

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Physikalisches Institut

Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik



Schriftliche Hausarbeit für die erste Staatsprüfung für ein Lehramt an Gymnasien

Thema: Kriteriengeleitete, vergleichende Analyse von
Gymnasialbüchern der 7. Jahrgangsstufe im Bereich Optik

Dozent: AR Dr. Thomas Wilhelm

Eingereicht von: Peter Sobek

Eingereicht am: 25.07.2011

**Libellus est, ut videtis, haud magnæ molis: Mundi tamen totius & totius
Linguae Breviarium, plenus Picturis, Nomenclaturis, rerumque Descrip-
tionibus.**

*Es ist, wie ihr sehet ein kleines Büchlein: aber gleichwohl ein kurzer Begriff der
ganzen Welt und der ganzen Sprache/ voller Figuren oder Bildungen/ Benah-
mungen und der Dinge Beschreibungen.*

Johann Amos Comenius: Orbis sensualium pictus (Nürnberg, 1658)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Lehrplanvorgaben	7
2.1	Schulfach „Natur und Technik“	7
2.2	Die Sachstruktur des Optikunterrichts im neunstufigen Gymnasium (G9) im Vergleich zum achtstufigen Gymnasium (G8)	9
2.3	Gekürzter Lehrplan 2008	10
3	Konzeption eines neuen Optik-Lehrgangs	12
3.1	Vorgehensweise des Optikkonzepts	12
3.2	Schülervorstellungen	14
3.2.1	Ursachen von Schülervorstellungen	14
3.2.2	Eigenschaften von Schülervorstellungen.....	15
3.2.3	Kompartimentalisierung von Schülervorstellungen	15
3.2.4	Zielsetzungen des Physikunterrichts bezüglich der Schülervorstellungen.....	16
3.2.5	Beispiele für Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten in Optik.....	17
3.3	Fachmethodische Umsetzung des Optiklehrgangs	20
3.3.1	Physikalischer Sehvorgang: „Sender-Empfänger“-Vorstellung.....	20
3.3.2	Licht als Strahlung: die dynamische „Strömungs“-Vorstellung.....	20
3.3.3	Schema der „Punkt-zu-Punkt“-Abbildung mit Hilfe von Lichtbündeln.....	20
3.3.4	Virtuelle Bilder am Beispiel: Spiegelbild.....	21
3.4	Ergebnisse einer vergleichenden Felduntersuchung.....	21
4	Vorstellung der fünf zu untersuchenden Schulbücher.....	24
5	Entwicklung eines Kriterienkataloges	28
5.1	Zur didaktischen Konzeption.....	30
5.2	Darstellungsformen.....	32
5.3	Sprachliche Gestaltung	35
5.4	Aufgaben.....	37
5.5	Merksätze.....	39
5.6	Zusatzmaterialien (Exkurse)	40
6	Anwendung und Auswertung des Kriterienkataloges.....	42
6.1	Didaktische Inhalte und ihre Umsetzung.....	42
6.1.1	Sehen	42
6.1.2	Geradlinige Ausbreitung von Licht.....	43

6.1.3	Spiegel und Reflexionsgesetz.....	43
6.1.4	Brechung und Abbildung durch Sammellinsen.....	44
6.1.5	Auge, Fehlsichtigkeit und optische Instrumente	46
6.1.6	Farbe.....	47
6.1.7	Fazit der didaktischen Umsetzung der optischen Inhalte	48
6.2	Darstellungsformen.....	49
6.2.1	Allgemeine Kriterien zu Darstellungsformen.....	49
6.2.2	Spezielle Kriterien zu Darstellungsformen.....	50
6.3	Sprachliche Gestaltung	56
6.3.1	Seitenlayout	56
6.3.2	Allgemeine Kriterien der sprachlichen Gestaltung	56
6.3.3	Direkte Rede.....	58
6.3.4	Spezielle Kriterien der sprachlichen Gestaltung	59
6.4	Aufgaben.....	64
6.4.1	Allgemeine Kriterien zu Aufgaben.....	64
6.4.2	Spezielle Kriterien zu Aufgaben	67
6.5	Merksätze.....	69
6.5.1	Allgemeine Kriterien zu Merksätzen.....	69
6.5.2	Spezielle Kriterien zu Merksätzen.....	69
6.6	Zusätze (Exkurse)	72
6.6.1	Zusätze bei Duden-Paetec	72
6.6.2	Zusätze bei Oldenbourg.....	73
6.6.3	Zusätze bei Klett.....	73
6.6.4	Zusätze bei Cornelsen.....	74
6.6.5	Zusätze bei Schroedel.....	75
6.6.6	Fazit des Vergleichs der Zusätze	76
7	Zusammenfassende Betrachtung und Fazit	78
8	Literaturverzeichnis	80
8.1	Schriftliche Quellen	80
8.2	Internetquellen	81
9	Anhang: Tabellarische Auswertung gemäß des Kriterienkataloges.....	83
	Selbständigkeitserklärung	98
	Danksagung.....	99

1 Einleitung

Libellus est, ut videtis, haud magnæ molis: Mundi tamen totius & totius Linguae Breviarium, plenus Picturis, Nomenclaturis, rerumque Descriptionibus.

„Es ist, wie ihr sehet ein kleines Büchlein: aber gleichwohl ein kurzer Begriff der ganzen Welt und der ganzen Sprache/ voller Figuren oder Bildungen/ Benamungen und der Dinge Beschreibungen.“¹

Mit diesen Anfangsworten beschrieb Johann Amos Comenius 1658 sein Werk „Orbis sensualium pictus“ (Die sichtbare Welt), das erste Schulbuch in Europa. Diesem Schulbuch lag bereits ein Lehrplan zugrunde, welcher jedoch allumfassend den gesamten Aufbau und die Funktionsweise der Welt und das ganze Wissen der Menschen beinhaltet². Heutige Schulbücher können diesem ganzheitlichen Wissensaspekt natürlich nicht mehr entsprechen. Die Inhalte der Schulbücher beziehen sich jedoch wie damals auf einen bestehenden Lehrplan, der Lernziele und Kernkompetenzen beschreibt. Ebenso wird im heutigen Schulbuch vor allem durch Sprache und Bilder Inhalte vermittelt, nur dass die „Illustrationen in Holzschnitten“, heute durch den Offsetdruck ersetzt, große Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen. In dieser Arbeit wird nun ein Blick auf die aktuellen Physikschulbücher der siebten Jahrgangsstufe des Gymnasiums in Bayern geworfen und neben inhaltlich-didaktischen Faktoren, auch die Gestaltungsmerkmale wie Sprache und Bilder untersucht, die bereits vor 350 Jahren das Schulbuch charakterisierten. Als sinnvolle Einschränkung des Themengebietes und um die didaktische Wissensvermittlung analysieren zu können, wurde hier der Schwerpunkt auf den Themenbereich Optik gelegt.

Im ersten Teil dieser Arbeit (vgl. Kapitel 3) wird deshalb als theoretische Grundlage der Stand der Didaktik im Bereich Optik dargestellt. Bereits 1990 untersuchte Dietmar HERDT im Zuge seiner Dissertation an der Universität Frankfurt am Main den Optikunterricht und postulierte grundlegende Vorstellungen, die den Schülern ein Verständnis für die Vorgänge in der Optik erleichtern sollten. Dazu gehören neben der Berücksichtigung von Schülervorstellungen, die Sender-Empfänger-Vorstellung und die dynamische Strömungsvorstellung, genauso wie der Ersatz der Abbildung durch Konstruktionsstrahlen durch die Punkt-zu-Punkt-Abbildung. Das auf der Basis dieser Eckpunkte formulierte neue Optikkonzept mit dem Schwerpunkt auf qualitativem Verständnis lieferte in der Überprüfung signifikant bessere Ergebnisse als das alte Optikkonzept, das durch viele Konstruktionen deutlich quantitativer war. Das neue Optikkonzept wurde 2004 in den bayerischen Gymnasiallehrplan übernommen und ist somit Grundlage für die in dieser Arbeit untersuchten Physikschulbücher.

Auf dieser Grundlage wird im zweiten Teil der Arbeit (vgl. Kapitel 5) ein Kriterienkatalog entwickelt, der jedoch neben didaktischen Inhalten auch die elementarsten Strukturelemente wie Bilder, Text, Aufgaben, Merksätze und Zusatzmaterialien untersucht. Die Auswahl dieser Strukturelemente soll eine gezielte Bewertung und einen Vergleich hinsichtlich der Interessantheit und Verständlichkeit der

¹ http://www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost17/Comenius/com_o00p.html

² <http://www.bildungsserver.de/zeigen.html?seite=2488>

Schulbücher liefern. Als möglichst objektive Analysegrundlage werden dazu Fragen formuliert, die in tabellarischer Form mit teils geschlossenen, teils offenen Antwortmöglichkeiten versehen werden.

Daraus ergibt sich eine deskriptiv-evaluative Beschreibung der Schulbücher, die im dritten Teil der Arbeit (vgl. Kapitel 6) ausgewertet wird. Bei der Auswertung wird jeweils am Ende eines Unterkapitels eine Zusammenfassung gegeben, um einen möglichst heterogenen Blick auf die einzelnen Bücher werfen zu können.

Im letzten Teil (vgl. Kapitel 7) werden die einzelnen Fragmente in ein abschließendes Bild zusammengeführt, das eine zum Teil wertende Beurteilung der Schulbücher beinhaltet.

In dieser Arbeit wird auf die Ausformulierung des neutralen Schülerbegriffs in „Schüler und Schülerinnen“ verzichtet. Dies hat keine geschlechtsspezifischen Gründe, sondern ist vielmehr der besseren Lesbarkeit geschuldet.

