülerInnen sich unter angemessener Verwendung der Fachsprache austauschen und zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen unterscheiden können.² Sprache soll und muss somit Inhalt des Physikunterrichtes sein. Physikunterricht soll Kommunikations- und Lesekompetenzen der SchülerInnen fördern..

Ziel dieser Arbeit ist die theoretische Darstellung bestehender Erkenntnisse zur Fachsprache im Allgemeinen, Fachsprache der Physik im Besonderen und deren Bedeutung für den Lernprozess. Anschließend soll die Fachsprachlichkeit in Lehrbüchern untersucht werden.

¹ Leisen stellt diese Kommunikation sehr treffend dar:
„Das Physiklernen als kommunikativer Prozess findet in Deutschland seinen Ausdruck im weit verbreiteten fragend-entwickelten Unterrichtsgespräch. [...] Der Physikunterricht läuft damit nach folgender – hier negativ überzeichneter – Choreografie ab: Der Lehrer macht Experimente, stellt Phänomene vor und erarbeitet im fragend-entwickelnden Stil Inhalte. Am Ende eines langen und mühsamen, aus Schülersicht oft quälend-öden Unterrichtsgesprächs gibt endlich ein Schüler dem Lehrer die lang ersehnten Stichworte, um ruckzuck eine Definition oder einen Merksatz an die Tafel zu bringen. Erleichtert atmet der Lehrer auf, umrahmt mit roter Kreide den Satz und wendet sich den Schülerinnen und Schülern in einer Mischung aus Erleichterung und Erschöpfung zu. Diese fragen mit gelangweilter Erleichterung: ‚Sollen wir das abschreiben?‘ Das Rot-Umrahmen ist der finale Akt des sprachlichen ‚Einsargens‘ im Physikunterricht.“ in Leisen (2005) S.5.

² Vgl. KMK (2005)

Die Arbeit ist in zwei Teile untergliedert. Der erste Teil ist eine Darstellung der grundlegenden theoretischen Erkenntnisse zur Fachsprache im Allgemeinen und Fachsprache der Physik aus sprachwissenschaftlicher und physikdidaktischer Sicht. Hier sollen die Fragen geklärt werden, was Fachsprache ausmacht, wie sie sprachwissenschaftlich beschrieben werden kann und welche Schwierigkeiten und Möglichkeiten sie für den Fachunterricht birgt.

Sprachwissenschaftlich gibt es kaum grundlegende Beschreibungen der physikalischen Fachsprache, dennoch sollen verschiedene Erkenntnisse in dieser Arbeit zusammengetragen werden, um so ein möglichst breites Bild der physikalischen Fachsprache darzustellen. Im Bereich der Physik-Didaktik hingegen gibt es aus den letzten Jahren mehrere Veröffentlichungen zur Förderung von Sprachkompetenz. Seit der Sensibilisierung für dieses Thema in den 80er Jahren haben sich mehrere Untersuchungen mit dem Thema Fachsprache im Unterricht auseinandergesetzt. Erkenntnisse der älteren Forschung sind vor allem die erschreckende Quantität an Fachbegriffen, die Lernende im Physikunterricht zu bewältigen haben. Die Vorreiter solcher Untersuchungen sind Brämer und Clemens, die die Ergebnisse ihrer Lehrbuchuntersuchungen unter dem Titel „Physik als Fremdsprache“ publizierten. Zusammenfassende und weiterführende Arbeiten wurden dann v.a. von Merzyn veröffentlicht.³

Der zweite Teil dieser Arbeit ist eine praktische Textanalyse. Hierzu sollen Kapitel zur Elektrizitätslehre der Lehrbuchbände sechs bis acht der in Sachsen zugelassenen Lehrbuchreihen Level Physik von Duden und Physik Plus von Cornelsen untersucht werden. Analyseschwerpunkt ist die Fachsprachlichkeit dieser Lehrbücher. Es soll analysiert werden, in welchem Maße sie Fachsprache verwenden und inwieweit sie Lernende auf dem Weg zu fachsprachlicher Kompetenz unterstützen. Die Elektrizitätslehre eignet sich als inhaltliches Thema, da sie vom Anfangsunterricht bis in die Oberstufe immer weitergeführt wird und somit auch in ihrem Vokabular aufeinander aufbaut.

Da diese Arbeit die Bereiche Physikdidaktik und Sprachwissenschaft verbinden soll, werde ich mich bemühen, alle Inhalte auch für den fachfremden Leser verständlich darzustellen. In einigen Bereichen würde die gründliche Erklärung allerdings den Rahmen der Arbeit sprengen, weshalb ich hier ggf. auf Nachschlage- und Einführungswerke verweisen muss.

³ Vgl. z.B. Merzyn (1987).

2. Die physikalische Fachsprache

Mit der Entwicklung der germanistischen Sprachwissenschaft von ihren Anfängen im 18. Jahrhundert bis heute, geht eine Erweiterung des Blickfelds einher. Beschäftigten sich Sprachwissenschaftler zunächst ausschließlich mit der Beschreibung und Analyse von Schriftsprache und betrachteten schon früh Sprache mit Blick auf ihre historische Entwicklung, hat die Sprachwissenschaft spätestens seit den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts den Sprecher selbst und das gesamte Kommunikationsumfeld verstärkt im Blickfeld. Dieser Umbruch in der Sprachwissenschaft wird ‚pragmatische Wende‘ genannt. Sprache wird seither stark kontextualisiert und nicht mehr als separate Erscheinung wahrgenommen. So wurde Sprache immer differenzierter betrachtet und es wurde Abstand genommen von der idealisierten Vorstellung einer einheitlichen Einzelsprache „Deutsch“. Vielmehr werden seither die unterschiedlichen Erscheinungsformen des Deutschen untersucht. Die Aspekte Kommunikationskontext, -ziel und -teilnehmer beeinflussen erheblich die Sprache in einer Kommunikation. Und somit weist auch die sprachliche Kommunikation im Fach Physik ganz spezielle, an ihre Funktion angepasste Eigenschaften auf, die sich von anderen Sprachformen unterscheidet.

Um die Besonderheiten der Fachsprache Physik darzustellen, werde ich zunächst auf die sprachwissenschaftliche Einordnung und Beschreibung von Fachsprachen allgemein und anschließend auf die Fachsprache der Physik im Einzelnen eingehen. Da es sich bei den analysierten Texten nicht um Fachtexte im eigentlichen Sinne sondern um stark didaktisierte Texte handelt, lasse ich den speziellen Forschungsbereich der Fachtextlinguistik an dieser Stelle außen vor und konzentriere mich auf Phänomene der Sprachebene.

2.1 Fachsprache und Alltagssprache

Die Fachsprache kann nie losgelöst von einer Gemeinsprache betrachtet werden. Ulrich Ammon betont, dass eine Fachsprache ohne Einbeziehung der Gemeinsprache nur aus einzelnen Fachbegriffen bestünde und somit kein vollständiges Sprachsystem mehr wäre.⁴ So ist die deutsche Fachsprache der Physik Deutsch und folgt in ihren wesentlichen Merkmalen der Syntax, Morphologie und auch der Orthografie des Deutschen.

Dennoch gibt es in der Fachkommunikation augenscheinlich einige sprachliche Unterschiede zur Gemeinsprache.

⁴ Ammon (1998). S.221.

Der Begriff Gemeinsprache ist hierbei sehr vage, was zu Definitionsproblemen führt und damit den Vergleich zwischen Fachsprache und einer solchen Gemeinsprache erschwert. Als Gemeinsprache kann ein statistischer Durchschnitt aller deutschen Sprachformen, eine virtuelle ‚Idealsprache‘ des Deutschen, die in dieser Form realiter nicht existiert oder eine überregionale Standardsprache, die sich durch ihre besondere Reichweite auszeichnet und somit den lokal gebundenen Dialekten gegenübersteht, betrachtet werden. Häufig synonym verwendete Begriffe sind Muttersprache, Nationalsprache, Landessprache, Allgemeinsprache, Umgangssprache oder auch Standardsprache. Becker und Hundt versuchen eine Aufschlüsselung und Abgrenzung der Begriffe zueinander nach den wesentlichen Differenzierungs-Punkten, auf die sich die Begriffe beziehen. So betont der Begriff Alltagssprache die kommunikative Funktion, für die diese Sprachform genutzt wird. Jedes Sprechen über alltägliche Dinge erfolgt somit in der Alltagssprache. Die Standardsprache hingegen zeichnet sich durch ihre maximale kommunikative Reichweite aus. Standarddeutsch ist somit das Deutsch, das in allen „deutschsprachigen“ Gebieten verstanden wird. Unsicherer wird diese Abgrenzung beim Begriff Gemeinsprache. Becker und Hundt schlagen vor, sie als eine Verbindung von Alltagssemantik (vgl. Alltagssprache) und großer Reichweite (vgl. Standardsprache) zu sehen. Diese Aufteilung orientiert sich stark an dem Konzept unterschiedlicher Variationsdimensionen von Sprache, das unter Punkt 2.2 *Fachsprachen als Varietäten* noch näher erläutert wird.⁵

Ich werde im Folgenden von Alltagssprache sprechen, da dieser Begriff den pragmatischen Verwendungszweck der einzelnen Sprachformen besonders betont und für die Unterscheidung der im Physik-Unterricht und in Lehrtexten auftretenden Sprachformen gut geeignet ist. Auf diese Weise lassen sich mit Hilfe der noch folgenden Merkmale von Fachsprache die fachsprachlichen Anteile in Lehrbuchtexten von den übrigen, sich auf alltägliche Vorstellungen und Erfahrungen der Lernenden beziehende Anteile, differenzieren.

Geht man von einer stark kontextbezogenen Differenzierung der Sprachformen aus, ist es nötig, einige Überlegungen zum Kontext „Fach“ vorzunehmen. Der Begriff Fach lässt sich nur schwer definieren. Roelcke schlägt daher verschiedene Möglichkeiten vor, den Fachbegriff einzugrenzen. Als beste Möglichkeit nennt er eine handlungsbezogene Bestimmung, die ein Fach als „spezialisierten menschlichen Handlungsbereich“⁶ ansieht. Ähnli-

⁵ Vgl. Becker; Hundt (1998). S.126.

⁶ Roelcke (2010). S.15.

ches findet man bei Kalverkämper, der den Fachbegriff eng mit dem Begriff der Fachlichkeit verknüpft. Fachlichkeit wiederum spiegelt sich in seiner Definition vor allem in fachlichem Handeln⁷ wider, welches eine fachliche Qualifikation der Handelnden voraussetzt. Er begrenzt den Fachbegriff außerdem als Wirkungsfeld menschlichen Handelns im Lebensfeld der Arbeit (Vgl. Abb.1).⁸ Das Fach Physik lässt sich hiernach als Handlungsfeld Arbeit → Wissenschaft → Naturwissenschaft → Theorie einordnen.

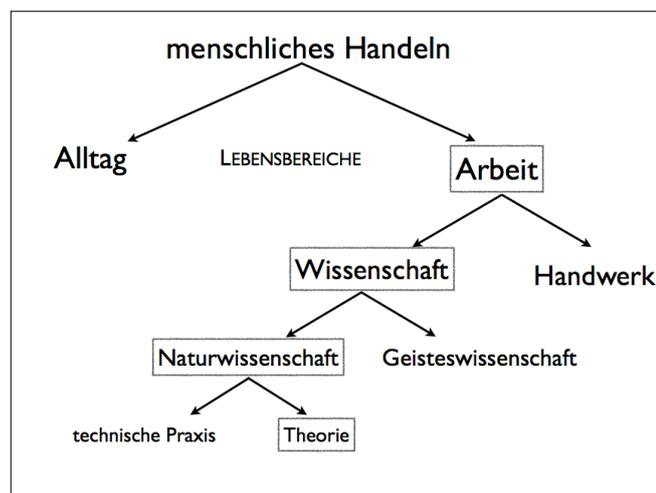


Abb. 1: Wirkungsfelder menschlichen Handelns

Roelcke schlägt drei weitere Bezugsgrößen vor, nach denen ein Fach abgegrenzt werden kann. Zum einen eine referenzielle Bestimmung, die sich auf den Gegenstandsbereich eines Faches bezieht (Gegenstandsbereich der Physik = unbelebte Natur), zum anderen eine soziologische Bestimmung, festgelegt durch eine Gruppe von Menschen (Physik ist das, was Physiker machen; um den gemeinsamen Tätigkeitsbereich zu definieren bedarf es wieder der referenziellen Bestimmung), und als dritte Möglichkeit führt Roelcke eine linguistische oder semiotische Bestimmung auf, die ein Fach durch „den Gebrauch sprachlicher oder nichtsprachlicher Zeichen im Rahmen eines bestimmten menschlichen Tätigkeitsbereichs festmacht“.⁹

Für sich genommen ist die letzte Definition für diese Arbeit ungeeignet. Denn geht man von einer kontextorientierten Definition von Fachsprache aus, führt sie zu einem Definitionskreislauf: Die Fachsprache der Physik ist die Sprachform, die für Fachkommunikation im Bereich der Physik verwendet wird. Physik wiederum ist der Fachbereich, in dem mit-

⁷ fachliches Handeln zeichnet sich nach Kalverkämper durch eine besondere Zielorientierung, methodisch bewusstes Vorgehen, Regelmäßigkeit des methodischen Arbeitens, Lehrbarkeit und Weiterentwicklung aus.

⁸ Vgl. Kalverkämper (1998a). S.2-7.

⁹ Vgl. Roelcke (2010). S.15.

hilfe der physikalischen Fachsprache kommuniziert wird. Wenn folgend von Fach geschrieben wird, liegt eine handlungsbezogene Bestimmung des Fachbegriffs zugrunde. Auf diese Weise kann die Fachsprache der Physik über die spezifische Fachkommunikation in Bereichen des Faches Physik definiert werden.

2.2 Fachsprachen als Varietäten

Vor der „pragmatischen Wende“¹⁰ in der Sprachwissenschaft beschränkte sich die Fachsprachenforschung ausschließlich auf die fachsprachlichen Terminologien. Dies ist insofern zunächst naheliegend, da die Fachbegriffe eines Bereichs die augenscheinlichsten Unterschiede zur Alltagssprache darstellen. Um es mit einem Zitat von Kalverkämper zusammenzufassen:

„Die Fachsprache repräsentiert das Fachwissen dabei vorzugsweise in den Termini: diese speichern es als Definition, als genormten Text; die Definition ihrerseits wird mitverstanden und als Fachwissen-Inhalt einbezogen, wenn der Terminus in der Fachkommunikation auftaucht; man kann es auch so formulieren: das Vorkommen eines Terminus ist die Anweisung an den Rezipienten, sein Vorwissen zu der Terminus-Definition in den Text-Verstehensprozeß einzubringen“¹¹

Auf das Forschungsfeld der Terminologie werde ich unter Gliederungspunkt 2.5.2 *Lexikalische Eigenschaften von Fachsprachen: Fachwortschatz* noch näher eingehen. An dieser Stelle sei festgehalten, dass sich die Beschreibung von Fachsprachen heute nicht allein auf die Lexik beschränkt sondern versucht, die Besonderheiten des gesamten Sprach(teil-)systems und die Umstände und Funktionen einer Kommunikation zu erfassen. Dies spiegelt sich in aktuelleren Definitionen von Fachsprache wider. So beschreibt Hoffmann Fachsprache als „Gesamtheit aller sprachlichen Mittel, die in einem fachlich begrenzten Kommunikationsbereich verwendet werden, um die Verständigung zwischen den in diesem Bereich tätigen Menschen zu gewährleisten.“¹² und Möhn/Pelka definieren sie als „Variante der Gesamtsprache, die der Erkenntnis und begrifflichen Bestimmung fachspezifischer Gegenstände sowie der Verständigung über sie dient und damit den spezifischen kommunikativen Bedürfnissen im Fach Rechnung trägt.“¹³

¹⁰ Der Übergang von der kontextlosen Linguistik, die v.a. durch Chomsky geprägt wurde, zu einer kontextorientierten Linguistik mit Beachtung des Sprachnutzers, der konkreten Sprachverwendung und der Funktion von Sprache in konkreten Kommunikationssituationen Ende der 60er Jahre wird „pragmatische Wende“ genannt.

¹¹ Kalverkämper (1998a). S.15.

¹² Hoffmann (1987). S.53.

¹³ Möhn, Pelka (1984). S. 26.

Beide Definitionen zeigen deutlich den Ansatz, alle sprachlichen Ebenen in die Betrachtung einfließen zu lassen und den Kommunikationshintergrund sowie die Funktion des Sprechaktes zu berücksichtigen.

Es gibt verschiedene Ansätze in der Sprachwissenschaft, Fachsprache in das Gesamtsprachsystem einzuordnen. Sie kann als Subsprache, Funktionalstil oder Varietät der Gesamtsprache betrachtet werden. Der Subsprachenansatz konzentriert sich bei der Kategorisierung von Sprachen auf den Kommunikationsinhalt. Somit wäre jedes Sprechen über Physik der Subsprache „Fachsprache der Physik“ zuzuordnen. Bei der Beschreibung von Funktionalstilen oder Registern bezieht sich die Beschreibung der Fachsprache auf die spezifische Funktion des Sprechens und die hieraus entstehenden Anforderungen an die Kommunikation.¹⁴ Die physikalische Fachsprache könnte in diesem Rahmen als besonders modellhaft gelten, da die Physik i.d.R. eine modellhafte Beschreibung der Natur ist.

Die Varietätenlinguistik erfasst als Teilgebiet der Soziolinguistik die Heterogenität einer Sprache und gliedert sie in unterschiedliche Varietäten. Sprache wird nicht mehr als in sich homogen betrachtet sondern als komplexe Menge unterschiedlicher Varietäten. Eine Varietät ist eine Differenzierung innerhalb einer Einzelsprache und ist ein in sich kohärentes Sprachsystem. Man kann von einer „Sprache in der Sprache“ sprechen. Die einzelnen Varietäten sind bestimmt durch verschiedene Ausprägungen und Kombinationen außersprachlicher Variationsparameter. Diese können in räumliche, soziale, situative und historische Parameter eingeteilt werden. Die außersprachlichen Parameter kovariieren jeweils mit sprachlichen Parametern (Sprachvariation) in den linguistischen Beschreibungsebenen der Phonetik (Lautbildungslehre), Phonologie (systemische Lautlehre, Frage nach der Bedeutung der Laute im konkreten Sprachsystem), Morphologie (Wortlehre, inkl. Wortbildungslehre), Syntax (Satzlehre), Lexik (Wortschatz) und Pragmatik (Lehre der konkreten Sprachnutzung im Kommunikationsakt).¹⁵

Nur prototypische Varietäten können einer einzelnen Variationsdimension zugeordnet werden. Betrachtet man andere oder diesen Prototypen untergeordnete Subvarietäten, wird die Einteilung komplexer (Vgl. Tab. 1).

¹⁴ Vgl. Becker; Hundt (1998). S.118 ff., Roelcke (2010). S.16 f.

¹⁵ Vgl. Adamzik (1998). S.181 f.

Variationsdimension	Sprachvariation	Varietät
komm Reichweite	v.a. Ausdruckssysteme (Phonologie, Lexik, Morphologie)	Dialekte, nationale Varietäten, Sprachinseln
soziale Gruppe	Ausdrucks- und Inhaltssysteme	Gruppensprachen, zB Jugendsprache
komm Funktion	v.a. Inhaltssysteme (getrennte Semantiken: Alltag, Technik, Institutionen, Wissenschaften, Literatur, Religionen/Ideologien)	Fachsprachen
historischer Zeitpunkt	Ausdrucks- und Inhaltssysteme im geschichtlichen Wandel, Entstehen der komm Bezugsbereiche	zB Althochdeutsch

Tab. 1: Einordnung prototypischer Varietäten nach ihren Variationsdimensionen ¹⁶

Fachsprachen werden als situativ-funktionale Varietät betrachtet, da sie in erster Linie durch ihren konkreten Verwendungszweck bestimmt sind. Fachsprachen werden benötigt, um bestimmte fachliche Sachverhalte korrekt und dem Kommunikationszweck angepasst ausdrücken zu können. Sieht man die Fachleute, die an der Kommunikation beteiligt sind, als soziale Gruppe, könnten Fachsprachen auch als soziale Varietäten aufgefasst werden.

Ein Problem des Varietätenkonzeptes ist unter anderem, dass einzelne Varietäten nicht losgelöst von anderen Varietäten und der übergeordneten Einzelsprache betrachtet werden können. Varietäten sind immer in die Einzelsprache eingebettet. Es variieren nur bestimmte Merkmale. Außerdem beeinflussen sich Varietäten, insbesondere solche benachbarter Teilgebiete, gegenseitig. So ist es z.B. schwieriger, zwischen den Fachsprachen der Strahlungsphysik und der Teilchenphysik, als zwischen denen der Strahlungsphysik und der germanistischen Mediävistik zu unterscheiden. Bei Fachsprachen ist außerdem zu bedenken, dass sie zum Teil Einzelsprachengrenzen überschreiten und durch international anerkannte Termini eine internationale fachliche Kommunikation vereinfachen.¹⁷

2.3 Vertikale Schichtung von Fachsprachen

Neben der Abgrenzung zu anderen Varietäten, die man als horizontale Gliederung bezeichnet, weisen Fachsprachen auch eine vertikale Schichtung auf. Nach Hoffmann werden die einzelnen Fachsprachen auf verschiedenen Ebenen genutzt und weisen abhängig hiervon unterschiedliche Kriterien auf. Als Kriterien für die vertikale Schichtung nennt er die Abstraktionsstufe, die äußere Sprachform, das Milieu und die Kommunikationspartner. Als

¹⁶ Vgl. Becker; Hundt (1998). S.125.

¹⁷ Vgl. Adamzik (1998). S.182 f.

vertikale Schichtung führt Hoffmann jeweils die Stufen A-E auf (Vgl. Tab. 2). Die Fachsprache der Wissenschaft klassifiziert Hoffmann dabei in allen Kriterien in den Schichten A oder B.¹⁸

Kriterien → Schicht ↓	Abstraktionsstufe	äußere Sprachform	Milieu	Kommunikationsteilnehmer
A	höchste	künstliche Symbole für Elemente und Relationen	theoretische Grundlagenwissenschaften	Wissenschaftler ↔ Wissenschaftler
B	sehr hohe	künstliche Symbole für Elemente; natürliche Sprache für Relationen (Syntax)	experimentelle Wissenschaften	Wissenschaftler (Techniker) ↔ Wissenschaftler (Techniker) ↔ wiss.-techn. Hilfskräfte
C	hohe	natürliche Sprache mit sehr hohem Anteil an Fachtermini und streng determinierter Syntax	angewandte Wissenschaften und Technik	Wissenschaftler (Techniker) ↔ wiss. und techn. Leiter der materiellen Produktion
D	niedrige	natürliche Sprache mit hohem Anteil an Fachtermini und relativ ungebundener Syntax	materielle Produktion	wiss. und techn. Leiter der materiellen Produktion ↔ Meister ↔ Facharbeiter
E	sehr niedrige	natürliche Sprache mit einigen Fachtermini u- ungebundener Syntax	Konsumtion	Vertreter der materiellen Produktion ↔ Vertreter des Handels ↔ Konsumenten ↔ Konsumenten

Tab. 2: Klassen vertikaler Schichten von Fachsprachen nach Hoffmann

2.3.1 Übertragung des Modells auf die Sprache des Physikunterrichts

Die von Hoffmann dargestellte vertikale Schichtung geht nicht auf Vermittlungskontexte ein. Möchte man ein solches Modell auf den Physikunterricht übertragen, muss man einige Anpassungen vornehmen.

Die Abstraktionsstufe ist im Schulunterricht wesentlich geringer als in der universitären Ausbildung, aufgrund der fachlichen Inhalte ist sie dennoch hoch. Die äußere Sprachform entspricht bis auf wenige Ausnahmen einer natürlichen Sprache mit hohem Anteil an Fachtermini und relativ ungebundener Syntax (Schicht D). Das Milieu des Schulunterrichts setze ich in der Schicht mit dem der materiellen Produktion (Schicht D) gleich, da Lehrende und Lernende sich im Rahmen des Unterrichts um eine höhere fachliche Korrektheit be-

¹⁸ Vgl. Hoffmann (1987). S.64-71.

mühen müssen als in alltäglichen Kontexten. Die Kommunikationsteilnehmer generell einzuordnen ist schwieriger. Die Lehrkraft sollte, zumindest im gymnasialen Bereich, in der fachlichen Kompetenz annähernd mit einem Wissenschaftler vergleichbar sein. Die Lernenden wiederum sind nicht mit einer der aufgeführten Klassifikationen zu vergleichen, da sie in den unterschiedlichen Klassenstufen unterschiedliche Kompetenzen und damit fachliche Voraussetzungen in die Kommunikation einbringen. Um dennoch eine Einordnung vornehmen zu können, gehe ich von einem guten Lernenden der achten Klasse aus, der bereits einige Fachtermini kennt und mehr Erfahrungen in der fachlichen Kommunikation besitzt als ein Lernender des Anfangsunterrichts. Aufgrund der ungleichen Voraussetzungen der Kommunikationsteilnehmer, gehe ich trotz der relativ hohen fachlichen Qualifikation der Lehrkraft von der Schicht D aus.

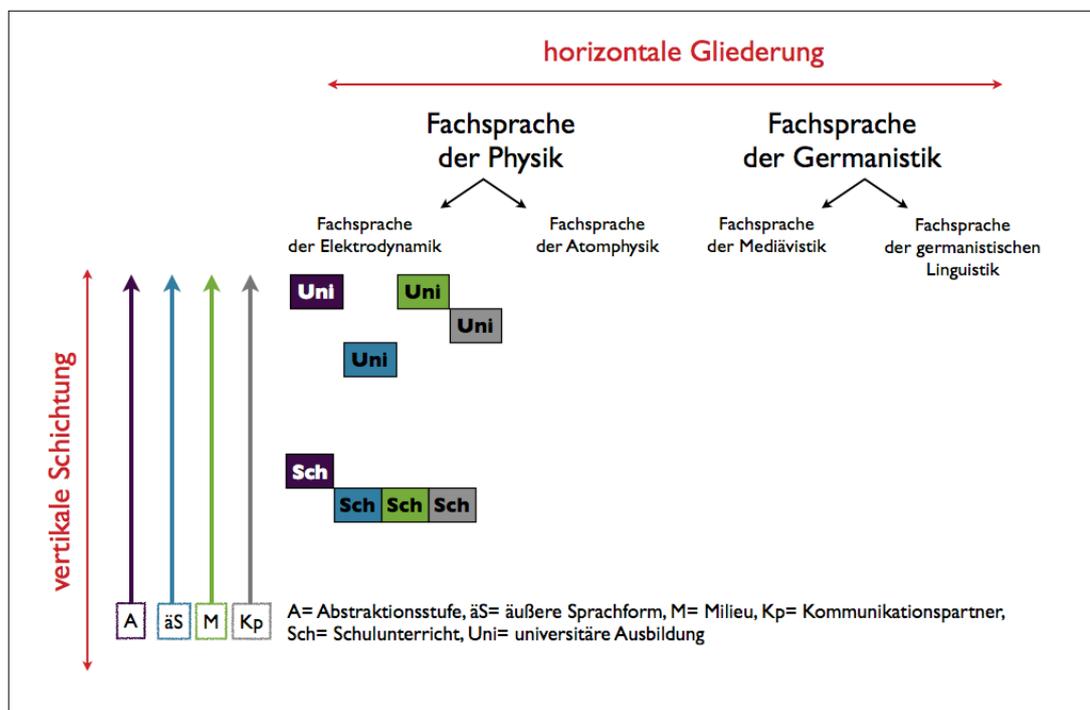


Abb. 2: Horizontale und vertikale Gliederung von Fachsprachen

Diese Einordnung der Unterrichtssprache Physik ist in Abb.2 grafisch dargestellt. In der Grafik wird vergleichend die Sprache in der universitären Ausbildung, also in diesem Fall einer Vorlesung der Elektrodynamik (theoretische Grundlagenwissenschaft, höchste Abstraktionsstufe), eingeordnet. Obwohl die äußere Sprachform künstliche Elemente enthält¹⁹, gibt es in einer Vorlesung auch viele natürlich-sprachliche und alltagssprachliche Anteile. Die natürliche Sprache wird verwendet, um Relationen zu verdeutlichen und zu erklären.

¹⁹ z.B. die vierte Maxwell-Gleichung (erweitertes Durchflutungsgesetz):
$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Da die Kommunikationspartner auch hier unterschiedliche fachliche Kompetenzen besitzen, ist die Schicht etwas niedriger eingezeichnet, soll sich aber noch in A befinden.

2.4 Eigenschaften von Fachsprachen

Fachliche Kommunikation muss sich immer an die Kriterien der Wissenschaftlichkeit halten. Wissenschaftlich ist eine Kommunikation, wenn der Kommunikationsinhalt präzise und unverfälscht vermittelt wird. Fachsprachen obliegen damit den Postulaten der Exaktheit und der Expliztheit. Exakt ist Kommunikation, wenn sie „eine eindeutige und für den Rezipienten unmissverständliche Bindung des sprachlichen und nichtsprachlichen Ausdrucks an den jeweiligen fachwissenschaftlichen Sachverhalt, Gegenstand oder Prozess ermöglicht.“²⁰ In der Lexik findet sich diese Exaktheit in den fachwissenschaftlichen Termini, die in Definitionen mit eindeutigen Bedeutungen verknüpft sind.

Expliztheit bedeutet, dass der Text alle zum präzisen Verständnis nötigen Informationen liefert. Die Aussage „Er geht“ ist vage. Im Gegensatz dazu ist die Aussage „Herr Müller geht um 12 Uhr Mittags mit seiner roten Jacke bekleidet in die Mensa.“ expliziter. Alle Informationen, die eine direkt in die Situation involvierte Person kennt, sind meistens nicht kommunizierbar, ohne die Aussage sehr lang, umständlich und redundant werden zu lassen.²¹ Dies widerspricht der dritten Eigenschaft fachsprachlicher Texte, dem Ökonomie-Postulat. Fachsprache ist auf eine ökonomische Kommunikation ausgelegt, die es Experten ermöglicht, schnell Informationen auszutauschen. Auch aus diesem Grund spielen die Fachtermini eine wichtige Rolle, da sie viele Informationen und Kontexte sprachlich ökonomisch ausdrücken.²² So meint der physikalische Terminus elektrische Spannung das gesamte Theoriekonzept, das zum Verständnis des Begriffes notwendig ist.

Als letzte Eigenschaft wird in der Literatur Anonymität fachsprachlicher Kommunikation, insbesondere in Fachtexten, genannt. Anonymisierte Ausdrücke führen dazu, dass der dargestellte Inhalt objektiver wirkt und der Autor als Person vollständig hinter den Inhalt zurücktritt. Dies konzentriert den Fokus des Lesers auf die fachlichen Inhalte. Sprachlich ist die Anonymität auf lexikalischer Ebene mit dem Ich-Tabu, Formulierungen in der dritten Person („unter signifikant versteht der Autor...“), dem Personalpronomen *wir* als Inklusiv-Plural, das den Leser miteinbezieht, und den unpersönlichen Pronomina *man*, *es* umge-

²⁰ Baumann (1998). S.373.

²¹ Vgl. von Hahn (1998b). S.383.

²² Vgl. Fijas (1998). S.391.

setzt. Auf morphosyntaktischer²³ Ebene führt diese Eigenschaft zu vielen Passiv-Aussagen. Aus didaktischen Gründen wird die Anonymität in einigen Texten aber auch bewusst vermieden.²⁴

2.5 Merkmale von Fachsprachen

Neben den genannten grundsätzlichen Eigenschaften, bzw. Postulaten, die fachsprachliche Texte auszeichnen, gibt es einige linguistische Merkmale. Während im Bereich des Wortschatzes die Fachsprachen den Wortschatz der Alltagssprache durch Fachwörter und Termini ergänzen, zeichnet sich die fachsprachliche Syntax dadurch aus, dass sie die allgemeine Syntax reduziert. Von allen Möglichkeiten, die die übergeordnete Einzelsprache bietet, nutzen Fachsprachen i.d.R. nur eine begrenzte Anzahl.

2.5.1 Syntaktische Merkmale von Fachsprachen

Fachtexte zeigen einige syntaktische Auffälligkeiten. Hierbei handelt es sich nicht um von der Allgemeinsprache losgelöste grammatikalische Regeln sondern um eine Häufung einzelner grammatikalischer Erscheinungen, die in der Allgemeinsprache nicht in dieser Häufigkeit auftreten.

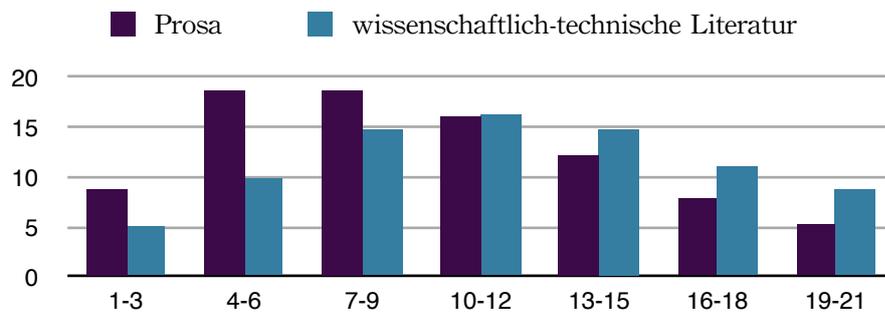
Zunächst ist zu bemerken, dass die mittlere Satzlänge wesentlich länger ist als bei anderen Genres. Hoffmann stellt fest, dass die mittlere Satzlänge beim einfachen (erweiterten) Satz in Fachtexten 15,9 Wörter, bei anderen („künstlerischen“) Genres 10,2 Wörter beträgt und beim Satzgefüge²⁵ 33,5 Wörter im Vergleich zu 23,9 Wörtern. Auch das Diagramm 2 zeigt, dass bei Fachtexten längere Sätze verhältnismäßig häufiger vorkommen. Auf der X-Achse ist die Satzlänge, auf der Y-Achse die prozentuale Häufigkeit der Sätze dieser Länge aufgetragen. Hoffmann betont aber auch, dass derartige Satzlängenvergleiche in Bezug auf ganze Varietäten problematisch sind, da sie die einzelnen Textsorten nicht beachten.²⁶

²³ Morphosyntax umfasst den Bereich der Morphologie und Syntax.

²⁴ Vgl. Oskaa (1998). S.397 f.

²⁵ Ein Satzgefüge besteht aus Hauptsätzen und Nebensätzen.

²⁶ Vgl. Hoffmann (1987). S.204-206.



Diagr. 2: Satzlängenverteilung Prosa und Fachtext

Auch die Komplexität der Sätze ist in Fachtexten oft größer als in anderen Texten. Es gibt verhältnismäßig viele Nebensätze. Dies sind in erster Linie Attributsätze, die dazu dienen, beschriebene Dinge zu präzisieren. Sie sind auf das Postulat der Exaktheit und Explizitheit zurückzuführen. Als spezielle und häufigste Form des Attributsatzes ist der Relativsatz zu nennen.

Die Funktion möglichst anonymer Aussagen zeigt sich auf sprachlicher Ebene durch die fast ausschließliche Verwendung von Aussagesätzen. Andere Satzarten, wie der Fragesatz, Aufforderungssatz oder Ausrufungssatz, kommen in Fachtexten nur selten vor.²⁷ In didaktischen Texten treten der Fragesatz und der Aufforderungssatz im Vergleich zu anderen fachlichen Texten vermutlich häufiger auf, da er eine Möglichkeit bietet, den Leser direkt anzusprechen, ihn somit stärker in den Beschreibungsprozess miteinzubeziehen und z.B. vorhandenes Wissen zu reaktivieren²⁸.

Fachtexte weisen allgemein eine syntaktische Kompression bzw. Kondensierung auf. Dies ist auf das Postulat der Ökonomie zurückzuführen. Aussagen sollen nach Möglichkeit knapp formuliert werden. Auf konkreter sprachlicher Ebene zeigt sich dies durch die Reduzierung von Nebensätzen auf Partizipialkonstruktionen²⁹, Genitiverweiterungen³⁰, präpositionale Substantivgruppen³¹, die Verwendung von Attributen anstelle von Relativsät-

²⁷ Vgl. Roelcke (2010). S.86.

²⁸ Bsp.: „Welche elektrische Geräte kennst du?“ / „Überlege einmal, wann du im Laufe des Tages elektrische Geräte benutzt!“

²⁹ Bsp.: „Verglichen mit anderen Modellen, weist dieses Atommodell noch Lücken auf.“ statt „Wenn man es mit anderen Modellen vergleicht, weist dieses Atommodell noch Lücken auf.“ oder „Durch das elektrische Feld beschleunigt, erreicht das Elektron hohe Energien.“

³⁰ Bsp.: „Der spezifische Widerstand *des Bauteils*“ statt eines Relativsatzes: „Der spezifische Widerstand, den das Bauteil aufweist“

³¹ Bsp.: „Elektronen *mit besonders hoher kinetischer Energie*...“, als Relativsatz formuliert: „Elektronen, die eine besonders hohe kinetische Energie haben,...“; auch eine Form des Attributs

zen³² sowie Ellipsen³³ und Aufzählungen. Die Anonymisierung von Fachtexten führt zur sogenannten Deagentivierung, der Vermeidung von personalen Subjekten. Dies zeigt sich in der Verwendung der Pronomen wir, man, es und Passivkonstruktionen^{34,35}

Neben den bereits genannten Auffälligkeiten weisen Fachtexte zahlreiche Nominalisierungen auf. Als Nominalisierung wird die Ableitung von Substantiven aus anderen Wortarten bezeichnet. Beispiel hierfür ist Beschleunigung (von beschleunigen). Da in diesem Fall das Substantiv von einem Verb abgeleitet wird, spricht man auch von Verbalsubstantiven. In Zusammenhang mit solchen Verbalsubstantiven kommt es häufig zu Funktionsverbgefügen. Die Prädikatsfunktion im Satz übernimmt dann ein bedeutungsarmes Stellvertreterverb: „Das Teilchen *erfährt eine Beschleunigung*“ (anstelle von „Das Teilchen wird beschleunigt.“). Solche Formulierungen sind oft umständlicher und länger und verstoßen somit gegen das Prinzip der Ökonomie, dienen aber der Anonymisierung.³⁶

2.5.2 Lexikalische Eigenschaften von Fachsprachen: Fachwortschatz

Im weiten Sinne umfasst der Fachwortschatz alle lexikalischen Einheiten, die in Fachtexten enthalten sind. Geht man hingegen von einer stärkeren Eingrenzung aus, spricht man vom Fachwortschatz im engen Sinn als Subsystem des lexikalischen Gesamtsystems, zu dem nur die fachrelevanten speziellen Begriffe gehören, die eine fachspezifische Bedeutung tragen. Eine begrenzte Anzahl von Fachwörtern wird zu sogenannten Termini. Ein Terminus ist ein Fachwort, dessen Inhalt durch eine Festsetzungsdefinition bestimmt ist.³⁷

Fachwortschätze sind klassisch oft in Hyperonyme (Oberbegriff) und Hyponyme (Unterbegriff) gegliedert. Für solche Strukturen ist die deutsche Wortbildungslehre ein dankbares Instrument, da sie es durch Determinativkomposita, auf die im Folgenden noch eingegangen wird, ermöglicht, diese Ordnungen in einem Wort zum Ausdruck zu bringen. Nehmen wir das Wort Bremsstrahlung als Beispiel: Strahlung ist das Hyperonym, Bremsstrahlung ist dem als besondere Art der Strahlung untergeordnet und das Hyponym. Dies geht aus der Wortbildung direkt hervor: Brems- als Determinans bestimmt das Determinatum -strahlung

³² Bsp.: „Die *hohe* Stromstärke...“ statt „Die Stromstärke, die hoch ist,...“

³³ Bei einer Ellipse handelt es sich um einen grammatikalisch nicht vollständigen Satz. Bsp.: „Es gilt:“

³⁴ Bsp.: „Es wird das Drehmoment berechnet.“

³⁵ Vgl. Hoffmann (1998b). S.418-422.