2 Lehrplanvorgaben

Lehrpläne sind staatliche Vorgaben für den schulischen Unterricht. Sie beschreiben für eine bestimmte Schulart Lernziele und Inhalte. Neben diesen pädagogischen Funktionen werden zusätzlich gesellschaftspolitische und rechtliche Funktionen übernommen. So legen Lehrpläne fest, welche Wissensgrundlagen, Kulturtechniken und Werteorientierungen für das gegenwärtige und zukünftige Zusammenleben unabdingbar sind. Außerdem stellen sie gleichzeitig die Grundlage für zentrale Prüfungen sowie für die staatliche Zulassung von Lernmitteln und wirken so auf die Organisation und Gestaltung des Unterrichts mit ein.³

Bayerische Lehrpläne beschreiben in einem Mehr-Ebenen-Modell Zielsetzungen und Intentionen sowie Grundsätzliches zum Aufgabenfeld der einzelnen Schularten. Im Sinn einer Lehrplankonsistenz (Stimmigkeit zwischen den verschiedenen Ebenen) besitzen die übergeordneten Ebenen eine orientierende Funktion für die nachfolgenden. Der Abstraktionsgrad nimmt von Ebene zu Ebene ab.

- Die erste Ebene beschreibt die für den Unterricht entsprechende Schulart. Sie beinhaltet neben Aussagen über den Bildungs- und Erziehungsauftrag, eine Charakterisierung der Schüler, sowie eine Beschreibung des anzustrebenden Unterrichts und Schullebens.
- In der zweiten Ebene finden sich genauere Angaben zu Bildungs- und Erziehungsaufgaben. Diese werden durch die Fachprofile der verschiedenen Fächer abgedeckt.
- Die dritte Ebene bilden Rahmenpläne, die den Unterricht der jeweiligen Jahrgangsstufe festlegen. Ziele und Inhalte der verschiedenen Fächer werden zusammenfassend dargestellt.
- In der vierten Ebene befinden sich detaillierte Fachlehrpläne. Diese beschreiben Ziele und Inhalte des Fachunterrichts im Einzelnen.

Im Lehrplan von 1992 fanden sich noch alle vier Ebenen. Der gültige Lehrplan von 2004 hat nur noch drei Ebenen. Hier werden die dritte und die vierte Ebene zu einer Ebene zusammengefasst. Der Verzicht auf zu detaillierte Vorgaben vergrößert den Gestaltungsraum für Schulen und Lehrer.⁴

2.1 Schulfach „Natur und Technik“

In den Klassenstufen fünf bis sieben wird seit der Einführung des G8 in Bayern das neugeschaffene Schulfach „Natur und Technik“ unterrichtet.⁵ Das Schulfach verbindet inhaltlich den Heimat- und Sachunterricht der Grundschule mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht der Mittelstufe. Der Aufbau des Schulfaches ist modularisiert. Die Module Naturwissenschaftliches Arbeiten, Biologie, Physik und Informatik legen „die Basis für eine naturwissenschaftliche, technische sowie informatische

³ ISB (Hrsg.) (2006): Glossar: Begriffe im Kontext von Lehrplänen und Bildungsstandards, München, S. 33

⁴ ISB (Hrsg.) (2006): Glossar: Begriffe im Kontext von Lehrplänen und Bildungsstandards, München, S. 34 - 46

⁵ <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388> (Fachprofil NuT)

Grundbildung“⁶. Sie entsprechen der Ganzheitlichkeit kindlicher Wahrnehmung und fördern durch fachübergreifendes Lernen vernetztes Denken.

In der fünften Jahrgangsstufe⁷ werden unter der Bezeichnung „Natur und Technik“ Biologie (zwei Wochenstunden) und Naturwissenschaftliches Arbeiten (eine Wochenstunde) unterrichtet. In Biologie liegt der Schwerpunkt auf Sachwissen über den menschlichen Körper und Säugetieren. Methodenkompetenzen, wie naturwissenschaftliches Experimentieren, Beobachten und Messen erlernen die Schüler im Modul Naturwissenschaftliches Arbeiten. Diese wiederum sollen die Selbstkompetenzen der Schüler fördern, indem die Schüler durch Experimentieren selbstständig neue Fragestellungen formulieren lernen, sowie Selbstbewusstsein, Motivation und Kreativität im Umgang mit den Naturwissenschaften entwickeln. In der sechsten Klassenstufe⁸ bleibt „Natur und Technik“ „weiterhin von Experimenten geprägt und in besonderem Maße handlungsorientiert“⁹. Fachbezogene Konzepte treten nun aber deutlicher in den Vordergrund. So transferieren die Schüler in Biologie (2 Wochenstunden) die gelernten Basiskonzepte auf Wirbeltiere und Blütenpflanzen. In Informatik (1 Wochenstunde) erlernen die Schüler die Grundlagen moderner Informationstechnologie und den Umgang mit Standardsoftwareprogrammen. Diese entwickelten Methodenkompetenzen wenden die Schüler in einem gemeinsamen Projekt an, bei dem die „Erkenntnisse aus der Biologie multimedial aufbereitet und präsentiert werden“¹⁰. Durch das Arbeiten im Team werden insbesondere die Sozialkompetenzen der Schüler, wie Kommunikationsfähigkeit, Hilfsbereitschaft und Gemeinschaftssinn gefördert. Ab der siebten Klassenstufe¹¹ besitzen die Schüler „zunehmend höhere Fähigkeiten zum abstrahierenden Denken“ und können „komplexere Zusammenhänge besser erfassen und darstellen“¹². In Physik (2 Wochenstunden) erlernen die Schüler wie aus einfachen Modellvorstellungen, Gesetzmäßigkeiten gefunden und beschrieben werden können. Auf Grund des geringen mathematischen Vorwissens erfolgt die Beschreibung von komplizierteren Gesetzmäßigkeiten rein qualitativ. Die Themenbereiche Elektrizitätslehre, Mechanik und Optik bieten darüber hinaus die Möglichkeit zu fächerübergreifenden Unterricht mit Biologie, Chemie und Technik. In Informatik (1 Wochenstunde) erwerben die Schüler Hintergrundwissen zu vernetzen Informationsstrukturen wie dem Internet und erlernen Abläufe algorithmisch zu beschreiben. Als fächerübergreifendes Projekt zwischen Physik und Informatik wird das Erstellen von Hypertexten vorgeschlagen. Die Schüler festigen und erweitern durch die gemeinsame Projektarbeit die in den Vorjahren entwickelten sozialen Kompetenzen.

Diese theoretischen Rahmenpläne und Zielsetzungen sind zurzeit jedoch noch kaum praktisch umgesetzt. So gilt vor allem der fächerübergreifende Unterricht und die vernetzen Strukturen als nicht realisiert. Dies liegt zum einen an der Lehrplanerstellung, die sich zum Großteil an den Inhalten der ent-

⁶ ISB (Hrsg.) (2009):Gymnasium in Bayern, München, S. 54

⁷ <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/content/serv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26334> (Lehrplan NuT 5. Klasse)

⁸ <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/content/serv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26433> (Lehrplan NuT 6. Klasse)

⁹ Lehrplan NuT 6. Klasse

¹⁰ Lehrplan NuT 6. Klasse

¹¹ <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/content/serv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26436> (Lehrplan NuT 7. Klasse)

¹² Lehrplan NuT 7. Klasse

sprechenden Fachwissenschaften orientiert, zum anderen unterrichten im Fach „Natur und Technik“ ausschließlich Fachlehrer. Kritiker sprechen daher von einem „Etikettenschwindel“, da die Module größtenteils unabhängig voneinander unterrichtet werden und die Ganzheitlichkeit des Faches fehlt. Eine Gesamtnote im Fach ist dadurch kaum aussagekräftig.¹³ Man darf jedoch nicht vergessen, dass das Fach erst seit kurzer Zeit unterrichtet wird und daher im Inhalt und in der Umsetzung noch ein gewisses Entwicklungspotential liegt.

2.2 Die Sachstruktur des Optikunterrichts im neunstufigen Gymnasium (G9) im Vergleich zum achtstufigen Gymnasium (G8)

Im neunstufigen Gymnasium erfolgte die Einführung in die Optik erst in der neunten Klassenstufe.¹⁴ Dies ist zwei Jahre später als die Optikeinführung im achtstufigen Gymnasium. Aufgrund des größeren mathematischen Vorwissens der Schüler in der neunten Klassenstufe und deren höhere Fähigkeit zum abstrakten Denken war der Unterricht deutlich theoretischer und mathematischer. Unter der Zuhilfenahme geometrischer Sätze sollten nicht nur optische Erscheinungen erklärt werden, sondern auch Vorhersagen über den Ablauf optischer Experimente gemacht werden.¹⁵

Im Gymnasiallehrplan von 1992 folgte die Strahlenoptik als drittes und letztes Gebiet im Physikunterricht der neunten Klassenstufe. Zuvor wurden mit dem Begriff Energie die beiden Gebiete Mechanische Energie und Wärmelehre im naturwissenschaftlichen Gymnasialzweig eingeführt. Da der fachwissenschaftliche Physikunterricht in der neunten Klassenstufe je nach gewähltem Ausbildungszweig variierte, war auch die Umsetzung dieser beiden Themenblöcke unterschiedlich intensiv. Strahlenoptik dagegen musste in allen Gymnasialzweigen unterrichtet werden.

In „Natur und Technik“ beginnt die Einführung in die Optik nach dem Gymnasiallehrplan von 2008 in der siebten Klasse im Schwerpunkt Physik. Im gleichen Schuljahr erhalten die Schüler einen Einblick in den Themenbereichen „Kräfte in Natur und Technik“ und „elektrischer Strom“. Die als Zeitrichtwerte genannten Stundenzahlen sind bei der Einführung in die Optik im G8 mit 16 Unterrichtsstunden um drei Stunden geringer als die mit 19 Stunden im Strahlenoptikunterricht des G9.

Im thematischen Aufbau der Optikeinführung sind sich die beiden Lehrpläne sehr ähnlich. Zuerst erfolgt eine grundlegende Beschreibung der Eigenschaften und Erscheinungen von Licht. Danach folgt eine genauere Betrachtung von Abbildungen durch Sammellinsen und Spiegeln. Als letzter Bereich werden Farben und Farbzerlegungen untersucht. Auf Grund des unterschiedlichen Stundenumfangs und mathematischen Vorwissens der Schüler, werden diese Bereiche aber unterschiedlich vertieft unterrichtet. Während im G9-Lehrplan der Schwerpunkt auf strahlengeometrischen Konstruktionen und den daraus resultierenden Fragestellungen lag, ist im G8-Lehrplan das qualitative Verständnis über den Vorgang wichtiger. So ist zum Beispiel das Verständnis für den Sehvorgang im G8-Lehrplan von

¹³ http://www.vbio.de/der_vbio/landesverbaende/bayern/schule_und_schullabor_bayern/e21375/index_ger.html

¹⁴ <http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=245b53ee51a13fd8a0950f95212dbb4a> (G9 Lehrplan Physik) und Lehrplan Gymnasium in Bayern: Natur und Technik, Jahrgangsstufe 7, Kürzungen sichtbar, Schwerpunkt Physik, S. 1 – 4

¹⁵ Lehrplan Physik G9, Seite 10

2005 explizit genannt, während eine Thematisierung im G9-Lehrplan überhaupt nicht stattfindet. Des Weiteren werden im G9-Lehrplan die Begriffe „gerichtete Reflexion“ und „diffuse Reflexion“ benutzt. Diese Begriffe gibt es in der Fachsprache nicht und sie sind deutlich verwirrender als die im G8-Lehrplan verwendeten Hochschulbegriffe Reflexion und Streuung. Auch wird das Reflexionsgesetz bereits vor der Veranschaulichung durch das Spiegelbild eingeführt. Hierbei steht vor allem die strahlengeometrische Entstehung im Vordergrund, weniger die Eigenschaften. Im G8-Lehrplan werden dagegen erst die Eigenschaften des Spiegelbildes diskutiert, dann das Reflexionsgesetz hergeleitet, danach die Bildentstehung erklärt. Dies ist für den Schüler im Sinne einer hierarchischen Organisation der Wissensstruktur leichter nachzuvollziehen.¹⁶

Allgemein ist der Umfang der Lehrplanvorgaben zur Optikeinführung mit einer halben DIN A4 Seite im achtstufigen Gymnasium um zwei Drittel geringer als der vergleichbare im neunstufigen Gymnasium. Diese weniger präzise Festlegung auf Lerninhalte soll dem Lehrer einen möglichst großen didaktischen Freiraum eröffnen, um den Unterricht an die äußeren Gegebenheiten von Schule und Klasse besser anzupassen.

2.3 Gekürzter Lehrplan 2008

2008 wurde auf Grund von Lehrer-, Eltern- und Schülerprotesten der Lehrplan nochmals überarbeitet und der Inhalt zu Gunsten eines geringeren Stoffumfangs reduziert.¹⁷ Das hatte für den Optikunterricht zur Folge, dass dieser statt am Anfang innerhalb des Physikmoduls im alten Lehrplan nun an dritter Stelle nach Mechanik und Elektrik steht. Dies ist aus dem Grund zu bedauern, da gerade durch den Alltagsbezug im Optikunterricht der Einstieg in die Fachwissenschaft Physik für den Schüler interessant gestaltet werden konnte. Ebenso wurde die explizite Aufforderung „Sehen“ – als physikalischen Prozess zu thematisieren – gestrichen. Das Thema ist nur noch als nichtverbindliches Additum nach Beendigung des Optikunterrichts aufgeführt, was dem Aufbau eines physikalischen Verständnisses für optische Vorgänge fundamental entgegenwirkt. Ebenso kontraproduktiv ist das Wegfallen der Lerninhalte: Lichtquellen, Lichtstrahl als Modellvorstellung und Lichtausbreitung. Genau diese Inhalte entsprechen der Grundlage, auf die sich die folgenden Lerninhalte, wie die Entstehung von Bildern bei Spiegeln und Sammellinsen, beziehen. Gleichermaßen elementar sind die im Abschnitt „Farben“ gekürzten Inhalte: Farbigkeit als Stoffeigenschaft und Farbwahrnehmung. Hier hätten sich Synergieeffekte im fächerübergreifenden Unterricht mit Chemie und Kunst ergeben können. Weniger problematisch ist dagegen der Wegfall von geometrischen Konstruktionen von reellen und virtuellen Bildern. Diese sind für ein qualitatives Verständnis für die Bildentstehung nicht notwendig. Es bleibt allerdings, trotz dieser bestehenden Kürzungen, die Möglichkeit für den Lehrer im Rahmen seiner fachlichen und pädagogischen Unabhängigkeit, zusätzliche Schwerpunkte und Erweiterungen des Lehrplans

¹⁶ HERDT, D. (1990): Einführung in die elementare Optik: vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs, Westarp Wissenschaften, Essen, S. 21 und 22

¹⁷ Lehrplan Gymnasium in Bayern: Natur und Technik, Jahrgangsstufe 7, Kürzungen sichtbar, Schwerpunkt Physik, S. 1 – 4

mit einzubringen. Vor allem im Sinne eines ganzheitlichen Unterrichts und einer hierarchischen Organisation der Wissensstruktur ist dies für die Umsetzung der Lehrziele elementar.

3 Konzeption eines neuen Optik-Lehrgangs

In den letzten Jahrzehnten lag ein Hauptaugenmerk „einer kaum noch überschaubaren Zahl“¹⁸ empirischer Studien auf der Langzeitwirkung des Physikunterrichts.¹⁹ Auffällig ist, dass viele Schüler bereits nach wenigen Wochen oder Monaten nicht mehr auf die zurückliegenden Unterrichtsinhalte zurückgreifen können. Die Schüler haben erhebliche Schwierigkeiten, physikalische Vorstellungen zu akzeptieren und zu lernen, da diese „gerade nicht als verständlicher, plausibler, fruchtbarer und befriedigender als die im Alltag so oft bewährten unphysikalischen Vorstellungen angesehen werden“²⁰. Das Ziel des von HERDT, WIESNER und ENGELHARDT Anfang der neunziger Jahre neu konzipierten Lehrgangs war es, die Alltagsvorstellungen der Schüler durch eine Anknüpfungsstrategie in ein angemessenes physikalisches Verständnis umzustrukturieren. Die Überprüfung durch HERDT zeigte einen signifikant höheren Lernerfolg im Vergleich zum alten strahlengeometrischen Konzept, bei dem die Existenz und Wirkung naiver Vorstellungen nicht berücksichtigt wurde.²¹ Bemerkenswert ist, dass selbst die schlechteste Klasse der Versuchsgruppe (neues Konzept) besser im Abschluss- und Langzeittest abgeschnitten hatte, als die Beste der Kontrollgruppe (altes Konzept). Der Lehrgang wurde, sowohl in fachdidaktischen Zeitschriften wie „Physik in der Schule“ und „Naturwissenschaften im Unterricht“, als auch in der Buchreihe „Unterricht Physik“ des Aulis Verlags für Lehrer und Unterricht umfassend dargestellt und in seinen Grundelementen im Lehrplan des achtstufigen Gymnasiums übernommen.

3.1 Vorgehensweise des Optikkonzepts

„Bei dem neuen Lehrgang liegt die Hauptbetonung auf der Beobachtung von optischen Phänomenen, die durch einfache Experimente, sowie Alltags- und Naturerscheinungen für den Schüler zugänglich sind.“²² Dabei legt man zuerst den Grundstein für eine relativ theoriearme Erfahrungsbasis, auf der dann eine Theorie aufgebaut werden kann. Grundbausteine des Optikkonzepts sind²³:

- a) Den Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten wird mit einer Anknüpfungs- oder Brückenstrategie begegnet. So soll von den vielfältigen subjektiven Erfahrungen der Schüler ausgegangen werden und schrittweise in der objektivierten Betrachtungsweisen der Physik eingeführt werden. Es hat sich gezeigt, dass eine durch den Lehrer geleitete Einführung erfolgreicher ist, als eine Konfliktstrategie, bei der von den Schülern entwickelte Konzepte mit dem physikalisch korrekten Konzept verglichen werden. Denn „haben die Schüler ihre „Fehlvorstellungen“ im Verlauf der Diskussion erst einmal zu einer gewissen Reife gebracht, ist eine

¹⁸ WIESNER, H. (1995), S. 127

¹⁹ WIESNER, H. (1995): Physikunterricht – an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert, in: Unterrichtswissenschaft 23 (1995) 2, S 127 - 143

²⁰ WIESNER, H. (1995), S. 127, 128

²¹ HERDT, D. (1990), S. 3 - 4

²² HERDT, D. (1990), S. 86

²³ WIESNER, H. (1995), S. 137 – 139 und WIESNER, H. (1992): Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik II, in: Physik in der Schule 30 (1992) 10, S. 326 und 327

Widerlegung der unerwünschten bzw. die Akzeptanz der physikalisch korrekten Vorstellung schon aus Zeitgründen erheblich schwieriger“²⁴.