³⁶ Vgl. Roelcke (2010). S.87.

³⁷ Vgl. Hoffmann (1998a). S.193.

näher.

Die Güteerkmale eines Terminus sind Klarheit, Exaktheit, Eindeutigkeit, Genauigkeit Explizitheit, Wohldefiniertheit und Kontextunabhängigkeit und spiegeln somit die Eigenschaften von Fachsprachen allgemein wider.

Problematisch an diesen klassischen Kriterien ist, dass sie versuchen, alle Vagheit aus der Fachkommunikation auszuschließen. Auch Fachwortschätze weisen aber durchaus Polysemie und Synonymie auf.³⁸ Ein Beispiel für Polysemie ist das Wort Valenz, das in den Fachbereichen Physik/Chemie (Bindungen zwischen Atomen) und in der Linguistik (Eigenschaft eines Wortes, andere Worte an sich zu binden) ähnlich definiert ist, aber unterschiedliche Sachverhalte bezeichnet. Dass Fachwörter in unterschiedlichen Fachbereichen mit differierenden Bedeutungen verwendet werden, tritt häufig auf. Ein Grund hierfür ist, dass Fachwörter häufig aus anderen Fachbereichen oder der Alltagssprache auf Grund von Ähnlichkeitsverhältnissen der bezeichneten Inhalte entlehnt werden. Auch Synonyme (unterschiedliche Bezeichnung für den selben Inhalt) findet man in vielen Fachwortschätzen. Ein Beispiel für Synonymie aus der Physik ist das Valenzelektron, das auch Außenelektron genannt wird.

Die Neubenennung fachlicher Inhalte erfolgt durch Entlehnungen aus anderen Sprachen³⁹, Metaphorisierungen⁴⁰, Metonyme⁴¹, die in der Physik besonders häufig bei der Wortbildung mit Eigennamen von Physikern vorkommen (das Ampère, das Watt, das Joule), sowie verschiedene Arten der Wortbildung.

Bei der Bildung von Worten gibt es unterschiedliche Strategien. Bei der Derivation oder Ableitung wird i.d.R. ein Präfix vor den Wortstamm (Supra-leiter) oder ein Suffix hinter den Wortstamm (Mess-ung) gefügt.⁴² Affixe sind gebundene grammatische Morpheme. Sie können nicht alleine stehen. Typische Suffixe sind -bar, -lich (Adjektive) oder -heit, -keit, -ung (Substantive). Bei un-, in-, nicht- (Adjektive), oder ge- (Substantive) handelt es sich um häufig verwendete Präfixe. Während bei der Derivation neue Wörter durch Hinzufügen

³⁸ Vgl. Fraas (1998). S.431 f.

³⁹ Z.B. der von Einstein geprägte Begriff der stimulierten Emission wird im Englischen zu stimulated emission.

⁴⁰ z.B. elektrischer Strom, aufgrund der Ähnlichkeit zum Wasserstrom

⁴¹ Metonyme sind im Gegensatz zu Metaphern Übertragungen von Worten ohne eine Ähnlichkeitsbeziehung, aber mit naher sachlicher Beziehung (weiteres Bsp.: Eisen für Schwert).

⁴² Des Weiteren gibt es Zirkumfixe und Infixe, die aber wesentlich seltener auftreten.

von Affixen gebildet werden, erfolgt bei der Konversion ein Wortartenwechsel ohne zusätzliches Sprachmaterial (das Messen).

Die bereits erwähnte Komposition ist eine Mehrwortbildung. Aus mehreren bereits im Wortschatz vorhandenen Worten wird ein neues Wort zusammengesetzt. Man unterscheidet zwischen Determinativkomposita, bei denen der erste Wortteil den folgenden näher bestimmt (Elektronenstrahl, Spannungsverlauf), und Kopulativkomposita, bei denen beide Wortteile semantisch gleichberechtigt sind (blaugrau). Kopulativkomposita treten verhältnismäßig selten auf. Beim Determinativkompositum bestimmt der erste Wortteil den zweiten Wortteil näher. Daher wird der erste Wortteil Determinans (das Bestimmende), der zweite Wortteil Determinatum (Grundwort) genannt. Die Wortart des hinteren Wortteils legt die Wortart des zusammengesetzten Wortes fest.

Eine weitere Möglichkeit der Wortbildung ist die Wortkürzung. Hier kann unterschieden werden zwischen Initialwörtern (LASER) und Silbenkurzwörtern (Trafo).⁴³

2.6 Physikalische Fachsprache

Bei der Fachsprache der Physik handelt es sich um eine wissenschaftlich-theoretische Fachsprache.⁴⁴ Aktuelle Veröffentlichungen werden häufig in englischer Sprache verfasst. Viele der in deutscher Sprache verfassten physikalischen Texte haben einen didaktischen Zweck, wie Lehrbücher für Studierende verschiedener Fachrichtungen. In der vertikalen Schichtung der physikalischen Fachsprache zeigt sich bei Lehrbüchern für Studierende des Fachbereichs Physik, verglichen z.B. mit Lehrbüchern für Studierende verschiedener Ingenieurs-Studiengänge, die höchste Stufe an Fachlichkeit und Abstraktheit. In der horizontalen Gliederung ist die Fachsprache der Physik eng mit ihren Nachbardisziplinen verknüpft. So bedient sich insbesondere die theoretische Physik mit einigen spezifischen Ausnahmen der Fachsprache der Mathematik und der Fachbereich der experimentellen Physik ist sprachlich eng mit einigen Ingenieurwissenschaften verbunden. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Physik die Grundlagenwissenschaft einiger ingenieurwissenschaftlicher Teildisziplinen ist (z.B. Strömungslehre oder Thermodynamik als wissenschaftliche Grundlage für den Turbinenbau). Außerdem werden einige physikalische Fachbegriffe in der Alltagssprache genutzt (elektrischer Strom, Energie, Leistung) oder sind in Redewendungen enthalten („Ich bin geladen“, „einen Kontakt herstellen“). Bei alltäglicher

⁴³ Vgl. Fraas (1998). S.435. Linke; Nussbaumer; Portmann (2004). S.66-73.

⁴⁴ Vgl. auch Abb.1: Wirkfelder menschlichen Handelns nach Kalverkämper (1998a) auf S.7.

Benutzung werden diese Begriffe fachlich oft nicht korrekt genutzt. So spricht man in der Alltagssprache z.B. fälschlicher Weise von Energieverbrauch oder Stromverbrauch, obwohl beides Erhaltungsgrößen sind.

Die physikalische Fachsprache erfüllt die bereits aufgeführten Eigenschaften und Merkmale von Fachsprachen i. Allg., die hier nicht noch einmal aufgeführt werden sollen. Es sollen vor allem die Besonderheiten der Fachsprache der Physik im Bereich der Lexik dargestellt werden und einige Bemerkungen zur Verwendung nicht-sprachlicher Mittel in der physikalischen Fachsprache gemacht werden.

2.6.1 Fachwortschatz der Physik

Sprachliche Symbole beziehen sich auf direkt erfahrbare Dinge. Wenn jemand das Wort „Baum“ (=Bezeichnung) benutzt, so weiß der Kommunikationspartner in der Regel sofort, dass ein reeller Baum (=Bezeichnetes) damit gemeint ist. Begriffe der Physik bezeichnen aber oft Theoriegebilde, die nicht durch die direkt erfahrbare Welt zu repräsentieren sind. Verwendet ein Physiker den Begriff „elektrische Spannung“, so muss sein Kommunikationspartner also die Theorie der Elektrodynamik „mitdenken“, um präzise verstehen zu können, was sein Kommunikationspartner mit diesem Begriff bezeichnet. Brigitte Falkenburg fasst diese Problematik treffend zusammen:

„Physikalische Theorien gelten als unanschaulich, denn sie sind in der abstrakten symbolischen Sprache der Mathematik formuliert. Zugleich sollen sie der Modellierung realer Dinge, Ereignisse oder Prozesse dienen, also ideale Beschreibungen wirklicher Sachverhalte inner- oder außerhalb eines physikalischen Labors liefern. [...] Das mathematische und experimentelle Vorgehen der Physik führt fort vom Alltagsverständnis der Wirklichkeit, von der üblichen qualitativen Erfahrung des Geschehens um uns herum und von der natürlichen Sprache, in der wir unsere Erfahrungen sonst ausdrücken. Die Experimente der Physiker sind darauf angelegt, Phänomene zu erzeugen, die man klassifizieren und zum Gegenstand der mathematischen Physik machen kann.“⁴⁵

Die Wortbildung in der Physik weist einige typische Besonderheiten auf. So sind physikalische Fachbegriffe in ihrem Wortstamm häufig griechischen oder lateinischen Ursprungs, so z.B. das aus dem Griechischen stammende Wort Elektron (von altgriechisch ἤλεκτρον), was Bernstein bedeutet und darauf zurückzuführen ist, dass den Griechen das Phänomen der Elektrostatik erstmals bei geriebenem Bernstein begegnete. Griechische und Lateinische Bezeichnungen sind wie dieses Beispiel häufig auf die Wissenschaftsgeschichte zurückzuführen und historischen Ursprungs.

In einigen Fällen werden physikalische Fachbegriffe auch aus der Alltagssprache oder aus

⁴⁵ Falkenburg (1999). S.89 f.

anderen Fachsprachen auf Grund von Ähnlichkeitsbeziehungen entlehnt. Beispiel hierfür sind die Begriffe Strom, Widerstand oder Batterie (aus der Militärtechnik).

Eine weitere in der Physik besonders häufig verwendete Methode, insbesondere zur Benennung von neuen Einheiten, ist die Metonymisierung des Namens eines Physikers (Einheiten: Ohm, Joule, Volt, Ampere, Watt; Begriffe: Ohmscher Widerstand, Maxwell-Gleichungen, Boltzmann-Konstante⁴⁶, Pauli-Verbot, Plancksches Wirkungsquantum, Fermionen und Bosonen). Diese Zusammensetzungen mit Namen sind in einigen Fällen auch als Abkürzung gebräuchlich, bspw. BCS-Theorie für Bardeen, Cooper und Schrieffer (Kurzwort) oder aus den neu gebildeten Substantiven werden durch Konversion Verben gebildet (röntgen).⁴⁷

Außerdem gibt es für einige Bezeichnungen einheitliche Bildungsregeln. So werden Kurven, bei denen eine gewisse Größe konstant ist mit dem Präfix Iso- bezeichnet (Isotherme = Kurve für eine Zustandsänderung bei konstanter Temperatur⁴⁸). Messgeräte werden häufig mit den Affixen -meter⁴⁹ oder -messer gebildet (Voltmeter, Rotamesser) und Proportionalitätsfaktoren werden Koeffizienten, Konstanten oder auch Moduln genannt (Einstein-Koeffizient, Boltzmann-Konstante, Elastizitätsmodul). Mit dem Adjektiv spezifisch werden Größen bezeichnet, die sich als Quotienten durch das Volumen, den Flächeninhalt oder die Masse ergeben (spezifische Wärme = Wärmekapazität auf die Masse bezogen, spezifischer Widerstand = elektrischer Widerstand bezogen auf die Länge und multipliziert mit der Querschnittsfläche).⁵⁰

In der mündlichen Fachkommunikation werden einige Silbenkurzwörter genutzt wie Trafo (für Transformator), Oszi (für Oszilloskop) oder Akku (für Akkumulator). In einigen Fällen ist es üblich, Objekte, die eine bestimmte Eigenschaft besitzen, mit dieser Eigenschaft zu bezeichnen (Masse für Massestück, Kapazität für Kondensator).⁵¹

⁴⁶ Diese wird im mündlichen Sprachgebrauch häufig als „k-Boltzmann“ abgekürzt, in der Schriftsprache k_B .

⁴⁷ Vgl. Eisenreich (1998b). S.1232.

⁴⁸ Dieser Ausdruck würde in physikalischen Fachtexten mathematisch verkürzt formuliert zu: „Kurve für $T=\text{konst.}$ “

⁴⁹ Diese Bezeichnungen werden im Schulunterricht heute vermieden, da sie zu Verwechslungen zwischen zu messender Größe und Messgerät und somit Lernschwierigkeiten führen können. Z.B. das Newtonmeter ist ein Federkraftmesser, aber auch die Einheit Joule.

⁵⁰ Vgl. Eisenreich (1998b). S.1232.

⁵¹ Vgl. Eisenreich (1998b). S.1233.

Grundsätzlich handelt es sich bei den Theoriegebilden, die physikalische Begriffe bezeichnen, häufig um Idealisierungen, so z.B. den Massepunkt oder den starren Körper. Die genauen Inhalte eines Fachbegriffs können sich mit der Weiterentwicklung der Wissenschaft verändern, der Energiebegriff beispielsweise hat sich in seiner Bedeutung seit seiner Einführung verändert. Bei umfangreichen neuen Erkenntnissen wird i.d.R. ein neuer Begriff gebildet, auch um die implizierten Fehlvorstellungen und Altlasten durch den in der überholten Theorie genutzten Begriffes zu überwinden.⁵²

Die Einführung von Maßeinheiten ist Voraussetzung für die Vergleichbarkeit physikalischer Theorien und Forschungsergebnisse.⁵³ So ist die Längeneinheit Meter heute eine klar definierte Länge, während die im Mittelalter verwendeten Längeneinheiten Elle und Fuß lokal sehr unterschiedlich festgelegt waren. Bemerkenswert ist, dass das weltweit gebräuchliche SI-System der Maßeinheiten sich erst in den 1970er Jahren durchsetzte. Vorher wurden noch immer zahlreiche unterschiedliche Maßeinheiten für die selben Größen verwendet, die jedoch unterschiedlich definiert wurden. Ein bis heute verwendetes Relikt dieser Zeit sind die unterschiedlichen Temperatur-Skalen: die von uns genutzt Celsius-Skala, die sich an den Aggregatzuständen des Wassers orientiert (0 °C = Gefrierpunkt, 100 °C = Siedepunkt), und die Kelvin-Skala, die sich am absoluten Nullpunkt orientiert. Im Anglo-Amerikanischen wird außerdem noch die Fahrenheit-Skala genutzt.

2.6.2 Kunstsprachliche Einflüsse und ikonische Darstellungen

Unverzichtbares Hilfsmittel und Grundlage vieler physikalischer Theorien ist die Mathematik. Die gründliche Betrachtung mathematischer Formulierungen ist nicht Schwerpunkt dieser Arbeit, ich werde mich im Folgenden auf sprachliche Formulierungen konzentrieren. Hier sei erwähnt, dass mathematische Ausdrücke (v.a. Formeln) insbesondere für quantitative Voraussagen und damit die Überprüfbarkeit physikalischer Gesetze notwendig sind. In einigen Fällen haben mathematische Betrachtungen auch zu neuen physikalischen Theorien und Aussagen geführt.⁵⁴

In Formeln, die im Übrigen auch versprachlicht werden können⁵⁵, werden häufig Symbole

⁵² Vgl. auch Pausch (1971). S.414.

⁵³ Vgl. auch Gerlach (1962). S.20 f.

⁵⁴ Prominentes Beispiel hierfür sind die Aussagen des Standardmodells der Teilchenphysik, die aus mathematischen Symmetriebetrachtungen folgten und erst anschließend experimentell, z.B. durch die Suche nach den Quarks, bewiesen werden können.

⁵⁵ z.B. $R = U/I$ „Der Widerstand ist gleich dem Quotienten aus der elektrischen Spannung und der elektrischen Stromstärke in einem Stromkreis.“

für bestimmte Größen verwendet. Hierfür werden zum einen Buchstaben des lateinischen Alphabets (R für Widerstand, U für Spannung), häufig aber auch griechische Buchstaben (ρ für die Dichte oder den spezifischen Widerstand, λ für die Wellenlänge) genutzt. Aus der Mathematik werden viele grundlegende Symbole für Verhältnisse ($=, \approx, <, >, \gg, \approx$), Operatoren ($\pm, \Delta^{56}, \nabla^{57}, \int$) oder auch das Symbol für Unendlich (∞) übernommen.⁵⁸

Insbesondere in der Elektrizitätslehre werden neben mathematischen Formeln auch technische Skizzen (Schaltpläne) genutzt (vgl. Abb.3). Auch in solchen ikonischen Darstellungen gibt es fest definierte Symbole (\otimes für Glühlampe, $\overline{\text{A}}$ für Diode).

Eine weitere mathematische Darstellungsweise, die in der Physik sehr häufig genutzt wird, ist das Diagramm (vgl. Abb.3). Es dient der Veranschaulichung und Interpretation von Messergebnissen oder gesetzmäßig bekannte Zusammenhängen.

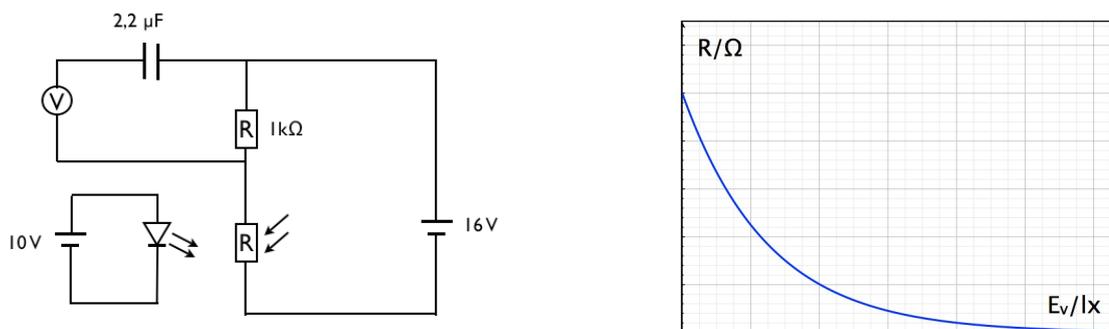


Abb. 3: Beispiel Schaltskizze (Pulsmesser mit Leuchtdiode und Fotowiderstand) und Diagramm

⁵⁶ Laplace-Operator

⁵⁷ Nabla-Operator

⁵⁸ Vgl. auch Eisenreich (1998a). S.1228.

3. Fachsprache im Physikunterricht

Kommunikation hat im Unterricht einen sehr hohen Stellenwert. Der Lehrende vermittelt durch Kommunikation Inhalte an die Lernenden, diese geben durch sprachliche Äußerungen Rückmeldung über das von ihnen Verstandene und können der Lehrkraft somit Aufschluss über ihre eigenen physikalischen Modelle geben. Diese Kommunikation funktioniert aber nur, wenn alle Kommunikationspartner dasselbe Zeichensystem verwenden. Wenn der Lehrende im Anfangsunterricht von „Kraft“ im physikalischen Sinne spricht, ist davon auszugehen, dass ein Schüler ohne physikalische Vorkenntnisse unter „Kraft“ etwas anderes versteht. Dem Lehrenden müssen mögliche Sprachbarrieren, die beispielsweise durch zu frühes Verwenden der Fachsprache aufgebaut werden, bewusst sein, damit er eine gelingende Kommunikation und damit einen erfolgreichen Lernprozess gestalten kann.

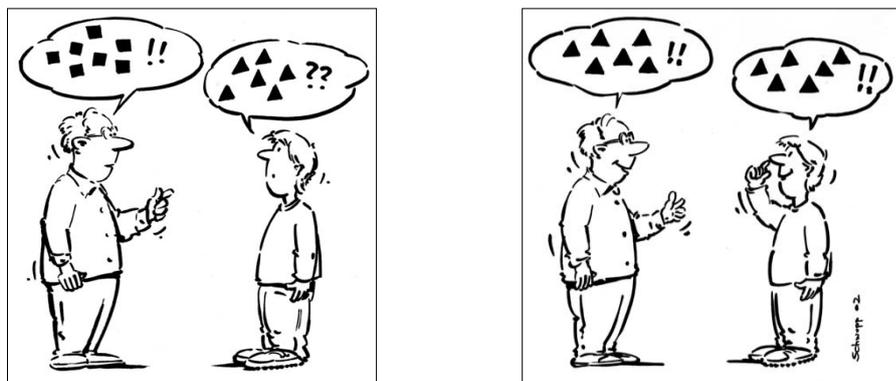


Abb. 4: Kommunikation nach Apolin⁵⁹

Die Abb. 4 von Apolin illustriert das sonst auftretende Problem. Wenn der Lehrende Fachsprache verwendet, der Lernende Alltagssprache und beide für die unterschiedlichen Sprachebenen und damit möglichen Bedeutungsunterschiede nicht sensibilisiert sind, kann Kommunikation nicht gelingen.

Nicht zuletzt aus diesem Grund ist es wichtig, die unterschiedlichen Sprachebenen des Physikunterrichts zu untersuchen und ihre Bedeutung für den Lernprozess darzulegen. Unter diesen fachdidaktischen Ergebnissen können im folgenden die Lehrbuchtexte auf eine sinnvolle Sprachnutzung hin analysiert werden.

Das Ziel des Physikunterrichtes ist es, den SchülerInnen Fachkompetenz zu vermitteln. Hierzu gehört auch eine Kommunikationsfähigkeit im physikalischen Fachbereich und somit die Fähigkeit, fachsprachliche Texte zu verstehen und die physikalische Fachsprache

⁵⁹ Apolin (2002). S.251.

korrekt nutzen zu können. Das Lernziel Kommunikationskompetenz ist in den Bildungsstandards der KMK festgelegt.⁶⁰

3.1 Sprachformen im Physikunterricht nach Josef Leisen

Sprachliche Varietäten werden je nach Kommunikationssituation, -ziel und Sprachnutzern unterschiedlich gewählt. Auch im Physikunterricht gibt es unterschiedliche Kommunikationsziele und unterschiedliche Sprachformen. Ein Kommunikationsziel im Unterricht kann die Vermittlung physikalischer Modelle, ein anderes die Motivation der Lernenden für ein Thema, ein weiteres die Vermittlung physikalischer Fachsprache sein. Leisen identifiziert drei sprachliche Darstellungsformen des Physikunterrichts: Alltagssprache, Fachsprache und Unterrichtssprache.⁶¹

Kommunikation im Fachunterricht ist rein fachsprachlich nicht möglich. Da die Kommunikationspartner Lehrender und Lernende auf unterschiedlichen fachlichen Kompetenzebenen stehen und physikalische Inhalte den Lernenden zunächst vermittelt werden müssen, kann eine gelungene, für beide Seiten verständliche Kommunikation nicht in der abstrakten, physikalischen Fachsprache erfolgen. Da den Lernenden die für sie unbekannteren Inhalte verständlich dargestellt werden müssen, ist es notwendig, diese Inhalte in einer für sie verständlichen Sprache zu verfassen. Aus diesem Grund sollte ein Großteil der Kommunikation im Fachunterricht alltagssprachlich sein. In Lehrbüchern sind vor allem einführende Textpassagen häufig rein alltagssprachlich gehalten. Sie folgen somit der Prämisse, den Lernenden dort abzuholen, wo er steht, und an vorhandene Kenntnisse und Fähigkeiten (Alltagswissen, Alltagssprache) anzuknüpfen. Leisen betont, die exakten Begriffe der Fachsprache seien nicht für das Verstehen gedacht sondern für das Verstandene.⁶²

Ziel des Unterrichts soll nach den in der Einleitung zitierten Bildungsstandards der KMK Kommunikationskompetenz sein. Der Lernende soll dazu befähigt werden, fachsprachliche Aussagen zu verstehen und ggf. auch selbst zu äußern. Präzise Fachsprache eignet sich aber nicht für den eigentlichen Vermittlungsprozess und ist vor allem in Merksätzen und Definitionen zu finden, die das bereits Gelernte knapp zusammenfassen und die wesentlichen Aussagen festhalten.

⁶⁰ Vgl. KMK (2005).

⁶¹ Vgl. Leisen (1998a). S.2. Leisen (2005a). S.7.

⁶² Leisen (2005a). S.5.

Die Unterrichtssprache bezeichnet Leisen als „Werkstattsprache“, „methodische Zwischensprache“ oder „Noch-Nicht-Fachsprache“. Sie soll den Lernenden mit fachlich korrekten, aber noch leichter verständlichen Formulierungen zur Fachsprache überleiten. Sie dient dazu, „mit Alltagsbegriffen und mit laienhaft verwendeten Fachbegriffen physikalisches Wissen und Denken auf der aktuellen Könnensstufe“⁶³ zu formulieren. In Lehrbüchern findet sich diese Sprachform in hinführenden, erläuternden und erklärenden Textpassagen. Sie nimmt somit einen großen Teil der Unterrichtskommunikation ein. Leisen charakterisiert diese Sprachform als mit fachsprachlichen Anteilen durchsetzte Alltagssprache. Der Unterrichtssprache fehle es im Gegensatz zur Fachsprache häufig an Präzision und Eindeutigkeit und sie formuliere oft operativ und handlungsbezogen an konkreten Gegenständen und Sachverhalten.⁶⁴ In Anlehnung an die vertikale Schichtung der Fachsprachen von Hoffmann und die Übertragung auf den Physikunterricht (Gliederungspunkt 2.3.1), kann Unterrichtssprache auch als eine niedrigere Schicht der physikalischen Fachsprache verstanden werden.

Neben den dargestellten Sprachformen gibt es, wie unter Gliederungspunkt 2.6.2 bereits für die physikalische Fachsprache formuliert wurde, auch im Physikunterricht Anteile mathematischer Sprachformen und symbolischer Darstellungsformen. Auch in vielen Lehrbüchern finden sich zahlreiche Formeln, Tabellen oder mathematische Terme, die physikalische Inhalte darstellen. Neben diesen in der Fachsprache sehr verbreiteten mathematischen Darstellungen gibt es vor allem in didaktischen Kontexten weitere bildsprachliche Elemente, die den Verstehensprozess unterstützen sollen. Beispiele hierfür sind Fotografien, Skizzen, Zeichnungen oder auch Diagramme. Besonders Skizzen und Zeichnungen sind für didaktische Zwecke sehr gut geeignet, da sie es ermöglichen, einen komplexen Sachverhalt auf wesentliche Bestandteile reduziert darzustellen. Solche Darstellungen repräsentieren zwar einen realen Sachverhalt, ermöglichen aber Idealisierungen und Vereinfachungen, wie sie auch physikalische Modelle vornehmen.

Leisen gliedert die verschiedenen Darstellungsebenen des Physikunterrichts nach ihrem Abstraktionsgrad (Vgl. Abb. 5) und betont, dass es für den Lernprozess wichtig ist, für jeden Inhalt den richtigen Sprachtyp auszuwählen und gegebenenfalls mehrere Darstellungsformen und somit unterschiedliche Zugänge für unterschiedliche Lerntypen (z.B. visuell

⁶³ Leisen (1998a). S.2.

⁶⁴ Vgl. Leisen (1998a). S.2.

und sprachlich) anzubieten.

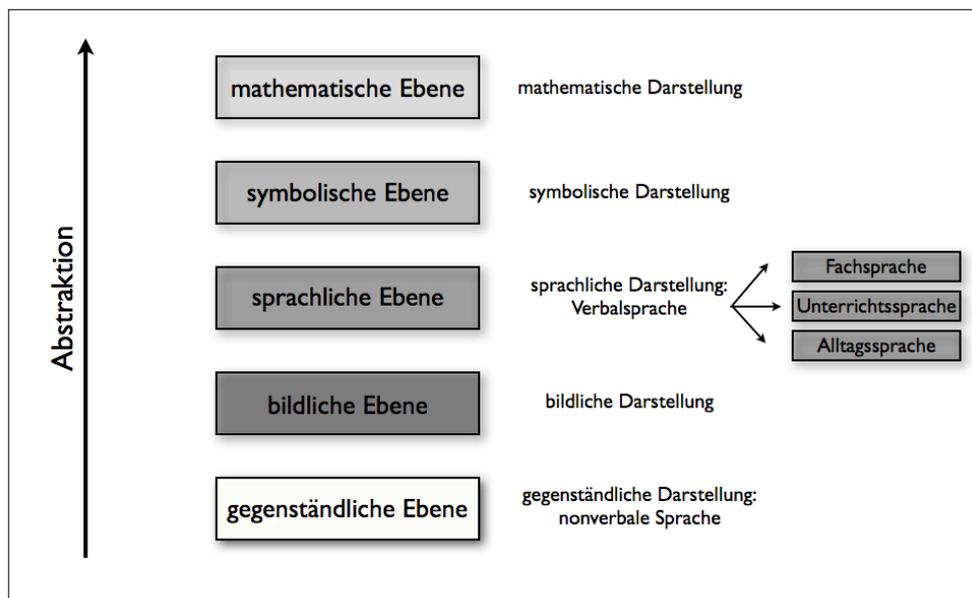


Abb. 5: Darstellungsebenen und ihr Abstraktionsgrad nach Leisen⁶⁵

3.2 Fachsprache im Lernprozess

Nachdem die Sprachformen des Physikunterrichts und ihre Problematik knapp dargestellt wurden, ist die Frage nach der konkreten Einbettung und Bedeutung der Fachsprache in den Lernprozess zu klären. Allgemein formuliert Leisen:

„Der Lehrer nutze jeweils die Sprache im Physikunterricht, in der das physikalische Handeln, Erleben und Verstehen bestmöglich sinnvoll wird. [...] Der Weg zur Physik ist von sprachlichen Mehrdeutigkeiten begleitet, weil Kommunikation als Prozeß von Bedeutungszuweisung und Bedeutungsveränderungen dieser sprachlichen Vagheit bedarf. Der Begriff, die Aussage, der Sprachterm kann nur so präzise sein, wie es die jeweilige Denkstruktur des Schülers zuläßt. Die sprachliche Beschreibung und das Fachinhaltslernen entwickeln sich im Kopf des Schülers gleichzeitig wechselseitig.“⁶⁶

Diese Aussagen Leisens konzentrieren die wesentlichen Punkte, die der Lehrende bei der sprachlichen Gestaltung des Physikunterrichts beachten muss. Um einen sinnvollen Lernprozess zu ermöglichen, muss der Lehrende auch die von ihm verwendete und verlangte Sprache reflektieren und abwägen, an welchen Punkten des Lernprozesses fachsprachliches Handeln möglich, sinnvoll oder nötig ist.

Geht man von einem konstruktivistischen Lernmodell aus, kann Lernen nicht mit den exakten Begriffen der Fachsprache funktionieren, da diese ein *fertiges* gedankliches Abbild, die vollständige Bedeutung der Begriffe, voraussetzen. Fachsprache widerspricht somit

⁶⁵ Vgl. Leisen (2005a). S.8.

⁶⁶ Leisen (1998a). S.4.

dem Lernprozess verstanden als Aushandeln und *Konstruieren* von Begriffsinhalten. Muckenfuß überträgt dies auf die Vagheit Alltagssprachlicher Begriffe, die Voraussetzung für zwischenmenschliche Kommunikation seien. Unterschiedliche Bedeutungszuweisungen seien Grundstein geistiger Individualität und menschlicher Kreativität.⁶⁷ Diese Aussage ist auch auf wissenschaftliche Kommunikation übertragbar. Denn Modelle, Theorien und in sie eingebettete Begriffe können nur weiterentwickelt werden, wenn sie eine gewisse Vagheit zulassen und so den Wissenschaftlern ermöglichen, ihren Bedeutungshof zu erweitern oder umzudefinieren.⁶⁸

Das Erlernen physikalischer Fachbegriffe ist eher vergleichbar mit dem Begriffslernen von Kleinkindern als mit fremdsprachlichem Vokabellernen. Bei letzterem muss ein neues Wort für einen bekannten Begriffsinhalt gelernt werden, während beim Begriffslernen im Fachunterricht der Begriffsinhalt neu gelernt werden muss. Bei Kleinkindern erfolgt das Begriffslernen zunächst durch die Zuordnung wichtiger Repräsentanten zu einem Objekt, diese Repräsentation muss möglichst breit sein, damit die Systematik des Begriffsinhaltes zum Vorschein kommt⁶⁹, anschließend muss der Begriff zu benachbarten Begriffen aus der Fach- und der Alltagssprache abgegrenzt werden (Diskrimination⁷⁰).⁷¹

Für Schüler können physikalische Fachbegriffe auch weitere Lernschwierigkeiten aufweisen. Wie unter Gliederungspunkt 2.5.2 und 2.6.1 bereits beschrieben, gibt es verschiedene Benennungsstrategien. Für die Lehrkraft ist es wichtig zu beachten, dass bestimmte Begriffe auch in anderen Kontexten genutzt werden und hier von der fachlichen Definition abweichende Bedeutungsinhalte aufweisen können.⁷² Andere physikalische Begriffe werden auch in alltäglichen Kontexten genutzt und sind in die Alltagssprache übernommen worden. Hier werden diese Begriffe aber häufig nicht mit ihren präzisen fachlichen Begriffsinhalten genutzt.⁷³ Wieder andere Begriffe wurden geschichtlich aufgrund eines Ähnlichkeitssprinzips metaphorisierend gebildet, ihr Begriffsinhalt hat sich aber durch den Fortschritt

⁶⁷ Muckenfuß (1995). S.248 f.

⁶⁸ Fraas fasst dies in einer Kritik des klassischen Terminus-Begriffs zusammen, nach der eine zu große Exaktheit die Verbesserung wissenschaftlicher Kommunikation verhindere. Fraas (1998). S.429.

⁶⁹ z.B.: Der Begriff Baum umfasst Nadelbäume und Laubbäume.

⁷⁰ z.B.: Ein Busch ist kein Baum, denn er hat keinen Stamm.

⁷¹ Vgl. auch Merzyn (1998b). S.243 f.

⁷² z.B. „Der Motor hat viel Kraft.“

⁷³ z.B. „Das ist ein Quantensprung.“

der Physik geändert und die Ähnlichkeit ist nicht mehr gegeben.⁷⁴ Diese Begriffe können für SchülerInnen aufgrund ihres Vorwissens eine von der Fachdefinition abweichende Bedeutung haben und somit Fehlvorstellungen und Lernschwierigkeiten verursachen oder verstärken. Für den Lernprozess sind somit solche Begriffe unproblematischer, die den SchülerInnen bisher unbekannt waren und somit noch nicht inhaltlich besetzt sind.

3.3 Fachsprache als Lernziel

Auf das konkrete kommunikative Lernziel des Physikunterrichtes bezogen, gibt es zwei Lehrmeinungen. Während Wagenschein die Fachsprache selbst als Ziel setzt, verlangt Muckenfuß eine Rückführung fachsprachlicher Formulierungen in die Alltagssprache und damit eine alltagstaugliche Übersetzungsfähigkeit der Schüler.

Wagenschein differenziert zwischen Alltagssprache (bei ihm „Muttersprache“) und Fachsprache folgendermaßen:

„Die Muttersprache ist die Sprache des Verstehens, die Fachsprache besiegelt es, als Sprache des Verstandenen. Die Sprache der Physik ist also nicht einfach die Sprache des Physikunterrichts. Muttersprache ist nicht Abraum, sondern Fundament. Sie führt zur Fachsprache, sie beschränkt sich auf sie hin. Sie entläßt sie mit ihrem Segen, und nicht dar sie (wie so oft) ihr verstummend Platz machen.“⁷⁵

Wagenschein setzt somit die Fachsprache als kommunikatives Ziel des Physikunterrichts. Muckenfuß setzt sich mit den Äußerungen Wagenscheins kritisch auseinander und betont, der Physikunterricht dürfe nicht die reine Fachsprachlichkeit als Ziel haben sondern müsse zurück zur Alltagssprache führen. Wenn Physikunterricht den Lernenden lebenspraktische Erkenntnisse vermitteln soll, „dann ist das pädagogische Ziel, fachsprachlich Ausgedrücktes in die lebendige Alltagssprache übertragen zu können, wichtiger als die ‚Einführung in die Fachsprache‘. Fachsprachliche Kenntnisse sind dabei unentbehrlich, ihr Erwerb hinsichtlich seiner pädagogischen Wirkung aber ambivalent.“⁷⁶ Das Ziel des Physikunterrichts nach Muckenfuß ist damit eine Steigerung der alltagssprachlichen Ausdrucksfähigkeit.

Beide Ansätze sind in Abb. 6 vergleichend dargestellt.

⁷⁴ Z.B. Atom von gr. ἄτομος, átomos = das Unteilbare; heute wissen wir, dass Atome aus noch kleineren Elementarteilchen bestehen. Da dieser Begriff aber aus dem Griechischen kommt, ist es unwahrscheinlich, dass dies beim Schüler zu Lernschwierigkeiten führt.

Auch der durch die Weiterentwicklung der Wissenschaft veränderte Begriffsinhalt kann beim Sprachnutzer durch den alten Begriffsinhalt noch überlagert werden. Aus diesem Grund wird in einigen Fällen ein neuer Begriff gebildet, um diesen bewusst von veralteten Modellen zu trennen.

⁷⁵ Wagenschein (1988). S.137.

⁷⁶ Muckenfuß (1995). S.157 und S.249 f.

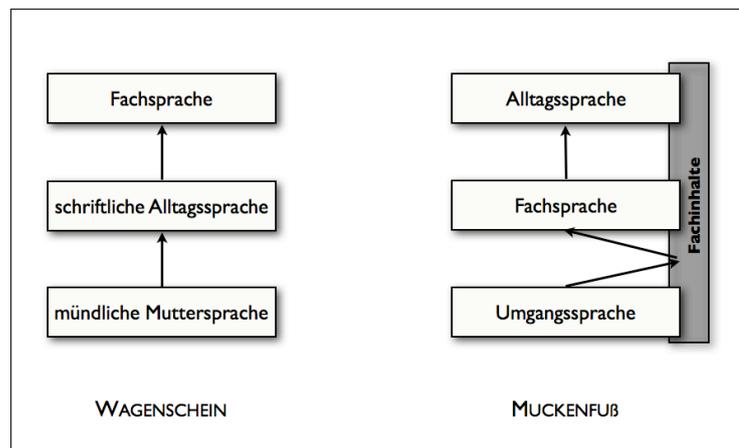


Abb. 6: Ziel des Physikunterrichts nach Wagenschein und Muckenfuß⁷⁷

Der Ansatz von Muckenfuß scheint insbesondere unter dem Aspekt sinnvoll, dass Lernende einige fachsprachliche Äußerungen auswendig lernen könnten ohne ihren eigentlich Sinn wirklich verstanden zu haben. Diese Gefahr besteht vor allem in einem instruktiven und nicht konstruktiven Unterricht, der den Lernenden die Begriffsinhalte vorgibt ohne ihnen die Möglichkeit zu geben, diese Inhalte selbst konstruieren und aktiv von anderen Begriffen abgrenzen zu können.⁷⁸ Die Lehrkraft muss in einem auf Fachsprache als höchstes Lernziel ausgelegten Unterricht diese Aussagen korrekt stehen lassen. Jedoch kann erst durch die Aufforderung nach einer Erklärung dieser fachsprachlichen Aussage geprüft werden, ob der Schüler den Inhalt wirklich verstanden hat oder die Fachsprache als vom Lehrer übernommene, für ihn jedoch bedeutungsleere Hülle nutzt.⁷⁹

Und auch wenn ein Schüler eine Erkenntnis nicht korrekt fachsprachlich formulieren kann, muss dies nicht bedeuten, dass er den Inhalt nicht verstanden hat. Es kann ihm trotz fachlicher Kompetenz an fachsprachlicher Kompetenz mangeln. Für die Lehrkraft bedeutet dies, dass sie sich immer auf die Semantik von Schüleraussagen konzentrieren und gegebenenfalls auf sprachliche Unterschiede hinweisen muss, indem sie z.B. dazu auffordert, eine Aussage mit den gelernten Fachausdrücken noch einmal zu wiederholen, gleichzeitig aber betont, dass der Inhalt des Gesagten korrekt war. Als Möglichkeit, Sprache gemeinsam mit den Lernenden auszuhandeln und sie zugleich für Sprache zu sensibilisieren, schlagen Berge und Leisen vor, jeden Schüler Probedefinitionen aufschreiben, diese anschließend

⁷⁷ Die Begriffe Alltagssprache, Muttersprache und Umgangssprache sind aus den Original-Texten übernommen. Die Differenzierung Muttersprache und Alltagssprache zielt auf die Medialität der Sprachform (mündlich oder schriftlich) ab. Zu den Begriffen Umgangssprache und Alltagssprache führt Muckenfuß keine Differenzierungen an.

⁷⁸ Vgl. auch Leisen (1998b). S.7.

⁷⁹ Vgl. auch Berge, Leisen (2005). S.26.

der Klasse vorstellen und sich zu diesen äußern zu lassen. Die Äußerungen sollten sich auf Verständlichkeit, Sprachrichtigkeit, fachliche Richtigkeit, Lernbarkeit, Kürze und Prägnanz sowie Anschaulichkeit beziehen und die Lernenden somit für den langen, kommunikativen Entstehungsprozess von prägnanten fachsprachlichen Aussagen sensibilisieren.⁸⁰

Es bleibt die Frage, wie eine erstrebenswerte fachsprachliche Kompetenz bei SchülerInnen konkret aussehen soll. Rincke schreibt hierzu sehr treffend:

„Es leuchtet sofort ein, dass eine wünschenswerte, heranzubildende Fachsprache bei den Schülerinnen und Schülern nicht dadurch gekennzeichnet sein soll, dass sie durch Nominalisierungsgruppen oder den Gebrauch von Fachwörtern mit Eigennamen ausgezeichnet sei, auch wenn die linguistische Beschreibung von Fachtexten solche Merkmale als kennzeichnend auflistet.“⁸¹

Ich möchte hier auf die Gliederungspunkte 2.4 und 2.5 verweisen, in denen eine Unterscheidung zwischen Eigenschaften und Merkmalen von Fachsprachen vorgenommen wurde. Die SchülerInnen sollten im Hinblick hierauf in der Lage sein, Fachinhalte gemäß der Eigenschaften von Fachsprachen (Exaktheit, Explizitheit, Ökonomie und Anonymität) zu formulieren und alltagssprachliche von fachsprachlichen Äußerungen abgrenzen können. Außerdem ist für die Kommunikation im Fachbereich der Physik unvermeidbar, dass den SchülerInnen wesentlich Fachbegriffe geläufig sind und sie die Begriffsinhalte innerhalb der entsprechenden Theorien rekonstruieren können.

Den Lernenden müssen sprachliche Unterschiede zwischen Alltags- und Fachsprache bewusst gemacht werden. So kann ihnen langfristig gesehen zu einer Reflexionskompetenz und einer verbesserten alltags- und fachsprachlichen Kompetenz verholfen werden. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, einen Metadiskurs über Sprache auch im Physikunterricht zu führen. Der Metadiskurs kann im einfachsten Fall so aussehen, dass Unterschiede zwischen Alltags- und Fachsprache überhaupt thematisiert werden. Des Weiteren können SchülerInnen durch „Übersetzungsaufgaben“ und das Einüben adressatengerechten Sprechens oder Schreibens für sprachliche Feinheiten sensibilisiert werden. Den positiven Einfluss eines solchen Metadiskurses auf die fachsprachliche Kommunikationskompetenz hat Rincke in Erhebungen gezeigt.⁸²

⁸⁰ Vgl. Berge, Leisen (2005). S.27.

⁸¹ Rincke (2010). S.241.

⁸² Vgl. Rincke (2007). S.155-174.

4. Analyse wesentlicher Fachtermini der Elektrizitätslehre mit Blick auf mögliche Lernschwierigkeiten

Im Folgenden sollen die drei wesentlichen Fachtermini der Elektrizitätslehre im Bereich der Sekundarstufe 1 (elektrische Stromstärke, elektrische Spannung, elektrischer Widerstand) sprachwissenschaftlich und fachdidaktisch analysiert werden. Außerdem wird das weitere Wortfeld der Elektrizitätslehre durch verschiedene Wortgruppen etwas strukturiert.

4.1 Elektrische Stromstärke

Der Terminus besteht aus den zwei Worten elektrisch und Stromstärke. Elektrisch ist ein Adjektiv, das vielen physikalischen Begriffen in der Elektrizitätslehre vorangestellt wird, um diese zu spezifizieren. Es leitet sich vom lateinischen *electrum* (Bernstein), das wiederum aus dem griechischen *ἤλεκτρον* (*élektron*) hervorging, ab. Bereits in der Antike wurde beobachtet, dass ein geriebener Bernstein eine anziehende Kraft auf kleine Partikel ausübt. Das Adjektiv elektrisch ist seit dem 18. Jh. im Deutschen belegt. Die Ableitungen Elektrizität und elektrisieren wurden ebf. im 18. Jh. aus dem Französischen entlehnt (*électricité* bzw. *électriser*). Der Begriff Elektron hingegen wurde erst im 19. Jh. durch den englischen Physiker Stoney geprägt und daher von Englisch *electron* entlehnt.⁸³ Im sächsischen Lehrplan ist das Elektron als Träger der elektrischen Ladung in Klasse sieben im LB1: Kräfte vorgesehen.

Innerhalb der fachlichen Kommunikation wird Stromstärke häufig auch alleinstehend, ohne das Adjektiv elektrisch verwendet. Dies ist möglich, da der Begriff innerhalb der Physik nicht doppelt besetzt ist. Der Begriff Stromstärke ist ein Determinativkompositum. Er setzt sich zusammen aus dem Determinans Strom und dem Determinatum Stärke. Es bezeichnet die Stärke des Stroms. Der Begriff Strom ist aus der Alltagssprache entlehnt und dürfte den Schülern geläufig sein. Das althochdeutsche *stroum* hat seinen Ursprung in der indogermanischen Verbalwurzel **sreu-*, was fließen bedeutet⁸⁴. Das Substantiv Strom bedeutet in diesem Sinne das Fließen, im übertragenen Sinne auch ein fließendes Gewässer. Auf Grund

⁸³ Vgl. Duden: Das Herkunftswörterbuch. Eintrag elektrisch, S.176 f.

⁸⁴ Die Germanistische Sprachgeschichte unterteilt die Entwicklung der Deutschen Sprache in die schriftlich belegbaren Sprachperioden. Es gibt verschiedene Periodisierungsansätze. Verbreitet ist der Ansatz von Scherer aus dem 19. Jh.: Althochdeutsch (750-1050), Mittelhochdeutsch (1050-1350), Frühneuhochdeutsch (1350-1650) und Neuhochdeutsch (ab 1650).

Darüber hinaus wird die deutsche Sprache in die Familie der germanischen und in die übergeordnete Familie der indogermanischen Sprachen eingeordnet. Indogermanische Sprachen weisen gemeinsame Eigenschaften auf und werden auf eine Ausgangssprache, das „Ur-Indogermanische“ zurückgeführt. Worte des Indogermanischen sind häufig nicht belegt sondern aus theoretischen Überlegungen rekonstruiert. Diese rekonstruierten Worte werden mit einem Minuskel gekennzeichnet. Für weitere Informationen vgl. z.B. [von Polenz \(2009\)](#).

der Vorstellung einer fließenden Elektrizität, wurde der Begriff Strom im 18. Jh. auf dieses Phänomen übertragen.⁸⁵

Das Formelzeichen der elektrischen Stromstärke ist I , die Einheit das Ampere (A), benannt nach dem Physiker André-Marie Ampère. Eine weitere Komposition mit Strom ist der Stromkreis, dieser kann durch die Adjektive einfach, verzweigt oder unverzweigt spezifiziert werden.

Problematisch ist der Begriff Stromstärke, da das Wort Stärke mit alltagssprachlich „stark sein“ oder „Kraft haben“ verknüpft werden könnte. Da die Stromstärke aber nur mit der Größe des Elektronenflusses, nicht aber mit der Energie der einzelnen Elektronen und damit einer möglichen Kraftwirkung zu tun hat, erschwert dieser Begriff die Differenzierung zwischen Stromstärke und Spannung. Stromstärke ist ein rein quantitativer Begriff, der angibt, wie viele Ladungsträger pro Zeit durch den Querschnitt eines Drahtes fließen. Damit ermöglicht diese Größe eine sehr bildliche Vorstellung. Sie kann den Lernenden z.B. durch Analogiespiele gut vermittelt werden.

Im Alltagssprachgebrauch sind die Begriffe Stromverbrauch und Stromsparen sehr geläufig, außerdem spricht man z.B. davon, dass eine Batterie „leer“ sei. Dies impliziert eine Vorstellung von Strom als etwas Materielles oder als Energiefluss. Zum einen widerspricht dies dem physikalischen Prinzip der Energieerhaltung, zum anderen differenzieren die SchülerInnen nicht zwischen Energiefluss und Ladungsfluss.

Eine weitere gängige Fehlvorstellung ist die Vorstellung der Ladungsträger als unabhängige Einzelteilchen. Dies führt zu sogenannten lokalen oder sequentiellen Argumentationen, die bei der Diskussion eines Stromkreises nicht das gesamte System betrachten sondern nur einzelne Bereiche. Abb. 7 verdeutlicht die lokale Argumentation. Nach dieser verhielte sich der Strom am zweiten Knotenpunkt so, als wüsste er nicht, dass zwei parallele Lampen folgen. Er würde sich also zu $I_1 = I_2 = 0,3\text{A}$ und $I_3 = 0,6\text{A}$ aufteilen.

⁸⁵ Vgl. Duden: Das Herkunftswörterbuch. Eintrag Strom. S.823.

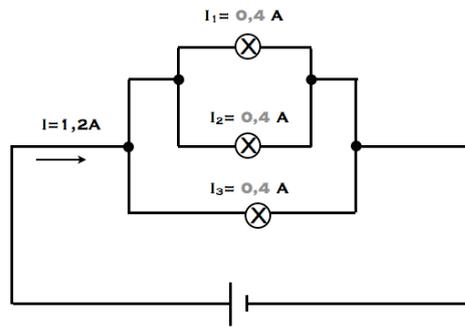


Abb. 7: Aufgabe zur Überprüfung der lokalen Argumentation: Die Lämpchen im Stromkreis sind alle gleich. Ergänzen Sie die Stromstärken in den Verzweigungen. (nach Rhöneck)

Die sequentielle Argumentation besagt, dass eine Änderung „vorne“ im Stromkreis den weiteren Stromfluss beeinflusst, während eine Veränderung „hinten“ die Verhältnisse weiter vorne unverändert lässt. Rhöneck überprüfte dies mit einer Aufgabe, bei der den SchülerInnen eine Parallelschaltung aus Widerstand (R_1), Glühlampe und einem weiterem Widerstand (R_2) vorgelegt wurde. Sie sollten eine Aussage darüber treffen, wie sich bei Auswechseln von R_1 bzw. R_2 die Stromstärke in der Lampe verändert (Vgl. Abb. 8). 30% der Schüler waren der Meinung, eine Veränderung von R_2 rufe keine Veränderung der Stromstärke bei der Lampe hervor und argumentierten somit sequentiell.⁸⁶

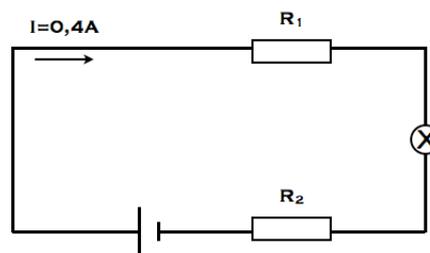


Abb. 8: Aufgabe zur Überprüfung der sequentiellen Argumentation: R_1 wird verdoppelt. Wie verhält sich die Stromstärke an der Lampe? Anschließend wird der ursprüngliche Widerstand R_1 wieder eingesetzt und dann R_2 verdoppelt. Wie verhält sich die Stromstärke an der Lampe? (nach Rhöneck)

Allgemein lässt sich sagen, dass vielen SchülerInnen die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen Strom, Spannung und Widerstand nicht klar werden. Eine besondere Schwierigkeit stellt der Begriff der elektrischen Spannung dar. Häufig wird zu wenig zwischen Stromstärke und Spannung differenziert. Auch ist die Vorstellung verbreitet, dass eine Batterie einen konstanten Strom liefert. Wenn in einer Schaltung nun ein Widerstand vergrößert wird, gehen 14% der Schüler in der Untersuchung von Rhöneck davon aus, dass sich die Stromstärke ebenfalls vergrößere.⁸⁷ Dies macht deutlich, dass grundsätzliche Konzepte

⁸⁶ Vgl. Rhöneck (1986). S.168 f.

⁸⁷ Vgl. Rhöneck (1986). S.169.

von den Begriffen Stromstärke, Spannung und Widerstand, häufig nicht vorhanden sind und insbesondere die Abgrenzung der Begriffe zueinander nicht ausreichend vollzogen wurde.

4.2 Elektrische Spannung

Das Wort Spannung ist eine Ableitung des Verbs spannen (von ahd. *spannan*: sich dehnen; ziehend befestigen). Im Sinne des Bildes eines gespannten Jagdbogens oder einer gespannten Feder kann es auch „freudig erregt sein“ bedeuten („Ich bin gespannt“). Im 17. Jh. wurde Spannung somit als Zustand des Gespanntseins, der erregten Erwartung genutzt. Seit dem 19. Jh. wurde der Begriff in den technischen Bereich der Dampfmaschinen und später der Elektrizität genutzt.⁸⁸ Auch der physikalische Begriff der Spannung ist somit aus der Alltagssprache entlehnt. Der Entlehnung liegt vermutlich die Vorstellung zugrunde, dass eine Spannung, ähnlich einer gespannten Feder, die Energie im Stromkreis angibt.

Weitere Wortbildungen mit dem Begriff Spannung sind die Determinativkomposita Spannungsquelle und Teilspannungen. Im sächsischen Lehrplan wird auch die galvanische Spannungsquelle genannt. Das Adjektiv galvanisch ist eine Wortbildung mit dem Namen des Physiker Galvani.

Das Formelzeichen der elektrischen Spannung ist U, die Einheit das Volt, benannt nach dem Physiker Alessandro Volta.

Die Spannung gilt als einer der schwersten physikalischen Begriffe, die Schüler im Unterricht bewältigen müssen. Das Konzept der Spannung beruht auf einigen physikalischen Modellen, die in der Schule nicht behandelt werden. Dies führt dazu, dass sich in Lehrwerken und auch Lehrplänen unterschiedliche Definitionen finden. Im sächsischen Lehrplan für die siebte Klasse wird Spannung als Antrieb des Stroms bezeichnet, in anderen Quellen findet man die Formeldefinition $U = \frac{W}{Q}$, Spannung als Maß für die je Elektron übertragbare Energie, als Maß für die durch Ladungstrennung gespeicherte Energie oder als Potentialdifferenz.⁸⁹

Um die Problematik noch etwas zu verdeutlichen, möchte ich Muckenfuß zitieren, der sich mit der „Komplexitätsreduktion theoriegeladener Begriffe durch die sinnstiftende Interpretation von Fachbegriffen“ anhand des Beispiels der elektrischen Spannung auseinandersetzt.

⁸⁸ Vgl. Duden: Das Herkunftswörterbuch. Eintrag spannen. S.783.

⁸⁹ Vgl. Müller (2012). S.5.

setzt hat. Er zieht zunächst die DIN-Normen hinzu:

DIN 1324, 2. Elektrische Spannung, 1.Absatz: „Das Linienintegral der elektrischen Feldstärke, das von einem Anfangspunkt 1 zu einem Endpunkt 2 einer Wegkurve s erstreckt wird, heißt elektrische Spannung:

$$U_{12} = \int_1^2 E ds "$$

DIN 1323, Abschnitt 1.1, 1.Absatz: „Ein kleiner Körper, der die gleichbleibende Elektrizitätsmenge Q trägt, legt in einem elektrischen Feld (siehe DIN 1324) einen Weg s von einem Anfangspunkt 1 zu einem Endpunkt 2 zurück. Dabei verrichten die Feldkräfte an dem Körper eine Arbeit A_{12} , die proportional zur Elektrizitätsmenge Q ist. Der Quotient A_{12}/Q ist deshalb eine von Q unabhängige, dem Weg s von 1 nach 2 zugeordnete Größe. Diese wird elektrische Spannung U zwischen 1 und 2, kurz U_{12} genannt. Es ist also $U_{12} = A_{12}/Q$.“

Diese Definition weist die Schwierigkeit der meisten physikalischen Begriffe für die Schule auf: Sie beruht auf einem komplexen mathematischen Konstrukt, das den SchülerInnen mit ihren mathematischen Kenntnissen nicht zugänglich ist. Es ist also die Aufgabe der Lehrkraft, das präzise mathematische Modell in ein sprachlich fassbares Modell zu überführen, das den SchülerInnen ein Verständnis des Begriffs ermöglicht ohne der präzisen Formulierung zu widersprechen. Um dies zu erreichen, ist es notwendig, die präzise Definition zu interpretieren und sie in für Lernende verständliche Worte zu fassen.

Muckenfuß betont, der Spannungsbegriff integriere mehr physikalische Theorie, als derzeit im Physik-Unterricht der Sekundarstufe 1 behandelt werde. Eine schulgerechte Begriffsbildung kann somit nie den vollständigen, nach DIN-Norm festgelegten, Begriffsinhalt wiedergeben. Um die formale Struktur des Spannungsbegriffs zu verdeutlichen, schlüsselt Muckenfuß die Ebenen, in denen dieser definiert werden kann, auf:

Ebene	innerwissenschaftlicher Realitätsbereich	Gleichungen (Operationen)	Einheitengleichung
IV	Potentialdifferenz in E-Feldern	$U_{12} = \int_1^2 E ds$ für homogene Felder: $U = E \cdot s$	$1V = 1(V/m) \cdot 1m$
III	Bewegung elektrischer Ladungen in E-Feldern	(für $E = \frac{F}{Q}$ bzw. $F \cdot s = W$): $U_{12} = \int_1^2 \frac{F}{Q} ds$ bzw. $U = \frac{F \cdot s}{Q} = \frac{W}{Q}$	$1V = 1(N/As) \cdot 1m$ $= 1(J/As)$
II	Stromkreise mit kontinuierlicher Ladungsträgerbewegung	(Multiplikation mit t/t): $U = \frac{F}{T} \cdot v = \frac{F \cdot v}{T} = \frac{P}{T}$	$1V = 1N \cdot (m/s) / A$ $= 1W/A$
I	Ströme durch ohmsche Leiter	(Substitution: $P = I^2 \cdot R$): $U = I \cdot R$	$1V = 1A \cdot 1\Omega$

Tab. 3: Abstraktionsebenen des Spannungsbegriffs nach Muckenfuß⁹⁰,

⁹⁰ Muckenfuß (1995). S.262.

wobei U: Spannung, E: elektrische Feldstärke, s: Strecke, F: Kraft, W: Arbeit, Q: Ladung, I: Stromstärke, v: Geschwindigkeit, P: Leistung, R: Widerstand

Von Ebene IV bis Ebene I wird der Definitionsbereich enger gefasst, das Abstraktionsniveau sinkt. Welches Niveau im Unterricht genutzt wird, hängt vom Kontext ab, in dem der Spannungsbegriff vermittelt werden soll. Laut Muckenfuß ist es möglich, „den Bedeutungsumfang des Spannungsbegriffs kommunikativ zu erfassen, also in wortfähiger Form für alltägliche Zusammenhänge nutzbar zu machen, ohne die Ebene II zu überschreiten.“⁹¹

Die Schwierigkeit besteht darin, den Begriff der Leistung zu interpretieren. P ist definiert als $P = \frac{W}{t}$, also Arbeit pro Zeit. Die Leistung gibt somit ein Arbeitstempo an. Zieht man die Gleichung $P = \frac{E}{t}$ hinzu, wird die Leistung hingegen als Energiestrom interpretiert. Damit gibt die elektrische Spannung einer Energiequelle (z.B. Batterie) den Energiestrom an, der die Quelle bei einer Elektrizitätsströmung von 1A verlässt.⁹²

4.2.1 Lebensweltnahe Analogien zur Vermittlung des Spannungsbegriffs

Um Lernenden den Spannungsbegriff nahezubringen, werden in der Unterrichtspraxis verschiedene Analogien genutzt, die den SchülerInnen ein besseres Verständnis ermöglichen sollen. Einige dieser Analogien sind aber nicht konsistent und können sogar Fehlvorstellungen verstärken. Aus Platzgründen sollen hier nur einige gängige Modelle kurz angerissen werden, sie können in der angegebenen Literatur nachgelesen werden.

Ein altes Modell, das verhältnismäßig viele falsche Vorstellungen vermittelt, ist das Rucksack-Modell. Es geht von der Gleichung $U = \frac{W}{Q}$ aus und interpretiert diese als eine gleichmäßige Aufteilung der transportierten Energie auf alle Ladungen. Die Ladungen tragen die Energie wie einen Rucksack und geben sie am „Verbraucher“, z.B. dem Widerstand oder der Glühlampe, ab. Bereits bei einer einfachen Reihenschaltung versagt dieses Modell. Woher soll das Elektron wissen, dass es nicht seine gesamte Energie beim ersten Verbraucher abgeben darf, da noch ein zweiter folgt? Diese Analogie kann beim Schüler sequentielle Argumentation, bei der der Stromkreis nicht als ganzes sondern Abschnittsweise betrachtet wird, und teleologisches Denken verstärken.⁹³ Hinzu kommt, dass im eigentlichen Sinne nicht die sich bewegenden Ladungen die Energie im Stromkreis transportieren, sondern das elektrische Feld.

⁹¹ Muckenfuß (1995). S.263.

⁹² Vgl. Muckenfuß (1995). S.265.

⁹³ Vgl. Müller (2012). S.6 f.

Der von Hermann Härtel am IPN entwickelte Unterrichtsgang betont den Systemaspekt des Stromkreises. Viele aktuelle Konzepte strukturieren den Unterrichtsgang durch die Einführung, Definition und Verwendung von Grundgrößen und abgeleiteten Größen (Ladung, Stromstärke, Widerstand, Spannung...). Dies vernachlässigt den Aspekt, dass diese Größen in ein System eingebunden sind und in diesem miteinander wechselwirken. Der Stromkreis wird als System verstanden, das Energie überträgt und sich im Wesentlichen durch die drei Komponenten Antrieb ($\hat{=}$ Spannung), in sich geschlossener Materiestrom ($\hat{=}$ elektrischer Strom) und Behinderung ($\hat{=}$ Widerstand) konstituiert. Durch Wechselwirkungen mit der Umgebung wird Energie aufgenommen und abgegeben (Vgl. Abb. 9). Man müsse den Schülern die bewegten Elektronen im Stromkreis als einen steifen Ring vermitteln, der somit eine Kraftübertragung ermöglicht, die schneller als die eigentliche Materiebewegung ist. Dies könne für einen einfachen Stromkreis eine Fahrradkette sein, für komplexere Schaltungen ein Wasserkreislauf unter hohem Druck. In einer solchen Analogie ist die Spannung der Antrieb, der nicht einzelnen Elektronen sondern immer direkt dem gesamten Stromkreis Kraft überträgt.⁹⁴

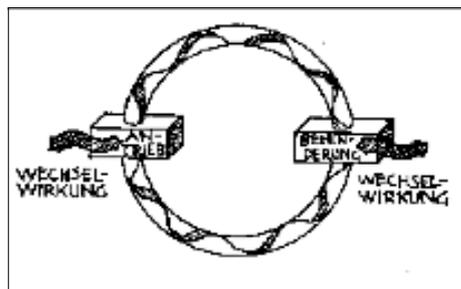


Abb. 9: Stromkreis als energieübertragendes System⁹⁵

Müller plädiert dafür, den Spannungsbegriff als Potentialdifferenz mithilfe einer Höhenanalogie zu vermitteln. Die Höhenanalogie ist aus der Mechanik anschaulich und für die SchülerInnen leichter greifbar zu vermitteln. Die potentielle Energie $E = h \cdot g$ wird analog zur potentiellen Energie des elektrischen Feldes gesetzt. Wie eine Kugel, die von einem Berg rollt, durchläuft das Elektron das elektrische Potential. Die Spannung kann nun als Differenz der potentiellen Energien an zwei Punkten definiert werden, welche sich der Schüler anschaulich als Höhe vorstellen kann.⁹⁶

⁹⁴ Vgl. Härtel (1981). S.8-10.

⁹⁵ Härtel (1981). S.8.

⁹⁶ Vgl. Müller (2012). S.11-15.

4.3 Elektrischer Widerstand

Auch dieser Begriff ist mit dem Adjektiv elektrisch spezifiziert. Insbesondere im mündlichen Sprachgebrauch wird dieses aber häufig ausgelassen und man spricht nur von einem Widerstand. Dies ist dann aus sprachökonomischen Gründen vertretbar, wenn aus dem Kommunikationskontext hervorgeht, dass es sich um einen elektrischen Widerstand handelt. So kann ein Physik-Dozent in einer Experimentalphysikvorlesung davon ausgehen, dass seine Studierenden ihn auch verstehen, wenn er von Widerstand spricht und nicht etwa Widerstand i.S.v. „Widerstand gegen die Staatsgewalt“ interpretieren.

Widerstand ist eine Derivation aus einer subjektivierten Form des Verbs stehen (Stand) und dem Präfix wider- für „gegen“. Der Begriff *widerstant* ist in dieser Form bereits aus dem Spätmittelhochdeutschen überliefert und bedeutet das Entgegenreten, das Widersetzen.⁹⁷ Es ist somit keine Neubildung der physikalischen Fachsprache sondern eb. aufgrund des Ähnlichkeitsprinzips aus der Alltagssprache entlehnt. Der Begriff transportiert die Vorstellung, dass sich ein Bauteil dem Durchfließen des elektrischen Stroms widersetzt und ihn behindert, ähnlich einem Fels, der in einem Fluss liegt.

Auch innerhalb der physikalischen Fachsprache ist der Begriff Widerstand doppelt besetzt. Ein Widerstand bezeichnet zum einen eine Eigenschaft oder Messgröße eines Bauteils („Der Draht hat einen hohen Widerstand“), zum anderen wird die Bezeichnung aber auch auf das Bauteil selbst übertragen („Wir bauen einen Widerstand in die Schaltung.“).

4.4 Sonstige Begriffe

Nachdem die zentralen Begriffe der Elektrizitätslehre ausführlich aus didaktischer und sprachwissenschaftlicher Sicht dargelegt wurden, sollen hier einige weitere Begriffe kurz auf ihre Wortherkunft und -bildung hin untersucht werden. So ist es möglich, Bedeutungsüberschneidungen und auf diesen beruhende Lernschwierigkeiten oder Fehlvorstellungen abschätzen zu können.

4.4.1 Wortgruppe leiten

Das Verb leiten (mhd. *leiten*, ahd. *leitān*) ist altgermanischen Ursprungs und bedeutet ursprünglich gehen, fahren machen i.S.v. führen.⁹⁸ Der physikalische Begriff leiten ist somit eine metaphorische Übertragung dieses menschlichen Handlungsverbs auf einen physikali-

⁹⁷ Vgl. Duden: Das Herkunftswörterbuch. Eintrag wider, wieder. S.927.

⁹⁸ Vgl. Duden: Das Herkunftswörterbuch. Eintrag leiten. S.481.

schen Prozess. Leiten ist im physikalischen Sinne das „führen“ von Ladungen von einem Ort zu einem anderen. Hieraus leitet sich das Substantiv Leiter⁹⁹ (Derivation mit Affix -er) ab, das einen Stoff klassifiziert, der elektrische Ladungen transportieren kann und die Leitung (Derivation mit Affix -ung) als konkrete Realisierung eines Leiters. Als Kompositionen findet man z.B. Verbindungsleiter, Leitfähigkeit und Elektronenleitung sowie Halbleiter, Kaltleiter, Heißleiter und Supraleiter.

Der Gegenbegriff zu Leiter ist der Isolator (synonym: Nichtleiter, Dielektrikum). Es handelt sich um ein substantiviertes Verb. Das Verb isolieren wurde Ende des 18. Jh. aus dem Französischen entlehnt und bedeutet absondern, vereinzeln. Ursprünglich stammt das Wort vom italienischen *isola* (Insel).¹⁰⁰ Ein Isolator transportiert keine oder nur sehr schlecht Ladungen und schirmt bzw. sondert sie somit von der Umgebung ab. Auch dieser physikalische Begriff ist aufgrund eines Ähnlichkeitsprinzips aus der Alltagssprache entlehnt.

4.4.2 Wortgruppe schalten

Das Verb schalten ist bereits im Mhd. (*schalten*) und Ahd. (*scaltan*) belegt und bedeutet stoßen, schieben. Der Schalter bezeichnet einen mechanischen Schieber oder Riegel. Dies wird in die Elektrizitätslehre übertragen, hier bezeichnet ein Schalter ab dem 20. Jh. einen „Schieber zum Schließen oder Verändern eines elektrischen Stromkreises“.¹⁰¹ Auch heute noch ist das Schalten i.d.R. mit einer mechanischen Bewegung verknüpft (Lichtschalter) und hat daher seine ursprüngliche Bedeutung im Grunde beibehalten. Das Verb könnte aber die Fehlvorstellung implizieren, dass beim Unterbrechen des Stromkreises ein Hindernis zwischen die Leiter geschoben wird. Es wird aber die Leitung dadurch unterbrochen, dass der Schalter geöffnet wird und sich nichtleitende Luft zwischen den Leiterenden befindet. Bei moderneren Schalttechniken spricht man stattdessen häufig von Sensoren oder bei stufenlosen Schaltern von Reglern. Zusammensetzungen mit dem Wort schalten sind Schaltplan, Schaltung, Parallelschaltung, Reihenschaltung.

⁹⁹ Leiter ist in der Alltagssprache bereits ein Polysem, es kann einen Führer oder aber ein Steiggerät bezeichnen.

¹⁰⁰ Vgl. Duden: Das Herkunftswörterbuch. Eintrag isolieren. S.369.

¹⁰¹ Duden: Das Herkunftswörterbuch. Eintrag schalten. S.705.

5. Kriterien für die Analyse der Lehrbuchtexte

Hier sollen zunächst die Analyse Kriterien für die folgende Lehrbuchanalyse präzisiert werden. Die Analyse erfolgt in den Bereichen der Lexik und Syntax. Anschließend wird das Hamburger Verständlichkeitsmodell vorgestellt, das zur fachdidaktischen Bewertung der Texte herangezogen wird.

5.1 Lexik

Da die Lehrbücher in Hinblick auf Fach- und Alltagssprache analysiert werden sollen, interessieren im Bereich der Lexik in erster Linie die Fachbegriffe. Die im Text genutzten Fachbegriffe sollen zunächst quantitativ untersucht werden: Wie viele unterschiedliche Fachbegriffe nutzt das Lehrbuch? Werden alle Fachbegriffe explizit eingeführt und definiert? Wie erklärt das Lehrbuch Fachbegriffe und ermöglichen die Erklärungen dem Lernenden eine ausreichende Begriffsdefinition? Sinnvoll ist es, den Lernenden unterschiedliche Zugänge zu den Begriffen zu ermöglichen. Dies kann z.B. durch metaphorische Übersetzungen des Fachbegriffs, Analogien aus der direkt erfahrbaren Welt oder durch die Nennung wichtiger Repräsentanten einer Kategorie, dem Verknüpfen mit und der Diskrimination zu anderen Fachbegriffen geschehen.

Anhand der Fachbegriffsdichte kann, als wichtiges Merkmal von Fachsprachlichkeit, eine Einteilung der Sprachebenen in Alltagssprache und Fachsprache und eventuelle Abstufungen geschehen.

Außerdem sollen die Fachbegriffe in Wortgruppen zusammengefasst werden. Gibt es auffallend viele Wortbildungen mit einem Begriff? Welche Möglichkeiten gibt es, den Fachwortschatz zu gliedern? Dies soll ohne Anspruch auf Vollständigkeit exemplarisch geschehen und v.a. einen Einblick geben in die Verknüpfung der zahlreichen Fachbegriffe.

Um eine Vergleichsbasis zu haben, sollen die Begriffe, die im sächsischen Lehrplan genutzt werden, herangezogen werden. Diese sind in der Tabelle 4 dargestellt. Nur die hervorgehobenen Begriffe (elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, elektrischer Widerstand) werden im Lehrplan explizit als Begriff verlangt. Bei diesen Begriffen führt der Lehrplan als Lernziel „Kennen der physikalischen Größe...“ auf.

Um die hier unter fachsprachlichen Schlagworten zusammengefassten, geforderten Inhalte wirklich vollständig vermitteln zu können, sind weitere Fachinhalte notwendig. Dies führt dazu, dass weitere Fachbegriffe eingeführt und genutzt werden müssen. So verlangt z.B.

die Kategorisierung in Leiter und Isolatoren, dass man über Stoffe und Stromfluss spricht. Somit ist der im Folgenden angestellte Vergleich zwischen den im Lehrplan auftretenden Begriffen und den in den Lehrbüchern verwendeten Begriffen nur eine grobe Abschätzung.

Klasse	Lernbereich	Fachbegriffe im sächsischen Lehrplan
6	LB4 Elektrische Stromkreise	elektrischer Strom, Leiter und Isolatoren, Stromkreis, Schaltplan, einfacher Stromkreis, verzweigter und unverzweigter Stromkreis OPTIONAL: Leitfähigkeit, Spannungsquelle, Verbindungsleiter, Gerät, Schalter
7	LB2 Stromstärke und Spannung in Stromkrei- sen	Leitung, elektrische Stromstärke, Elektronenleitung, Spannung, Spannungsquelle OPTIONAL: Parallelschaltung, galvanische Spannungsquelle, Generator, Teilspannungen, Reihenschaltung
8	LB3 Eigenschaften elektrischer Bauelemente	Elektrischer Widerstand, Bauelement, Halbleiter, Kennlinie, Ohmsches Bauelement, Ohmsches Gesetz, elektrische Energie, Leistung, Energieumwandlung, Entwertung OPTIONAL: technische Widerstände, Kaltleiter, Heißeiter, Supraleiter, Glühlampe, Thermistor, Konstantandraht

Tab. 4: Fachbegriffe aus dem Sächsischen Lehrplan Physik für Gymnasien¹⁰²

5.2 Syntax

Die Syntax soll ebenfalls mit Hinblick darauf untersucht werden, inwieweit die Lehrbuchtexte Merkmale fachsprachlicher Texte aufweisen.

Die Analyse teilt sich in einen quantitativen und einen eher qualitativen Teil. Im quantitativen Teil soll untersucht werden, welche Satzarten im Text genutzt werden und wie die durchschnittlichen Satzlängen ausfallen. Um die Komplexität der syntaktischen Struktur abschätzen zu können, soll neben der Satzlänge auch erhoben werden, wie viele Nebensätze es gibt und welcher Art diese Nebensätze sind.

Die weiteren unter Gliederungspunkt 2.5.1 *Syntaktische Merkmale von Fachsprachen* dargestellten syntaktischen Eigenschaften, v.a. die Anonymisierung durch Passivformulierungen und Nominalisierungen, sollen qualitativer behandelt werden. Die Texte werden in diesem Abschnitt darauf analysiert, ob sie diese Merkmale aufweisen. In einigen Fällen kann eine halbquantitative Abschätzung der Häufigkeit dieses Merkmals gemacht werden.

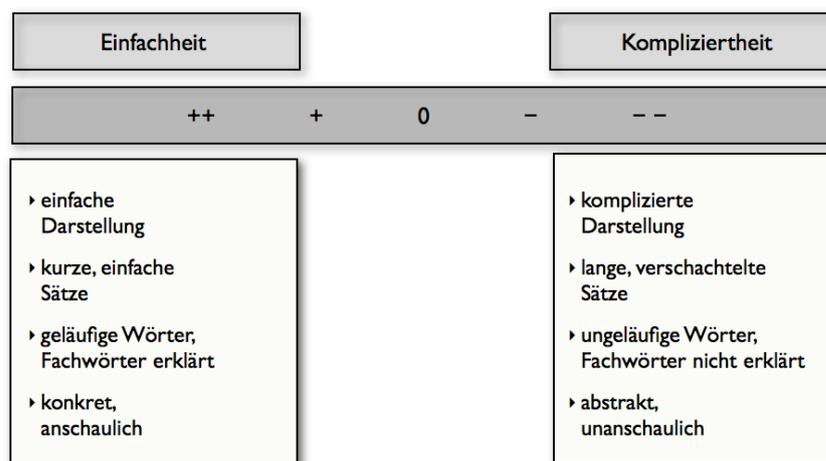
¹⁰² Vgl. Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport (2011).

5.3 Das Hamburger Verständlichkeitsmodell

Das Hamburger Verständlichkeitsmodell charakterisiert Texte über die Ausprägung der Merkmale der Verständlichkeit. Diese sind Einfachheit, Gliederung/Ordnung, Kürze/Prägnanz und anregende Zusätze. Die Merkmale sind nicht direkt quantisierbar und bieten keine konkrete Vergleichsbasis. Die Einschätzung eines Textes ist somit immer zu einem gewissen Grad subjektiv.

Das Merkmal Einfachheit bezieht sich auf Lexik und Syntax eines Textes. Ein sehr einfacher Text besteht aus geläufigen, anschaulichen Worten, die kurze und einfache Sätze bilden. Fremdwörter und Fachausdrücke, die dem Lesenden nicht bekannt sind, verringern die Verständlichkeit. Ebenso verhält es sich mit komplexen syntaktischen Strukturen. Verschachtelte Sätze mit vielen Nebensätzen machen das Lesen ebenfalls schwieriger.