- b) Das Konzept basiert auf wenigen grundlegenden Rahmenvorstellungen (Sender-Empfänger-Vorstellung, Fleck-zu-Fleck-Abbildung). Als roter Faden zieht sich die elementare Theorie des Sehens, die Sender-Strahlungs-Empfänger-Vorstellung durch den Lehrgang.
- c) Die methodische Vorgehensweise folgt in der Regel in einem Dreischritt. In einem ersten Schritt werden die Erscheinungen und ihre Bedingungen untersucht (z.B. Wo sehe ich das Spiegelbild? Welche Eigenschaften hat es?). Im Folgenden wird die Erscheinung besprochen, in dem man den Lichtweg vom Gegenstand bis zum Auge bestimmt. Im dritten Schritt werden die Gesetze für den Lichtweg (z.B. das Reflexionsgesetz) zur Erklärung der Erscheinungen formuliert und so eine grundlegende naturwissenschaftliche Arbeitsweise erlernt.
- d) Das Hauptaugenmerk des Lehrgangs liegt auf der Vermittlung von qualitativen, physikalischen Vorstellungen. Daher wird der strahlengeometrischen Konstruktion, schon aus zeitlichen Gründen, nur ein sehr geringer Umfang zugestanden.

²⁴ WIESNER, H. (1992): Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik I, in: Physik in der Schule 30 (1992) 9, S. 290

3.2 Schülervorstellungen

Zur Beschreibung der Vorerfahrungen bzw. Vorstellungen, die die Schüler in den Unterricht mitbringen, gibt es eine Reihe von verschiedenen Bezeichnungen, wie Schülervorstellungen, Alltagsvorstellungen, Fehlvorstellungen, Fehlkonzepte, spontanes Denken, intuitive Physik, Vorverständnis, Denkrahmen, Präkonzepte, alternative frameworks, childrens' science²⁵ etc. Die in dieser Arbeit bedeutungsgleich verwendeten Begriffe „Schülervorstellungen“ und „Alltagsvorstellungen“ sind auch in der Fachwissenschaft am weitesten verbreitet. Vorsicht ist bei den Begriffen „Fehlvorstellungen“ und „Fehlkonzepte“ geboten, da diese eine negative Wertung implizieren und die positiven Aspekte der Vorkenntnisse dadurch sehr in den Hintergrund rücken.²⁶ Der Begriff „Schülervorstellung“ ist in so weit nicht ganz korrekt, da nicht nur bei Schülern, sondern auch bei Erwachsenen und Vorschulkindern die gleichen Vorstellungen gefunden werden konnten. Die Begriffe „Vorverständnis“, „Denkrahmen“ und „Präkonzepte“ sind ohne negative Konnotation und können daher kontextunabhängig verwendet werden. „Alltagsvorstellung“ dagegen, erklärt im Begriff schon das Phänomen und ist von allen verschiedenen Notationen wohl die schlüssigste.

„Unter Schülervorstellungen sind im engeren und ursprünglichen Sinn die Vorstellungen der Schüler von physikalischen Phänomenen und Begriffen, von deren Beziehungen untereinander sowie von physikalischen Gesetzmäßigkeiten gemeint.“²⁷ Im weiteren Sinn, können auch die Vorstellungen aufgrund einer bestimmten Sozialisation, allgemeine Denkrahmen und Interessen der Schüler mit berücksichtigt werden.

3.2.1 Ursachen von Schülervorstellungen

Schon im Vorfeld des Physikunterrichts setzten sich Schüler bereits mit physikalischen Phänomenen auseinander.²⁸ Die im Alltag gemachten Erfahrungen werden im ständigen Wechselspiel von Denken und Erleben miteinander verknüpft und für wahr gehalten, wenn sie auf einem breiten und sicheren Fundament der Sinneswahrnehmung ruhen (z.B. „mein Pulli ist blau...“). Diese „kontextabhängigen Wahrheiten“ (Schülervorstellungen definiert nach Fischer) stimmen meistens mit den physikalischen Vorstellungen nicht überein, reichen aber im alltäglichen Leben zur Erklärung aus. ANDERSON (1986) spricht in diesem Zusammenhang von einem Ursache-Wirkungsgefüge, welches sich bereits in frühester Kindheit ausbildet und durch sukzessive Anwendung verfestigt. Diese impliziten Modelle und Kern-Intentionen sind besonders resistent und schwer zu beeinflussen.²⁹ Die Alltagssprache enthält zusätzlich viele physikalische Begriffe, die teils überholt, teils in komplett unterschiedlichen Zusammenhang verwendet werden. Unphysikalische Vorstellungen können auch im Physikunterricht entstehen, wenn der Schüler die vom Lehrer dargestellten Inhalte auf Grund anderen Vorwissens falsch in-

²⁵ WODZINSKI, R. (1996): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, in: Müller, R (Hrsg): Schülervorstellungen in der Physik, Aulis Verlag, Köln, 2004, S. 24

²⁶ WILHELM, T. (2005): Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs S. 5

²⁷ WILHELM, T. (2005), S. 5

²⁸ WILHELM, T. (2005), S. 6 und 7

²⁹ WODZINSKI, R. (1996), S. 24, 25

terpretiert. Der Lehrer wiederum interpretiert die Aussage des Schülers nach seinem physikalischen Vorwissen als korrekt und bestätigt dem Schüler dessen falsches Denkmuster. Dieses als „hermeneutischer Zirkel“ definiertes „an einander Vorbeireden“, macht aus Präkonzepten häufig Misskonzepte.

Ordnet man die Schülervorstellungen in den allgemeineren Rahmen der Lernschwierigkeiten ein, unterscheidet man sachbedingte, lehrbedingte und innenbedingte Lernschwierigkeiten. Sachbedingte Lernschwierigkeiten ergeben sich aus der Komplexität oder Abstraktheit der Inhalte. Die Ursache von lehrbedingten Lernschwierigkeiten liegt im Unterricht und in der nicht optimalen Elementarisierung. Innenbedingte Lernschwierigkeiten umfassen alle Lernschwierigkeiten, die mit den kognitiven Voraussetzungen der Schüler zusammenhängen. Hierbei werden nicht nur das Vorwissen berücksichtigt, sondern auch Gedächtniskapazität, Konzentrationsvermögen, Lernbehinderungen und metakognitive Strukturen.³⁰

3.2.2 Eigenschaften von Schülervorstellungen

Schülervorstellungen können von Schüler zu Schüler individuell verschieden ausfallen, sie weisen jedoch im Allgemeinen fachdidaktischen Rahmen ähnliche Grundmuster auf. So wird zwischen Vorstellungen unterschieden, die „ad hoc“ in der Frage-Antwort-Situation gebildet werden („current construction“³¹) und Vorstellungen, die tief verwurzelt und vernetzt immer wieder zum Tragen kommen („deep structure“³²). Vor allem zweitgenannte sind für die Langzeitwirkung des Physikunterrichts von ausschlaggebender Bedeutung. Schüler fallen selbst nach der Kenntnis des richtigen Konzepts in alte Argumentationsrahmen zurück, beziehungsweise sehen im Experiment genau das, was ihrer Vorstellung entspricht. In der Psychologie spricht man bei dem Phänomen, möglichst nicht die gewohnten Ansichten und Bewertungen zu ändern, von der „Perservationstendenz“.³³

3.2.3 Kompartimentalisierung von Schülervorstellungen

Der aus dem englischen Sprachraum eingeführte Begriff „Wissenskompartimentalisierung“ („knowledge compartmentalization“) bedeutet, dass „Wissen über einen bestimmten Bereich aus verschiedenen, separat gehaltenen und nicht miteinander verknüpften Teilen zusammengesetzt ist.“³⁴ Es gibt drei verschiedene Arten der Kompartimentalisierung³⁵:

- 1) Die Kompartimentalisierung von korrekten und inkorrekten Konzepten, ist die in der Schule am häufigsten auftretende Art. Der Schüler bekommt im Unterricht das korrekte Konzept vermittelt, das vorhandene Fehlkonzept wird aber nicht ersetzt. Bei spontanen Fragestellungen fällt der Schüler intuitiv („deep structure“ s.o.) auf das Fehlkonzept zurück, kann aber bei kleinen Hinweisen sofort in das neue Modell wechseln.

³⁰ WODZINSKI, R. (1996), S. 27, 28

³¹ NIEDDERER und SCHECKER (1992) zitiert nach WILHELM, T. (2005), S. 8

³² NIEDDERER und SCHECKER (1992) zitiert nach WILHELM, T. (2005), S. 8

³³ WILHELM, T. (2005), S. 9

³⁴ WILHELM, T. (2005), S. 9

³⁵ WILHELM, T. (2005), S. 9 - 10

- 2) Bei der Kompartimentalisierung unterschiedlicher korrekter Konzepte werden miteinander vernetzte wissenschaftliche Konzepte separat erworben und daher unabhängig voneinander gespeichert. Vor allem bei einem zu stark elementarisierten Unterricht besteht die Gefahr, dass Sinnzusammenhänge auf Grund von Vereinfachungen aufgelöst werden und deswegen für den Schüler nicht nachzuvollziehen sind.
- 3) Die Kompartimentalisierung von Symbolsystemen und Dingen der wirklichen Welt beschreibt das Nebeneinander von fachwissenschaftlicher und alltäglicher Sichtweise, ohne ihren Zusammenhang zu erkennen. Das heißt, von alltäglichen Phänomenen ausgehend wird nicht deren wissenschaftliche Bedeutung geschlossen, und die Wissenschaft wird ohne alltäglichen Bezug formuliert (z.B. konnten viele Schüler nach dem alten Optikkonzept, Linsenabbildungen nur durch den strahlengeometrischen Formalismus beschreiben. Ein qualitatives Verständnis für den Vorgang fehlte vollständig.)