Das folgende Merkmalsbild (Tab. 5) zeigt die einzelnen Merkmale einfacher und komplizierter Texte. Ein Text kann in seiner Einfachheit bewertet werden. Je mehr Merkmale der linken Spalte ein Text erfüllt, desto einfacher ist er. Je nachdem, wie die Merkmale verteilt sind, kann der Text von ++ (sehr einfach) bis -- (sehr kompliziert) bewertet werden.



Tab. 5: Merkmalsbild Einfachheit nach Langer, Schulz von Thun, Tausch ¹⁰³

Das Merkmal Gliederung/Ordnung bezieht sich auf die äußere Struktur und die innere Ordnung eines Textes. Innere Ordnung meint, dass sich die einzelnen Sätze aufeinander beziehen, während die äußere Gliederung eines Textes durch Überschriften, Kapitel u.Ä. aufgezeigt wird. Das Merkmalsbild ist in Tabelle 6 dargestellt.

¹⁰³ Vgl. Langer, Schulz von Thun, Tausch (2011). S.22.

Gliederung/Ordnung			ungegliedert, ohne Zusammenhang	
++	+	0	-	--
<ul style="list-style-type: none"> ▸ gegliedert ▸ folgerichtig ▸ übersichtlich ▸ Wesentliches – Unwesentliches unterscheidbar ▸ roter Faden erkennbar ▸ alles kommt „der Reihe nach“ 			<ul style="list-style-type: none"> ▸ ungegliedert ▸ zusammenhanglos, wirr ▸ unübersichtlich ▸ Wesentliches – Unwesentliches nicht unterscheidbar ▸ roter Faden geht oft verloren ▸ alles geht durcheinander 	

Tab. 6: Merkmalsbild Gliederung/Ordnung nach Langer, Schulz von Thun, Tausch ¹⁰⁴

Das Merkmal Kürze/Prägnanz ist der von Fachtexten geforderte Eigenschaft Ökonomie verwandt. Ein Text sollte möglichst keine oder wenige unnötige Informationen beinhalten sondern im Wesentlichen sein „Informationsziel“ vermitteln. Die zugehörigen Merkmale sind in Tabelle 7 aufgelistet.

Kürze/Prägnanz			Weitschweifigkeit	
++	+	0	-	--
<ul style="list-style-type: none"> ▸ kurz ▸ aufs Wesentliche beschränkt ▸ gedrängt ▸ aufs Lehrziel konzentriert ▸ knapp ▸ jedes Wort ist notwendig 			<ul style="list-style-type: none"> ▸ zu lang ▸ viel Unwesentliches ▸ breit ▸ abschweifend ▸ ausführlich ▸ vieles weglassbar 	

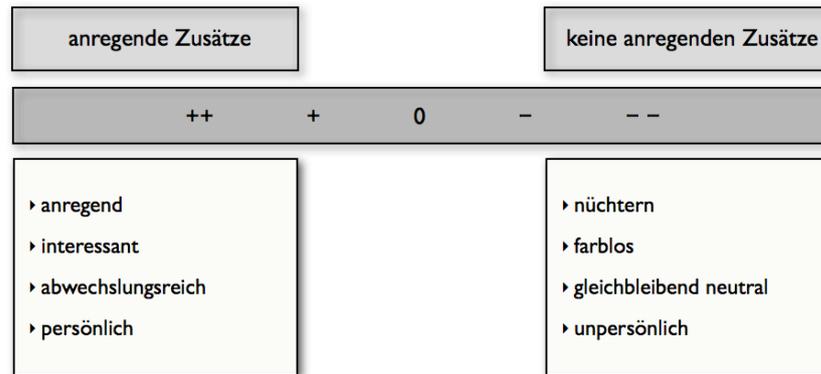
Tab. 7: Merkmalsbild Kürze/Prägnanz nach Langer, Schulz von Thun, Tausch ¹⁰⁵

Das letzte Merkmal bezieht sich auf anregende Zusätze. Diese stehen in gewisser Weise im Gegensatz zur geforderten Kürze. Sie sind für das Vermitteln eines Sachverhaltes nicht notwendig, erfüllen aber den Zweck, dass sie den Lesenden interessieren, ansprechen und (auch emotional) involvieren. In Lehrbüchern könnten dies Alltagsbeispiele, Analogien oder technische Anwendungen sein. Eine Möglichkeit, die Merkmale Kürze/Prägnanz und anregende Zusätze in Einklang zu bringen, besteht darin, die Zusätze selbst knapp zu hal-

¹⁰⁴ Vgl. Langer, Schulz von Thun, Tausch (2011). S.24.

¹⁰⁵ Vgl. Langer, Schulz von Thun, Tausch (2011). S.26.

ten und nicht zu viele Zusätze zu einer Information anzubringen. Das Merkmalsbild beinhaltet folgende Eigenschaften:



Tab. 8: Merkmalsbild Kürze/Prägnanz nach Langer, Schulz von Thun, Tausch ¹⁰⁶

Für ein Gesamturteil über einen Text sind die Merkmale unterschiedlich stark gewichtet. Am wichtigsten ist die Einfachheit eines Textes. Ein optimaler Text sollte in der Einfachheit die Wertung „++“ erhalten. Ähnlich wichtig ist die Gliederung/Ordnung des Textes. Auch hier sollte ein einwandfrei verständlicher Text die Wertung „++“ bekommen. Anders verhält es sich beim Punkt Kürze/Prägnanz. Extrem knappe Texte werden schwer verständlich, Weitschweifigkeit ist ebenfalls nicht sinnvoll. Einem guten Text sollte ein Mittelmaß gelingen: Er sagt so viel, wie für ein gutes Verständnis notwendig ist. Optimalerweise erhält ein solcher Text „+“ oder „0“ in der Bewertung. Auch die anregenden Zusätze sollten nicht zu zahlreich und weitschweifig sein und somit bei „0“ oder „+“ liegen. Wie sinnvoll anregende Zusätze sind, hängt auch von der Gliederung des Textes ab. Sind sie gut in den Text eingegliedert, können auch mehrere Beispiele genannt werden. Bei unstrukturierten Texten können sie die Unstrukturiertheit noch erhöhen und damit das Verständnis des Lesenden erschweren.¹⁰⁷ Diese Wertungen können in einem Beurteilungsfenster zusammengefasst werden:

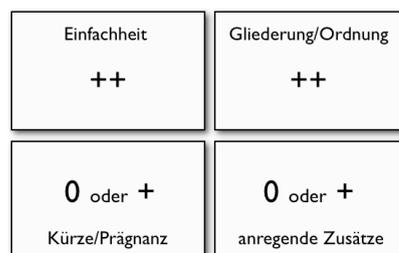


Abb. 10: Beurteilungsfenster nach dem Hamburger Verständlichkeitsmodell

¹⁰⁶ Vgl. Langer, Schulz von Thun, Tausch (2011). S.27.

¹⁰⁷ Vgl. Langer, Schulz von Thun, Tausch (2011). S.32.

6. Analyse der Lehrbuchtexte

Nach einem kurzen Einblick in den Aufbau der zwei analysierten Lehrbuchreihen, werden in diesem Kapitel die Analyseergebnisse der Lehrbücher der Klassenstufen sechs, sieben und acht präsentiert. Hierzu wird zunächst die Lexik und Syntax mit Blick auf den Grad an Fachsprachlichkeit betrachtet. Anschließend sollen die Texte mit Hilfe des vorgestellten Hamburger Verständlichkeitsmodells in Bezug auf ihre Verständlichkeit bewertet werden.

6.1 Grundsätzlicher Aufbau der Lehrwerke

Beide Lehrwerke sind in Kapitel zu den einzelnen Themengebieten eingeteilt. Zu jedem Kapitelbeginn steht eine bunt gestaltete Seite, die mit Bildern und sehr kurzen Informationstexten in das Thema einleiten soll (vgl. Abb. 11). Diese sollten sich sprachlich an der Alltagssprache der SchülerInnen orientieren, da zu Beginn der Lerneinheit noch keine fachsprachlichen Kenntnisse aus diesem Bereich vorauszusetzen sind.



Abb. 11: Einführungsseite elektrische Stromkreise in Level Physik 6

Nach dieser kurzen Einleitung folgen Informationstexte, die fachliche Inhalte vermitteln sollen. Hierzu gehört auch die Definition von Fachbegriffen. In die Texte eingebettet sind Merksätze, die das Gelernte kurz und prägnant zusammenfassen. Bei Duden Paetec Level Physik sind diese blau unterlegt und durch ein (M) markiert. Zusätzlich finden sich auf den Seiten Informationskästen mit Alltagsbeispielen, Methoden und weiterführenden Informa-

tionen. Zum Ende des Kapitels gibt es Anwendungsseiten „Physik in Natur und Technik“, in denen mit Hilfe der fachlichen Erkenntnisse aus diesem Kapitel einige anwendungs- oder phänomenorientierten Inhalte vermittelt werden, oder Projekte und Methoden. Im Anschluss an den vermittelnden Informationstext folgen Seiten mit Experimenten und Aufgaben. Den Abschluss der Kapitel bildet eine Seite mit dem Titel „Das Wichtigste auf einen Blick“. Hier werden in kurzen Stichworten und grafisch unterstützt die wichtigsten Erkenntnisse des Kapitels zusammengefasst.

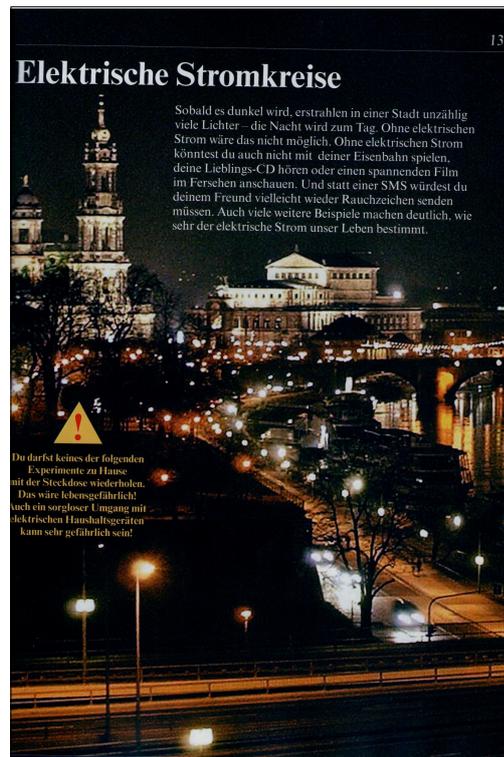


Abb. 12: Einführungsseite Der elektrische Strom Cornelsen Volk und Wissen Physik Plus 6

Auch die Reihe Cornelsen Volk und Wissen Level Physik gestaltet zunächst eine einseitige Einführungsseite (vgl. Abb. 12), die ebenfalls mit einem großen Bild und alltagsrelevanten Beispielen gestaltet ist. Im Beispiel oben ist die beleuchtete Altstadt Dresdens zu erkennen. Es folgt eine weitere kurze Einleitung zu dem jeweiligen Unterkapitel. Diese zweiten Einleitungen bestehen ebenfalls aus einem Bild und einem blau hinterlegten Text. In diesem Text wird der Leser direkt angesprochen, es werden Fragen aufgeworfen, die das Interesse für das Kapitelthema wecken sollen oder alltagsnahe Situationen geschildert (vgl. Abb. 13). Zusätzlich wird die innere Gliederung des Textes durch fett gedruckte Ellipsen mit Überschrift-Funktion verstärkt.



Abb. 13: Einführung in das Teilkapitel „Der elektrische Strom“ Cornelsen Volk und Wissen Physik Plus 6

Im darauf folgenden Fließtext, der die Inhalte vermittelt, sind zum einen blau hinterlegte Experimente eingebunden, die den Erkenntnisgang des Textes unterstützen sollen, zum anderen finden sich auch hier blau hinterlegte Merksätze. Die Physik-Plus-Reihe bietet ebenfalls weiterführende Ausblicke. Diese können entweder „Ein Blick in die Technik“ oder „Ein Blick in die Natur“, indem weiterführende Technik- oder Natur-orientierte Inhalte dargestellt werden, „Ein Blick in die Geschichte“, indem wissenschaftsgeschichtliche Hintergründe oder Ausblicke zum Thema dargestellt werden, ein „Projekt“ oder eine „Selbsterforscht“-Seite mit alltagsnahen Experimenten und Inhalten bzw. Anleitungen zum selbstständigen Arbeiten. Den Abschluss des Kapitels bilden auch hier zunächst Aufgaben und anschließend eine kurze Zusammenfassung der Inhalte. Zusammenfassung und Aufgaben beschränken sich meist auf eine Seite.

In den folgenden Analysen beziehe ich mich auf die Fließtexte, in denen Inhalte neu vermittelt werden. Die Ausblicke in Technik, Umwelt und Geschichte ziehe ich zur Lexik-Analyse hinzu, da auch hier z.T. relevante Inhalte vermittelt werden. Die in den Text eingebetteten Merksätze werden getrennt betrachtet, da sie keine vermittelnde sondern eine zusammenfassende Funktion erfüllen und sich sprachlich von den Fließtexten unterscheiden, was im Folgenden gezeigt wird.

6.2 Lehrbuchttexte Klasse 6: Elektrische Stromkreise

Im Unterricht der sechsten Klasse sollen sich die SchülerInnen in erster Linie qualitativ mit physikalischen Phänomenen auseinandersetzen. Den allgemeinen Zielen der Klassenstufe sechs des sächsischen Lehrplans für Gymnasien ist als Ziel das „Nutzen der Fachsprache sowie fachspezifischer Darstellungen“ zu entnehmen. Es heißt: „Die Schüler erweitern ihre Alltagssprache und lernen die Fachsprache der Physik in angemessener Form zu nutzen. Dabei erkennen sie, dass physikalische Erscheinungen mit der Fachsprache oft genauer

beschrieben werden.“¹⁰⁸

Neben diesem und weiteren wissenschaftspropädeutischen Zielen sollen die SchülerInnen im *Lernbereich 4: Elektrische Stromkreise* an das Thema herangeführt werden. Die übergeordneten Lernziele lauten „Sich positionieren zur Bedeutung des elektrischen Stroms“ und „Beherrschen des Aufbaus von Stromkreisen nach Schaltplänen“.¹⁰⁹

6.2.1 DUDEN Paetec: Level Physik Klasse 6

Die Lerneinheit Strom ist in die Absätze „Wirkungen des elektrischen Stroms“, „Der elektrische Stromkreis“, „Leiter und Isolatoren“ und „Einfache Stromkreise“ unterteilt. Es folgt eine Seite mit dem Ausblick „Physik in Natur und Technik“ mit den Abschnitten „Elektrischer Strom aus der Tasche“ und „Zwei, die zueinander passen“. Die Lerneinheit umfasst die Seiten 130 bis 139. Die vermittelnden Texte finden sich auf den Seiten 132 bis 136. Damit ist das Kapitel mit nur 5 Textseiten relativ kurz gefasst.

6.2.1.1 Lexikalische Betrachtungen

ANZAHL. Zunächst fällt ins Auge, dass im Lehrbuch wesentlich mehr Fachbegriff auftreten, als im Lehrplan gefordert sind. Während im Lehrplan nur acht Fachbegriffe explizit gefordert und weitere fünf Begriffe in der rechten, optionalen Spalte des Lehrplans auftauchen, verwendet Level Physik 6 im Themenbereich Elektrizitätslehre 62 Fachbegriffe (davon 8 im optionalen Teil), die größtenteils nicht eingeführt und definiert werden.

Einige der vorkommenden Fachwörter sind im alltäglichen Sprachgebrauch soweit etabliert, dass sie den Lernenden im Lernprozess nicht stark behindern dürften.¹¹⁰ Ohne diese Begriffe gibt es allerdings noch immer 48 Fachbegriffe, die den SchülerInnen das Lesen der Texte erschweren.

¹⁰⁸ Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport (2011). S.8.

¹⁰⁹ Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport (2011). S.11 f.

¹¹⁰ Diese sind fließen, Strom, Glühlampe (im Alltagssprachgebrauch häufig auch auf Grund der Formähnlichkeit Glühbirne genannt), Gerät, Kabel, Leitung, Flüssigkeit, Metall, Kunststoff, Sicherung, Schalter und Batterie.

Lehrplan Klasse 6:

elektrischer Strom Leiter und Isolatoren Stromkreis Schaltplan einfacher Stromkreis verzweigter Stromkreis unverzweigter Stromkreis	optional: Leitfähigkeit Spannungsquelle Verbindungsleiter Gerät Schalter
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

Level Physik Klasse 6:

(S.132): fließen, elektrischer Strom , elektrische Leiter , elektrische Geräte charakteristische Wirkung, Lichtwirkung, Wärmewirkung, chemische Wirkung, magnetische Wirkung Glühlampe, Leuchtstofflampe, Elektromagnete, Elektromotor, Verchromen, Vergolden Stromkreis , Schalter , elektrische Quelle, elektrischer Verbraucher, elektrische Leitungen , Rückleitung, Batterie, Akkumulator, Solarzelle, Stromquelle, Spannungsquelle , Elektrizitätsquelle, Pole, Gleichstrom, Minuspol, Pluspol, Polung	(S.133): Wechselstrom, elektrische Spannung, Einheit, Volt, geerdet, Sicherungen, Bauteil, Bauform, Widerstand, Schaltplan , Schaltzeichen (S.134): Nichtleiter, Isolatoren , Isolation Flüssigkeit, Salzlösungen, Säuren, Basen, Metall, Keramik, Kunststoff, destilliert, Körper (S.135): zusammenschaltet, Schaltung, unverzweigter Stromkreis , Reihenschaltung, verzweigter Stromkreis , Parallelschaltung optional: (S.136): Stabtaschenlampe, Schutzkontaktstecker / Schukostecker, Schutzkontaktsteckdose (Schukodose), Schukoanschlüsse, dreiadriges Kabel, Schutzleiter
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FACHWORDDICHTE. Der Text weist eine verhältnismäßig hohe Dichte an Fachwörtern auf. Insgesamt sind im Fließtext 230 von 714 Wörtern Fachwörter.¹¹¹ Dies entspricht 32,2% der verwendeten Wörter. Damit ist fast jedes dritte aller verwendeten Wörter ein Fachwort! Der Großteil der verwendeten Fachwörter sind Substantive. Betrachtet man die im Text verwendeten Substantive separat, so erhält man eine Fachwordtdichte von 185/267, was 69,3% aller Substantive entspricht. Weniger als ein Drittel der verwendeten Substantive des Textes sind damit alltagssprachlich. Betrachtet man die grundlegenden vermittelnden Texte getrennt von den Ausblicken, ergibt die Fachwordtdichte in den „Basistexten“ 31,27%, im Ausblick „Physik in Natur und Technik“ ist sie mit 22,01% wesentlich geringer.

¹¹¹ Für die Berechnung der Fachwordtdichte wurden die alltagsnahen Fachwörter mitgezählt. Da nicht davon ausgegangen werden darf, dass alle SchülerInnen diese Fachwörter kennen, ist es für die didaktische Bewertung des Textes besser, den Wert durch eventuell bekannte Begriffe etwas zu überschätzen als ihn zu unterschätzen.

In der einseitigen Einleitung tauchen fast nur alltagsnahe Fachbegriffe (elektrischer Strom, Stromausfall, automatische Anlage, Gerät, Fahrraddynamo, Kabel und Isolierung) auf. Nur das Wort Isolierung könnte den SchülerInnen hier Schwierigkeiten bereiten. Der Einstiegstext kann somit eingeschränkt als alltagssprachlich gelten.

In den Merksätzen, die eine kondensierte Form des vermittelten Wissens darstellen, erwartet man eine höhere Fachsprachlichkeit als im erklärenden Fließtext. Dies spiegelt sich in der Dichte an Fachwörtern wider. In den Merksätzen sind 31 von 75 Wörtern Fachwörter (41,3%). 16 von 19 Substantiven sind Fachwörter (84%).

WORTGRUPPEN. Bei einigen Wörtern ist die Überschneidung zur Alltagssprache so groß, dass eine Einordnung in Fachwort oder Wort der Alltagssprache schwer fällt. So habe ich Stabtaschenlampe als Fachwort eingeordnet, da der Begriff eine für den Schüler ungewöhnliche Zusammensetzung ist, die in der Alltagssprache nicht oder nur selten genutzt wird. Hingegen habe ich Taschenlampe als alltagssprachlich eingeordnet, da es sehr häufig genutzt wird. Bei anderen Wörtern, die alltagssprachlich verwendet werden, habe ich mich bei der Einordnung auf den Kontext bezogen, so wird Wirkungen ohne attributive Ergänzung als Alltagssprache gesehen, während es in Wortkompositionen oder mit Attribut zu den Fachwörtern gezählt wird (z.B. chemische Wirkung, Wärmewirkung). Interessant ist außerdem das Wort Akkumulator. In der Alltagssprache ist nur das Kurzwort Akku verbreitet, das korrekte Fachwort ist den meisten Sprachnutzern nicht geläufig. Das Kurzwort wird im Text an keiner Stelle genannt, daher kann es passieren, dass einige Lernende diese beiden Wörter nicht als synonym erkennen und das Wort Akkumulator somit nicht verstehen. Anders verhält es sich bei dem Kurzwort Schuko für Schutzkontakt. Dieses wird an einer Stelle eingeführt und im weiteren Text nur in der abgekürzten Version (Schukostecker, Schukodose) genutzt. Es ist fraglich, ob Lernenden die lange Komposition Schutzkontaktstecker oder die abstraktere abgekürzte Form Schukostecker schwieriger erscheint. Beide Varianten des Begriffs sind in der Alltagssprache, insbesondere für SchülerInnen der sechsten Klasse, nicht geläufig.

Einige synonyme Fachwörter werden direkt als solche eingeführt und vermutlich aufgelistet, damit der Lernende diese bei Verwendung in anderen Zusammenhängen kennt. So listet der Autor verschiedene Namen für elektrische Quellen auf: „Man nennt elektrische

Quellen auch Stromquellen, Spannungsquellen oder Elektrizitätsquellen.“ (S.132).¹¹² Andere neue Fachwörter sind meiner Meinung unnötig und werden auch nicht eingeführt, so taucht z.B. im technischen Ausblick (S.136) das Wort Rückleitung auf, obwohl zuvor immer nur von Leitungen gesprochen wird und auch in diesem Zusammenhang das einfachere Wort Leitung benutzt werden könnte.

DEFINITIONEN. Einige Fachwörter werden nicht explizit definiert. Hierzu zählen die grundlegenden Fachbegriffe elektrischer Strom, Stromkreis und elektrische Spannung. Sie werden direkt zu Beginn des Kapitels genutzt und den Lernenden ist eine Begriffskonstruktion nur ansatzweise über die Kontexte, in denen die Begriffe genutzt werden, möglich.

Das Wort Schalter wird in einem Relativsatz über seine Funktion definiert: „Schalter [...], mit dem der Stromkreis geöffnet oder geschlossen werden kann.“ (S.132). Ähnlich wird die Sicherung definiert: „die bei Störungen und Überlastung den Stromkreis unterbrechen.“ (S.133).

Elektrische Quelle werden durch eine Auflistung typischer Vertreter definiert: „Elektrische Quellen sind z.B. Batterien, Akkumulatoren oder Solarzellen.“ (S.132). Die Fachbegriffe Lichtwirkung, Wärmewirkung, magnetische Wirkung und chemische Wirkung werden anhand von Beispielen eingeführt (S.132). Fachsprachliche Elemente sind außerdem einige substantivierte Verben: die Nutzung, zum Verchromen, Vergolden (S.132), beim Umgang (S.134), zur Anwendung (S.135), Berührung (S.136), die Benutzung (S.136), zum Betreiben (136).

Eine direkte Definition erfolgt bei dem Begriff Verbraucher („Verbraucher sind Anordnungen, in denen die verschiedenen Wirkungen des elektrischen Stroms genutzt werden, um z.B. Licht und Wärme zu erzeugen.“, S.133). Das Wort Verbraucher wird somit zusätzlich über seine, im Relativsatz beschriebene, Funktion definiert. Auch die Begriffe Leiter und Isolator (S.134) werden explizit definiert.

SONSTIGES. Im Text werden mehrfach die Abkürzungen z.B., s. Abb. und s. S. genutzt. Auch diese Form der Sprachökonomie ist typisch für fachsprachliche Texte.

¹¹² Bei Zitaten innerhalb der Textanalysen werden hier und im Folgenden aus Platzgründen keine vollständige Literaturangabe mittels Fußnoten gemacht. Die in Klammern angeführten Seitenzahlen beziehen sich auf das jeweils analysierte Lehrbuch, wie es in der Kapitelüberschrift benannt und in der Literaturangabe im Anhang zu finden ist.

Weitere schwierige Worte, die im Text genutzt werden und eventuell die Lesbarkeit des Textes für Lernende erschweren, sind Sicherheitsgründe (S.133), Körper (S.134) und Defekt (S.136).

An einer Stelle im Text wird ein menschlichen Handlungsverb für die Beschreibung eines technischen Vorgangs genutzt: „Das Gerät hört auf zu arbeiten.“ (S.136). Das Gerät wird hier als handelnd beschrieben, arbeiten ist eine menschliche Handlung. Dies kann vom Autor didaktisch bewusst eingesetzt worden sein, um das Verständnis des Textes zu erleichtern.

6.2.1.2 Syntaktische Betrachtungen

QUANTITATIV. Alle Sätze, die im Fließtext genutzt werden, sind Aussagesätze. Nur im Ausblick „Physik in Natur und Technik“ (S.136), sind zwei Fragesätze zu finden. Diese sollen Interesse initiieren, indem sie den Leser zum Nachdenken anregen: „Wie ist die Wirkungsweise dieser Taschenlampe zu erklären?“ Die Ausblicke werden in der syntaktischen Betrachtung aber nicht weiter betrachtet.

Im Text überwiegen einfache Sätze. Der Anteil an komplexen Sätzen beträgt 15 von 42 (35,71 %). 64,29 % der Sätze sind somit einfache Sätze ohne Nebensätze. Die komplexen Sätze können zusätzlich noch in Satzreihen¹¹³ und Satzgefüge¹¹⁴ unterteilt werden. Im Text kommen 13 Satzgefüge und nur 2 Satzreihen vor.

Von den 13 Satzgefügen haben 2 Sätze zwei Nebensätze, jedoch gibt es nur einen Nebensatz zweiten Grades¹¹⁵. Von den insgesamt 15 Nebensätzen sind 9 Relativsätze. Diese Nebensatzart überwiegt somit. Es kommen noch vier Adverbialsätze und zwei Subjektsätze vor.¹¹⁶

¹¹³ mehrere Hauptsätze, die durch Konjunktionen miteinander verbunden sind

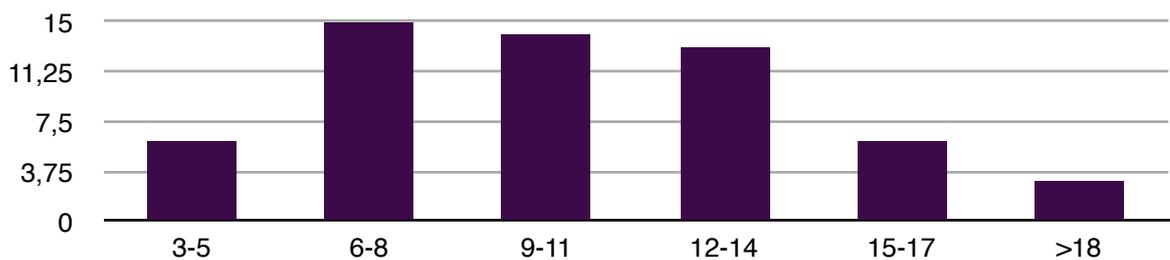
¹¹⁴ Sätze, die aus Haupt- und Nebensätzen bestehen

¹¹⁵ Nebensätze ersten Grades beziehen sich direkt auf den Hauptsatz. Nebensätze zweiten Grades beziehen sich auf einen Nebensatz ersten Grades. Der Grad der Nebensätze ist somit ein deutlicher Hinweis auf die Komplexität eines Satzgefüges.

¹¹⁶ Nebensätze können in Ergänzungssätze, Adverbialsätze und Attributsätze unterteilt werden. Ergänzungssätze vertreten ein notwendiges Satzglied, es gibt Subjektsätze („*Dass Akkus aufladbar sind, ist ein Vorteil.*“) und Objektsätze. Unter den Objektsätzen ist die Akkusativergänzung am häufigsten, man fragt nach ihr mit „wen oder was?“ („*Du weißt, dass auf Batterien Voltangaben stehen.*“) Adverbialsätze stellen Umstandsangaben in Form eines Nebensatzes dar. Man unterscheidet zwischen Temporalsätzen, Kausalsätzen, Konditionalsätzen („*Wenn die Lanpe leuchtet, fließt ein Strom.*“), Konzessivsätzen, Konsekutivsätzen, Finalsätzen und Modalsätzen. Die Attributsätze vertreten kein Satzglied sondern nur den Teil eines Satzgliedes, das Attribut (Beifügung). Die häufigste Form des Attributsatzes ist der Relativsatz („*Das Teilchen, das beschleunigt wurde, hat eine Geschwindigkeit v.*“) es kommen aber auch andere Formen des Attributsatzes vor („*Der Gedanke, nach Hause zu fahren, lag nahe.*“). (nach Duden: Deutsche Grammatik - kurz gefasst)

Die durchschnittliche Satzlänge beträgt 10,67 Wörter pro Satz. Der längste Satz besteht aus 25 Wörtern, der kürzeste aus 4. Während die einfachen Sätze allein betrachtet eine durchschnittliche Satzlänge von 8,90 Wörtern pro Satz ergeben, umfassen die komplexen Sätze im Durchschnitt 15,60 Worte. Betrachtet man nur die Satzgefüge, erhält man eine durchschnittliche Satzlänge von 15,77 Wörtern pro Satz und für die Satzreihen 14,50.

Betrachtet man alle im Text vorkommenden Sätze, ergibt sich folgende Verteilung der Satzlengthen:



Diagr. 3: Satzlengthen in Level Physik Klasse 6

QUALITATIV. Es gibt im Text in vier Sätzen Aufzählung, z.B. „Keramik, Kunststoffe (z.B. Plastik oder Lack) Glas, Gummi, Luft und destilliertes Wasser sind Isolatoren.“ (S.143). Dies ist ein typisches Merkmal von Fachtexten, findet sich aber auch in vermittelnden Texten häufig. In diesem Fall werden typische Vertreter einer Klasse von Stoffen genannt. Dies kann dem Lernenden helfen, den Begriffsinhalt des Wortes „Isolator“ zu konstruieren.

Im gesamten Text wird der Leser nie direkt angesprochen, was dem Merkmal der Anonymität eines Fachtextes entspricht, für einen didaktischen Text jedoch nicht unbedingt angemessen ist. Es überwiegen anonymisierende Formen wie das Pronomen man oder Passivkonstruktionen. Beispiele für Passivkonstruktionen sind „Die Wärmewirkung wird z.B. bei Elektroherden und Tauchsiedern angewendet.“ (S.132), „Bei Experimenten mit Gleichstrom muss die Polung der elektrischen Quelle und der Geräte beachtet werden.“ (S.132) und für die Verwendung des unpersönlichen Pronomens man: „Elektromagnete findet man in allen Elektromotoren.“ (S.132), „Welche Schaltung der Bauteile man wählt,...“ (S.135). Das im letzten Satz verwendete Genitivobjekt („der Bauteile“) anstelle eines möglichen Relativsatzes ist eine Form der syntaktischen Kondensation, die in Fachtexten häufig vorkommt.

Nominalisierung sind im Text nicht besonders häufig, kommen aber vor: „Deshalb kann der menschliche Körper den elektrischen Strom leiten, was beim Umgang mit elektrischen

Quellen und elektrischen Geräten unbedingt zu beachten ist.“ (S.134) oder „Sie kommt bei Lichterketten zur Anwendung.“ (S.135). Der Text weist also keinen durchgängigen Nominalstil sondern nur vereinzelte nominalisierte Sätze auf.

Relativ ausgeprägt ist im Text hingegen die Deagentivierung. Im gesamten Text gibt es keinen direkt Handelnden. Die im Text vorkommenden Aktivsätze beziehen sich immer auf Gegenstände oder das unpersönliche Pronomen man. Häufig gibt es Sätze mit den aktiven Verben leiten oder fließen: „Verschiedene Körper leiten den elektrischen Strom unterschiedlich gut.“ (S.134), „Fließt elektrischer Strom durch elektrische Leiter oder elektrische Geräte, ...“ (S.132).

Die vier Merksätze, die durch blaue Kästen optisch hervorgehoben sind, sollten eine fachsprachliche Kondensation des Gelernten sein, was sich in der Fachworddichte widerspiegelt. Syntaktisch zeigt sich eine, eventuell bewusste, Vermeidung komplexer syntaktischer Strukturen. Es gibt Aufzählungen: „Elektrischer Strom kann eine Lichtwirkung, eine Wärmewirkung, eine chemische Wirkung und eine magnetische Wirkung haben.“ und relativ kurze, einprägsame Sätze: „Elektrischen Strom kann man nur an seinen Wirkungen erkennen.“ (S.132). Im letzten Beispiel findet aber auch das unpersönliche Pronomen man anstelle personeller Pronomen und einer agentivierten Formulierung Verwendung. Eine alternative Formulierung wäre „Du kannst elektrischen Strom nur an seinen Wirkungen erkennen.“

6.2.1.3 didaktische Bewertung der Verständlichkeit

Einfachheit -	Gliederung/Ordnung +
++ Kürze/Prägnanz	0 anregende Zusätze

Abb. 14: Beurteilungsfenster Level Physik 6

EINFACHHEIT. Es gibt im Text viele Fachbegriffe und viele Fachworte werden auch nicht erklärt. Da 35% der Sätze komplexe Sätze sind, kann man auch nur eingeschränkt von einfachen Satzstrukturen sprechen. Konkrete und abstrakte Darstellungen halten sich die Waage.

Die physikalischen Inhalte sind sehr abstrakt, werden aber häufig durch konkrete Beispiele

untermauert. Da fachsprachliche Äußerungen eindeutig gegenüber den wenigen alltags-sprachlichen Formulierungen überwiegen, ist die Einfachheit mit „-“ zu bewerten.

GLIEDERUNG/ORDNUNG. Der Text ist in einzelne Absätze mit Teilüberschriften geglie-dert. Zusätzlich sind wichtige Fachbegriffe im Text fett hervorgehoben. In einigen Textpas-sagen sind sehr viele Begriffe hervorgehoben, sodass der Text etwas unübersichtlich wird. Durch die in den Text eingefügten Merksätze, ist das Wesentliche gut vom Unwesentlichen unterscheidbar. Manchmal werden die Textseiten unübersichtlich, da sich zu viele zusätzli-che Infokästen auf den Seiten befinden. Bei mehrseitigen Ausblicken wird außerdem nicht immer deutlich, auf welcher Seite der Basistext des Kapitels wieder beginnt. Dies führt zu kleineren Abzügen, wodurch sich die Wertung „+“ ergibt.

KÜRZE/PRÄGNANZ. Der Text ist sehr knapp verfasst. Es wird nur Wesentliches vermittelt. Zusatzinformationen sind i.d.R. nicht in den Fließtext integriert sondern in Informations-kästen oder in den Ausblicken separat zu finden. Daher die Beurteilung „++“

ANREGENDE ZUSÄTZE. Anregende Zusätze gibt es innerhalb des Basistextes nur wenige, die sehr knapp gehalten sind. An einigen Stellen werden Anwendungen oder Beispiele aus dem Alltag genannt. Daher die Bewertung mit „-“.

Zusammenfassend lässt sich zu diesem Text sagen, dass er für den Anfangsunterricht zu viele Fachwörter enthält. Es müsste jeweils im Einzelfall geprüft werden, welche Fachwör-ter nicht notwendig sind. In der sechsten Klasse halte ich es beispielsweise nicht für not-wendig, zu den elektrischen Quellen die Synonyme Stromquelle, Spannungsquelle und E-lektrizitätsquelle einzuführen. Die SchülerInnen werden sich die vielen unterschiedlichen Begriffe nicht merken können und kennen auch die Begriffe Strom und Spannung noch nicht genügend, um die Benennungen nachvollziehen zu können.

BEISPIELE. Als Beispiel für einen unnötig kompliziert formulierten Satz dient folgender: „Deshalb kann der menschliche Körper den elektrischen Strom leiten, was beim Umgang mit elektrische Quellen und elektrischen Geräten unbedingt zu beachten ist.“ (S.134). Al-ternativ könnte dieser Satz den Lernenden miteinbeziehen, die Nominalisierung („Um-gang“) kann umgangen und der Satz in zwei Einzelsätze geteilt werden: „Deshalb kann dein Körper elektrischen Strom leiten. Darum musst du vorsichtig sein, wenn du mit elekt-rischen Quellen und Geräten umgehst!“

Ein Beispiel für eine zu abstrakte Darstellung ist die folgende Definition: „Verbraucher

sind Anordnungen, in denen die verschiedenen Wirkungen des elektrischen Stroms genutzt werden, um z.B. Licht und Wärme zu erzeugen.“ (S.133). Mit dieser Definition werden die meisten SchülerInnen nicht die Verbraucher, die sie kennen, verbinden können. Bereits das Wort „Anordnung“ ist sehr abstrakt. Möchte man diese Formulierung so oder ähnlich verwenden, sollte sie durch anschauliche Beispiele ergänzt werden. Alternativ könnte man einfacher formulieren: „Verbraucher sind Geräte, die elektrischen Strom benötigen. Diese Geräte helfen uns, die Wirkungen des elektrischen Stromes für uns zu benutzen. Mit einem Bügeleisen können wir die Wärmewirkung des elektrischen Stromes und mit einer Lampe die Lichtwirkung benutzen. Bügeleisen und Lampen nennt man Verbraucher.“ Alternativ kann man den Fachbegriff Verbraucher auch weglassen, da er im folgenden Text nicht mehr genutzt wird. Er wird in dem vorhergehenden Satz „In einem Stromkreis können sich verschiedene Geräte und Bauteile befinden, darunter elektrische Verbraucher.“ (S.133) als Beispiel für Geräte und Bauteile genutzt. Da der Begriff die Fehlvorstellung eines Stromverbrauchs fördert und an dieser Stelle noch nicht das Konzept der Energieumwandlung fachlich korrekt geklärt werden kann, sollte man auf ihn verzichten. Als Beispiele könnten stattdessen konkrete, den SchülerInnen bekannte Beispiele (Glühlampe, Heizplatte...) genutzt werden.

6.2.2 Cornelsen Volk und Wissen Physik Plus Klasse 6

Das Kapitel Elektrische Stromkreise umfasst die Seiten 137 bis 157. Es ist in die Unterkapitel „Der Elektrische Strom“ (S.138-145) „Leiter und Isolatoren“ (S.146-151) und „Stromkreise“ (S. 152-157) gegliedert. Die Unterkapitel weisen zusätzlich noch mit Überschriften versehene einzelne Absätze auf. Diese sind im Kapitel „Der elektrische Strom“ der Absatz „Bedeutung der Elektrizität für unser Leben“, „Spannungsquellen“ und „Wirkungen des elektrischen Stromes“. Es folgen zwei Seiten mit je einem „Blick in die Technik“, Ausblicke zum Thema Sicherungen und Gefahren. Das Kapitel „Leiter und Isolatoren“ ist untergliedert in Absätze „Welche Stoffe leiten den elektrischen Strom?“, „Erde – ein guter oder schlechter Leiter?“, „Leitet die Luft den elektrischen Strom?“ und einem Ausblick zum Thema Stromleitungen. Im letzten Kapitel, „Stromkreise“, findet man die Abschnitte „Aufbau von Stromkreisen“, „Reihen- und Parallelschaltung“ und „Schalter in Stromkreisen“.

Es gibt acht Seiten, auf denen die Hauptinformationen vermittelt werden und sechs Seiten, die den Lernenden einen zusätzlichen Ausblick oder eine Anwendung des Gelernten prä-

sentieren. Zusätzlich gibt es zwei Seiten mit Aufgaben und Zusammenfassungen.

6.2.2.1 Lexikalische Betrachtungen

ANZAHL. Das Lehrbuch Physik Plus 6 nutzt in den Kapiteln zum Thema elektrische Stromkreise 110 Fachwörter. Hiervon sind 28 in den optionalen Kapiteln („Blick in die Technik“). Damit verwendet das Lehrbuch 97 Begriffe mehr, als der Lehrplan. Und 101 Begriffe, die im Lehrplan nicht vorkommen. Berücksichtigt man auch hier, dass einige Begriffe im alltäglichen Sprachgebrauch genutzt werden¹¹⁷ und den SchülerInnen darum bekannt sein können, verringert sich die Zahl unbekannter Fachbegriffe auf 86.

Lehrplan Klasse 6:

elektrischer Strom Leiter und Isolatoren Stromkreis Schaltplan einfacher Stromkreis verzweigter Stromkreis unverzweigter Stromkreis	optional: Leitfähigkeit Spannungsquelle Verbindungsleiter Gerät Schalter
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

Physik Plus Klasse 6:

(S.138): elektrischer Strom, Elektrizität, elektrische Beleuchtung, elektrisches Gerät	Nadel, Spule, Eisenkern, Flachbatterie, 10-kg-Wägestück, Elektromagnet, leiten, stromdurchflossen, Kabel
(S.139): Spannungsquelle, Stromversorgung, Elektrizitätsquelle, Volt, Spannung Batterie, Monozelle, Akku, Akkumulator, Babyzelle, Solarzelle, Generator, Fahrraddynamo, Netzgerät, Stromversorgungsgerät, Glühlampe, Anschlusskontakte, Pole, Pluspol, Minuspol	(S.146): Stoffe, geschaltet, Isolator, Metall, Kohle, salzhaltiges Wasser, Kunststoff, Keramik (S.147): Kurzschluss, Glimmlampen, Leuchtstofflampen
(S.140): fließen, Elektromotor, Schalter Wärmewirkung	(S.152): Stromkreis, Fassung, Anschluss, Netzgerät, Bauteil, Schaltplan, Schaltsymbole
(S.141): Lichtwirkung, chemische Wirkung, chemische Veränderung, magnetische Wirkung	(S.154): Reihenschaltung, Parallelschaltung, Stromnetz, Teilströme, parallel geschaltet, in Reihe geschaltet (S.155): Tastschalter, Stellschalter, Umschalter
(S.142): Energiesparlampen, Edelgas, Neon, Kupfer, verchromen, versilbern, vergolden, Leiterplatte, elektrischer Leiter, Magnethaken,	(S.156): UND-Schaltung, ODER-Schaltung, Wechselschaltung

¹¹⁷ Strom, Beleuchtung, Gerät, Batterie, Akku, Solarzelle, Fahrraddynamo, Glühlampe, fließen, Schalter, Energiesparlampe, Kupfer, leiten, Kabel, Metall, Kohle, salzhaltiges Wasser, Kunststoff, Sicherung, Durchmesser

optional:
(S.143): Sicherungen, Isolation, Kabelader, Überlastung, elektrische Großgeräte, Anschluss, Hausanschluss, Schmelzsicherung, elektronische Geräte, Schmelzdraht, Durchmesser, Stromfluss, Sicherungsautomat, Bimetallstreifen

(S.144): Flachbatterie, elektrische Quelle, Fahrleitung, Überlandleitung, geerdet

(S.150): elektrische Anlage, Freileitungsseil, Aluminiumdrähte, Leiterseil, keramische Stoffe, Erdkabel, metallische Kabel, Ader, Kunststoffmantel, dreiadrige Kabel

FACHWORDDICHTHE. Berücksichtigt man alle Verwendungen der Fachwörter, zählt man im gesamten Kapitel (ausgenommen die Aufgaben-, Projekt- und Zusammenfassungsteile) einen prozentualen Anteil der Fachwörter an den genutzten Wörtern von etwa 18,8%. Damit ist zwar die Anzahl der genutzten Fachwörter im Physik Plus 6 wesentlich höher als in Level Physik 6, der prozentuale Anteil der Fachwörter ist aber um mehr als 10% geringer (Level Physik 6: 32,2%).

Die erste Seite (S.138) der Lerneinheit enthält den Absatz „Bedeutung der Elektrizität für unser Leben“. Sie stellt eine Einleitung des Themas Elektrizität dar, die den Lernenden in seinen eigenen Erfahrungen abholt und ihm anhand seines Alltags die Bedeutung von Elektrizität für unser heutiges Leben bewusst machen soll. Auf dieser Seite werden nur drei als Fachworte einzuordnende Begriffe genutzt: elektrischer Strom, Elektrizität und elektrische Beleuchtung. Diese drei Fachwörter sind im Alltagssprachgebrauch verankert und dürften SchülerInnen keine Verständnisschwierigkeiten darstellen. Der Fachwortanteil auf dieser Seite beträgt nur 8,0% (17 von 212) und hat damit auch sprachlich einem einleitenden Charakter: da nur sehr wenige, dem Lernenden bekannte, Fachwörter enthalten sind, holt der Einstieg in das Kapitel diesen inhaltlich und sprachlich bei Bekanntem ab: im Alltag. Auch die Titelseite enthält bis auf die dreimalige Verwendung des Ausdrucks elektrischer Strom keine Fachbegriffe, was zu 7,9% Fachworten führt. Die kurzen Einleitungstexte an den Teilkapitelanfängen haben mit 30,6% und 10,9% sehr unterschiedliche Fachwortanteile. Die hier verwendeten Fachwörter (elektrischer Strom, fließen, Batterie, Kabel) sind aber so alltagsnah, dass sie ebenfalls als Alltagssprachlich gewertet werden können.

Im vermittelnden Fließtext ergibt sich der Anteil der Fachwörter zu 20,2%. Etwa ein Fünftel der Wörter im Fließtext sind Fachbegriffe. Bei den weiterführenden Textpassagen „Blick in die Technik“ ist der Fachwortanteil etwas geringer. Er beträgt hier 17,0%. In den Merksätzen sind 57 von 135 Wörtern Fachbegriffe, was 42,2% entspricht. Die einzigen Substantive, die nicht als Fachbegriffe eingeordnet wurden sind Bedingung, zum Aussenden, Licht, Umgebung und Erde. Da Erde zweimal genutzt wird, sind in den Merksätzen 32 von 38

Substantiven Fachbegriffe ($\hat{=}$ 84,2%).

WORTGRUPPEN. Versucht man, die im Text vorkommenden Begriffe in Wortgruppen zu ordnen, so kann man zunächst solche Begriffe zusammenfassen, die in ihrer Wortbildung an Alltagsphänomene angelehnt, also nach dem Ähnlichkeitsprinzip gebildet wurden. Sie vermitteln durch die alltagssprachliche Konnotationen, die sie noch enthalten, dem Lernenden zugleich eine alltägliche Analogie, ein „Bild“ des fachsprachlichen Begriffes. Diese sind z.B. Strom, Stromkreis, Quelle, Glühlampe, fließen, Kontakt, Netz und Kabelader. Abstraktere Begriffe, die nicht als der Alltagssprache entlehnt sind, müssen vom Lernenden erst mit einem Begriffsinhalt gefüllt werden. Die Begriffe Elektrizität, elektrisch, elektronisch, Batterie, Akkumulator und Isolator haben einen fremdsprachlichen Ursprung. Viele dieser abstrakten Begriffe sind mittlerweile in die Alltagssprache übernommen worden. Dennoch kann nicht davon ausgegangen werden, dass den Lernenden die korrekte Bedeutung bekannt ist.

Neben dieser Einteilung, kann man weitere Wortgruppen ausmachen. Beispielsweise tauchen im Text mehrere Stoffbezeichnungen¹¹⁸ und Begriffe der Wortgruppe schalten¹¹⁹ auf.

Die Begriffe verzweigter und unverzweigter Stromkreis, die im Lehrplan genutzt werden, werden hier nicht verwendet. Stattdessen nutzt das Lehrbuch die verwandten Begriffe Reihen und Parallelschaltung. Als synonyme Begriffe werden parallel verwendet: Spannungsquelle, Stromversorgungsgerät und Elektrizitätsquelle.

Auch das Buch Physik Plus nutzt in den Texten verschiedene Abkürzungen. In diesem Kapitel wird allerdings nur die Abkürzung z.B. (S.142) genutzt, in den Lehrbüchern für die höheren Jahrgänge finden sich noch die Abkürzungen S.¹²⁰ und vgl.¹²¹, die in Level Physik verwendete Abkürzung s.S. wird hier ausgeschrieben zu siehe Seite¹²².

DEFINITIONEN. 20 der verwendeten Fachbegriffe werden im Text explizit definiert. Hierfür werden unterschiedliche Methoden genutzt. Es gibt Definitionen, die direkt mit einer

¹¹⁸ Edelgas, Neon, Kupfer, Chrom, Silber, Gold, Metall, Kohle, Salz, Wasser, Kunststoff, Keramik, Aluminium, Bimetall

¹¹⁹ Schalter, Tastschalter, Stellschalter, Umschalter, UND-Schaltung, ODER-Schaltung, Wechselschaltung, Schaltplan, Schaltsymbol, Reihenschaltung, in Reihe geschaltet, Parallelschaltung, parallel geschaltet

¹²⁰ Vgl. z.B. Physik Plus 7. S.77.

¹²¹ Vgl. z.B. Physik Plus 8. S.92.

¹²² Vgl. Physik Plus 8. S.90.

Erklärung des Begriffs und der Formulierung „nennt man“, „heißt“ oder „bezeichnet man“ verknüpft werden. Dies geschieht bei den Begriffen Elektromagnet (S.142), Isolatoren (S.146), elektrische Leiter (S.146), Ader (S.150), elektrischer Stromkreis (S.153), Reihenschaltung (S.154), Parallelschaltung (S.154), UND-Schaltung (S.156), ODER-Schaltung (S.156), und Wechselschaltung (S.156). Die konkrete Formulierung lautet z.B.: „Die Anschlusskontakte heißen Pole, [...] man nennt sie Pluspol und Minuspol.“ (S.139). Eine weitere Definition, die gleich mehrere Begriffe und Alltagserfahrungen der Lernenden verknüpft, ist die elektrische Spannung:

„Siehst du dir verschiedene Batterien, Akkumulatoren oder Dynamos vom Fahrrad an, erkennst du auf ihnen viele Angaben. So sehr sich diese auch unterscheiden, auf jeder Spannungsquelle findest du eine Angabe wie 1,5V oder 4,5V oder 6V oder 9V. Das V liest man als *Volt*. [...] Die Volt-Zahlen geben Auskunft darüber[,] wie stark die Spannungsquelle den elektrischen Strom antreibt. Diesen Antrieb bezeichnet man als elektrische Spannung. Daher heißen diese Geräte auch **Spannungsquellen**. Der Strom, der durch ein elektrisches Gerät, wie z.B. eine Glühlampe, fließt, ist umso größer, je größer die Spannung der Quelle ist.“ (S.139)

Die Definition setzt bei Alltagswissen der Lernenden an, benennt diese physikalisch (Volt-Zahlen) und beschreibt diese physikalische Größe. Anschließend wird die neue physikalische Größe mit einer bereits bekannten (elektrischer Strom) verknüpft.

Andere Begriffe werden durch die Nennung typischer Stellvertreter, typischer Erscheinungen oder Beispiele eingeführt. Dies geschieht bei dem Begriff Spannungsquelle (S.139), der später zusätzlich über Funktion und eine Verknüpfung mit der physikalischen Größe Spannung (s.o.) erläutert wird, die Wärmewirkung (S.140), die Lichtwirkung (S.141), die chemische Wirkung (S.141) und die magnetische Wirkung (S.142). Als letzte Möglichkeit findet man im Text die Erklärung von Begriffen über ihre Funktionen. Der Schalter („Mit diesem kann man den Stromkreis unterbrechen oder schließen“) (S.153) und der Schaltplan („Einfacher ist es, elektrische Stromkreise in Form von Schaltplänen darzustellen.“) (S.153) werden über ihre Funktion beschrieben. Beim Schaltplan werden zusätzlich noch typische Vertreter aufgelistet, indem auf die Abbildungen zweier Schaltpläne verwiesen wird. Insbesondere bei der Erklärung von Schaltplänen wird dem Lernenden verdeutlicht, warum die Physik eine eigene Zeichensprache benötigt. Dies kann als Ansatz einer metasprachlichen Ebene gesehen werden.

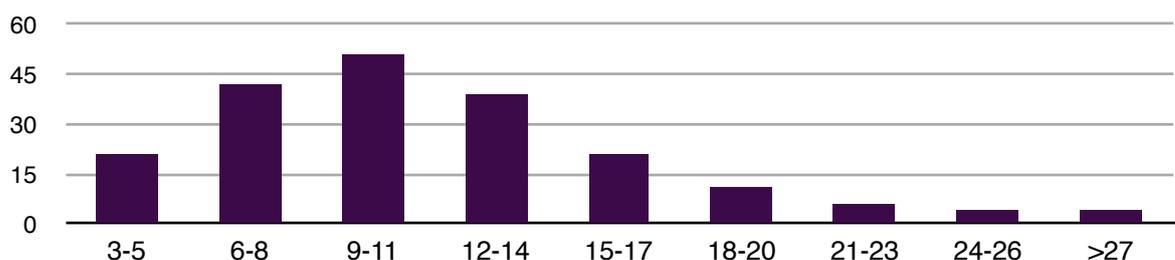
Vernachlässigt man die Begriffe, die den Lernenden aus dem Alltag bekannt sein können, finden sich immer noch 54 Fachbegriffe im Text, die nicht erklärt werden.

6.2.2.2 Syntaktische Betrachtungen

QUANTITATIV. Die Basistexte des Kapitels elektrische Stromkreise umfassen 202 Sätze. Diese sind fast ausschließlich Aussagesätze. Ausnahme bilden vier Frage- und drei Ausrufungssätze. 119 sind einfache Sätze, 83 komplexe Sätze ($\approx 41,09\%$). Die komplexen Sätze wiederum beinhalten 16 Satzreihen und 67 Satzgefüge. Es gibt sieben Sätze mit mehr als einem Nebensatz. Das komplexeste Satzgefüge hat drei Nebensätze, von denen zwei ersten und einer zweiten Grades ist. Insgesamt gibt es fünf Nebensätze zweiten Grades. Von den insgesamt 88 Nebensätzen sind 46 Adverbialsätze, unter diesen überwiegen die Konditionalsätze mit 22 Nebensätzen. Viele dieser Konditionalsätze sind zudem verkürzt formuliert.¹²³ Die 19 im Text vorkommenden Relativsätze machen 41,30% der Nebensätze aus.

Die Sätze haben eine Länge zwischen 3 und 38 Worten. Der längste Satz des Textes ist ein einfacher Satz, der allerdings eine Aufzählung enthält. Die komplexen Sätze umfassen 10 bis 32 Worte. Die mittlere Satzlänge im Text beträgt 11,24 Worte pro Satz. Für die einfachen Sätze ergibt die mittlere Satzlänge 8,54 Worte, während die komplexen Sätze im Durchschnitt 15,11 Worte umfassen. Differenziert man zwischen Satzreihen und Satzgefügen, sind die Satzgefüge durchschnittlich etwa ein Wort kürzer als die Satzreihen. Sie umfassen durchschnittlich 14,96 Wörter, die Satzreihen 15,75 Wörter.

Das Diagramm 4 zeigt die Verteilung der Satzlängen nach ihrer Häufigkeit.



Diagr. 4: Satzlängen in Physik Plus Klasse 6

QUALITATIV. In den meisten Sätzen wird der Lernende direkt angesprochen, z.B.: „Du kennst bereits verschiedene Spannungsquellen.“ (S.139). Die Verwendung personaler Pronomen ist atypisch für Fachtexte. In didaktischen Texten ist es jedoch sehr sinnvoll, den Lernenden direkt anzusprechen und somit stärker in den Lernprozess zu involvieren und zu

¹²³ z.B.: „Wird der Stromkreis geschlossen, dreht sich die Magnetnadel in eine andere Richtung.“, die ausführlichere Formulierung würde lauten: „Wenn ein Stromkreis geschlossen wird, dreht sich...“ Physik Plus 6. S.142.

aktivieren. Allerdings kommen im Text auch mehrfach unpersönliche Formulierungen mit dem Pronomen man vor, z.B. „Wenn man einen elektrischen Strom erzeugen will,...“ (S.139) und Passivkonstruktionen, z.B. „Die chemische Wirkung des elektrischen Stromes wird z.B. zur Herstellung von sehr reinem Kupfer angewandt.“ (S.142). In diesem Satz findet sich außerdem eine in Fachtexten häufig vorkommende Nominalisierung „zur Herstellung“.

Allgemein sind Nominalisierungen hier selten, sodass man nicht von einem ausgeprägten Nominalstil sprechen kann. Weitere Beispiele aus dem Text sind „Energiesparlampen erzeugen das Licht direkt, nicht erst durch Erhitzen eines Drahtes.“ (S.141) und „Man kann sich das Fließen des elektrischen Stromes besser vorstellen,...“ (S.140). Die in den Texten häufig vorkommenden Worte Schaltung und Leitung sind genau genommen auch eine Nominalisierung der Verben schalten bzw. leiten. Da sie aber gängige Fachbegriffe sind, sollten sie nicht alternativ formuliert werden.

Im Text gibt es 19 Aufzählungen. „auf jeder Spannungsquelle findest du Angaben wie 1,5V oder 4,5V oder 6V oder 9V.“ (S.139).

Außerdem gibt es im Text einige Ellipsen, die vermutlich aus ökonomischen Gründen verwendet werden: „Das bedeutet: ...“ (S.147) anstatt Nebensatzkonstruktion „Das bedeutet, dass...“ und „Aus dem Experiment ist zu erkennen: ...“ (S.146).

In einigen Textpassagen sind die Autoren sehr bemüht, einzelne Aussagen in einzelnen, möglichst einfachen Sätzen zu formulieren. So werden schwer verständliche Schachtelsätze vermieden. Im Text heißt es:

„Bei deinen Experimenten wirst du als Spannungsquelle oft ein Netzgerät (Stromversorgungsgerät) benutzen (Bild 5). Dieses Gerät wird an eine Steckdose angeschlossen. Es liefert Strom, der sehr gut zum Experimentieren geeignet ist. Bei sorgfältigem Umgang ist dieser Strom völlig ungefährlich.“ (S.139)

Dieser Abschnitt enthält lediglich einen Relativsatz. Dieser hätte auch als eigenständiger Satz formuliert werden können („Dieser Strom ist sehr gut zum Experimentieren geeignet.“), erhöht die Komplexität der Satzstruktur aber nur gering, sodass die Lesekompetenz eines Sechstklässlers für das Verständnis des Satzes ausreichen sollte. In kompliziert geschriebenen Fachtexten, die großen Wert auf Ökonomie und weniger auf gute Lesbarkeit legen, könnte dieser Abschnitt lauten:

Bei Experimenten wird als Spannungsquelle oft ein an die Steckdose anzuschließendes Netzgerät (Stromversorgungsgerät) verwendet, welches zum Experimentieren gut geeigneten, bei sorgfältigem Umgang ungefährlichen Strom liefert.

Eigenständige Sätze und Relativsätze wurden hier weitestgehend durch Attribute ersetzt, anstatt des personalen Pronomens du wurde eine anonyme Passivkonstruktion verwendet.

6.2.2.3 didaktische Bewertung der Verständlichkeit

Einfachheit —	Gliederung/Ordnung ++
0 Kürze/Prägnanz	++ anregende Zusätze

Abb. 15: Beurteilungsfenster Physik Plus 6

EINFACHHEIT. Die Fachwortdichte ist mit etwa 20% geringer als im Level-Physik-Band des sechsten Jahrgangs. Auch hier werden aber viele Fachworte nicht erklärt (etwa 63%). Da es prozentual gesehen dafür mehr Satzgefüge gibt als im Level-Band, fällt die Bewertung der Einfachheit hier ebenfalls mit „—“ aus.

GLIEDERUNG/ORDNUNG. Die Physik-Plus-Reihe weist eine stärkere äußere Gliederung auf als die Level-Reihe. Sie ist in mehr Unterkapitel geordnet, die jeweils mit stärker alltagssprachlich formulierten Einleitungen in das Thema einführen. Die betitelten Abschnitte eines Unterkapitels werden häufig noch zusätzlich durch fett gedruckte Ellipsen mit dem Charakter einer Überschrift gegliedert. Auch hier sind wichtige Fachbegriffe durch Fettdruck hervorgehoben. Da diese nur sehr wenige sind, ist der Text optisch übersichtlicher. Die optische Übersichtlichkeit wird dadurch verstärkt, dass die Seiten relativ homogen aufgebaut sind. Es gibt einige Bilder, auf die sich der Text bezieht und die sich am Rand des Textes befinden. So wirken die Seiten strukturierter und weniger überladen als in der Level-Reihe (vgl. Abb. 16). Ausblicks-Seiten sind deutlich von den Basistexten unterscheidbar, da sie hellblau hinterlegt sind.

Die Merksätze helfen zusätzlich, das Wesentlich vom Unwesentlichen zu unterscheiden. Sie sind, wie auch im Level-Band, blau hinterlegt und heben sich somit deutlich vom Fließtext ab. Ebenfalls blau markiert sind Experimente, die den Gedankengang des Textes stützen und neue Erkenntnisse initiieren. Didaktisch ist dieses Vorgehen sehr sinnvoll, da den SchülerInnen so die Bedeutung des Experiments für den Erkenntnisgang vermittelt wird und das Experiment nicht dem Überprüfen der Erkenntnisse am Ende des Kapitels

dient. Dies erhöht die innere Ordnung des Textes, die allgemein sehr stimmig ist. Alle Aussagen sind folgerichtig und gut nachvollziehbar.

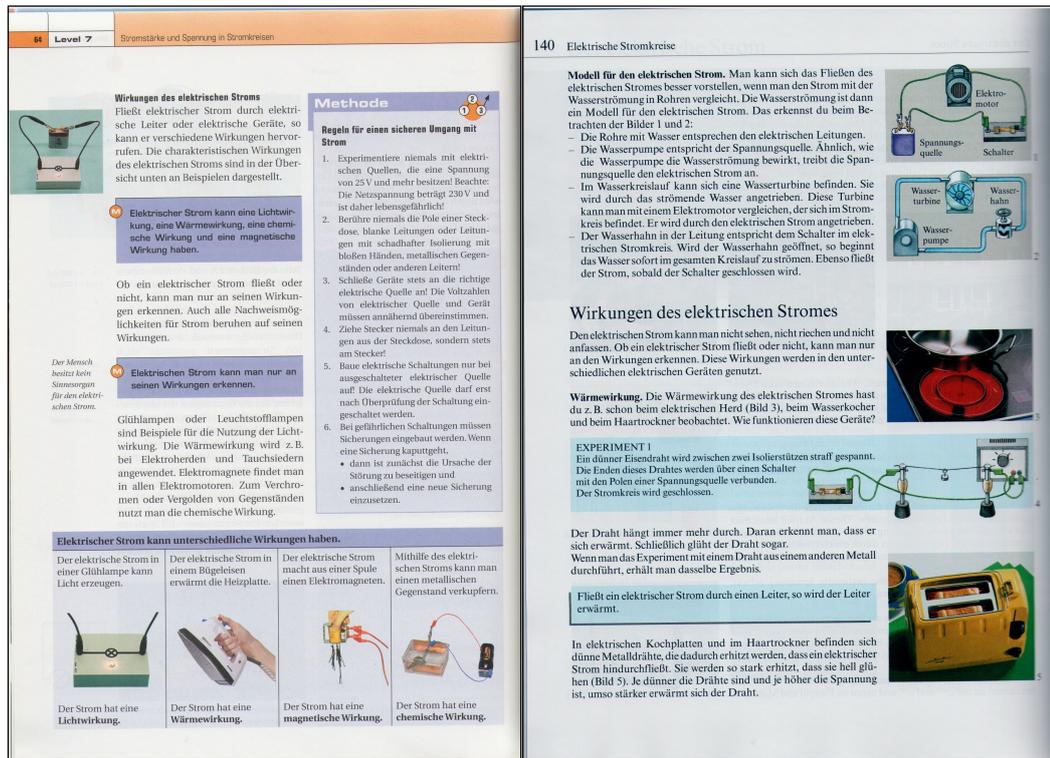


Abb. 16: Vergleich Aufbau der Textseiten Level Physik (links) und Physik Plus (rechts)¹²⁴

Damit ist die Gliederung/Ordnung übersichtlicher und besser strukturiert als in den Level-Bänden und erhält die Bewertung „++“.

KÜRZE/PRÄGNANZ. Der grundlegende Informationstext ist wesentlich länger als der Level-Text (zwölf Seiten im Vergleich zu vier Seiten). Dies ist vor allem den vielen Beispielen, einleitenden Textteilen und den in den Text eingebetteten Experimenten geschuldet, die im Level-Band separat am Ende des Kapitels stehen. Außerdem werden die einzelnen Inhalte des Kapitels gründlicher behandelt. So umfasst beispielsweise der Abschnitt „Wirkungen elektrischen Stromes“ zweieinhalb Seiten, während des Buch Level Physik 6 diesem Thema lediglich eine halbe Seite widmet. Im Level Physik werden die Wirkungen des elektrischen Stromes durch Beispiel-Geräte oder Vorgänge eingeführt, die die jeweilige Wirkung nutzen (Glühlampe, Bügeleisen, Elektromagnet, Verkupfern). Physik Plus nennt mehrere Beispiele, stellt ein Experiment vor, das diese Wirkung in einem einfachen Versuchsaufbau direkt sichtbar macht (ohne die Verkapselung eines Gerätes) und erklärt dann mit Hilfe dieser Erkenntnisse, wie die zuvor vorgestellten elektrischen Geräte funktionie-

¹²⁴ links: Level Physik 7. S.64. rechts: Physik Plus 6. S.140

ren.

Trotz der Zusätze und umfangreicheren Darstellungen, wird das Lehrziel nicht aus den Augen verloren. Textpassagen, die keinen wesentlichen Inhalt vermitteln, dienen der Integration und Aktivierung des Lesenden und sind sinnvoll gestaltet. Daher erhält der Text für dieses Merkmal eine neutrale „0“.

ANREGENDE ZUSÄTZE. Neben den Ausblicken, die relativ ausführlich Anwendungen und Naturphänomene zum Thema präsentieren, wird der Gedankengang des Textes durch Experimente und Beispiele ergänzt. Dadurch wird die innere Logik besser nachvollziehbar. Problemstellungen werden aufgeworfen und Fragen angeregt, die im folgenden Text geklärt werden. Außerdem wird z.B. das Modell des Wasserkreislaufs als Unterstützung für das Verständnis des elektrischen Stromes ausführlich präsentiert. Diese Zusätze sind anregend und interessant und nicht abschweifend. Durch die Ansprache des Lesenden wirkt der Text außerdem persönlich. Darum erhält er für diesen Punkt die Wertung „++“.

6.3 Lehrbuchtexte Klasse 7

In der siebten Klassenstufe sollen die SchülerInnen vermehrt physikalische Gesetze und somit auch quantitative Zusammenhänge kennenlernen. Die übergeordneten Lernziele des *Lernbereichs 2: Stromstärke und Spannung* lauten: „Einblick gewinnen in das Phänomen der Leitung in Metallen, Flüssigkeiten und Gasen“, „Kennen der physikalischen Größe elektrische Stromstärke“ sowie „Kennen der physikalischen Größe Spannung“ und „Beherrschen des Messens von Stromstärken und Spannungen.“¹²⁵ Es wird das Modell der Elektronenleitung in Metallen eingeführt und das Phänomen des elektrischen Stromes nunmehr nicht rein phänomenologisch beschreibend betrachtet sondern es werden physikalische Erklärungsmodelle angesetzt. Durch das Einführen der Größen elektrischer Strom und elektrische Spannung wird die Beschreibung quantitativer Zusammenhänge durch Formeln und das Messen dieser Größen möglich.

Auch die sprachlichen Fähigkeiten der SchülerInnen sollen weiterentwickelt werden: „Die Schüler nutzen zunehmend die Fachsprache und erkennen Vorteile gegenüber der Alltagssprache.“¹²⁶

¹²⁵ Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport (2011). S.15.

¹²⁶ Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport (2011). S.13.

6.3.1 DUDEN Paetec Level Physik Klasse 7

Das Kapitel „Stromstärke und Spannung in Stromkreisen“ umfasst die Seiten 60 bis 83 des Lehrbuchs. Dem Kapitel direkt vorangestellt ist das Teilkapitel „Elektrostatische Kräfte“, das zur Lerneinheit Kräfte gehört.

Die Seiten 61 bis 71 beinhalten das Teilkapitel „Elektrische Stromstärke“. Nach einer in erster Linie bildlichen Einstiegsseite findet man die Absätze „Leitung in Metallen, Flüssigkeiten und Gasen“, „Die elektrische Stromstärke“, „Messen der elektrischen Stromstärke“, „Wirkungen des elektrischen Stroms“, „Die elektrische Stromstärke in unverzweigten und verzweigten Stromkreisen“ sowie einen Ausblick „Physik in Natur und Technik“ zum Thema Sicherungen und eine Zusatzseite mit Informationen zu Oersteds Entdeckung der magnetischen Wirkung von Strom und Gefahren von Strom für den Menschen. Die Seiten 68 bis 71 enthalten Experimente, Aufgaben und die Zusammenfassung. Der Informationstext umfasst fünf Textseiten, von denen zwei Zusatzinformationen und Ausblicke enthalten.

Auf den Seiten 72 bis 83 befinden sich die Inhalte zur elektrischen Spannung. Auch dieses Teilkapitel beginnt mit einer Einstiegsseite. Es folgen Absätze mit den Überschriften „Die elektrische Spannung“, „Messen der elektrischen Spannung“, „Die elektrische Spannung im unverzweigten und verzweigten Stromkreis“, „Leerlaufspannung und Klemmenspannung“ sowie ein Projekt zu galvanischen Spannungsquellen und Zusatzinformationen zu Zitterfischen und der Betriebsspannung von Schwibbögen. Aufgaben, Experimente und Zusammenfassung befinden sich auf den Seiten 81 bis 83. Somit enthält das Teilkapitel „Die elektrische Spannung“ acht Textseiten. Hiervon umfassen vier Seiten das Projekt und die Ausblicke.

Insgesamt werden die wesentlichen Informationen des Kapitels auf sieben Seiten vermittelt, auf weiteren vier Seiten werden Ausblicke gegeben, die zur Analyse der Lexik ebenfalls hinzugezogen werden.

6.3.1.1 Lexikalische Betrachtungen

ANZAHL. Im Lehrbuch werden 123 Fachbegriffe in der Lerneinheit genutzt, während im Lehrplan nur zehn Begriffe genannt werden. Von diesen tauchen 25 Fachbegriffe nur in den optionalen Kapiteln auf. Die im Kasten unterstrichenen Begriffe sind solche, die weder im Lehrbuch der Klasse 6 in der oben dargestellten Lerneinheit auftauchten noch in der vorhergehenden Lerneinheit der Klasse 7 zum Thema Kräfte. Unterstrichen sind somit die

69 Begriffe, die im Physikbuch in diesem Kapitel zum ersten Mal auftauchen. Von den zehn Begriffen, die im Lehrplan genutzt werden, tauchen in den Texten nur vier Begriffe auf. Auch hier können wieder einige Begriffe als aus dem Alltag bekannt oder mit vorhandenem Wissen annähernd selbsterklärend gezählt werden¹²⁷. Ohne diese Begriffe verringert sich die Zahl der „neuen Fachbegriffe“ auf 62.

Lehrplan Klasse 7:

<p>Leitung elektrische Stromstärke Elektronenleitung Spannung Spannungsquelle</p>	<p>optional: Parallelschaltung galvanische Spannungsquelle Generator Teilspannungen Reihenschaltung</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Level Physik Klasse 7:

<p>(S.62): <u>Leitung</u>, <u>Leitungsvorgang</u>, Metall, Flüssigkeit, <u>Gas</u>, <u>metallischer Leiter</u>, <u>elektrischer Leiter</u>, <u>Halbleiter</u>, fließen, <u>elektrischer Stromfluss</u>, elektrischer Strom, negativ geladen, Ladung, <u>Ladungsträger</u>, Elektronen, <u>Ionen</u>, <u>Ionisation</u>, Atom, <u>Gasmolekül</u>, Isolator, elektrische Quelle, Minuspol, Pluspol, Glühlampe, <u>Vakuum</u>, Pole, <u>Anode</u>, <u>Katode</u>, Batterie, Akkumulator <u>Veredlung</u>, <u>Vergolden</u>, <u>Versilbern</u>, <u>Verchromen</u>, <u>Verkupfern</u>, <u>wässrige Lösung</u>, Säure, Base, <u>Salze</u>, Energie, Wärme, <u>radioaktive Strahlung</u></p> <p>(S.63): <u>elektrische Stromstärke</u>, <u>Elektronenstrom</u>, magnetische Wirkung, <u>Querschnitt</u>, Einheit, <u>Ampere</u>, <u>Milliampere</u>, <u>Mikroampere</u>, <u>Strommesser</u>, <u>Stromstärkemesser</u>, <u>Ampereometer</u>, <u>Messgerätefehler</u>, <u>Zeigerinstrument</u>, <u>Skala</u>, <u>Messbereich</u>, <u>digitale Messgeräte</u>, in Reihe schalten</p> <p>(S.64): elektrische Geräte, Lichtwirkung, Wärmewirkung, chemische Wirkung, Leuchtstofflampen, Elektromagnet</p> <p>(S.66): unverzweigter Stromkreis, verzweigter Stromkreis, parallel schalten, <u>Teilströme</u>, <u>Querschnittsfläche</u>, <u>Zeiteinheit</u></p>	<p>(S.73): <u>elektrische Spannung</u>, <u>gerichtet bewegen</u>, Kräfte, Volt, <u>Kilovolt</u>, <u>Millivolt</u>, <u>elektrische Erscheinungen</u>, <u>Bauform</u>, <u>Vielfaches</u>, <u>Teil</u></p> <p>(S.74): <u>Spannungsmesser</u>, <u>Voltmeter</u>, Polung, <u>Buchse</u></p> <p>(S.75): <u>Teilspannung</u>, <u>Gesamtspannung</u>, <u>Verzweigungspunkt</u></p> <p>(S.80): <u>Leerlaufspannung</u>, <u>Klemmspannung</u>, <u>elektrischer Widerstand</u>, <u>Betriebsspannung</u>, <u>Reihenschaltung</u>, <u>Experimentieranordnung</u>, <u>Messwerte</u>, <u>Messwertetabelle</u></p> <p>optional: (S.65): <u>galvanisches Element</u>, Magnetismus, Kompass, Kompassnadel, <u>Stromweg</u></p> <p>(S.67): Sicherung, <u>Schmelzsicherung</u>, <u>Sicherungsautomat</u>, <u>Schmelzdraht</u>, <u>Bimetallstreifen</u>, Stromkreis, <u>Kurzschluss</u>, <u>Umshalter</u>, <u>Wechselschalter</u>, <u>Wechselschaltung</u>, Schaltplan</p> <p>(S.78): <u>elektrische Organe</u>, <u>gallertartig</u>, <u>Nerv</u>, elektrisch neutral, <u>elektrische Zelle</u>, <u>Reihenschaltung</u>, <u>Entladung</u>, <u>elektrischer Schlag</u></p> <p>(S.79): <u>addieren</u></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FACHWORDDICHTHE. Insgesamt haben die zur Analyse hinzugezogenen Fließtexte einen Anteil von 22,31% Fachbegriffen an allen Worten. In den Basistexten sind 321 von 1275

¹²⁷ Salze, gerichtet bewegen, Bauform, Vielfaches, Schmelzdraht, Kurzschluss, elektrischer Schlag

Worten Fachbegriffe ($\approx 25,18\%$). In den Ausblicken ergibt die Fachwortdichte 0,1798 ($\approx 17,98\%$) und ist damit fast 7% kleiner als in den grundlegenden vermittelnden Texten. Die Fachwortdichte in den Merksätzen hingegen beträgt 0,4228 ($\approx 42,28\%$) und ist somit erheblich größer.

Auf der Titelseite des Kapitels sind 14,74% der genutzten Worte Fachbegriffe. Die meisten der hier verwendeten Fachbegriffe sind alltagsnah. Zählt man nur die Ausdrücke elektrisch, Spannung, 230V und Zuleitung zum Fachvokabular und Strom, Kabel, Gerät und fließen als alltagssprachlich, verringert sich die Fachwortdichte hier zu 0,0526 ($\approx 5,26\%$). Die sehr kurze Einleitung kann damit annähernd als alltagssprachlich betrachtet werden.

WORTGRUPPEN. Neben einigen der Wortgruppen, die bereits genannt wurden (z.B. Wortgruppe leiten¹²⁸) treten in diesem Lehrbuch mehrere Wortbildungen mit dem Begriff Spannung¹²⁹ auf. Außerdem gibt es viele Begriffe fremdsprachlichen Ursprungs, die häufig aus dem Griechischen entlehnt sind und zur Beschreibung des Aufbaus von Materie dienen. Diese sind Elektron, Ion, Ionisation, Atom, Molekül.

Andere Begriffe könnten den Lernenden aus anderen Bereichen bereits bekannt sein. So kommen aus dem der Physik verwandten Fachbereich der Chemie die Fachbegriffe wässrige Lösung, Säure, Base, Salze und veredeln. Aus dem Bereich der Mathematik gibt es verhältnismäßig wenige Begriffe (Querschnitt, Vielfaches, Teil, addieren).