3.2.4 Zielsetzungen des Physikunterrichts bezüglich der Schülervorstellungen

In der Fachdidaktik ist der Einfluss von Wissenskompartimentalisierung auf die Ziele des Physikunterrichts umstritten. MANDEL setzt auf einen vollständigen Wechsel der Konzepte, d.h. die Alltagsvorstellungen der Schüler sollen komplett durch physikalische Konzepte ersetzt werden. Die andere Position nach WAGENSCHNEIDER, SALOMON und JUNG setzt sich zum Ziel, dass Schüler mit der physikalischen Sichtweise argumentieren lernen und diese als Bereicherung erfahren, ohne jedoch ihre alte Sichtweise aufgeben zu müssen. Die Aufgabe des physikalisch „inkorrekten“, im Alltag aber bewährten Konzepts würde die Kommunikationsfähigkeit der Schüler einschränken und sei auf Grund der tiefen Verwurzelung nicht möglich. Sie plädieren dafür, dass Schüler „beide Welten“ bewusst voneinander unterscheiden können und in ihnen argumentieren lernen.³⁶ Ein bewusstes Nebeneinander erfordert jedoch einen gewissen „Lernweg“ von den Alltagsvorstellungen hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen. Der von POSNER dazu eingeführte Begriff des „Konzeptwechsels“ wird in dieser Arbeit nicht aufgegriffen, da er mit dem MANDELSchen Begriff leicht verwechselt werden kann. Für den Lernweg gibt POSNER ET AL. folgende Bedingungen an³⁷:

1. Die Schüler müssen mit dem bereits bekannten Konzept in einer Situation unzufrieden sein.
2. Ein neues Konzept muss wenigsten minimal verstanden sein.
3. Das neue Konzept muss augenblicklich intuitiv einleuchtend sein.
4. Ein neues Konzept muss das Potential in sich tragen, auf neue Situationen ausgeweitet werden zu können.

³⁶ WODZINSKI, R. (1996), S. 32 - 33

³⁷ POSNER ET AL. (1985) zitiert nach WILHELM, T. (2005) S. 13

3.2.5 Beispiele für Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten in Optik

Ausbreitung des Lichtes

Die geradlinige Ausbreitung von Licht bereitet selbst Grundschulern kaum noch Schwierigkeiten. Die Schattengrenzen werden größtenteils korrekt eingezeichnet und eine gerade Verbindung zwischen Lichtquelle und Lichtfleck an der Wand eingezeichnet. Eine Schattenkonstruktion in Gegenstandsgröße oder das Abknicken der Lichtstrahlen nach einem Hindernis³⁸ wird nur von wenigen Schülern eingezeichnet. Problematischer ist für Schüler die Vorstellung einer kontinuierlichen Strömung von Lichtstrahlung. Es gibt drei verschiedene Vorstellungen zur Ausbreitung von Licht³⁹:

- a) Licht wird mit seiner Quelle, Wirkung oder Zustand gleichgesetzt („Es ist hell“)
- b) Licht wird als Substanz betrachtet, die zwischen Quelle und Wirkung lokalisiert ist.
- c) Die Mischform aus a) und b). Der Einschaltvorgang wird dynamisch interpretiert, der darauf folgende helle Zustand als statisch gesehen.

Licht und Sehen

Eine Mehrzahl der Schüler lehnt die physikalische Vorstellung ab, dass ein beleuchteter Gegenstand selbst zum Sender von Licht wird.⁴⁰ Zwischen Licht und Sehen gibt es für die Schüler keinen engen Zusammenhang, so sind viele der Überzeugung, dass ein weißes Papier in einer Dunkelkammer sichtbar ist. „Die Schüler sehen nicht die Notwendigkeit, dass (a) der (gesehene) Körper Licht abstrahlt und (b), dass das Auge etwas von dem Streulicht empfängt.“⁴¹ Die Akzeptanz dieser Vorstellung ist grundlegend für die elementare Optik. Ohne diese sind strahlenphysikalische Konstruktionen bei Linsen oder Spiegeln qualitativ nicht nachvollziehbar. Im Unterricht sollte daher der Zusammenhang zwischen Licht und Sehen durch wiederholte Anwendungen vertieft werden, da sonst Teilaspekte rasch wieder verdrängt werden.

Spiegelbild

Die häufigsten Schülervorstellungen zum Spiegelbild sind⁴²:

- a) Spiegel werfen Licht im Sinn von Helligkeit zurück. Bei „normalen“ Gegenständen bleibt die Helligkeit auf der Oberfläche liegen. Schüler besitzen die Vorstellung, dass „gewöhnliche“ Körper das Licht nicht streuen bzw. reflektieren. Spezielle Gegenstände, wie der Spiegel, besitzen diese Eigenschaft. Das Reflexionsgesetz wird von über der Hälfte der Schüler bereits vor dem Optikunterricht bei symmetrischen Darstellungen intuitiv richtig eingezeichnet. Bei unsymmetrischen Darstellungen ist der Anteil jedoch erheblich geringer.

³⁸ HERDT, D. (1990), S. 44

³⁹ MIKELSKIS-SEIFERT, S. ET AL. (2009): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Optik, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 20 (2009) 113, S. 6

⁴⁰ WIESNER, H. (1992): Verbesserung... Optik I, S. 287, 288

⁴¹ HERDT, D. (1990) S. 41

⁴² WIESNER, H. (1992): Verbesserung... Optik I, S. 288, 289

- b) Der Spiegel zeigt dem Betrachter, wie er (der Spiegel) die vor ihm befindlichen Objekte „sieht“. Der Spiegel hat für den Schüler die Bedeutung eines Auges oder einer Kamera, mit festem Öffnungswinkel. So argumentieren die Schüler, dass man vom Standpunkt des weiter entfernten Spiegels mehr sehen kann, und damit auch vom Bild, das auf dem Spiegel angenommen wird („Taschenspiegel“-Item).
- c) Der Spiegel wirft das Spiegelbild zurück, wobei zwischen Bild und Helligkeit kein Zusammenhang besteht. Die Strömungsvorstellung von Licht wird negiert, bei der Bildreflexion argumentiert aber etwa die Hälfte der Vor-Optik-Schüler korrekt.
- d) Das Spiegelbild liegt auf der Spiegeloberfläche, da sich hinter dem Spiegel ein materieller Träger befindet. Nur ein Fünftel der Schüler kann ein halbes Jahr nach Beendigung des „normalen“ strahlengeometrischen Unterrichts den Ort des Spiegelbilds korrekt angeben.
- e) Das Spiegelbild ist eine optische Täuschung und nur scheinbar hinter dem Spiegel. Der Schüler unterscheidet penibel zwischen den Ausdrücken: „das Spiegelbild ist hinter dem Spiegel“ und „das Spiegelbild sieht man hinter dem Spiegel“. Auch Nach-Optik-Schüler können oftmals das Spiegelbild nicht angemessen mit dem Reflexionsgesetz verknüpfen.
- f) Der Spiegel vertauscht links und rechts, aber nicht oben und unten. Bei der im Alltag gemachten Erfahrung der Seitenvertauschung, projizieren die Schüler ihren Beobachtungspunkt in das Spiegelbild: „mein Spiegelbild hebt aber die linke Hand, obwohl ich die rechte Hand hebe“. Bei der geometrischen Konstruktion zeichnen aber nur etwas mehr als zehn Prozent eine recht-links-Vertauschung ein. Mit Hilfe von asymmetrischen Gegenständen können Schüler sehr leicht davon überzeugt werden, dass der Spiegel vorne und hinten und nicht rechts und links und nicht oben und unten vertauscht.

Brechung und optische Hebung

Im fortgeschrittenen Optikunterricht akzeptieren die Schüler, dass das Gegenstandsbild an einem Ort sichtbar ist, an dem sich der Gegenstand nicht befindet.⁴³ Die genaue Konstruktion der Brechung fällt jedoch schwer, da besonders der umgekehrte Weg z.B. vom Gegenstand im Wasser zum Auge in der Luft für den Schüler nicht nachvollziehbar ist. Die Konstruktion in Blickrichtung fällt dem Schüler dagegen deutlich einfacher. Man könnte dies als Argument für eine Sehstrahlvorstellung werten. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass diese Vorstellung kaum oder überhaupt nicht beim Schüler verankert ist, vielmehr scheint der Beobachtungspunkt für das Vorstellungsvermögen ausschlaggebend.