Im siebten Schuljahr werden außerdem erstmals mehrere Einheiten eingeführt: das Ampere (A), Milliampere (mA) und Mikroampere (μA) sowie das Volt (V), Kilovolt (kV) und Millivolt (mV). Da diese Einheiten eingeführt werden, können die zugehörigen Größen nun von den SchülerInnen gemessen werden. Dies äußert sich begrifflich in verschiedenen Worten, die in den Bereich des Experimentierens und Messens einzuordnen sind: Strommesser, Stromstärkemesser und Amperemeter sowie Spannungsmesser und Voltmeter werden direkt als Synonyme eingeführt. Außerdem kommen die Begriffe Messgerätefehler, Zeigerinstrument, Skala, Messbereich, digitale Messgeräte, Messwerte, Messwertetabelle und Experimentieranordnung vor.

DEFINITIONEN. Ein direkte Definition verknüpft mit dem Ausdruck „nennt man“ erfolgt bei den Begriffen Ionisation (S.62), Leerlaufspannung (S.80) und Klemmspannung

¹²⁸ Leitung, Leitungsvorgang, metallischer Leiter, elektrischer Leiter, Halbleiter,

¹²⁹ Spannungsmesser, Teilspannung, Gesamtspannung, Leerlaufspannung, Klemmspannung, Betriebsspannung

(S.80). Ähnlich werden die Begriffe elektrische Stromstärke (S.63) und elektrische Spannung („gibt an, wie stark der Antrieb des elektrischen Stromes ist“, S.73) darüber definiert, was sie angeben. Es kann auch eine Beschreibung des Begriffs im Relativsatz folgen: „[...] Messgerätefehler, der die Genauigkeit des abgelesenen Messwerte beeinflusst.“ (S.63).

Die freien Ladungsträger werden über typische Vertreter dieses übergeordneten Begriffes eingeführt („wie Elektronen oder Ionen“, S.62). Und wieder andere Begriffe werden über ihre Funktion erklärt. Dies geschieht bei den Begriffen Strommesser (S.63), Spannungsmesser (S.74), Schmelzsicherung und Sicherungsautomat (S.67). Die letzten zwei Begriffe werden zusätzlich als Vertreter des übergeordneten Begriffs Sicherung genannt.

Das Ion wird über seine Wortherkunft erklärt: „Der Begriff Ion stammt aus dem Griechischen und bedeutet das Wandernde.“ (S.62) und der Begriff des Stromwegs in einer Skizze verdeutlicht (S.65).

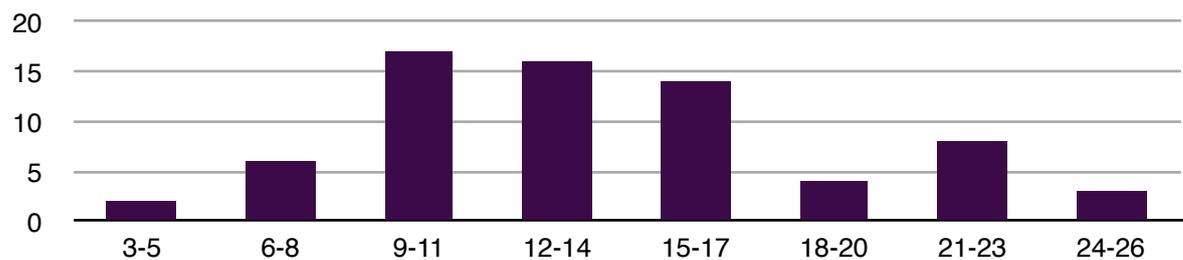
Damit können zwölf Begriffe gezählt werden, die im Lehrbuch erklärt und zumindest ansatzweise definiert werden. Da elektrische Spannung bereits im Lehrbuch der Klasse 6 eingeführt wurde, bleiben 48 neue Begriffe, die der Lernende ohne Hilfe mit seinem Vorwissen oder aus dem Kontext heraus konstruieren muss.

SONSTIGES. Statt dem im Lehrplan genannten Begriff galvanische Spannungsquelle wird hier der abstrakterer Begriff galvanisches Element genutzt. In den optionalen Seiten („Projekt“ S.76/77) wird dann von einer galvanischen Spannungsquelle gesprochen ohne dies als Synonym einzuführen. Die im vorherigen Schuljahr eingeführten Begriffe verzweigter und unverzweigter Stromkreis werden weiter genutzt. Auch hier ist die Bezeichnung allerdings nicht ganz konsistent. Als Adjektiv nutzt das Lehrbuch die Ausdrücke in Reihe geschaltet und parallel geschaltet, auf S.60 und S.80 wird verwandt mit unverzweigter Stromkreis Reihenschaltung genutzt, ohne dass der für die Schüler aus dem Lehrbuch unbekannte Begriff erklärt wird.

6.3.1.2 Syntaktische Betrachtungen

QUANTITATIV. Von den 70 Sätzen, die der Text umfasst, sind 39 einfache und 31 komplexe Sätze. Der Anteil an komplexen Sätzen ist mit 44,29% sehr hoch. Die komplexen Sätze teilen sich zu acht Satzreihen und 23 Satzgefügen. Es gibt drei Sätze mit zwei Nebensätzen und zwei Nebensätze zweiten Grades. Insgesamt gibt es 26 Nebensätze: elf Relativsätze und genauso viele Adverbialsätze (je 42,31%). Die restlichen vier Nebensätze sind Objekt-ergänzungen und ein Subjektsatz.

Die Sätze umfassen eine Länge von drei bis 25 Worten, im Durchschnitt sind sie 13,33 Worte lang. Die einfachen Sätze umfassen drei bis 21 Worte und sind durchschnittlich 10,38 Worte lang. Die komplexen Sätze umfassen im Durchschnitt 17,13 Worte, im einzelnen haben sie eine Wortspanne von zehn bis 25 Worten. Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den durchschnittlichen Längen der Satzreihen (19,63 Worte) und der Satzgefüge (16,13 Worte). Betrachtet man die Verteilung, der Satzlängen (Diagr. 5), befindet sich das Maximum der Verteilung bei 9-11 Worten.



Diagr. 5: Satzlängen in Level Physik Klasse 7

QUALITATIV. Bei Formulierungen, die einen menschlichen Akteur verlangen, wird fast immer Anonymität durch Formulierungen mit dem Pronomen man oder Passivformulierungen vermittelt, z.B. „Elektrische Geräte können [...] geschaltet werden.“ (S.66), „Die elektrische Spannung wird mit Spannungsmessern, auch Voltmeter genannt, gemessen.“ (S.74), „Ob ein elektrischer Strom fließt oder nicht, kann man an seinen Wirkungen erkennen.“ (S.64). Eine Ausnahme stellt die Beschreibung der Tätigkeiten Ampères dar. In diesem Fall wäre eine anonyme Formulierung nicht angemessen: „Ampère war als Physiker und auch als Mathematiker tätig.“ (S.63).

Nominalisierungen sind im Text recht selten, kommen aber vor. Ein Beispiel ist der Satz „Diese frei beweglichen Elektronen führen eine unregelmäßige Bewegung aus.“, der in dieser Formulierung wesentlich schwieriger zu verstehen ist als die nicht nominalisierte Formulierung „Diese (frei beweglichen) Elektronen bewegen sich unregelmäßig.“ Da im vorhergehenden Satz bereits festgelegt wurde, dass sich die Elektronen im Leiter frei bewegen können, könnte das Attribut „frei beweglich“ auch weggelassen werden, sodass die Dopplung des Verbs bewegen im Satz wieder wegfällt. Soll den SchülerInnen der Terminus „frei bewegliche Elektronen“ vermittelt werden, könnte die Aussage auch in zwei Teilsätzen formuliert werden: „Physiker nennen diese Elektronen frei bewegliche Elektronen. Sie bewegen sich unregelmäßig.“ Da der Begriff einer unregelmäßigen Bewegung recht abstrakt ist, könnte er den SchülerInnen Schwierigkeiten bereiten und man könnte stattdessen

davon sprechen, dass die Elektronen sich in alle Richtungen (fachsprachlich: ohne Vorzugsrichtung) bewegen.

Im Text kommen mehrere Ellipsen vor. Häufig wird die Formulierung „Es gilt:“ genutzt, nach der eine Formel oder ein Merksatz folgt. Beispiel hierfür sind die Merksätze auf S.66: „Für die elektrische Stromstärke in unverzweigten Stromkreisen gilt: $I = I_1 = I_2$ “

6.3.1.3 didaktische Bewertung der Verständlichkeit

Einfachheit -	Gliederung/Ordnung +
++ Kürze/Prägnanz	+ anregende Zusätze

Abb. 17: Beurteilungsfenster Level Physik 7

EINFACHHEIT. Die Fachwortdichte ist etwas geringer als im vorhergehenden Band, beträgt aber immer noch 0,25. Auch hier werden viele Fachworte nicht erklärt. Hingegen sind die Satzgefüge prozentual häufiger. Sie machen nun 44% der Sätze aus, was die Komplexität des Textes erhöht. Dies sind die wesentlichen Punkte, die zu der Beurteilung „-“ führen.

Die meisten Darstellungen sind eher abstrakt als anschaulich und konkret. Dies soll das folgende Beispiel zeigen:

„Messgeräte haben einen Messgerätefehler, der die Genauigkeit der abgelesenen Messwerte beeinflusst. Dieser Fehler wirkt sich bei Zeigerinstrumenten im ersten Drittel der Skale besonders stark auf die Genauigkeit aus. Wenn man den Fehler klein halten will, ist der Messbereich so zu wählen, dass der Zeiger im letzten Drittel der Skala steht. Bei digitalen Messgeräten ist die zuletzt angezeigte Ziffer unsicher.“ (S.63)

Konkreter könnte man diesen Abschnitt als Gebrauchsanleitung für den Lernenden formulieren:

Kein Messgerät zeigt genau den richtigen Wert an. Den Fehler, den die Messgeräte machen, nennen Physiker und Techniker Messgerätefehler. Bei Zeigerinstrumenten ist dieser Fehler besonders groß, wenn sich der Zeiger im ersten Drittel der Skala befindet. Wenn du ein Zeigerinstrument benutzt, sollte der Zeiger sich darum immer im letzten Drittel der Skala befinden. Bei digitalen Messgeräten ist die letzte Ziffer ungenau. Wenn dein Messgerät also 0,56 A angibt, kann der tatsächliche Wert auch 0,555 A oder 0,564 A sein.

Ein weiteres Beispiel soll das Verwenden zu vieler Fachbegriffe illustrieren: „Beim Anlegen einer Spannung bewegen sich die Ionen entsprechend ihrer Ladung in Richtung der Pole (Anode bzw. Katode) und lagern sich dort an (Abb.4).“ (S.62). Auf die Begriffe Ano-

de und Katode sollte man verzichten. Sie werden an dieser Stelle nicht erklärt, sodass der Lernende nicht weiß, welcher Begriff welchem Pol entspricht. Außerdem werden sie in dieser Lerneinheit nicht noch einmal benutzt. Ferner könnte man auch hier etwas konkreter formulieren, indem man wiederholt, welche Ladungen zu welchen Polen wandern. Syntaktisch lässt sich der Satz vereinfachen, indem auf die Nominalisierung verzichtet wird: „Legt man eine Spannung an eine Flüssigkeit an, wandern die positiven Ionen zum negativen Pol und die negativen Ionen zum positiven Pol.“

An einer anderen Stelle ist der Text ausreichend konkret, sodass es für den Lernenden gut verständlich sein sollte: „Die mit ‚+‘ gekennzeichnete Buchse muss mit dem Pluspol der elektrischen Quelle verbunden werden, die mit ‚-‘ gekennzeichnete Buchse mit dem Minuspol.“ (S.74)

GLIEDERUNG/ORDNUNG. Da der grundsätzliche Aufbau der Lehrwerke innerhalb einer Reihe gleich bleibt, soll dieser Punkt hier und bei den folgenden Bewertungen nicht mehr begründet werden.

KÜRZE/PRÄGNANZ. Ähnlich wie im Lehrbuch für die Klasse sechs sind auch hier die Texte relativ knapp gehalten. Sie konzentrieren sich auf das Wesentliche und das Lehrziel. Daher bleibt die Wertung „++“ bestehen.

ANREGENDE ZUSÄTZE. Die Analogie des Wasserkreislaufes wird an mehreren Stellen aufgegriffen, um den Stromkreis und die elektrische Stromstärke zu veranschaulichen. Außerdem werden die Personen Volta und Ampère kurz vorgestellt und an einigen Stellen Anwendungen für zuvor erklärte Phänomene präsentiert. Der Text ist auch hier sehr unpersönlich. Da mehr anregende Zusätze als im Band der sechsten Klasse enthalten sind, verbessert sich die Wertung auf „+“.

6.3.2 Volk und Wissen Physik Plus Klasse 7

Dem Kapitel „Stromstärke und Spannung in Stromkreisen“ geht das Kapitel „Kräfte“ voraus. Teil dieses Kapitels ist die Elektrostatik, die Kraftwirkungen zwischen Ladungen beschreibt.

Das Kapitel „Stromstärke und Spannungen in Stromkreisen“, das hier analysiert werden soll, umfasst die Seiten 65 bis 92 und beinhaltet die Teilkapitel „Die elektrische Stromstärke“ und „Die elektrische Spannung“. Das Kapitel zur Stromstärke ist unterteilt in die Absätze „Leitung in Metallen, Flüssigkeiten und Gasen“, „Modell der Elektronenleitung für

metallische Leiter“, „Die elektrische Stromstärke“, „Die Stromstärke im unverzweigten und im verzweigten Stromkreis“ und die Zusatzseite „Ein Blick in die Technik“ zum Thema „Elektrische Stromkreise im Haushalt“.

Das Kapitel zur Spannung enthält die Absätze „Die Spannung einer Elektrizitätsquelle“, „Die Spannung im unverzweigten und im verzweigten Stromkreis“ sowie das Zusatzkapitel „Ein Blick in die Geschichte“ über die „Elektrizität von Froschschenkeln“ und das hier nicht mit in die Analyse einbezogene Projekt „Selbst gebaute Batterien“. Am Ende der beiden Teilkapitel gibt es je eine Seite mit Aufgaben und einer knappen Zusammenfassung.

Die vermittelnden Seiten, die sich auf die obligatorischen Inhalte beziehen, umfassen elf Seiten. Zusätzlich gibt es zwei Seiten mit Ausblicken, zwei mit Aufgaben und Zusammenfassungen und ein einseitiges Projekt.

Im Anschluss an das Kapitel gibt es auf den Seiten 82 bis 85 einen längeren Ausblick zum Thema Elektrizität in der Umwelt und auf den Seiten 86 bis 92 Informationen und Aufgaben zu elektrischen Schaltungen. Diese ergänzenden Inhalte werde ich nicht zur Analyse hinzuziehen.

6.3.2.1 Lexikalische Betrachtungen

ANZAHL. Insgesamt benutzt das Lehrbuch in diesem Kapitel 140 verschiedene Fachbegriffe, 17 hiervon nur in den optionalen Kapiteln (Ausblicke). 51 dieser Begriffe sind bereits in den Lehrbuchtexten der Klasse 6 genutzt worden und könnten den Lernenden somit noch etwas geläufiger als die übrigen sein. Weitere 9 Begriffe sind in der Alltagssprache soweit etabliert, dass sie dem Lernenden bekannt sein dürften.¹³⁰ Die Zahl der unbekannteren Fachbegriffe ist somit 80.

Lehrplan 7:

Leitung elektrische Stromstärke Elektronenleitung Spannung Spannungsquelle	optional: Parallelschaltung galvanische Spannungsquelle Generator Teilspannungen Reihenschaltung
----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹³⁰ Zink, elektrische Messgeräte, Blei, Kohle, Kraftwerk, Solarmodul, Stecker, Elektrizitätswerk, Kabelanschluss (verbinden die meisten Lernenden vermutlich direkt mit Fernsehprogrammen).

Physik Plus 7:

(S.66): Kabel, fließen, elektrischer Strom, Schweißelektrode, Elektrizitätsquelle

Leitung, Metall, Flüssigkeit, Gas, leiten, Draht, Glühlampe, Wendel, Kontakt, gerichtete Bewegung, Elektronen, elektrische Ladung, Elektrode

Kalilauge, Schwefelsäure, Säure, Lauge, wässrige Lösung, Salz, positiv geladen, negativ geladen, Ionen

(S.67): Nichtleiter, Ladungsträger, Lichtbogen, Temperatur, ° C, Luftmolekül, Kunststoffstab, Quecksilber-Ionen, Druck

Modell der Elektronenleitung, metallische Leiter, Atom, Ladungsausgleich, geladen, Metall-Ionen, Minuspol, Pluspol, Elektronenüberschuss, Elektronenmangel, Kontakt, Verbindungskabel, elektrisches Gerät, Stromkreis, Kraft

(S.68): Geschwindigkeit, mm/s, Minute, Sekunde, Meter, Zuleitungskabel, kinetische Energie, Schalter, elektrische Stromstärke

(S.69): Querschnitt, Formelzeichen, I, Einheit, Ampere (A), Milliampere (mA), Strommesser, in Reihe geschaltet

(S.70): unverzweigter Stromkreis, verzweigter Stromkreis, Parallelschaltung, Reihenschaltung, parallel geschaltet

(S.71): Verzweigungsstelle, Leiterzweig, Zuleitung, Summe, Teilstromstärke, Gesamtstromstärke

(S.74): elektrische Spannung (U), Kupfer, Zink, Volt (V), Kilovolt (kV), Kupfer-Zink-Element, 1,5-V-Zelle, Flachbatterie, Batterie, Glühfaden

(S.75): Spannungsmesser, Vielfachmessgeräte, elektrische Messgeräte, elektrische Größen, Spannungsquelle, Stromquelle, galvanische Spannungsquelle, Bleiakkumulator, Bleioxid, Blei, Kohle, Monozelle, chemischer Vorgang, chemischer Prozess, Zinksalz, Salmiaklösung

(S.76): Gleichstromlichtmaschine, Kraftwerk, Elektromagnet, Netzgerät, Generator, Stromversorgungsgerät, Solarmodul, Solarzelle

(S.77): Leerlaufspannung (U_{Leer}), Klemmenspannung (U_{kl}), addieren, Teilspannungen

(S.78): Messunsicherheit, Stecker, Buchse, elektrischer Kontakt, Messergebnis, Skala, Messinstrument, Zeiger-Messinstrument

optional:

(S.72): Elektrizitätsleitung, Elektrizitätswerk, Heizwendel, Kabelanschluss, Sicherung, Kurzschluss

(S.79) Anatomieprofessor, sezieren, präparieren, Skalpelmesser, Schenkelnerv, Messing, Zinn, galvanisches Element, Platindraht, magnetische Wirkung

FACHWORDDICHTEN. Im Fließtext sind insgesamt 766 von 3691 Worten Fachbegriffe. Damit ergibt sich der Anteil an Fachworten insgesamt zu 20,80%. Betrachtet man die grundlegenden vermittelnden Informationstexte getrennt von den Ausblicken, erhält man für die grundlegenden Texte 21,97% und für die Ausblicke 13,93% Fachworte. Die Ausblicke haben somit eine wesentlich geringere Fachwordtdichte als die grundlegenden Texte.

In den zwei kurzen Kapiteleinführungen sind 10 von 38 ($\hat{=}$ 26,32%) bzw. 3 von 56 ($\hat{=}$ 5,36%) Worten Fachbegriffe. Berücksichtigt man für den ersten Einleitungsteil die Alltagsnähe der Begriffe Kabel, fließen und Strom, verringert sich der Anteil auf 6,90%. Diese beiden Abschnitte können somit lexikalisch der Alltagssprache sehr nah eingestuft werden. Die Titel-

seite enthält die Fachbegriffe elektrischer Strom, Spannung, Elektrizitätstransport, Hochspannungsleitung, Kabel, Gerät, Elektrizität, fließen und elektrische Stromstärke und weist einen Anteil an Fachbegriffen von 24,14% auf. Zieht man alltagsnahe Begriffe ab, beträgt der Anteil dennoch 13,79%. Die Sprache der Titelseite würde ich daher nicht als Alltagssprache einordnen.

WORTGRUPPEN. Auch hier gibt es zahlreiche Begriffe zur Beschreibung des Aufbaus von Stoffen¹³¹, Stoffnamen¹³² und Begriffe aus der Chemie¹³³.

Viele Begriffe sind aus der Mathematik entlehnt: Minus, Plus, positiv, negativ, Summe und addieren. Im Ausblick zum Thema Galvani auf S.79 werden viele Begriffe aus der Medizin genutzt, um seine Experimente zu beschreiben. Die Begriffe Anatomieprofessor, sezieren, präparieren, Skalpellmesser und Schenkelnerv stammen ebenfalls aus dem Bereich der Medizin.

Neben den im Text direkt eingeführten Einheiten Volt und Ampere werden einige Längen- und Zeiteinheiten genutzt, die z.T. in der Alltagssprache sehr gebräuchlich sind oder aus dem Mathematik- oder Mechanikunterricht bekannt sein dürften. Dies sind das Meter, das Millimeter, die Minute und die Sekunde. Die Begriffe gebundene und freie Elektronen sind eigentlich Fachbegriffe, können aber vom Schüler auch alltagssprachlich verstanden werden und behindert daher das Verstehen vermutlich nicht oder nur wenig.

DEFINITIONEN. Direkt definiert über die Formulierungen „sie heißen“, „wird genannt“ / „nennt man“ oder „ist“ sind die Begriffe Ionen (S.66), elektrischer Strom¹³⁴, Ampere (S.69), Volt (S.74), Gleichstromlichtmaschine (zusätzlich mit Aufbau, Bild und einem Vergleich mit dem Generator) (S.76), Klemmspannung (S.77), elektrische Spannung (S.74), galvanische Spannungsquelle (S.75) und Leerlaufspannung (S.77).

Die Begriffe elektrische Stromstärke (S.69) und elektrische Spannung (S.74) werden auch hier über das definiert, was sie angeben. Strommesser (S.69), Spannungsmesser (S.75), und Vielfachmessgeräte (S.75) werden durch ihre Funktion definiert, ähnlich wie in Level Physik 7. Eine konkrete Beschreibung des Bezeichneten erfolgt für die Begriffe Netzgerät,

¹³¹ Elektronen, Atom, Moleküle, Ion, Luftmolekül, Quecksilber-Ionen und Metall-Ionen

¹³² übergeordnete Begriffe: Metall, Flüssigkeit, Gas; eigentliche Stoffnamen: Kali, Schwefel, Quecksilber, Kupfer, Zink, Blei, Bleioxid, Kohle, Zinksalz, Messing, Zinn.

¹³³ Kalilauge, Schwefelsäure, Säure, Lauge, wässrige Lösung, Salze.

¹³⁴ „In Metallen ist der elektrische Strom die gerichtete Bewegung von Elektronen.“ Physik Plus 7. S.67

für das zusätzlich als Synonym Stromversorgungsgerät (S.76) eingeführt wird, und Solar-
modul (S.76). Auch bei der Monozelle wird der Aufbau beschrieben. Zusätzlich wird diese
Beschreibung noch durch eine Abbildung und ein Beispiel aus dem Alltag unterstützt
(S.75). Hiermit verbunden wird die Flachbatterie beschrieben, die aus drei Monozellen
besteht (S.76).

Es erfolgt eine Verknüpfung der Begriffe Parallelschaltung und verzweigter Stromkreis:
„Der Strom verzweigt sich und durchfließt die Geräte parallel.“ (S.70). Parallel- und Rei-
henschaltung selbst wurden bereits im vorherigen Lehrbuch für die Klassenstufe 6 einge-
führt, werden hier aber nochmals über eine Abbildung wiederholt (S.70). Spannungsquelle
und Stromquelle werden als Synonyme für Elektrizitätsquelle eingeführt (S.75).

Das Lehrbuch verwendet an mehreren Stellen Analogien um Sachverhalte verständlicher
zu gestalten. Eine Analogie wird genutzt um den Begriff der gerichteten Bewegung zu
erklären.¹³⁵ Ausführlich wird außerdem die Wasseranalogie beschrieben um die Begriffe
elektrische Leitungen ($\hat{=}$ Wasserleitungen), Elektronen ($\hat{=}$ Wasser), Wasserpumpe ($\hat{=}$ Elektri-
zitätsquelle), Elektromotor ($\hat{=}$ Wasserturbine) und Schalter ($\hat{=}$ Wasserhahn) zu verdeutlichen
(S.68). Diese Analogie wird durch eine Grafik veranschaulicht.

6.3.2.2 Syntaktische Betrachtungen

QUANTITATIV. Insgesamt gibt es in diesem Kapitel 259 Sätze, davon sind 184 einfache
und 75 komplexe Sätze. Die komplexen Sätze machen somit 28,96% aller Sätze aus. Bis
auf vier Frage- und zwei Ausrufesätze gibt es im Text nur Aussagesätze.

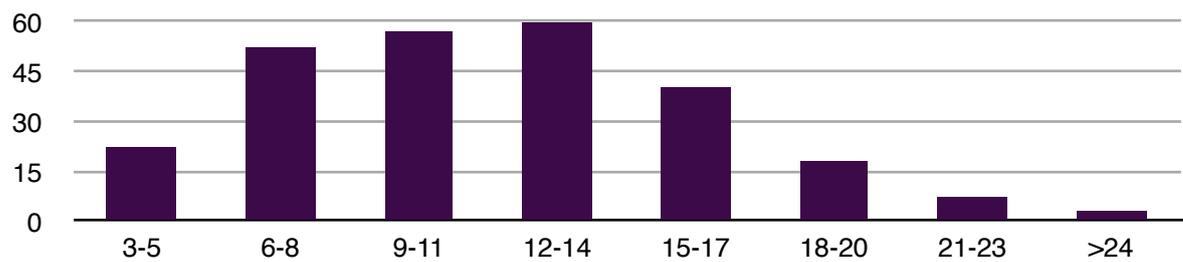
Die durchschnittliche Satzlänge beträgt 11,61 Wörter pro Satz. Betrachtet man nur die ein-
fachen Sätze, ergibt die durchschnittliche Satzlänge 9,63 Wörter pro Satz, die kürzesten
einfachen Sätze umfassen drei Wörter, dies kommt bei sechs Sätzen vor. Die komplexen
Sätze haben im Durchschnitt eine Länge von 16,45 Wörtern und umfassen neun bis maxi-
mal 44 Worte. Sie sind wesentlich länger als die einfachen Sätze.

Die komplexen Sätze umfassen 13 Satzreihen und 62 Satzgefüge. Die Satzreihen haben
eine mittlere Satzlänge von 19,69 Worten, die Satzgefüge sind mit 15,77 Worten im Durch-
schnitt kürzer. Nur vier Satzgefüge haben mehr als zwei Nebensätze und es kommt nur ein
Nebensatz zweiten Grades vor.

Aus der Verteilung der Satzlängen (Diagr. 5) zeigt sich, dass Sätze mit 12-14 Worten am

¹³⁵ „Man kann die gerichtete Bewegung der Elektronen durch einen metallischen Leiter mit der Bewegung
der Autos vergleichen.“ Physik Plus 7. S.69.

häufigsten vorkommen.



Diagr. 6: Verteilung der Satzlengthen in Physik Plus 7

QUALITATIV. Passivkonstruktionen und das Pronomen man sind im Text sehr verbreitet. Beispiele hierfür sind „Eine größere Einheit, die oft in der Technik benutzt wird...“ (S.74) und „Dazu schließt man das Handy ans Ladegerät an“ (S.66).

In anderen Fällen, v.a. bei alltagsnahen Beispielen, werden die Lernenden direkt angesprochen, z.B. „Einen solchen Vorgang kennst du bereits vom Reiben eines Kunststoffstabes mit einem Fell.“ (S.66) oder „Wenn du eine Lampe einschaltest, dann leuchtet sie sofort auf“ (S.68). Der erste Satz ist gleichzeitig ein Beispiel für Nominalisierungen im Text („vom Reiben“). Allgemein kommen im Text nur wenige Nominalisierungen vor, z.B. „beim Aussteigen“, „beim Fließen“ (S.66) und „durch unsachgemäße Behandlung“ (S.78). Diese Beispiele sind nicht besonders schwer verständlich oder stark verkompliziert, sodass nicht von einem ausgeprägten Nominalstil gesprochen werden kann.

Ein Beispiel für eine Kombination aus Nominalisierung und Deagentivierung, die in diesem Fall unnötig kompliziert ist, ist „Als Flüssigkeit findet meist Kalilauge Verwendung.“ (S.66). Einfacher formuliert, ohne Nominalisierung, könnte es lauten: „Die Flüssigkeit in Batterien ist meistens Kalilauge.“ und in agentivierter Form: „Die Batteriehersteller benutzen für die Flüssigkeit in Batterien häufig Kalilauge.“

In einigen Fällen findet man im Text auch Partizipialkonstruktion anstelle von Relativsätzen, z.B. „Die abgelösten Elektronen...“ (S.67). Dies wird in Fachtexten häufig genutzt, da die Partizipialkonstruktion ökonomischer als der Relativsatz ist und somit eine höhere Kondensation des Inhaltes ermöglicht.

Die im Text vorkommenden Merksätze sind syntaktisch meist unkompliziert. Dies erhöht die Einprägsamkeit des Satzes. In der Regel sind es einfache Aussagesätze, z.B. „In einem unverzweigten Stromkreis ist die elektrische Stromstärke an allen Stellen gleich groß: $I = I_1 + I_2$ “ (S.71). Zwei Merksätze sind komplexe Sätze mit einem Nebensatz, einer Akkusati-

verganzung. Beide Sätze enthalten die Formulierung „gibt an,...“ und definieren die elektrische Stromstärke bzw. die elektrische Spannung: „Die elektrische Stromstärke gibt an, wie viele Elektronen sich in einer bestimmten Zeit durch den Querschnitt eines Leiters bewegen.“ (S.69).

6.3.2.3 Didaktische Bewertung der Verständlichkeit

Einfachheit 0	Gliederung/Ordnung ++
0 Kürze/Prägnanz	++ anregende Zusätze

Abb. 18: Beurteilungsfenster Physik Plus 7

EINFACHHEIT. Die Fachwortdichte ist mit 22% etwas höher als im Band des sechsten Jahrgangs. Dies ist gerechtfertigt, da den SchulerInnen viele der verwendeten Fachbegriffe aus dem vorhergehenden Schuljahr bekannt sein sollten. Der Anteil an Satzgefügen ist dafür wesentlich geringer (28,96% im Vergleich zu 41,09% in Physik Plus 7), sodass der Text syntaktisch und lexikalisch insgesamt einfacher ist als der Physik-Plus-7-Text. Die mittlere Satzlänge bleibt mit 9,67 Worten weder besonders lang noch sehr kurz. Abstrakte fachliche Darstellungen werden i.d.R. durch konkrete Beispiele ergänzt, sodass sie verständlich werden. Der Text wirkt insgesamt konkret und anschaulich. Aufgrund der vielen Fachbegriffe, die z.T. nicht erklärt werden, wird die Einfachheit dennoch mit „0“ bewertet.

Als Beispiel für eine schwierige syntaktische Konstruktion dient folgender Satz: „Die Spannung, die zwischen den Polen einer Elektrizitätsquelle auftritt, wenn kein Strom fließt, nennt man Leerlaufspannung U_{Leer} .“ (S.77) Dieser Satz enthält einen Nebensatz zweiten Grades. Die Aussage kann vereinfacht werden, indem sie in zwei Teilsätzen formuliert wird: „Auch wenn kein Strom fließt, gibt es zwischen den Polen einer Elektrizitätsquelle eine Spannung. Diese Spannung heißt Leerlaufspannung U_{Leer} .“

KÜRZE/PRÄGNANZ. Da die Basistexte elf Textseiten umfassen und viele Problemstellungen, Anwendungen und Beispiele enthalten, erhält dieser Bewertungspunkt wie bereits für die Klassenstufe sechs eine „0“.

ANREGENDE ZUSÄTZE. Viele Inhalte werden zunächst durch eine Problem- oder Frage-

stellung aus dem Alltag initiiert, es folgt die fachliche Analyse und anschließend die Problemlösung oder Beantwortung der Frage. Ein Beispiel hierfür ist die Leitung in Metallen. Das Problem wird durch den Stromkreis einer Handlampe aufgeworfen. Es folgt die fachliche Beschreibung des Problems und die Lösung: Alle stromleitenden Teile der Handlampe bestehen aus Metall und leiten darum den Strom (S.66).

Außerdem werden zahlreiche Anwendungen und Analogien gebracht. So wird zum einen das erworbene fachliche Wissen auf Alltagsphänomene und Problemstellungen angewandt und kontextualisiert und somit „anwendbares“, lebendiges Wissen. Zum anderen ermöglichen die Analogien einen einfacheren Zugang und ein leichteres Verständnis der Lernenden. Anregend wirken außerdem sehr knappe historische Zusatzinformationen zu den Physikern Volta und Ampère, nach denen die jeweiligen Einheiten benannt wurden.

Der Text ist somit insgesamt anregend, interessant und abwechslungsreich. Da er den Lesenden auch direkt anspricht und an dessen Erfahrungen anknüpft, wirkt er zudem persönlich.

6.4 Lehrbuchtexte Klasse 8

In den allgemeinen Zielen der Klassenstufe acht findet sich auch hier die Weiterentwicklung der fachsprachlichen Kompetenz als Lernziel: „Die Schüler wissen, dass mit Begriffen und Gesetzen der Physik allgemeingültige Aussagen über konkrete Sachverhalte in Natur und Technik getroffen werden. Sie unterscheiden bewusst zwischen der Fachsprache und der Alltagssprache.“¹³⁶

Im *Lernbereich 3: Eigenschaften elektrischer Bauelemente* lernen die SchülerInnen die dritte grundlegende Größe der Elektrizitätslehre kennen: den elektrischen Widerstand. Während in der siebten Klasse noch einfachere Formelzusammenhänge wie $U_{ges} = U_1 + U_2$ behandelt wurden, werden jetzt das mathematisch etwas anspruchsvollere Ohmsche Gesetz $R = \frac{U}{I}$ und das Widerstandsgesetz $R = \rho \frac{l}{A}$ behandelt. Außerdem werden I(U)-Kennlinien aufgenommen und grafisch ausgewertet. Die übergeordneten Lernziele dieses Lernbereichs lauten „Kennen der physikalischen Größe elektrischer Widerstand“, „Kennen des Widerstandsgesetzes“, „Einblick gewinnen in den Einfluss der Temperatur auf den elektrischen Widerstand von Metallen und Halbleitern“, „Kennen des Zusammenhangs zwischen Stromstärke und Spannung für verschiedene Bauelemente“ sowie „Anwenden der Kennt-

¹³⁶ Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport (2011). S.18.

nisse über umgewandelte elektrische Energie und Leistung“.¹³⁷

6.4.1 DUDEN Paetec Level Physik Klasse 8

Das Kapitel „Eigenschaften elektrischer Bauteile“ umfasst die Seiten 94 bis 123. Es enthält die Unterkapitel „Elektrischer Widerstand“ (S.95 - S.111) und „Elektrische Energie und elektrische Leistung“ (S.112 - S.123).

Das Unterkapitel „Elektrischer Widerstand“ ist in die Abschnitte „Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke – Das ohmsche Gesetz“, „Der elektrische Widerstand“, „Das Widerstandsgesetz“, „Elektrischer Widerstand und Temperatur“ und „Elektrischer Widerstand von Halbleitern“ gegliedert (fünf Textseiten). Außerdem enthält es Ausblicke zu den Themen technische Widerstände, Supraleitung und dem Widerstand von Glühlampen (zwei Textseiten) sowie einen methodischen Input zum Umgang mit dem grafikfähigen Taschenrechner, dem Lösen physikalisch-mathematischer Aufgaben, der Internetrecherche und als Kapitelabschluss drei Seiten mit Experimenten und Aufgaben und die einseitige Zusammenfassung.

Das Unterkapitel „Elektrische Energie und elektrische Leistung“ enthält die Abschnitte „Elektrische Energie“, „Berechnen der genutzten elektrischen Energie“, „Elektrische Leistung“ (drei Textseiten), Ausblicke zur Helligkeit von Lampen und Überlastungen und Elektrizitätszählern (drei Textseiten) und das Projekt „Rationelle Nutzung von Energie“, zwei Aufgabenseiten und die Zusammenfassungsseite.

Zur folgenden Analyse werden somit 13 Textseiten hinzugezogen.

6.4.1.1 Lexikalische Betrachtungen

ANZAHL. Im Lehrplan werden im *Lernbereich 3: Eigenschaften elektrischer Bauelemente* insgesamt 17 Fachbegriffe genannt, hiervon sind sieben optional. Im Lehrbuch werden in diesem Kapitel 118 Begriffe in den grundlegenden vermittelnden Texten und 52 Begriffe in den ergänzenden Texten genutzt. Von den insgesamt 170 Begriffen tauchen 123 in diesem Kapitel zum ersten Mal auf. Berücksichtigt man wiederum die alltagsnahen Begriffe¹³⁸, bleiben 107 neue und unbekannte Fachbegriffe.

¹³⁷ Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport (2011). S.20.

¹³⁸ Länge, Metalldraht, Nickel, Zimmertemperatur, Schwingung, Energiesparlampe, elektrische Maschine, Zählerscheibe, Umdrehungen, Glaskolben, Quecksilber, Lichtquelle, Betriebsdauer, Netz, Überlandleitung, Verteilungsnetz

Lehrplan Klasse 8:

Elektrischer Widerstand
Bauelement
Halbleiter
Kennlinie
Ohmsches Bauelement
Ohmsches Gesetz
elektrische Energie
Leistung
Energieumwandlung
Entwertung

optional:
technische Widerstände
Kaltleiter
Heißeleiter
Supraleiter
Glühlampe
Thermistor
Konstantandraht

Level Physik Klasse 8:

(S.96): elektrische Spannung (U), elektrische Stromstärke (I), Ohmsches Gesetz, Stromkreis, elektrischer Strom, Elektronen, Leiter, Querschnitt, Glühlampe, elektrische Quelle, metallischer Leiter, Temperatur, konstant

Messwerte, elektrischer Widerstand (R), Konstantan, Diagramm, Gerade, Ursprung, Koordinatensystem, Graph, I-U-Diagramm, Bauteil, Kennlinie, Gültigkeitsbedingung, Metallfadenlampe, Glühfaden

(S.97): gerichtete Bewegung, Stromfluss, Quotient, Ohm (Ω), Vielfaches, Kiloohm ($k\Omega$), Megaohm ($M\Omega$), Vielfachmessgerät, Nullpunkt, Batterie, Skala, Widerstandswert

(S.100): Widerstandsgesetz, elektrisches Gerät, Draht, Stoff, Länge, Querschnittsfläche, spezifischer elektrischer Widerstand (ρ), Gleichung

(S.101): Metalldraht, Glühwendel, Temperaturabhängigkeit, technische Widerstände, Modell der Elektronenleitung, Temperaturerhöhung, Metall-Ionen, temperaturunabhängig, Legierung, Kupfer, Nickel, Mangan

(S.102): Halbleiter, elektrische Leitfähigkeit, Isolator, reine Halbleiter, Silicium, Germanium, Selen, Zimmertemperatur, Gitter, Bindung, Loch, Defektelektron, freie Elektronen, gebundene Elektronen, Pluspol, Leitungsmechanismus, Eigenleitung, Element, Fremdatom, Außenelektron, Halbleiteratom, dotieren, Halbleiterkristall, Ionen, Schwingung, Ruhelage, Ladungsträger, Halbleiterwiderstand, Thermistor, Kaltleiter, Heißeleiter

(S.113): elektrische Energie, Energie, Energieform, Energieumwandlung, Entwertung, Wärme, Energiesparlampe, elektrische Anla-

ge, elektrische Geräte, Einheit, Wattsekunde (Ws), Wattstunde (Wh)

(S.114): elektrische Maschine, Elektromotor, mechanische Energie, Joule (J), Elektrizitätszähler, Kilowattstundenzähler, Zählerscheibe, Umdrehungen, proportional zu, umgesetzte Energie, Elektrizitätswerk

(S.115): elektrische Leistung (P), Glaskolben, Typenschild, sieden, Watt (W), Kilowatt (kW), Megawatt (MW)

optional:

(S.100): physikalische Größe, Bauform, Festwiderstand, regelbarer Widerstand

(S.101): Supraleiter, Quecksilber, Kelvin, Sprungtemperatur, Hochtemperatur-Supraleiter, flüssiger Stickstoff, Siedetemperatur, flüssiges Helium, Kühlmittel, supraleitende Spulen, Magnetfeld, Kernspintomograf, Teilchenbeschleuniger

(S.106): Wolfram, Schmelztemperatur, Betriebstemperatur, Betriebsspannung, Messwertetabelle, Schaltplan, Betriebszustand

(S.107): Halogenlampe, Lichtquelle, Netzspannung, Reihenschaltung, Summe, Vorwiderstand, Bauelement

(S.118): Dynamo, Fahrraddynamo, Produkt, Versuchsdurchführung, Experimentieranordnung, Messergebnis

(S.119): Sicherung, parallel geschaltet, verzweigter Stromkreis, Gesamtstromstärke, Teilstromstärke, addieren, dividieren

(S.120): Zählertyp, Betriebsdauer, Netz, Kenndaten, Überlandleitung, Verteilungsnetz, Hochspannung, transformieren

FACHWORTDICHTE. Die Fließtexte des Kapitels weisen einen Fachwortanteil von 24,93% auf. Im grundlegenden vermittelnden Fließtext finden sich 452 Fachbegriffe. Das ergibt bei insgesamt 1702 Wörtern eine Dichte von 0,2656 ($\hat{=}$ 26,56%). In den ergänzenden Texten ist die Dichte an Fachbegriffen mit 0,2311 ($\hat{=}$ 23,11%) nur geringfügig kleiner. Die Merksätze weisen mit 52,90% einen sehr hohen Fachwortanteil auf. Die Titelseiten der Teilkapitel enthalten 15,46% bzw. 10,68% Fachbegriffe. Auch wenn viele Fachbegriffe hier alltagsnah sind, es werden z.B. die Voltzahlen auf Batterien zitiert, ist der Anteil an Begriffen aus dem Fachbereich der Elektrizitätslehre auch hier recht hoch, sodass die Textpassagen nicht als alltagssprachlich eingeordnet werden können.

WORTGRUPPEN. Es ist möglich, die verwendeten Fachbegriffe in Wortgruppen einzuordnen. So gibt es beispielsweise viele Wortbildungen mit Temperatur: Komposita mit dem Begriff Temperatur als Determinans: die Adjektive temperaturabhängig und temperaturunabhängig, wobei die Wortbildung unabhängig eine Derivation mit der verneinenden Vorsilbe un- ist. Im Text kommt auch die substantivierte Form des Adjektivs Temperaturabhängigkeit vor. Außerdem gibt es Komposita mit dem Begriff Temperatur als Determinatum: Zimmertemperatur, Sprungtemperatur, Siedetemperatur, Schmelztemperatur, Betriebstemperatur. Das sehr lange Wort Hochtemperatur-Supraleiter ist eine komplexere Wortbildung, wie sie in fachsprachlichen Begriffsbildungen häufig vorkommt. Es ist zunächst eine Komposition aus den Wortteilen Hochtemperatur (Determinans) und Supraleiter (Determinatum). Hochtemperatur ist selbst eine Komposition mit dem Adjektiv hoch als Determinans und dem Substantiv Temperatur als Determinatum. Supraleiter ist eine Derivation bestehend aus dem Begriff Leiter und der Vorsilbe supra-, die den Begriff Leiter näher definiert.

Ähnliche Wortbildungen, die der Spezifizierung und Gliederung von Begriffen dienen, finden sich mit dem Begriff Energie: elektrische Energie, mechanische Energie, umgesetzte Energie, Energieform, Energieumwandlung, Energieentwertung, Energiesparlampe.

Neben diesen physikalischen Wortgruppen gibt es in den Texten zahlreiche mathematische Begriffe. Aus der Geometrie stammen die Begriffe Querschnitt, Querschnittsfläche und Länge. Die Begriffe Tabelle, Gleichung, Koordinatensystem, Diagramm, Graph, Gerade, Ursprung und Gültigkeitsbedingung werden in der Analysis verwendet und werden im Text zur Beschreibung graphischer Darstellungen von quantitativen Zusammenhängen physikalischer Größen genutzt. Die Verben addieren und dividieren beschreiben grundlegende ma-

thematische Operationen, die dem Lernenden aus dem Mathematikunterricht bekannt sind und in der Physik häufig genutzt werden. Quotient, Summe, Produkt und Vielfaches beschreiben das Ergebnis solcher Operationen. Das erhöhte Aufkommen mathematischer Begriffe spricht für eine verstärkte Mathematisierung der Inhalte. Dies spiegelt sich auch in der vermehrten Verwendung von Gleichungen, Formelzeichen, Einheiten, und Zahlen innerhalb des Fließtext und durch in den Text eingebettete Beispielrechnungen wider. Während in der sechsten und siebten Jahrgangsstufe noch hauptsächlich qualitativ beschrieben wurde, werden physikalische Zusammenhänge nun zunehmend quantitativ beschrieben und in Gleichungen kondensiert. Auf den acht Seiten mit grundlegend-vermittelndem Text sind zwölf Gleichungen in den Fließtext eingebettet und fünf von neun Merkkästen enthalten eine Formel.

Um dem Lernenden die Formelzeichen einzuprägen und eine Verknüpfung zwischen Fließtext und Formel zu vereinfachen, werden die Begriffe Spannung und Stromstärke häufig mit einem Formelzeichen ergänzt: die Stromstärke I , die Spannung U oder mit Indizes spezifiziert die Spannung U_L .

DEFINITIONEN. Folgende Begriffe werden mit Hilfe der Formulierungen „wird bezeichnet“, „wird genannt“ oder „man nennt“ eingeführt: Kennlinie (S.96), Supraleitung (S.102), Sprungtemperatur (S.102), Hochtemperatur-Supraleiter (S.102), Eigenleitung (S.103), dotieren (S.103) und Thermistor (S.103).

Der Widerstand wird darüber definiert, dass er die Behinderung des Stromes angibt, was durch die bildliche Vorstellung stoßender Elektronen unterstützt wird. Diese Vorstellung wird durch das Drude-Modell beschrieben (S.97). Ähnlich werden auch der spezifische Widerstand (S.101) und die elektrische Leistung (S.115) durch die Worte „gibt an“ mit ihrem Begriffsinhalt verknüpft.

Über ihre Funktionen werden das Widerstandsgesetz¹³⁹ und der Elektrizitätszähler¹⁴⁰, über wesentliche Eigenschaften Konstantan (S.102) und der Halbleiter (S.103) definiert. Energiewandler werden durch typische Vertreter eingeführt (S.113) und die Synonyme Fehlstelle, Loch und Defektelektronen werden umschrieben durch die von Elektronen, die ihre Bindung im Gitter verlassen haben, verursachte Stelle (S.103). Ähnlich wird das Entwerten von Energie als die Umwandlung von hochwertiger in minderwertige Energie umschrieben

¹³⁹ „fasst alle Abhängigkeiten des elektrische Widerstandes zusammen“ Level Physik 8. S.101.

¹⁴⁰ „misst genutzte elektrisch Energie“ Level Physik 8. S.114.

(S.113). Ferner wird die elektrische Energie als die Fähigkeit des elektrischen Stroms, Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben oder Licht auszusenden definiert (S.113). Und der Festwiderstand und regelbarer Widerstand als Formen des Widerstands in eine Begriffshierarchie eingeordnet.

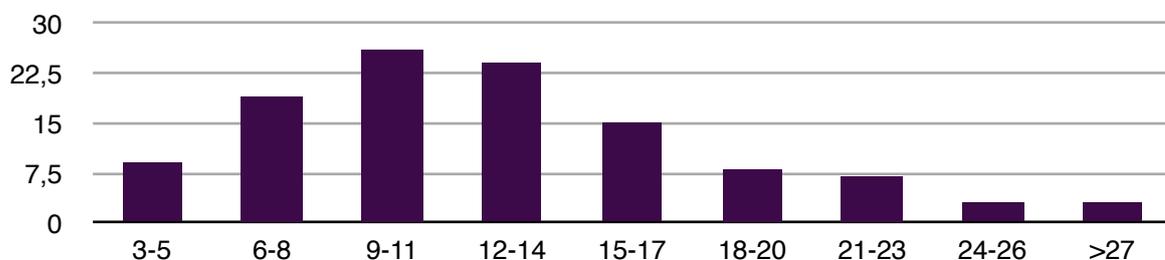
20 Fachbegriffe werden somit erklärt und eingeführt, während 87 Begriffe nicht korrekt definiert oder erklärt werden.

6.4.1.2 Syntaktische Betrachtungen

QUANTITATIV. Das Kapitel enthält 79 einfache und 35 komplexe Sätze. Der Text besteht nur aus Aussagesätzen. Der Anteil an komplexen Sätzen ist mit 30,7% geringer als im vorhergehenden Schuljahresband der Level-Physik-Reihe (44,29%). Die Anzahl der komplexen Sätze setzt sich zusammen aus vier Satzreihen und 31 Satzgefügen. Vier Satzgefüge bestehen aus Hauptsatz und zwei Nebensätzen. In zwei dieser Sätze ist ein Nebensatz zweiten Grades enthalten. Alle anderen Satzgefüge weisen nur einen Nebensatz auf. Insgesamt gibt es 35 Nebensätze. Hiervon sind 15 Relativsätze ($\hat{=}$ 44,12%) und 14 Adverbialsätze ($\hat{=}$ 41,18%), von denen wiederum zwölf Konditional- und zwei Finalsätze sind, sowie sechs Ergänzungssätze, von denen vier Akkusativergänzungen sind. Viele der Konditionalsätze sind verkürzt.¹⁴¹

Der Umfang der Sätze beträgt drei bis 32 Worte. Die einfachen Sätze umfassen im Durchschnitt 10,68 Worte, während die komplexen Sätze aus durchschnittlich 16,91 Worten bestehen. Die Satzreihen sind auch in diesem Lehrbuch mit 22,5 Worten durchschnittlich länger als die Satzgefüge mit 16,19 Worten.

Die Verteilung der Satzlängen (Diagr. 7) weist ein Maximum bei neun bis elf Worten auf, der Durchschnittswert der Satzlängen beträgt 12,60 Worte.



Diagr. 7: Satzlängen in Level Physik Klasse 8

QUALITATIV. Auch dieser Text weist bei Sätzen, die eine menschliche Handlung beschrei-

¹⁴¹ z.B.: „Bestimmt man den elektrischen Widerstand [...], dann zeigt sich:...“ Level Physik 8. S.162.

ben, hauptsächlich Passivformulierungen oder die Verwendung des Pronomens man auf. Beispiele sind „Man spricht auch von Defektelektronen“ (S.163) und „Wird an einen solchen reinen Halbleiter eine Spannung angelegt, ...“ (S.163). Aktive Formulierungen findet man hingegen bei Beschreibungen physikalischer Vorgänge, z.B. „Bewegen sich die Elektronen im Stromkreis, ...“ (S.97). Es finden sich in diesem Lehrbuch allerdings auch mehr aktive Formulierungen mit menschlichen Handelnden als in den vorhergehenden Lehrbüchern. „Überall nutzen wir die verschiedensten Formen der Energie.“ (S.113).

Die in den Text eingebunden Formeln ersetzen häufig das Objekt eines Satzes. Besonders die elliptische Formulierung „Es gilt:“, der eine Formel folgt, gibt es häufig. Ein Beispiel aus dem Basistext ist „Für die Einheit 1 Ohm gilt: $1\Omega = \frac{1V}{1A}$ “ (S.97). Ein weiteres Beispiel aus einem Merksatz: „Für alle metallischen Leiter gilt unter der Bedingung, dass die Temperatur konstant ist: $I \sim U$ “ (S.96).

Es gibt im Text fünf Aufzählungen, die sowohl für fachsprachliche Texte typisch, als auch für didaktische Texte sinnvoll sind. Ein Beispiel ist der folgende Satz: „Im Alltag spricht man oft über Energie: Sie wird verbraucht, gewonnen, umgewandelt, verwertet, gespeichert, kostet viel, wird immer weniger, muss erhalten bleiben.“ (S.113). Der Satz kann außerdem als Beispiel einer Deagentivierung genutzt werden. Die Energie wird als Subjekt genutzt und anschließend das Prädikat ins Passiv gestellt. Alternativ könnte ein menschliches Subjekt, aktives Prädikat und die Energie als Objekt im Satz genutzt werden: „Wir verbrauchen sie, gewinnen sie, ... bezahlen viel für Energie und müssen sie erhalten.“ Diese Stelle wäre außerdem geeignet für einen kurzen metasprachlichen Diskurs, indem die physikalische Bedeutung und Konsistenz dieser alltagssprachlichen Formulierungen hinterfragt wird. Das Lehrbuch geht auf diese sprachliche Ebene nicht ein, es lässt die Formulierungen im Raum stehen ohne sie zu kommentieren.

6.4.1.3 didaktische Bewertung der Verständlichkeit

Einfachheit –	Gliederung/Ordnung +
+ Kürze/Prägnanz	0 anregende Zusätze

Abb. 19: Beurteilungsfenster Level Physik 8

EINFACHHEIT. Wie in den bereits vorgestellten Lehrbüchern, werden auch hier sehr viele Fachworte genutzt und ein knappes Drittel aller Sätze sind Satzgefüge. Daher behalte ich die Wertung „–“ bei. Ein Beispiel für eine sehr fachliche und damit abstrakte Formulierung ist der folgende Satz: „Der Quotient aus Spannung und Stromstärke ist geeignet, die Größe elektrischer Widerstand zu beschreiben.“ (S.97). In diesem Satz sind zum einen sehr viele Fachbegriffe enthalten. Bis auf den mathematischen Ausdruck „Quotient“ handelt es sich aber um grundlegende Begriffe der Elektrizitätslehre, die der Lernende kennen sollte. Das Wort Quotient wird an dieser Stelle nicht durch die Formelschreibweise geklärt. Problematisch sehe ich außerdem die Verwendung des Passiv in Verbindung mit der Infinitivgruppe. Alternativ könnte der Satz lauten: „Teilt man die Spannung durch die Stromstärke, erhält man den Widerstand eines Leiters: $R = \frac{U}{I}$ “

KÜRZE/PRÄGNANZ. Die Basistexte sind mit sieben Seiten verhältnismäßig kurz. Sie konzentrieren sich aufs Wesentliche. Es gibt nur wenige Anwendungen und Beispiele, die keine grundlegenden Informationen vermittelt. Darum erhält dieser Punkt die Wertung „+“.

ANREGENDE ZUSÄTZE. Im grundlegenden Fließtext sind nur wenig Beispiele oder Anwendungen zu finden. Zusätzliche Informationen und Ausblicke findet man nur in den vom Basistext separierten Ausblicken. Der Lesende wird nicht direkt angesprochen, nur durch vereinzelte Formulierungen mit dem Pronomen „wir“ miteinbezogen. Im Großen und Ganzen wirkt der Text eher nüchtern-sachlich. Daher erhält diese Kategorie eine „0“.

6.4.2 Cornelsen Volk und Wissen: Physik Plus Klasse 8

Auf den Seiten 85 bis 117 findet sich das Kapitel „Eigenschaften elektrische Bauteile“. Es umfasst die Unterkapitel „Der elektrische Widerstand“ (S.86-97), „Spannung und Stromstärke“ (S.98-101), „Elektrische Leistung – elektrische Energie“ (S.102-109) und „Wi-

derstände in Stromkreisen“ (S.110-117).

„Der elektrische Widerstand“ ist untergliedert in die vermittelnden Abschnitte „Der elektrische Widerstand als physikalische Größe“, „Der elektrische Widerstand in Metallen“, „Halbleiter und Supraleiter“, „Das Widerstandsgesetz“ (sieben Textseiten) und Ausblicke zum Thema technische Widerstände, Körperschluss, Entdeckung der Supraleitung, Entdeckung des Elektrons (vier Textseiten). „Spannung und Stromstärke“ enthält die Abschnitte „Kennlinien verschiedener Bauelemente“, „Das Ohmsche Gesetz“ (zwei Textseiten) und einen Ausblick zu Georg Simon Ohm (eine Seite). Das Unterkapitel zur Leistung und Energie umfasst die Abschnitte „Elektrische Leistung“, „Elektrische Energie“ (vier Seiten) und Ausblicke zu sicheren Leitungen und dem Zusammenhang zwischen Leistung und Spannung (drei Seiten). Das letzte Unterkapitel mit dem Titel „Widerstände in Stromkreisen“ beinhaltet die Abschnitte „Der Widerstand im verzweigten und unverzweigten Stromkreis“, „Der Vorwiderstand“ und „Das Potentiometer“ (vier Seiten) sowie eine Stationsarbeit und einen methodischen Input zum Auswerten von Experimenten mit dem Taschenrechner. Somit besteht das Kapitel aus 17 grundlegend-vermittelnden Textseiten und acht Seiten mit optionalen Ausblicken. Den Abschluss jedes Unterkapitels bildet eine Seite mit Aufgaben und einer kurzen Zusammenfassung.

6.4.2.1 Lexikalische Betrachtungen

ANZAHL. In den grundlegenden vermittelnden Texten verwendet das Lehrbuch 200 Fachbegriffe. Hiervon sind 77 Begriffe schon in vorhergehenden Lehrbuchkapiteln aufgetaucht. 123 Fachbegriffe in den grundlegenden Kapiteln sind den Lernenden somit vermutlich noch unbekannt. In den ergänzenden Texten tauchen weitere 88 Fachbegriffe auf. 69 Begriffe werden in diesen Kapiteln zum ersten Mal genutzt. Insgesamt erhält man für das gesamte Kapitel 288 Fachbegriffe, von denen 192 den SchülerInnen zuvor nicht vermittelt worden sind. Einige Begriffe können dem alltäglichen Sprachgebrauch zugeordnet werden.¹⁴² Zieht man diese Begriffe ab, bleiben 153 unbekannte Fachbegriffe.

¹⁴² aus den Basistexten: Zeigerausschlag, Skala, Vollausschlag, Eisendraht, Kohlenstoff, Quecksilber, Drahtstück, ver-x-fachen, verdoppeln, halbieren, Kabelabmessung, Temperaturänderung, Krümmung, aufdampfen, Temperaturerhöhung, Elektrogerät, Umdrehungen, installieren (den SchülerInnen mittlerweile eher in der Bedeutung innerhalb des IT-Bereichs bekannt), Drehzahl, Verhältnis
aus den Ausblicken: Drahtwicklung, Maximalwert, Chip, Stromschlag, Mittelstellung, Metallgehäuse, Zimmertemperatur, Leuchterscheinung, Geradlinigkeit (auch im übertragenden Sinn alltagssprachlich als Charaktereigenschaft einer Person genutzt), Strahlen, Metallfolie, Temperaturunterschied, Elektrizitätsnetz, Haushaltssicherung, Haushaltsglühlampe, Leitungsnetz, Anlasserkabel, Batteriebetrieb, Mikroelektronik

Lehrplan Klasse 8:

Elektrischer Widerstand
Baelement
Halbleiter
Kennlinie
Ohmsches Baelement
Ohmsches Gesetz
elektrische Energie
Leistung
Energieumwandlung
Entwertung

optional:
technische Widerstände
Kaltleiter
Heißeiter
Supraleiter
Glühlampe
Thermistor
Konstantandraht

Physik Plus Klasse 8:

(S.86): elektrischer Widerstand (R), Elektromotor, Geschwindigkeit, Schalter, Stromstärke, physikalische Größe, Watt (W), Stromstärke (I), Spannung (U), Volt (V), Elektronen, Stromkreis, Stromfluss, Leiter

(S.87): Draht, Messwert, Gerade, Koordinatensprung, direkte Proportionalität (~), Messwertpaare, Quotient, Baelement, Gleichung, Einheit, Ohm (Ω), Formelzeichen, resistance, Widerstandsbestimmung, Vielfachmessgerät, Strommesser, Batterie, in Reihe geschaltet, maximal, Zeigerausschlag, Skala, Stromstärkemessung, kalibrieren, Vollausschlag, Widerstandsbeträge, Widerstandswerte, Glühlampe

(S.88): Metall, Modell der Elektronenleitung, Spannungsquelle, Pluspol, Minuspol, Metallionen, Stoff, Kupfer, Eisen, Temperatur (ϑ), metallischer Leiter, konstant, Kaltwiderstand, Betriebswiderstand, Wendel, Widerstandsthermometer, Temperaturmessung, Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

(S.89): Halbleiter, Supraleiter, Spule, Eisen-draht, fließen, Halbleiter-Material, Halbleiter-Baelement, Heißeiter, Thermistor, Glüh-draht, parallel geschaltet, Element, IV, Hauptgruppe, Periodensystem, Kohlenstoff, Silicium, Germanium, Atome, gebundene Elektronen, bewegliche Ladungsträger, Quecksilber, charakteristisch, Sprungtemperatur, supraleitender Zustand

(S.90): Widerstandsgesetz, Elektrizitätsquelle, Länge (l), Querschnitt (A), proportional zu, Drahtstück, m, cm

(S.91): Widerstandsdraht, Produkt, umgekehrt proportional zu, Querschnittsfläche, Gesamtstromstärke, experimenteller Aufbau, Kupferdraht, Konstantandraht, stoffspezifische Größe, spezifischer Widerstand (P)

(S.92): mm^2 , Aluminiumdraht, ver-x-fachen, verdoppeln, halbieren, Kabel, Kabelabmessung, temperaturabhängig, Tabelle, zweidrig, Hinleitung, Rückleitung, elektrische Energie, thermische Energie, Mindestquerschnitt

(S.98): Kennlinie, Temperaturänderung(S.99): Krümmung, Ohmsches Gesetz, leitende Graphitschicht, aufdampfen, Schaltung, Messwertetabelle, Ursprung, Widerstandsbauelement, Temperaturerhöhung, Legierung

(S.102): elektrische Leistung (P_{el}), 9-V-Akkumulator, Mechanik, mechanische Energie, mechanische Leistung, Elektrizität, elektrisches Gerät

(S.103): Parallelschalung, Reihenschaltung, Vielfache, Kilowatt (kW), Megawatt (MW), multiplizieren, Skalenwert, Leistungsangabe, Leistungsbestimmung, Messgerät, Leistungsmesser, Typenschild, Betriebsspannung

(S.104): Elektrogerät, Elektrizitätswerk, Verbindungsleitung, Energieform, Energieumwandlung, Joule (J), Wattsekunde (W·s), Kilowattstunde (kW·h), Wärme, Elektrizitätszähler, Kilowattstundenzähler

(S.105): Umdrehungen, Messergebnis(S.110): installieren, verzweigter Stromkreis, unverzweigter Stromkreis, Pole, Gesamtwiderstand (R_{ges}), Einzelwiderstände, Summe

(S.111): Gesamtspannung, Teilspannung, Kehrwert, Teilstromstärke

(S.112): Vorwiderstand (R_V), Spannungsprüfer, Glimmlampe, Kontakt, Widerstandsschicht, Schleifkontakt, Gleichstrommotor, Drehzahl, Messbereichserweiterung, Nebenwiderstand (R_N), Shunt, Innenwiderstand (R_I), Messwerk, Messbereich, Verhältnis, Erweiterungsfaktor

(S.113): Potentiometer, elektronische Geräte, veränderlicher Spannungsteiler, Wärmewirkung, Schwachstromtechnik, Starkstromtechnik, Wahlschalter, Festspannungsteiler, Transformator

optional:

(S.93): Bauform, technische Widerstände, Widerstandsmaterial, Drahtwicklung, keramische Isolierkörper, Drahtwiderstand, Schichtwiderstand, Keramikröhrchen, Maximalwert, Festwiderstand, Drehwiderstand, Schiebewiderstand, Chip, mikroskopisch

(S.94): Übergangswiderstand, stromführend, Stromschlag, Berührungsspannung, Kiloohm, Schutz-Kleinspannung, Gleichspannung, Körperschluss, Metallgehäuse, geerdet, Sicherung, FI-Schalter, Fehlerstrom-Schutzschalter, magnetische Wirkung, Mittelstellung

(S.95): Verflüssigung, Edelgas, Helium, Materialeigenschaft, verlustfrei, supraleitende Spulen, Teilchenbeschleuniger, Stickstoff, Hochtemperatur-Supraleiter, Substanz, keramische Materialien, Zimmertemperatur, Energieversorgung

mische Materialien, Zimmertemperatur, Energieversorgung

(S.96): elektrische Ladung, Gasentladungsröhre, Leuchterscheinungen, Katode, Katodenstrahl, Katodenstrahlröhre, Geradlinigkeit, Strahlen, Metallfolie, Masse, masselos, Elektrolyse, Teilchen, Korpuskel

(S.100): Magnetismus, erregende Wirkung, Galvanometer, Magnetnadel, Nadel, galvanisches Element, Spannungsquelle, thermoelektrischer Effekt, Temperaturunterschied, Messdraht, sieden, Messreihe, Molekularphysik

(S.106): Zuleitungskabel, Neutralleiter, Außenleiter, Kraftwerk, elektrische Verbindung, Isolationsfehler

(S.107): Elektrizitätsnetz, Haushaltssicherung, Schutzleiter, Anschlusskabel, Kurzschluss

(S.108): Haushaltsglühlampe, Überlandleitung, Leitungsnetz, Anlasserkabel, Batteriebetrieb, Mikroelektronik, Leistungsbedarf

FACHWORDDICHTE. Der Anteil der Fachbegriffe in allen vermittelnden Texten beträgt 23,82%, ist in den einleitenden Texten jedoch nur 8,33%. Auch die Titelseite ist in diesem Kapitel alltagssprachlich gehalten. Sie enthält keine Fachbegriffe aus dem Bereich der Elektrizitätslehre. In den grundlegenden vermittelnden Texten sind 1096 von 4132 Worten Fachbegriffe, was 26,52% entspricht. Die Ausblicke haben einen etwas geringeren Anteil von 19,00%. In den Merksätzen hingegen zeigt sich auch hier eine erhöhte Fachbegriffsdichte von 0,4408 ($\approx 44,08\%$).

WORTGRUPPEN. Der Physik-Plus-Band beinhaltet für den achten Jahrgang viele mathematische Begriffe. In dem hier untersuchten Kapitel tauchen die folgenden Begriffe auf: Gleichung, Gerade, Koordinatenursprung, Ursprung, direkte Proportionalität, proportional zu, umgekehrt proportional zu, Quotient, Produkt, Summe, Kehrwert, Verhältnis, Vielfache, Erweiterungsfaktor, multiplizieren, ver-x-fachen, verdoppeln, halbieren, maximal, Maximalwert, konstant, Querschnitt, Querschnittsfläche und Mindestquerschnitt. Diese 24 Begriffe sind auf die stärkere Mathematisierung zurückzuführen, die in dieser Jahrgangsstufe einsetzt.

Neben Mathematisierungen werden auch zahlreiche Messungen und Experimente zum Er-

kenntnisgewinn und Formulierung physikalischer Gesetze genutzt. Dieser wesentliche Bestandteil des Physikunterrichts spiegelt sich in den Begriffen Messwert, Messergebnis, Messwertpaare, Messwertetabelle, Messreihe, Messgerät, Vielfachmessgerät, Strommesser, Leistungsmesser, Messdraht, Skala, Skalenwert, Vollausschlag, Zeigerausschlag, Messwerk, Messbereich, Stromstärkemessung, Temperaturmessung, kalibrieren und experimenteller Aufbau wider.

Neben diesen Wortgruppen gibt es zahlreiche Wortbildungen mit dem Begriff Widerstand. Zum einen gibt es spezifizierte Widerstände, in denen der Begriff Widerstand als Determinatum in einem Determinativkompositum vorkommt: Kaltwiderstand, Betriebswiderstand, Drahtwiderstand, Gesamtwiderstand, Einzelwiderstand, Vorwiderstand, Nebenwiderstand, Innenwiderstand, Schichtwiderstand, Festwiderstand, Drehwiderstand, Schiebewiderstand, Übergangswiderstand. Widerstand tritt außerdem in Verbindung mit den Adjektiven elektrisch, technisch und spezifisch auf. Determinativkomposita mit dem Begriff Widerstand als Determinans sind Widerstandsbestimmung, Widerstandsbeträge, Widerstandswerte, Widerstandsthermometer, Widerstandsgesetz, Widerstandsdraht, Widerstandsbauelement, Widerstandsschicht und Widerstandsmaterial. Hierbei definiert der Begriff Widerstand den zweiten Wortteil näher.

Der Begriff Glühdraht wird innerhalb der Lehrbuchreihe nicht konsistent genutzt. Im vorhergehenden Lehrbuch wird stattdessen von Glühfaden gesprochen.

DEFINITION. Eine direkte Definition durch die Formulierungen „nennt man“ oder „wird bezeichnet“ erfolgt bei den Begriffen Heißleiter, der synonym als Thermistor eingeführt wird (S.89), Sprungtemperatur (S.89), supraleitender Zustand (S.89), Korpuskel (S.96), Ohmsches Gesetz (S.99), Neutralleiter (S.106) und Gesamtwiderstand (S.110). Mit dem Neutralleiter wird zugleich der Außenleiter definiert und von diesem abgegrenzt (S.106). Ähnlich ist die Formulierung „Wenn ... spricht man von...“, die beim Körperschluss (S.94) verwendet wird.

Häufig wird der Ausdruck „so genannte“ verwendet. Auf diese Weise wird die Bezeichnung von Übergangswiderstand (S.94), Fehlerstrom-Schutzschalter (synonym kurz: FI-Schalter) (S.94), Hochtemperatur-Supraleiter (S.95), Gasentladungsröhre (S.96), Schutzleiter, der zusätzlich auch in seiner Funktion beschrieben wird (S.107) und Shunts, die als Synonym zu Nebenwiderständen eingeführt werden (S.112).

Elektrischer Widerstand (S.86), spezifischer Widerstand (S.92), elektrische Leistung

(S.102) und Messbereich (S.112) werden darüber definiert, was diese Größen „angeben“. Bei der elektrischen Leistung wird zusätzlich eine Analogie zur Mechanik genutzt, die den SchülerInnen aus vorhergehenden Lerneinheiten bereits bekannt sein sollte.

Der Begriff Kennlinie (S.98) wird über den Zusammenhang von Spannung und Stromstärke definiert, den diese „darstellt“. Außerdem werden die Einheiten Ohm (S.87), Watt (S.103) und Joule (S.104) eingeführt.

Durch eine Beschreibung des Aufbaus oder des Vorgangs werden Schichtwiderstände (S.93), der thermoelektrische Effekt (S.100), Konstantan (S.99) und Spannungsprüfer (S.112) eingeführt. Der Spannungsprüfer wird außerdem durch seine Funktion beschrieben. Nur über ihre Funktion werden die Begriffe Elektrizitätszähler (S.104) und Haushalts-sicherung (S.107) beschrieben.

Dreh- und Schiebewiderstände werden in eine Begriffshierarchie eingeordnet, indem sie als Unterformen von veränderbaren Widerständen eingeführt und von den Festwiderständen abgegrenzt werden (S.93). Auch das Potentiometer wird als Unterkategorie veränderlicher Spannungsteiler eingeführt und zusätzlich durch einen Schaltplan veranschaulicht (S.113).

Der von Ohm genutzte Begriff „erregende Wirkung“ wird durch den heute genutzten Fachbegriff der elektrischen Spannung ersetzt („wir sagen heute Spannung dazu“, S.100). Leider wird nicht weiter darauf eingegangen, warum sich der Begriff in der Geschichte der Physik verändert hat. Durch die Erwähnung des veralteten Begriffs können die Lernenden aber erkennen, dass die physikalische Begriffsbildung nicht starr ist, sondern sich mit den Forschungserkenntnissen weiterentwickelt.

Somit werden auch hier nur 26 von 153 unbekanntem Begriffen definiert, was 16,99% entspricht.

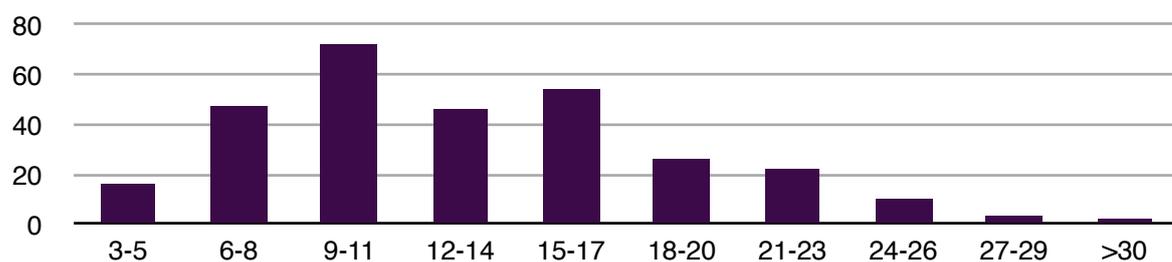
6.4.2.2 Syntaktische Betrachtungen

QUANTITATIV. Das verhältnismäßig lange Kapitel „Eigenschaften elektrischer Bauteile“ umfasst in den grundlegenden vermittelnden Fließtexten 297 Sätze. Diese sind größtenteils Aussagesätze. Es gibt aber sechs Frage- und einen Ausrufungssatz. Von den 297 Sätzen sind 175 einfache und 122 komplexe Sätze. 41,08% der Sätze sind somit komplex. Die komplexen Sätze gliedern sich in 22 Satzreihen und 100 Satzgefüge. Es gibt 14 Satzgefüge mit mehr als einem Nebensatz, von denen sechs Nebensätze zweiten Grades aufweisen und

ein Satz sogar einen Nebensatz dritten Grades aufweist. 28 der 136 Nebensätze sind Relativsätze ($\approx 20,59\%$), 52 Adverbialsätze, hiervon sind 30 Konditionalsätze ($\approx 22,06\%$). Bei den Ergänzungssätzen überwiegt die Akkusativergänzung mit einer Anzahl von 17 ($\approx 12,50\%$). Die Nebensatzart der Konditionalsätze überwiegt somit. Als zusätzliche Schwierigkeit sind viele der Konditionalsätze verkürzt formuliert.¹⁴³

Die Satzlängen umfassen zwischen drei und 43 Worten. Die einfachen Sätze haben eine Satzlänge von drei bis 22 Worten, im Durchschnitt 10,23 Wörter. Die komplexen Sätze haben eine Länge von acht bis 43 Wörtern, durchschnittlich sind sie 17,52 Worte lang. Der Unterschied in den Satzlängen von Satzreihen und Satzgefügen ist hier relativ klein. Während die Satzreihen im Durchschnitt 18,59 Worte umfassen, ist es bei den Satzgefügen mit 17,29 Worten nur etwa ein Wort weniger.

Insgesamt beträgt die mittlere Satzlänge 13,23 Worte. Betrachtet man die Satzlängenverteilung aller Sätze im Fließtext, befindet sich das Maximum der Verteilung bei einer Satzlänge von neun bis elf Worten (vgl. Diagr. 8).



Diagr. 8: Satzlängen in Physik Plus Klasse 8

QUALITATIV. Wie in den anderen Lehrbüchern, gibt es auch im Physik Plus für den achten Jahrgang zahlreiche Passivkonstruktionen (z.B. „Die Skala für die Stromstärkemessung kann direkt in Ohm kalibriert werden, wobei 0Ω bei Vollausschlag und sehr große Widerstandsbeträge bei kleinem Ausschlag abzutragen sind.“, S.87) und Formulierungen mit „man“ (z.B. „Später fand man noch viele andere Stille, deren elektrischer Widerstand bei sehr tiefen Temperaturen ganz verschwindet.“, S.89).

Im Lehrbuch der Klasse acht wird der Leser nur noch an zwei Textstellen direkt angesprochen: „Bei vielen Geräten findest du die Leistungsangabe auf dem Typenschild (Bild 2) oder in der Bedienungsanleitung.“ (S.89) und „Als Messgerät für die elektrische Energie kennst du von zu Hause...“ (S.104). Hiervon abgesehen verwendet der Text an zwei Stellen

¹⁴³ z.B. „Wird ein metallischer Widerstand immer weiter abgekühlt, so nimmt sein elektrischer Widerstand immer mehr ab.“ Physik Plus 8. S.89.

len das Pronomen „wir“ / „uns“, das den Leser miteinbezieht.¹⁴⁴ Ansonsten finden nur noch allgemeine Formulierungen mit „man“ und Passivkonstruktionen Verwendung.

Auch hier findet man zahlreiche Ellipsen, wie es bereits für die Level-Physik-Reihe beschrieben wurde. In einigen Fällen vereinfachen diese Ellipsen die Satzstruktur, da ein weiterer Nebensatz vermieden wird. Ein Beispiel für eine solche Vereinfachung ist folgender Satz: „Für Konstantandrähte gilt also das Ohmsche Gesetz unabhängig von der Temperatur – wiederum mit der Einschränkung: Beliebig groß darf die Stromstärke auch in ihnen nicht werden.“ (S.99). Die Formulierung mit Nebensatz würde lauten: „...mit der Einschränkung, dass die Stromstärke auch in ihnen nicht beliebig groß werden darf.“

Ähnlich findet man diese Ellipsenstruktur auch in einem Merksatz: „Die elektrische Leistung eines Gerätes ist umso größer, je größer die Stromstärke und die anliegende Spannung ist. Es gilt: $P_{el} = U \cdot I$.“ (S.103). Neben der kompakten elliptischen Formulierung ist dieser Merksatz auch didaktisch gut strukturiert. Der erste Satz beschreibt den Zusammenhang halbquantitativ mit einer je-desto-Beziehung, anschließend wird der Zusammenhang quantisiert und in einer Formel konkretisiert. Die Formel steht auf diese Weise aber nicht für sich allein, sie wird durch die vorhergehende Aussage interpretiert. Dies kann SchülerInnen, denen das Verstehen von Formeln schwer fällt, bei der Bedeutungskonstruktion helfen.

Wie in diesem Merksatz werden auch im Fließtext häufig Formeln und Formelzeichen integriert, die z.T. Satzglieder ersetzen (z.B.: „Also ist $E_{el} = P_{el} \cdot t$.“, S.104).