Lupe und Abbildungen durch Sammellinsen

Viele Schüler kennen aus dem Alltag die Brennglaswirkung einer Sammellinse. Wenige gehen jedoch davon aus, dass sich hinter der Linse genauso viel Licht befindet, wie ohne Linse. Die Lichtbündelung

⁴³ MIKELSKIS-SEIFERT, S. (2009), S. 6

ist dem Schüler meistens nicht bewusst, stattdessen wird mit Lichtvermehrung im Sinne von mehr Lichtstrahlen oder einer Strahlungsverstärkung argumentiert.⁴⁴

Die abbildende Eigenschaft der Sammellinse ist praktisch keinem Schüler bewusst. Wenn Schüler das reelle Bild einer Sammellinse gezeigt bekommen, verwenden sie in der Regel eine holistische Vorstellung: „Das Bild des Gegenstandes wird als Ganzes vom Gegenstand aus durch die Linse auf den Schirm transportiert.“⁴⁵ Auch nach ausführlicher Behandlung des Themas, greift die Mehrzahl insbesondere bei Abdeckaufgaben weiterhin auf diese „holistische“ Vorstellung zurück. Stellt man eine Ringblende vor die Linse, erwarten fast alle Schüler eine Veränderung des Bildes. Entweder eine Verkleinerung oder ein Abschneiden des äußeren Randes.⁴⁶

Farben

Das Thema Farben ist für den Schüler besonders schwer, da zum Teil fundamentale Alltagsvorstellungen in Frage gestellt werden.⁴⁷ Die Alltagssprache ist hier zusätzlich irreführend, so dass bei der Beschreibung der Wahrnehmungen (Farbe, farbig machendes Licht etc.) eine einheitliche Nomenklatur gefunden werden muss. Die häufigsten Vorstellungen zu Farbe und Licht sind:

- a) Gegenstände haben eine Eigenfarbe, die unabhängig vom beleuchteten Licht ist, die durch Beleuchten sichtbar gemacht wird.
- b) Trifft auf einen farbigen Gegenstand farbiges Licht, mischen sich die beiden Farben.
- c) Trifft auf einen farbigen Gegenstand farbiges Licht, dann deckt die „kräftigere“ Farbe die „schwächere“ Farbe zu.
- d) „Helle“ Farben (gelb, orange) sind im Dunkeln sichtbar, „dunkle“ Farben (blau, violett) nicht.
- e) Licht hat keine Farbe.
- f) Licht kann verschiedene Farben haben, die sich beim Auftreffen auf eine weiße Oberfläche zeigen.
- g) Beim Durchgang durch eine farbige Folie wird das Licht durch die Folienfarbe gefärbt.
- h) Beim Auftreffen von Licht auf farbigen Oberflächen wird ein der Oberflächenfarbe farbiges Licht erzeugt, das auf der Oberfläche liegen bleibt.

Selektive Streuung wird zunächst von über einer Hälfte der Schüler abgelehnt, da „wenn die Farbe wieder weggeschickt wird, der Gegenstand nicht mehr diese Farbe haben kann“. Ebenso wird das Vorstellungsangebot des zusammengesetzten Lichtes von Schülern spontan abgelehnt. Das Gebiet der Farben ist im Optikunterricht der Bereich, in dem die meisten Konflikte zwischen Alltags- oder Schülervorstellungen und der physikalischen Sichtweise bestehen. Ein strukturierter Aufbau, ein logisches Argumentationsschema und eine konsistente Fachsprache sind die Grundelemente für einen erfolgreichen Lernweg beim Schüler.

⁴⁴ MIKELSKIS-SEIFERT, S. (2009), S. 6

⁴⁵ WIESNER, H. (1992): Verbesserung... Optik I, S. 289

⁴⁶ WIESNER, H. (1992): Verbesserung... Optik I, S. 289

⁴⁷ WIESNER, H. (1992): Verbesserung... Optik I, S. 290

3.3 Fachmethodische Umsetzung des Optiklehrgangs

3.3.1 Physikalischer Sehvorgang: „Sender-Empfänger“-Vorstellung

Auf Grund der vielen verschiedenen Schülervorstellungen zum Sehvermögen⁴⁸, muss ein „besonderes Gewicht [...] der grundlegenden, elementaren Theorie der optischen Wahrnehmung zukommen.“⁴⁹ Sie muss enthalten, dass der Weg des Lichts von einer primären Lichtquelle entweder direkt ins Auge gelangt, oder zu einer sekundären Lichtquelle und von dort aus ins Auge. Der Sehvorgang kann nur stattfinden, wenn Strahlung durch die Grenzfläche des Auges eintritt. Hieraus lässt sich gut die „Sender-Empfänger“-Vorstellung formulieren. WIESNER schlägt folgenden Merksatz vor: *„Die Sonne, Lampe, Leuchtfigur [...] strahlt Licht in alle Richtungen ab, auch in Richtung unsres Auges. Fällt ein Teil dieses Lichtes in unser Auge, sehen wir ein Abbild des Gegenstandes, der das Licht abstrahlt.“*⁵⁰ Diese Vorstellung wird kontinuierlich im ganzen Lehrgang verwendet und strukturiert die Suche nach Erklärungen für auftretende Erscheinungen. Als einfaches Augenmodell wird dazu die Lochkamera eingesetzt, da diese für den Schüler vor allem die Bildentstehung am überzeugendsten modelliert.

3.3.2 Licht als Strahlung: die dynamische „Strömungs“-Vorstellung

Hier gilt es dem Schüler die Vorstellung zu vermitteln, dass von einem primären oder sekundären Lichtsender kontinuierlich Licht abgestrahlt wird, welches sich mit endlicher Lichtgeschwindigkeit vom Sender wegbewegt.⁵¹ Die allgemeine Vorstellung, dass sich Licht nur beim Einschaltvorgang bewegt und danach in einen statischen Zustand übergeht, muss ausführlich thematisiert werden. Leider gibt es keine Phänomene, die diese Vorstellung direkt widerlegen. Der Batterieverbrauch einer Taschenlampe oder der durch eine Solarzelle angetriebene Elektromotor können am überzeugendsten mit einem kontinuierlichen Lichtstrom verbunden werden.

Die „Strömungs“-Vorstellung kann durch Streuungsbeispiele auf sekundäre Lichtquellen ausgeweitet werden. Beim Auftreffen auf einer Gegenstandsoberfläche wird dort ein kontinuierlicher Streuvorgang ausgelöst, der solange stattfindet, wie Licht auftrifft. So fungieren nicht nur Gegenstände, sondern auch kleine Teilchen in der Atmosphäre, Staub oder Rauch als Zwischensender und streuen das Licht in alle Richtungen. Dies macht die begrenzte Reichweite einer Lichtquelle plausibel.

3.3.3 Schema der „Punkt-zu-Punkt“-Abbildung mit Hilfe von Lichtbündeln

Untersuchungen von HERDT und WIESNER haben gezeigt, dass Lernschwierigkeiten deutlich reduziert werden können, verwendet man für den Bildbegriff in der elementaren Optik konsequent das Schema der „Punkt-zu-Punkt“-Abbildung (oder „Fleck-zu-Fleck“-Abbildung).⁵² Die Oberfläche des abzubildenden Gegenstandes wird dazu gedanklich in ein Raster kleiner Leuchtflecken oder „Punkte“ aufge-

⁴⁸ HERDT, D. (1990), S. 88 und 89

⁴⁹ WIESNER, H. ET AL (1994): Unterricht Physik, Band 1: Optik I – Lichtquellen, Reflexion; Aulis Verlag, Köln, S. 13

⁵⁰ WIESNER, H. (1992) Verbesserung... Optik II, S. 328

⁵¹ HERDT, D. (1990), S. 89 und 90

⁵² HERDT, D. (1990), S. 90 und 91

teilt. Von jedem dieser Punkte wird Licht (ein divergentes Lichtbündel) in alle möglichen Richtungen abgestrahlt. Bei einer optischen Abbildung mit reellen Bildern werden die vom Leuchtpunkt ausgehenden Lichtbündel durch das optische System in einen Bildpunkt überführt. Auf einer Mattscheibe kann zum Beispiel das vom Gegenstandspunkt ausgehende Lichtbündel dem entsprechenden Bildpunkt prinzipiell eindeutig zugeordnet werden. Eine gedankliche Zerlegung der abstrahlenden Gegenstände in Leuchtpunkte ist für den Schüler nicht unmittelbar nachvollziehbar und muss daher immer wieder aufgegriffen werden.

3.3.4 Virtuelle Bilder am Beispiel: Spiegelbild

Bei virtuellen Bildern ist zur Zusammenführung der divergenten Lichtbündel ein weiteres optisches System notwendig.⁵³ Für die Abbildung auf der Netzhaut sind zum Beispiel nur die Eintrittsbedingungen der einfallenden Strahlung wichtig, nicht aber der vorherige Lichtweg. Beim Spiegelbild werden zuerst die Eigenschaften untersucht (Lage des Bildes hinter dem Spiegel, Unabhängigkeit des Bildes vom Betrachter, Vertauschung vorne und hinten). Danach wird durch die Darstellung mit Lichtbündeln das Reflexionsgesetz formuliert. Als letzter Punkt wird das Spiegelbild zusammenfassend mit Reflexionsgesetz, „Sender-Empfänger“-Vorstellung sowie „Punkt-zu-Punkt“-Abbildung erklärt. Durch diese qualitative Vorgehensweise bestehen gute Möglichkeiten geometrische Bildkonstruktionen (z.B. bei der Lupe, Brechung, Wölb- und Hohlspiegel) sinnvoll zu vermitteln und physikalisch einzuordnen. Die Gefahr, die Konstruktionsstrahlen für „Träger“ der physikalischen Abbildung zu halten, kann so reduziert werden.

3.4 Ergebnisse einer vergleichenden Felduntersuchung

Der Lernerfolg des neukonzipierten Optik-Lehrgangs für die Sekundarstufe I wurde von HERDT (1990) im Schuljahr 1987/1988 in einer Vergleichsuntersuchung an zwei Parallelgruppen in der siebten Jahrgangsstufe überprüft.⁵⁴ Die Versuchsgruppe (sechs Schulklassen, n = 143) wurde dabei ungefähr für ein Jahr nach der Grundlage des neuen Versuchslehrgangs unterrichtet, die Kontrollgruppe (neun Schulklassen, n = 208) wurde nach dem traditionellen geometrischen Optikkonzept unterrichtet. Es sollte folgende Hypothese überprüft werden: „Schüler, die auf der Grundlage des neuen Optiklehrganges unterrichtet werden, bei dem die Präkonzepte besondere Berücksichtigung finden und das Schwergewicht auf der Vermittlung qualitativer physikalischer Vorstellungen liegt, erzielen im Bereich der optischen Grundkenntnisse und –vorstellungen signifikant bessere Lernerfolge als Schüler bei konventionellem Unterricht mit Schwerpunkt in geometrischer Optik.“⁵⁵ Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit bezüglich der Ergebnisse zwischen den Gruppen zu erreichen, wurden als Voruntersuchung ein Intelligenztest und ein Test zum logischen Denken durchgeführt. Der Intelligenztest ergab einen signifikant höheren IQ-Mittelwert in der Kontrollgruppe (1%-Niveau) im Vergleich zur Ver-

⁵³ HERDT, D. (1990), S. 91 und 92

⁵⁴ WIESNER, H. (1995): Schülervorstellungen..., S. 139 – 143 und HERDT, D. (1990), S. 93 – 109, 114, 115, 137 - 144

⁵⁵ HERDT, D. (1990), S. 4

suchsgruppe. Der Test zum logischen Denken ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Auch im Bereich Optik-Vorwissen waren die beiden Gruppen vergleichbar. So konnte ausgeschlossen werden, dass die Versuchsgruppe bereits vor dem Lehrgang einen kognitiven Vorsprung hatte.

In den Nachuntersuchungen im Anschluss an den Optikunterricht wurden ausschließlich elementare Grundkenntnisse aus der Optik abgefragt, die auch der strahlengeometrische Unterricht als relevant einstuft (Sehvorgang, Lochkamera-Abbildung, Reflexion und Spiegelbild, Brechung, Bildkonstruktion bei der Sammellinse, Dispersion, farbige Schatten, Körperfarben). Aus den Aufgaben wurde für jeden Schüler eine Gesamtpunktzahl (AT-Wert) ermittelt. Aus der Verteilung dieser Werte wurde auf den unterschiedlichen Lernerfolg zwischen den beiden Gruppen geschlossen.

	Lernerfolgsmittelwert AT (maximaler AT-Wert 40; pro Kästchen eine Klasse)								
Versuchsklassen	32,78	28,16	23,55	21,85	20,10	17,30			
Kontrollklassen	16,73	13,50	13,17	10,71	10,19	8,97	7,14	7,00	6,48

Tabelle 1: Gesamterfolg in den einzelnen Klassen⁵⁶

Aus Tabelle 1 erkennt man, dass die schlechteste Versuchsklasse noch bessere Ergebnisse erzielte als die beste der Kontrollklassen. Jedoch ist auch das Niveau der Versuchsklassen mit einem Gesamtdurchschnitt von 23,83 Punkten von maximal 40 möglichen Punkten nur mittelmäßig. Da auf Grund der Voruntersuchungen Wissens- und Intelligenzvorteile bei vielleicht den Versuchsschülern ausgeschlossen werden können, muss der signifikant höhere Lernerfolg auf den positiven Einfluss des neuen Unterrichtskonzeptes basieren. Überraschenderweise begrenzen sich diese positiven Ergebnisse nicht nur auf Aufgaben, bei denen das qualitative Verständnis abgefragt wurde. Auch bei geometrischen Konstruktionen schneiden die Schüler aus den Versuchsgruppen signifikant besser ab. Aus der Homogenität der Ergebnisse der Versuchsklassen kann man weitergehend ableiten, dass beim neuen Lehrgang andere Unterrichtsparameter, wie z.B. die Lehrperson, geringeren Einfluss auf den Gesamtlernerfolg haben als bei der alten Unterrichtskonzeption.

Die Ursachen für den deutlich höheren Lernerfolg des neuen Optikkonzeptes, im Vergleich zum konventionellen Optikunterricht, sind zum einen vernetzte Wissensstrukturen durch das Anknüpfen an bekannten Schülervorstellungen, zum anderen eine Kenntnis von grundlegenden physikalischen Vorstellungen zur elementaren Optik. Beim traditionellen Optikunterricht mit dem Schwerpunkt auf geometrische Konstruktionen und Brechungen wurden diese qualitativen Vorstellungen bei den Schülern vorausgesetzt und als Konsequenz nicht vom Lehrer oder in Schulbüchern thematisiert und behandelt. Das Resultat der fehlenden Thematisierung waren grundlegende Fehlvorstellungen zur Optik, sowie eine nur oberflächliche Aneignung der Optikgrundlagen ohne ein tiefgreifendes Verständnis. Auf Grund der positiven Ergebnisse wurde das neue Optikkonzept von HERDT nach der Felduntersuchung

⁵⁶ HERDT, D. (1990), S. 140

weiterentwickelt und verbessert. Von HERDT, WIESNER und ENGELHARDT erschienen ab 1993 im Aulis Verlag vier verschiedene Hefte mit ausführlichen Unterrichtsmaterialien, die auf den Ergebnissen dieser Felduntersuchung basieren und einen an Schülervorstellungen orientierten Unterricht ermöglichen sollen. In den Grundzügen wurde dieses Modell auch im bayrischen Lehrplan 2003 für das achtstufige Gymnasium übernommen. Der strahlengeometrische Unterricht dagegen wurde komplett aus dem Lehrplan entfernt. In wie weit sich dies in den fünf für das bayrische Gymnasium zugelassenen Schulbüchern widerspiegelt, wird in dieser Arbeit untersucht.

4 Vorstellung der fünf zu untersuchenden Schulbücher

In Tabelle 2 finden sich die fünf für die siebte Klasse in Bayern zugelassenen Schulbücher. Neben dem Verlag, Name und den Autoren werden zusätzlich der Preis, Einband, Gewicht, Seitenzahl und Seitenfläche angegeben. Diese „äußeren Merkmale“ werden in den folgenden didaktischen und gestalterischen Untersuchungen nicht weiter aufgegriffen, daher folgt eine kurze Darstellung und Vergleich in diesem Teil.


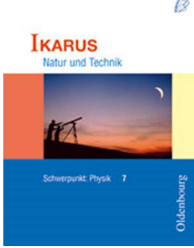
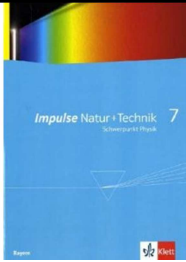

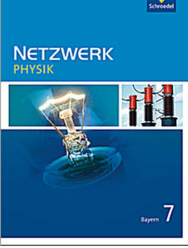
Verlag:	DUDEN PAETEC & C.C. BUCHNER	OLDENBOURG	KLETT	CORNELSEN	SCHROEDEL
Name:	 Natur und Technik	 Ikarus Natur und Technik	 Impulse Natur + Technik Natur und Technik	 Natur und Technik Physik	 Netzwerk Physik
Autoren:	PD. Dr. B. Gau Prof. Dr. L. Meyer Dr. G-D. Schmidt	H. Deger Chr. Gleixner R. Pippig R. Worg	N. Schell A. Wiedemann Dr. B. Freytag Dr. G. Hacker	Dr. A. Fösel Prof. Dr. H. Hilscher A. Thanner Dr. F. Wörlen	T. Appel K. Sube G. Wolfermann M. Zieris
Preis:	19.95 €	19.95 €	19.95 €	18.95 €	16.95 €
Einband:	Softcover	Softcover	Hardcover	Hardcover	Hardcover
Gewicht:	350 g	486 g	454 g	545 g	468 g
Seitenzahl:	160	192	128	168	161
Seitenzahl (Optikbereich):	54	46	44	56	54
Seitenfläche:	408 cm ² (16,5 cm * 24 cm)	494 cm ² (19 cm * 26 cm)	507 cm ² (19,5 cm * 26 cm)	494 cm ² (19 cm * 26 cm)	494 cm ² (19 cm * 26 cm)

Tabelle 2: Kurzinformation zu den vorgestellten Schulbüchern

Ein erstes Charakteristikum der Schulbücher, das oftmals in der Höhe falsch eingeschätzt wird, ist der Preis. Vor allem bei Elternbeteiligung an den Schulbuchkosten kommt es regelmäßig zu Protesten. 2008 zahlten Eltern deutschlandweit für Schulbücher etwa 183 Mio. Euro. Das entspricht etwas mehr als 40% der Gesamtausgaben für Schulbücher. Für die Eltern ergibt dies eine jährliche Durchschnittsbelastung in Höhe von 15 Euro pro Schüler. Insgesamt liegen die staatlichen Ausgaben bei 37 Euro pro Jahr und Schüler.⁵⁷ Das bedeutet bei einem Durchschnittsladenpreis von 24,62 Euro pro Schulbuch⁵⁸ für die Schule, dass nur finanzielle Mittel für 1,5 Schulbücher pro Person und Jahr aufgewendet

⁵⁷ <http://www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072287&a=1&knf=0&&>

⁵⁸ <http://www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072254&a=1&knf=0&page=2>

werden können. Daher ist der Schulbuchpreis oftmals ein ausschlagkräftiges Argument bei der Auswahl eines neuen Schulbuches. Die in dieser Arbeit vorgestellten Bücher liegen in ihrem Preisniveau alle unter dem deutschlandweiten Durchschnittspreis für Schulbücher. Die Bücher von DUDEN PAETEC, OLDENBOURG und KLETT sind dabei mit 19,95 Euro die teuersten, gefolgt vom Buch des CORNELSEN Verlags mit 18,95 Euro. Den mit 16,95 Euro geringsten Preis hat das Buch „Netzwerk Physik“ vom SCHROEDEL Verlag. Die Preise sind den Internetseiten der Verlage entnommen.