6.4.2.3 Didaktische Bewertung der Verständlichkeit

Einfachheit –	Gliederung/Ordnung +
+ Kürze/Prägnanz	+ anregende Zusätze

Abb. 20: Beurteilungsfenster Physik Plus 8

EINFACHHEIT. Die Fachwortdichte ist mit 0,265 wieder etwas höher als im vorhergehen-

¹⁴⁴ „Elektrogeräte nutzen wir ständig...“ Physik Plus 8. S.104. und „Diese für uns unsichtbare Behinderung...“ Physik Plus 8. S.88.

den Band der Reihe Physik Plus. Auch der Anteil an Satzgefügen ist mit 41,68% wieder auf dem Stand des Sechste-Klasse-Bandes. Dies verschlechtert die Bewertung der Einfachheit wieder auf ein „–“.

Als Beispiel für einen grammatikalisch schwierigen Satz, soll hier ein Satzgefüge mit einem Nebensatz dritten Grades dienen: „Heißleiter werden beispielsweise verwendet, um bei einer Lichterkette zu verhindern, dass alle in Reihe geschalteten Glühlampen erlöschen, wenn in einer der Glühdraht durchbrennt.“¹⁴⁵ Mit einer weniger komplizierten Satzstruktur könnte man die Aussage wie folgt abändern: „Heißleiter werden beispielsweise in Lichterketten verwendet. Die Glühlampen einer Lichterkette sind in Reihe geschaltet. Wenn eine Glühlampe durchbrennt, erlöschen normalerweise auch alle anderen. Dies soll der Heißleiter verhindern.“

KÜRZE/PRÄGNANZ (+). Auch im achten Jahrgang ist das Physik-Plus-Buch mit 17 Seiten Basistext wesentlich umfangreicher als der Level-Physik-Band mit nur sieben Seiten. Dennoch ist es wesentlich stärker auf die jeweiligen Inhalte konzentriert als die Vorgängerbände. Die Inhalte an sich werden jedoch umfangreicher und präziser dargestellt als im Level-Physik. Da das Physik-Plus-Buch sich auf die Vermittlung des Wesentlichen konzentriert, erhält es trotz des quantitativ größeren Umfangs die gleiche Wertung wie der Level-Physik-Band 8.

ANREGENDE ZUSÄTZE (+). Im grundlegenden vermittelnden Text sind im Vergleich zu den anderen Klassenstufen weniger Anwendungen, Beispiele oder Problemstellungen enthalten. Die Anwendungen und zusätzlichen Informationen sind jetzt stärker in den Zusatzkapiteln konzentriert. Der Text ist auch unpersönlicher als die Texte der vorhergehenden Bände, da die SchülerInnen nicht mehr direkt angesprochen, sondern nur noch indirekt durch das Pronomen „wir“ miteinbezogen werden. Die Experimente sind immer noch häufig vertreten und stark in den Erkenntnisgang miteinbezogen. Daher bleibt die Bewertung mit „+“ etwas besser als die des Level-Bandes.

¹⁴⁵ Physik Plus 8. S.89.

7. Abschlussdiskussion

In dieser Abschlussdiskussion sollen zunächst die Erkenntnisse aus den Lehrbuchanalysen noch einmal vergleichend gegenübergestellt werden. Anschließend erfolgt ein Rückbezug auf den vorangestellten Theorieteil.

7.1 Zusammenfassender Vergleich der Lehrbücher

Eine wesentliche Erkenntnis der Lexikanalysen besteht in der Fachworddichte. Vergleicht man den prozentualen Anteil der beiden Lehrwerk-Reihen, so fällt zunächst ins Auge, dass die Level-Physik-Reihe einen höheren Anteil aufweist. Während die Fachworte in der Physik-Plus-Reihe von Jahr zu Jahr zunehmen und somit mit dem Erkenntnisstand und Lernprozess der SchülerInnen zu wachsen scheinen, weist die Level-Physik-Reihe erstaunlicherweise im Buch für den sechsten Jahrgang den höchsten Anteil an Fachworten auf. In Klasse sieben und acht sind die Anteile ungefähr gleich hoch. In Klasse acht sind auch die jeweiligen Fachwortanteile beider Lehrwerke ungefähr gleich (vgl. Tab. 9).

Klasse	Level Physik	Physik Plus
6	31,27 %	20,20 %
7	25,18 %	21,97 %
8	26,56 %	26,52 %

Tab. 9: Prozentuale Anteile der Fachworte

Merzyn fasst mehrere Untersuchungsergebnisse der 80er Jahren zusammen und betont die Schwierigkeit, Fachbegriffe vom Alltagswortschatz abzugrenzen. Er plädierte für eine weite Auffassung des Fachwortbegriffs („Wenn man es recht bedenkt, haben sie [Fachworte, die in Alltagssprache etabliert sind] aber alle in der Physik eine eigene wohldefinierte und vom Alltagsverständnis verschiedene Bedeutung.“¹⁴⁶). Merzyn nennt als typische Ergebnisse, dass in einer naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunde etwa neun neue Fachbegriffe aufträten und in einem Schulbuchtext der Sekundarstufe 1 etwa jedes sechste Wort ein Fachbegriff und jedes 25. Wort ein neuer Fachbegriff sei. Rund 50% der genutzten Fachbegriffe würden nur einmal benutzt werden. Merzyn stellt in eigenen Untersuchungen außerdem fest, dass Schulbuchautoren ihre Sprache kaum an unterschiedliche Adressatengruppen anpassten.¹⁴⁷ Brämer und Clemens zählen in ihren 1980 veröffentlichten Untersu-

¹⁴⁶ Merzyn (1987). S.77.

¹⁴⁷ Merzyn (1998b). S.245.

chungen in einem Physikbuch 2000 Fachwörter, im Durchschnitt werden auf jeder Seite fünf neue Fachbegriffe genutzt.¹⁴⁸

Der Unterschied in den Fachwortanteilen (nach Merzyn etwa 17%, bei mir etwa 25%) kann zum einen auf unterschiedlich enge oder weite Auffassung des Fachwortbegriffs, zum anderen auf die Analyse unterschiedlicher Themenbereiche zurückgeführt werden. Ohne die alltagsnahen Fachbegriffe erhält man z.B. für den Anteil an Fachworten in den grundlegenden vermittelnden Texten in Level Physik für die sechste Klasse 24,43% und in Physik Plus 7 verringert sich die Fachworddichte zu 17,15%. Für die anderen Texte kann übertragend davon ausgegangen werden, dass auch hier der Fachwortanteil bei Abzug alltagsnaher Fachbegriffe etwa 5% geringer ausfällt.

Ein zusammenfassender Vergleich der Untersuchungsergebnisse aus den 80er Jahren mit meinen Ergebnissen ergibt: Der Anteil an Fachbegriffen ist nicht geringer geworden, noch immer sind über die Hälfte der in einem Kapitel genutzten Fachbegriffe neue Fachbegriffe. Auch wenn hierzu keine Erhebungen gemacht wurden, gibt es nur wenige Fachbegriffe, die nur einmal genutzt werden. Dies müsste in weiteren Erhebungen näher untersucht werden. Ein Hinweis gibt die Gegenüberstellung der absoluten Zahl an Fachbegriffen gegenüber der Anzahl unterschiedlicher Fachbegriffe. In Physik Plus 8 z.B. gibt es in den grundlegenden Texten 200 unterschiedliche Fachbegriffe, im Text sind 1096 Worte Fachbegriffe. Im Durchschnitt wird somit jedes Fachwort etwa fünfmal genutzt. Besonders häufig werden die Grundbegriffe elektrischer Strom, elektrische Spannung und Verbindungen wie „elektrischer Strom fließt“ usw. genutzt, die sich dem Lernenden so wie ein Pattern Drill einprägen. Auch dies müsste in weiterführenden Erhebungen untersucht werden.

Die Begriffskonstruktion der Fachworte erfolgt meistens entweder durch Beschreibung, Erklärung, Funktion oder typische Vertreter. Eine gründliche Begriffskonstruktion müsste aber mehrere Zugänge zum Begriff ermöglichen, ihn zu anderen Begriffen abgrenzen und mit verwandten Begriffen verknüpfen. Viele Fachbegriffe werden außerdem gar nicht definiert. Somit erfolgt die Begriffsdefinition in den Lehrbüchern nicht gründlich genug.

Im Bereich der Syntaxanalysen können die durchschnittlichen Satzlängen der einfachen Sätze gegenübergestellt werden. Auch hier weist die Physik-Plus-Reihe eine kontinuierliche Entwicklung hin zu längeren Sätzen auf, die sich somit der steigenden Lesekompetenz der SchülerInnen anpasst. Die durchschnittlichen Satzlängen der Physik-Plus-Bände sind

¹⁴⁸ Brämer, Clemens (1980). S.76. zitiert nach Merzyn (1987). S.77.

außerdem in Klasse sechs und sieben etwa ein Wort kürzer.

Klasse	Level Physik	Physik Plus
6	8,90	8,54
7	10,38	9,63
8	10,68	10,23

Tab. 10: Durchschnittliche Satz­längen der einfachen Sätze

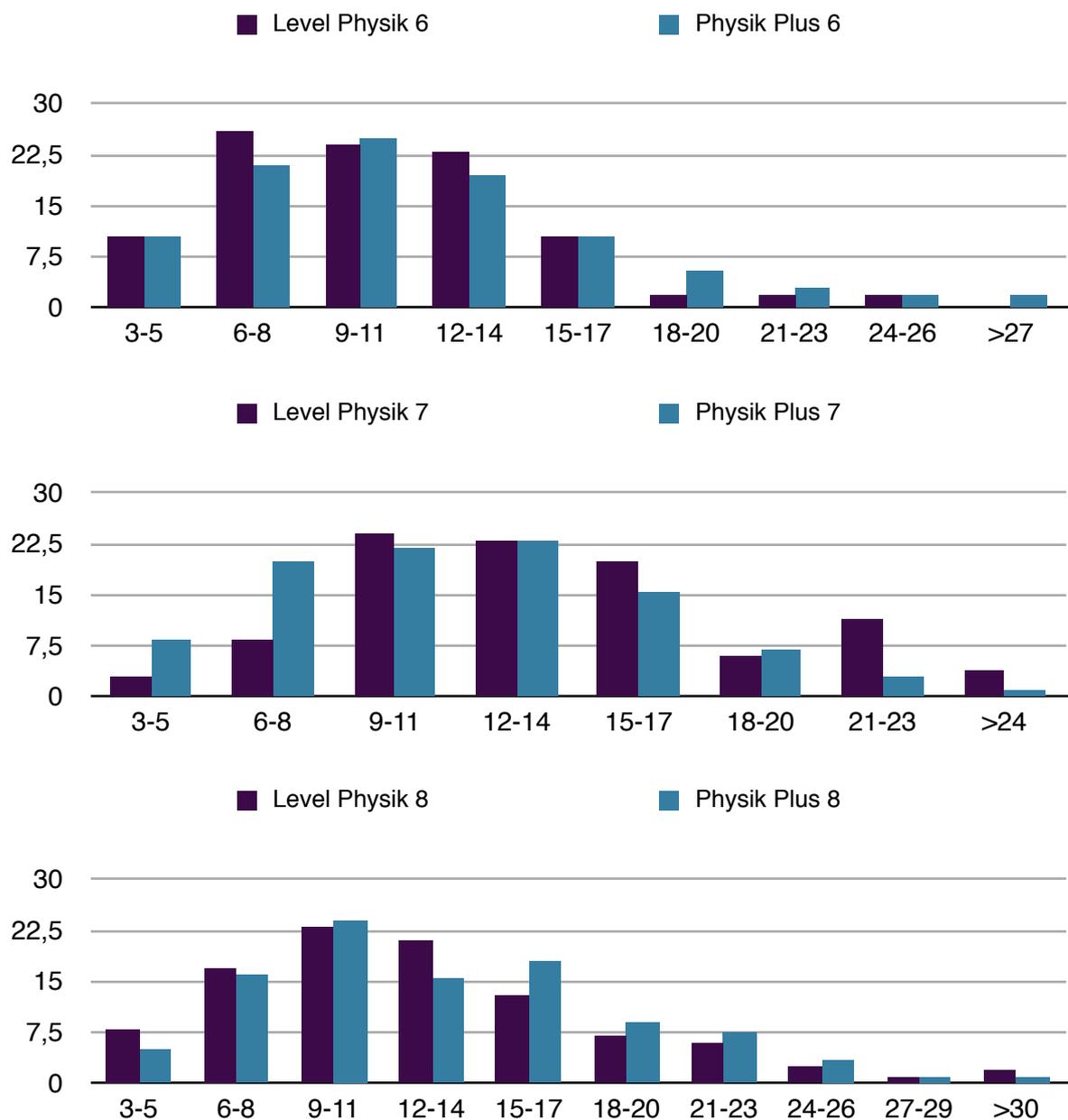
Bei den Satz­gefügen¹⁴⁹ ist der Längen­unterschied wesentlich geringer, im Durchschnitt weniger als ein Wort. Während die Länge bei der Physik-Plus-Reihe auch hier mit den Jahrgängen etwas ansteigt, verhält sich der prozentuale Anteil weniger regelhaft. In Klasse sechs und sieben gibt es in der Plus-Reihe einen sehr hohen Anteil, in der Level-Reihe einen relativ geringen. In Klasse sieben hingegen weist das Level-Buch einen sehr hohen und das Physik-Plus-Buch einen eher geringen Anteil auf.

Klasse	Level Physik	Physik Plus
6	15,60 (26,32%)	15,11 (41,09%)
7	17,13 (44,29%)	16,45 (28,96%)
8	16,91 (30,70%)	17,52 (41,08%)

Tab.11: Durchschnittliche Satz­längen der Satz­gefüge und prozentualer Anteil der komplexen Sätze

Vergleicht man die Verteilung der prozentualen Anteile bestimmter Satz­längen, ergeben sich die in Diagramm 9 dargestellten Verteilungen. Während im vorhergehenden Kapitel die absolute Anzahl aufgetragen wurde, wird hier der prozentuale Anteil dieser Sätze aufgetragen, um die Verteilungen besser miteinander vergleichen zu können. Die Maxima liegen in den meisten Fällen bei 9-11 Worten. Eine Ausnahme sind die Bücher Level Physik 7 (Maximum bei 6-8 Worten) und Physik Plus 8 (Maximum bei 12-14 Worten).

¹⁴⁹ Ich vergleiche hier die Satz­längen der Satz­gefüge, da diese syntaktisch komplexer sind als die Satzreihen und dem Lernenden daher größere Schwierigkeiten bereiten. Die Satzreihen sind häufig länger, aber weniger schwierig und würden daher das Ergebnis nach oben in gewisser Weise verfälschen. Bei den Anteilen beziehe ich mich auf die komplexen Sätze insgesamt (Satz­gefüge und Satzreihen).



Diagr. 9: Satzlängenverteilungen

Um einen Vergleichswert zu erhalten, habe ich Stichproben aus den Kinderbüchern „Kein Keks für Koblode“ von Cornelia Funke, das für etwa Acht- bis Zwölfjährige, und „Sofies Welt“ von Jostein Gaarder, das für Jugendliche ab etwa 13 Jahren gut geeignet ist, genommen. Diese haben kleinere Durchschnittswerte für die mittleren Satzlängen ergeben. In „Kein Keks für Koblode“ sind die einfachen Sätze im Durchschnitt 5,91 und die komplexen Sätze 12,89 Worte lang. In „Sofies Welt“ ergaben die Stichproben Satzlängen von 5,90 Worten für den einfachen und 13,68 für die komplexen Sätze.¹⁵⁰ Immerhin: Vergleicht man die mittleren Satzlängen der Schulbücher mit denen von Hoffmann ermittelten durch-

¹⁵⁰ In „Kein Keks für Koblode“ wurden die Seiten 49 bis 55, in „Sofies Welt“ die Seiten 197 bis 200 analysiert.

schnittlichen Satz­längen von Fach­texten, sind die Sätze in den hier untersuchten Lehr­büchern erheblich kürzer. Hoffmann hatte für Fach­texte im Durch­schnitt 15,9 Worte für den einfachen und 33,5 für den komplexen Satz ermittelt.¹⁵¹

Die syntaktischen Merkmale, die das Lesen von Fach­texten typischerweise erschweren (Nominalstil, Deagentivierung, Schachtelsätze), sind bis auf die Deagentivierung nicht deutlich ausgeprägt. Allerdings erfüllen alle Texte viele Eigenschaften von Fach­texten, die Josef Leisen und Marion Seyfarth auch als Indikatoren für schwer lesbare Texte aus­machten: Auf lexikalischer Ebene gibt es viele Fach­begriffe, hierunter auch Wort­bildungen mit dem Präfix nicht- („nichtleitend“), es gibt viele Komposita und substantivierte Infinitive (Nominalisierungen). Auf syntaktischer Ebene finden sich v.a. Konditional- und Relativ­sätze als bevorzugte Nebensatzart. Viele der Konditionalsätze sind zudem verkürzt. Es überwiegen unpersönliche Ausdrucksweisen und Passivkonstruktionen und es werden an einigen Stellen komplexe Attribute anstelle von Attributsätzen genutzt.¹⁵²

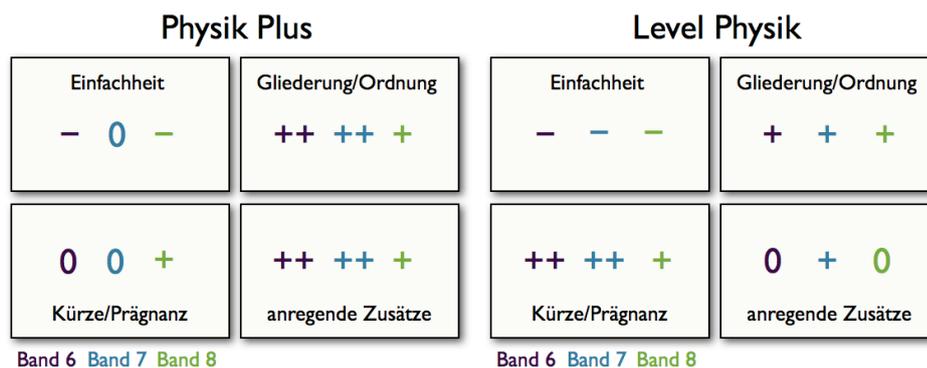


Abb. 21: Vergleich der Bewertungsfenster Level Physik und Physik Plus

Bei der Bewertung der Verständlichkeit mit Hilfe des Hamburger Verständlichkeitsmodells schneidet die Physik-Plus-Reihe immer besser ab (vgl. Abb. 21). Bei dieser Bewertung sind einige subjektive Vorlieben allerdings nicht ganz ausgeschlossen. So habe ich mich bei der Beurteilung nur auf die Texte konzentriert und habe die vielen Bilder und Informationsboxen in den Level-Physik-Büchern eher als störend und unübersichtlich empfunden. Wenn man diese aber zu den anregenden Zusätzen rechnet und optisch ansprechend findet, könnte die Bewertung besser ausfallen. Allerdings ist die Level-Physik-Reihe durch weniger Beispiele und Anwendungen i.d.R. abstrakter als die Physik-Plus-Bände. Dieser Eindruck verstärkt sich noch durch die in den Level-Büchern sehr kurz gefassten Texte.

¹⁵¹ Vgl. Hoffmann (1987). S.204-206.

¹⁵² Vgl. Leisen; Seyfarth (2006). S.10.

7.2 Theorie und Praxis

Auch wenn die theoretischen Befunde der Physikdidaktik zahlreiche Hinweise zum Umgang mit Fachsprachlichkeit im Unterricht und zur Verständlichkeit von Lehrbuchtexten liefern, zeigen die Analysen, dass diese in der Praxis noch nicht genügend umgesetzt werden.

Bis auf wenige einleitende Texte sind keine Textabschnitte mit höherem alltagssprachlichen Anteil auszumachen. Selbst in den Einleitungen treten viele, wenn auch alltagsnahe, Fachbegriffe auf. Allgemein ist die Fachwortdichte durchgängig sehr hoch. Es ist somit keine sprachliche Schichtung, die sich an den Lernprozess der SchülerInnen anpasst, auszumachen. Auch von der hohen Fachwortdichte abgesehen, sind die hier analysierten Lehrbücher sprachlich nicht den jeweiligen Altersklassen angemessen formuliert. Wie unter Gliederungspunkt 7.1 bereits beschrieben, erfüllen sie einen Großteil der Kriterien für schwer-verständliche Texte.

Um SchülerInnen auf ihrem Weg zu Fach- und Sprachkompetenz zu unterstützen, muss die Lehrkraft für die Existenz unterschiedlicher Sprachebenen und damit verbundene sprachliche Schwierigkeiten sensibilisiert werden. Sie muss die SchülerInnen sprachlich unterstützen, ihre Lesekompetenz fördern und sie auf dem Weg zur Fachsprachlichkeit begleiten. Die hier analysierten Lehrbücher unterstützen LehrerInnen bei dieser Aufgabe nicht. Sie sind weitestgehend fachsprachlich gehalten und vermitteln keine metasprachlichen Inhalte, noch regen sie SchülerInnen und LehrerInnen durch Aufgaben oder inhaltlichen Input zu einem metasprachlichen Diskurs an. Dies könnte im einfachsten Fall durch die Hinweise auf Doppelbesetzungen von Begriffen in Alltags- und Fachsprache oder Übersetzungsübungen von Alltags- zu Fachsprache und umgekehrt geschehen.

Auch wenn die in der Einleitung zitierte Umfrage unter Physik-LehramtsstudentInnen nicht ausreichend repräsentativ ist, um allgemeingültige Schlüsse zu ziehen, kann sie dennoch einen Eindruck davon geben, welche Einstellung viele Physik-Lehrkräfte gegenüber Sprache haben: Die sprachliche Ebene des Unterrichts wird nicht genügend wertgeschätzt und damit im Unterricht auch nicht ausreichend reflektiert. Außerdem fehlt vielen Lehrkräften vermutlich das Wissen und die Kompetenz, sprachliche Schwierigkeiten zu erkennen und zu beheben. Umso wichtiger ist es, dass Physiklehrbücher die Lehrkräfte in diesen Punkten unterstützen.

Die von mir dargestellte sprachliche Situation in den Lehrbüchern kann sich negativ auf

den Lernprozess auswirken. Die Kritik von Muckenfuß am Wagenschein'schen Ansatz, der Fachsprache als Lernziel deklariert, könnte sich hier bewahrheiten. Die Lehrbuchtexte vermitteln die Inhalte fachsprachlich und die SchülerInnen lernen nicht, diese Inhalte in ihrer eigenen Sprache auszudrücken. Auf diese Weise wird die Fachsprache als „leere Hülle“ erlernt. Die physikalischen Inhalte treten hinter die sprachlichen Ausdrücke und werden nicht ausgehandelt, hinterfragt oder selbstständig vom Lernenden konstruiert. Auch wenn die SchülerInnen auf diese Weise lernen, fachsprachliche Ausdrücke zu benutzen, ist keine Kommunikationskompetenz erreicht. Denn Kommunikationskompetenz setzt voraus, dass sie den Inhalt dieser Ausdrücke begreifen. Und begreifbar kann man SchülerInnen etwas nur mit Worten und Sachverhalten machen, die ihnen vertraut sind.

Um festzustellen, inwieweit diese negativen Auswirkungen auf den Lernprozess zutreffen, wäre eine Erhebung zum Lernprozess und -erfolg von SchülerInnen mit unterschiedlichen Lehrwerken nötig. Erste Untersuchungen in diese Richtung hat es mit dem Karlsruher Physikkurs gegeben. Gleichzeitig ist dieser in die Kritik geraten, da er physikalische Inhalte durch seine sprachlichen Übersetzungen verfälsche. Dies macht in besonderer Weise deutlich, dass die Vermittlung physikalischer Inhalte in der Alltagssprache nicht einfach ist und eine gewisse Gefahr der Verfälschung birgt. Gerade deshalb sollten sich Erhebungen und Erkenntnisse unbedingt auch auf verbreitetere Lehrwerke beziehen. Dadurch könnten Physikbücher in Zukunft so gestaltet werden, dass alle SchülerInnen von ihnen profitieren und auf ihrem schweren Weg zu Fach- und Sprachkompetenz begleitet werden. Sprachlich an den Lernprozess angepasste Lehrwerke könnten so auch die Lehrkraft bei der Etablierung einer verständlichen Sprache im Physikunterricht unterstützen.

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Diagr.	Diagramm
KMK	Kultusministerkonferenz
Tab.	Tabelle

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Wirkfelder menschlichen Handelns	6
Abb. 2: Horizontale und vertikale Gliederung von Fachsprachen	11
Abb. 3: Beispiel Schaltskizze und Diagramm	21
Abb. 4: Kommunikation nach Apolin	22
Abb. 5: Darstellungsebenen und ihr Abstraktionsgrad nach Leisen	25
Abb. 6: Ziel des Physikunterrichts nach Wagenschein und Muckenfuß	28
Abb. 7: Aufgabe zur Überprüfung der lokalen Argumentation	32
Abb. 8: Aufgabe zur Überprüfung der sequentiellen Argumentation	32
Abb. 9: Stromkreis als energieübertragendes System	36
Abb. 10: Beurteilungsfenster nach dem Hamburger Verständlichkeitsmodell	43
Abb. 11: Einführungsseite elektrische Stromkreise in Level Physik 6	44
Abb. 12: Einführungsseite Der elektrische Strom Cornelsen Volk und Wissen Physik Plus 6	45
Abb. 13: Einführung in das Teilkapitel „Der elektrische Strom“ Cornelsen Volk und Wissen Physik Plus 6	46
Abb. 14: Beurteilungsfenster Level Physik 6	53
Abb. 15: Beurteilungsfenster Physik Plus 6	62
Abb. 16: Vergleich Aufbau der Textseiten Level Physik (links) und Physik Plus (rechts)	63
Abb. 17: Beurteilungsfenster Level Physik 7	70
Abb. 18: Beurteilungsfenster Physik Plus 7	77
Abb. 19: Beurteilungsfenster Level Physik 8	85
Abb. 20: Beurteilungsfenster Physik Plus 8	92
Abb. 21: Vergleich der Bewertungsfenster Level Physik und Physik Plus	98

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Einordnung prototypischer Varietäten nach ihren Variationsdimensionen	9
Tab. 2: Klassen vertikaler Schichten von Fachsprachen nach Hoffmann	10
Tab. 3: Abstraktionsebenen des Spannungsbegriffs nach Muckenfuß	34
Tab. 4: Fachbegriffe aus dem Sächsischen Lehrplan Physik für Gymnasien	40
Tab. 5: Merkmalsbild Einfachheit nach Langer, Schulz von Thun, Tausch	41
Tab. 6: Merkmalsbild Gliederung/Ordnung nach Langer, Schulz von Thun, Tausch	42
Tab. 7: Merkmalsbild Kürze/Prägnanz nach Langer, Schulz von Thun, Tausch	42
Tab. 8: Merkmalsbild Kürze/Prägnanz nach Langer, Schulz von Thun, Tausch	43
Tab. 9: Prozentuale Anteile der Fachworte	94
Tab. 10: Durchschnittliche Satzlängen der einfachen Sätze	97
Tab. 11: Durchschnittliche Satzlängen der Satzgefüge und prozentualer Anteil der komplexen Sätze	97

Diagrammverzeichnis

	Seite
Diagr. 1: Bedeutung einzelner Fächer für das Fach Physik	1
Diagr. 2: Satzlängenverteilung Prosa und Fachtext	14
Diagr. 3: Satzlängen in Level Physik Klasse 6	52
Diagr. 4: Satzlängen in Physik Plus Klasse 6	60
Diagr. 5: Satzlängen in Level Physik Klasse 7	69
Diagr. 6: Verteilung der Satzlängen in Physik Plus 7	76
Diagr. 7: Satzlängen in Level Physik Klasse 8	83
Diagr. 8: Satzlängen in Physik Plus Klasse 8	91
Diagr. 9: Satzlängenverteilungen	97

Literaturverzeichnis

Primärquellen

- Funke**, Cornelia (2010): Kein Keks für Kobolde. Frankfurt a. M.: Fischer Taschenbuch.
- Gaarder**, Jostein (2003): Sofies Welt. Roman über die Geschichte der Philosophie. 6. Auflage. München: dtv.
- Meyer**, Lothar; **Schmidt**, Gerd-Dietrich (Hrsgb.) (2011): Level Physik 6. Lehrbuch für die Klasse 6. Gymnasium Sachsen. Berlin: Duden Schulbuchverlag.
- Meyer**, Lothar Prof. Dr. habil.; **Schmidt**, Gerd-Dietrich Dr. (Hrsgb.) (2006): Level Physik 7. Lehrbuch für die Klasse 7. Gymnasium Sachsen. Berlin: Duden Schulbuchverlag.
- Meyer**, Lothar Prof. Dr. habil.; **Schmidt**, Gerd-Dietrich Dr. (Hrsgb.) (2005): Level Physik 8. Lehrbuch für die Klasse 8. Gymnasium Sachsen. Berlin: Duden Schulbuchverlag.
- Mikelskis**, Helmut F.; **Wilke**, Hans-Joachim (Hrsgb.) (2006): Physik plus. Gymnasium Klasse 6. Sachsen. Berlin: Cornelsen.
- Mikelskis**, Helmut F.; **Wilke**, Hans-Joachim (Hrsgb.) (2006): Physik plus. Gymnasium Klasse 7. Sachsen. Berlin: Cornelsen.
- Mikelskis**, Helmut F.; **Wilke**, Hans-Joachim (Hrsgb.) (2006): Physik plus. Gymnasium Klasse 8. Sachsen. Berlin: Cornelsen.

Nachschlagewerke und Sammelbände

- Bußmann**, Hudumod (Hrsg.) (2002): Lexikon der Sprachwissenschaft. Dritte, aktualisierte und erweiterte Auflage. Stuttgart: Kröner.
- Die Dudenredaktion** (Hrsgb.) (2007): Das Herkunftswörterbuch. 4., neu bearbeitete Auflage. Mannheim: Dudenverlag (= Duden Bd. 7).
- Die Dudenredaktion** (Hrsgb.) (2008): Duden. Deutsche Grammatik – kurz gefasst. 3., überarbeitete Auflage. Erarbeitet von der Dudenredaktion auf der Grundlage von „Der kleine Duden – Deutsche Grammatik“ von Rudolf und Ursula Hoberg. Mannheim: Dudenverlag.
- Hoffmann**, Lothar u.a. (Hrsg.) (1998): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1)
- Linke**, Angelika; **Nussbaumer**, Markus; **Portmann**, Paul R. (2004): Studienbuch Linguistik. 5., erweiterte Auflage. Tübingen: Niemeyer (=Reihe Germanistische Linguistik Bd. 121).

Sekundärquellen

- Adamzik**, Kirsten (1998): Fachsprachen als Varietäten. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (=HSK Bd.14.1) (S.181-189).

- Ammon**, Ulrich (1998): Probleme der Statusbestimmung von Fachsprachen. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (=HSK Bd.14.1) (S.219-229).
- Apolin**, Martin (2002): Die Sprache in Physikschulbüchern unter besonderer Berücksichtigung der speziellen Relativitätstheorie. Dissertation, Wien. verfügbar unter http://pluslucis.univie.ac.at/Archiv/Diplomarbeiten/Apolin/Apolin_Diss.pdf (zuletzt aufgerufen am 28.07.2013).
- Baumann**, Klaus-Dieter (1998): Das Postulat der Exaktheit für den Fachsprachengebrauch. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1) (S.373-77).
- Becker**, Andrea; **Hundt**, Markus (1998): Die Fachsprache in der einzelsprachlichen Differenzierung. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1)(S.118-133).
- Berge**, Otto Ernst; **Leisen**, Josef (2005): Kurzer Rede langer Sinn. Das Verhältnis von Verstehen und Fachsprache. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik. 3/16 (S.26-27).
- Brämer**, Heiner; **Clemens**, Hans (1980): Physik als Fremdsprache. In: Der Physikunterricht 14/3 (S.76-87).
- Eisenreich**, Günther (1998a): Die neuere Fachsprache der Mathematik seit Carl Friedrich Gauß. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1) (S.1222 - 1230).
- Eisenreich**, Günther (1998b): Die neuere Fachsprache der Physik seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1) (S.1231-1235).
- Falkenburg**, Brigitte (1999): Sprache und Anschauung in der modernen Physik. In: Wiegand, Herbert Ernst (Hrsg): Sprache und Sprachen in den Wissenschaften. Geschichte und Gegenwart. Festschrift für Walter de Gruyter & Co. anlässlich einer 250jährigen Verlagstradition. Berlin, New York: de Gruyter (S.89-118).
- Fijas**, Liane (1998): Das Postulat der Ökonomie für den Fachsprachengebrauch. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1) (S.390-397)
- Fraas**, Claudia (1998): Lexikalisch-semantische Eigenschaften von Fachtexten. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1) (S.428-438).
- Gerlach**, Walther (1962): Die Sprache der Physik. Bonn: Dümmlers.

- von Hahn**, Walther (1998a): Vagheit bei der Verwendung von Fachsprachen. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1) (S.378-382).
- von Hahn**, Walther (1998b): Das Postulat der Explizitheit für den Fachsprachengebrauch. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (= HSK Bd.14.1) (S.383-389).
- Härtel**, Hermann (1981): Der elektrische Stromkreis als System. Stromstärke – Spannung – Widerstand. Didaktische Anleitung. (Teil des IPN Curriculum Physik). abrufbar unter: <http://www.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/UE-7-2.pdf> (zuletzt aufgerufen am 28.06.2013).
- Härtel**, Hermann (2012): Der alles andere als einfache elektrische Stromkreis. In: Praxis der Naturwissenschaft. Physik in der Schule. 61 (2012) 5 (S.17-24).
- Hoffmann**, Lothar (1987): Kommunikationsmittel Fachsprache. Eine Einführung. 3., durchgesehene Auflage. Berlin: Akademie-Verlag (=Sammlung Akademie-Verlag Bd.44. Sprache).
- Hoffmann**, Lothar (1998a): Fachsprachen als Subsprachen. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (=HSK Bd.14.1) (S.189-199).
- Hoffmann**, Lothar (1998b): Syntaktische und morphologische Eigenschaften von Fachsprachen. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (=HSK Bd.14.1) (S.416-427).
- Kalverkämper**, Hartwig (1998a): Fach und Fachwissen. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (=HSK Bd.14.1) (S.1-24).
- Kalverkämper**, Hartwig (1998b): Fachsprache und Fachsprachenforschung. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft. 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (=HSK Bd.14.1) (S.48-59).
- KMK** (2005): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand. abrufbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf (zuletzt abgerufen am 11. August 2013).
- Langer**, Inghard; **Schulz von Thun**, Friedemann, **Tausch**, Reinhard (2011): Sich verständlich ausdrücken. 9. Auflage. München: Ernst Reinhard.
- Leisen**, Josef (1998a): Sprache(n) im Physikunterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften 2/47 (S.2-4).
- Leisen**, Josef (1998b): Fachlernen und Sprachlernen im Physikunterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften 2/47 (S.5-8).

- Leisen, Josef** (2005a): Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? Sprache und Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik.* 3/16 (S.4-9).
- Leisen, Josef** (2005b): Wechsel der Darstellungsformen. Eine wichtige Strategie im kommunikativen Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik.* 3/16 (S.10-11).
- Leisen, Josef; Seyfarth, Marion** (2006): Was macht das Lesen von Fachtexten so schwer? Hilfen zur Beurteilung von Texten. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik.* 95/17 (S.9-11).
- Merzyn, Gottfried** (1987): Die Sprache unserer Schulbücher. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht.* 40/2 (S.75-80).
- Merzyn, Gottfried** (1998a): Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht (Teil 1). In: *Physik in der Schule* 36/6 (S.203-206).
- Merzyn, Gottfried** (1998b): Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht (Teil 2). In: *Physik in der Schule* 36/7-8 (S.243-247).
- Merzyn, Gottfried** (1998c): Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht (Teil 3). In: *Physik in der Schule* 36/9 (S.284-287).
- Möhn, Dieter; Pelka, Roland** (1984): *Fachsprachen. Eine Einführung.* Tübingen: Niemeyer (=Germanistische Arbeitshefte Bd. 30).
- Muckenfuß, Heinz** (1995): *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts.* Berlin: Cornelsen.
- Müller, Rainer** (2012): Was ist Spannung? Der Begriff der Spannung und seine Verknüpfung zur potentiellen Energie. In: *Praxis der Naturwissenschaft. Physik in der Schule* 61/5 (S.5-16).
- Oskar, Els** (1998): Das Postulat der Anonymität für den Fachsprachengebrauch. In: Hoffmann, Lothar u.a. (Hrsg.): *Fachsprachen. Languages for Special Purposes. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft.* 1. Halbband. Berlin: de Gruyter (=HSK Bd.14.1) (S.397-401).
- Pausch, Holger** (1971): Anmerkungen zu Problemen und Strukturen der Wissenschaftssprache in der modernen Physik. In: Arnold, August u.A. (Hrsg.): *Wirkendes Wort. Deutsche Sprache in Forschung und Lehre* (21, Bd.VI). Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann (S.411-424).
- von Polenz, Peter** (2009): *Geschichte der deutschen Sprache.* 10., völlig neu bearbeitete Auflage von Norbert Richard Wolf. Berlin: de Gruyter.
- Rhöneck, Christoph v.** (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 34/13 (S.10-14), zit. nach: Müller, Rainer; Wodzinski, Rita; Hopf, Martin (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik.* Aulis (2004) (S.167-171).
- Rincke, Karsten** (2007): *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff.* Dissertation. Kassel. abrufbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2007101519358> (zuletzt aufgerufen am 28.06.2013).

- Rincke**, Karsten (2010): Alltagssprache, Fachsprache und ihre besondere Bedeutung für das Lernen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16 (S.235-260). abrufbar unter: <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/jg16.html#Art013> (zuletzt aufgerufen am 28.06.2013).
- Roelcke**, Thomas (2010): Fachsprachen. 3., neu bearbeitete Auflage. Berlin: Erich Schmidt Verlag (=Grundlagen der Germanistik Bd.37).
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus und Sport** (Hrsgb.) (2011): Lehrplan Gymnasium. Physik. abrufbar unter: <http://www.bildung.sachsen.de/apps/lehrplandb/lehrplaene/listing/0> (zuletzt aufgerufen am 20.08.2013).
- Wagenschein**, Martin (1988): Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge. Hrsg. von Hans Christoph Berg. 2., korrigierte Auflage. Stuttgart: Klett.

Selbständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich reiche sie erstmals als Prüfungsleistung ein. Mir ist bekannt, dass ein Betrugsversuch mit der Note "nicht ausreichend" (5,0) geahndet wird und im Wiederholungsfall zum Ausschluss von der Erbringung weiterer Prüfungsleistungen führen kann.

Name: Janßen

Vorname: Wiebke

Matrikelnummer: 3490219

Dresden, den 27. August 2013