Auf Grund der begrenzten finanziellen Mittel der Schulen wird ein Schulbuch oftmals länger eingesetzt, als für den Zeitraum, für den es konzipiert ist. Im Durchschnitt wird ein Schulbuch 8 Jahre lang verwendet.⁵⁹ Daher ist bei der Wahl des Schulbuches auch dessen Robustheit ein wichtiges Kriterium. KLETT, CORNELSEN und SCHROEDEL setzten deswegen auf einen hochwertigen Hardcovereinband (= Festeinband). Dieser ist die stabilste Form der Bindung und besonders langlebig. Die Steifheit des Einbandes ist jedoch bei mehrjähriger Benutzung oftmals auch nachteilig, da beim wiederholten Biegen des Buches die Rückenschiene leicht reißt. Der DUDEN PAETEC- bzw. OLDENBOURG Verlag reagieren auf dieses Problem mit einem flexiblen Softcovereinband. Hier besteht der Einband nur aus einem dünnen Karton. Dies macht das Schulbuch leichter und biegsamer. Dem Nachteil der geringeren Robustheit begegnen die beiden Verlage unterschiedlich. Beim DUDEN PAETEC Verlag ist der Kartoneinband von einer selbstklebenden und wasserabweisenden Folie umgeben, das dem Einband weitere Stabilität verleiht. Auf der Internetseite von DUDEN PAETEC wird diese Einbandart sogar als Festeinband⁶⁰ beschrieben, das jedoch nicht ganz richtig ist. Der OLDENBOURG Verlag legt dem Buch einen zusätzlichen Folienumschlag bei, den man über den Kartoneinband ziehen kann. Bemerkenswert ist, dass die beiden Verlage trotz der günstigeren Herstellung des Softcovereinbands im Vergleich zum Hardcovereinband zu den mit 19,95 Euro teuersten Schulbüchern gehören.

Ein weiteres äußeres Merkmal, das bei der Wahl des Schulbuches berücksichtigt werden sollte, ist das Gewicht. Das bayrische Kultusministerium hat als Richtwert für das Gewicht von Schultaschen 10 bis 15% des Körpergewichts von Schülern eingeführt.⁶¹ Die Schulbuchverlage sind daher angehalten möglichst leichte Schulbücher zu konzipieren. Da jedoch neben dem geringeren Gewicht auch ein Mindestmaß an Haltbarkeit und Inhalt gefordert wird, bleibt für die Verlage kaum Spielraum. Eine Möglichkeit neben der Reduzierung der Seitenzahl ist die Wahl des Einbands. Das Softcoverbuch des DUDEN PAETEC Verlags ist mit 350 g das leichteste unter den Schulbüchern. In diesem Fall spielt jedoch neben der Art des Einbands auch die geringe Seitenfläche mit 408 cm² eine ausschlaggebende Rolle. Das Softcoverbuch des OLDENBOURG Verlags liegt vom Gewicht ungefähr im Bereich der Bücher von KLETT und SCHROEDEL, ist jedoch mit einem Umfang von 192 Seiten das Schulbuch mit der größten Seitenzahl. Der CORNELSEN Verlag liefert mit 545 g das schwerste der zu untersuchenden Schulbücher.

⁵⁹ <http://www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072254&a=1&knp=0&page=2>

⁶⁰ <http://shop.paetec.de/ec/jumpin.jsp?isbn=978-3-89818-354-3>

⁶¹ <http://www.km.bayern.de/eltern/was-tun-bei/rechte-und-pflichten.html>

Die durchschnittliche Seitenanzahl der fünf Schulbücher beträgt 161 Seiten pro Buch. Dabei entsprechen die Bücher des DUDEN PAETEC, CORNELSEN und SCHROEDEL Verlags fast genau diesem Wert. Das Schulbuch des OLDENBOURG Verlags wirkt mit 192 Seiten auf den ersten Blick zu umfangreich, während mit 128 Seiten das KLETTbuch weniger ausführlich erscheint. Ob tatsächlich inhaltliche Unterschiede zu den anderen Schulbüchern bestehen, wird in dieser Arbeit noch untersucht. Beim Anteil der Optikseiten an der Gesamtseitenzahl ist bemerkenswert, dass sowohl bei DUDEN PAETEC, KLETT, CORNELSEN als auch bei SCHROEDEL genau 34 % dem Themenbereich Optik gewidmet sind. Bedenkt man, dass neben den Themenbereichen Elektrik und Mechanik auch noch die Leiteinrichtungen, wie zum Beispiel Inhalts- oder Stichwortverzeichnis sowie Einleitung etc. Platz im Buch beansprucht, ist der Optikbereich der umfangreichste Teil. Dies könnte an der Tatsache liegen, dass im Optikunterricht mehr mit Darstellungen und Bildern gearbeitet wird als in den anderen Teilen. Zieht man den Lehrplan als Grundlage für den Seitenumfang heran, müsste Mechanik mit 22 Stunden den meisten Platz einnehmen, gefolgt von Elektrizitätslehre mit 18 Stunden. Dem Optikbereich würde mit 16 Stunden die geringste Seitenzahl zustehen. Ähnliches findet man im Buch des OLDENBOURG Verlags, das mit 38 % an der Gesamtseitenanzahl den Mechanikbereich am umfangreichsten darstellt, Elektrizitätslehre und Optik liegen mit jeweils 24 % deutlich darunter. Dies ist der geringste relative Wert für den Optikbereich bei den zu untersuchenden Schulbüchern, der absolute Wert mit 46 Optikseiten liegt bei einer Durchschnittsseitenanzahl von 51 Optikseiten pro Buch ebenso unterhalb des Mittelwertes.

Neben der Seitenanzahl spielt für den inhaltlichen Umfang die Seitenfläche eine unmittelbare Rolle. Bei den fünf zu untersuchenden Schulbüchern ergibt sich hinsichtlich dieses Unterscheidungsmerkmals nur eine Besonderheit. Während die Bücher des SCHROEDEL, CORNELSEN, KLETT und OLDENBOURG Verlags in etwa die gleiche Seitenfläche aufweisen, besitzt das Buch des DUDEN PAETEC Verlags mit 408 cm² eine deutlich kleiner Fläche. Die Abkehr von der standardisierten Schulbuchgröße hat neben dem geringeren Gewicht den Vorteil, dass die Handlichkeit des Buches in Verbindung mit dem Softcovereinband deutlich angenehmer ist. Ebenso lassen sich auf einer geringeren Seitenfläche weniger Informationen platzieren, was für den Schüler die Übersichtlichkeit erhöht und die Lesbarkeit erleichtert. Ob das DUDEN PAETEC Buch diese positiven Kriterien nutzt, wird im Kriterienkatalog im Teil „Sprachliche Gestaltung“ (vgl. Kapitel 6.3) untersucht.

Als letztes äußeres Merkmal spielt bei der Schulbuchwahl der Umfang der Begleitmaterialien zum Buch eine Rolle. Viele der Verlage bieten auf ihrer Internetseite Arbeitsunterlagen an, die direkt auf das Schulbuch abgestimmt sind. Für den Lehrer ergibt sich so die Möglichkeit neben dem Schulbuch auch andere Medien, wie zum Beispiel das Internet oder diverse Lernsoftware, in den Unterricht zu integrieren. Teilweise versuchen die Verlage damit die fehlende Aktualität im Schulbuch auszugleichen. Der DUDEN PAETEC Verlag stellt dem Lehrer einen umfassenden Downloadbereich zur Verfügung, in dem kostenlos sowohl Lehrermaterial und Lösungen zum Schulbuch bereitgestellt sind, als auch Zusatzmaterialien wie Arbeitsblätter und diverse Software für den Unterricht angeboten wer-

den.⁶² Der tatsächliche inhaltliche Umfang konnte in dieser Arbeit nicht überprüft werden, da nur zugelassene Referendare und Lehrer Zugangsberechtigungen erhalten. Ein Downloadportal fehlt beim OLDENBOURG Verlag vollständig. Für detaillierte Lösungen, Arbeitsblätter und weitere Übungsaufgaben zum Schulbuch wird eine Zusatz CD „Lehrmaterialien“ für 20 Euro angeboten.⁶³ Der KLETT Verlag bietet auf seiner Internetseite umfangreiche, jedoch kostenpflichtige Materialien an. Neben einer Lösungs-CD-ROM zum Schulbuch und einer Arbeitsblättersammlung für Lehrer gibt es einen großen Bereich mit Zusatzmaterialien⁶⁴ wie zum Beispiel der Software „Impulse Multimedial“. Hiermit können die Schüler selbstständig forschen und experimentieren. Der Preis einer Schullizenz liegt bei 89,95 Euro.⁶⁵ Beim CORNELSEN Verlag sind Kopiervorlagen, Arbeitsblätter und Lösungen zum Schulbuch im Heft „Handreichungen für den Unterricht“ zusammengefasst. Der Preis hierfür liegt bei 24,00 Euro.⁶⁶ Zusatzmaterialien wie neue Arbeitsblätter und aktuelle Software können im Downloadportal des CORNELSEN Verlags heruntergeladen werden. Hierfür muss jedoch zuerst ein Monats Abonnement für 5 Euro abgeschlossen werden.⁶⁷ Ein ähnliches Abonnement bietet der SCHROEDEL Verlag mit „SCHROEDEL aktuell“ an. Auf der Internetseite können damit Arbeitsblätter mit aktuellem Inhalt heruntergeladen werden. Ein vollständiges Jahres Abonnement kostet 60 Euro.⁶⁸ Passgenau zum Schulbuch bietet auch der SCHROEDEL Verlag ein Lösungsheft für 11 Euro an.⁶⁹ Ein Begleitheft mit Zusatzmaterialien gibt es nicht.

Im Vergleich bieten alle Schulbücher ausreichend Zusatzmaterial zum Schulbuch. Dies ist in der Regel kostenpflichtig. Eine positive Ausnahme ist der DUDEN PAETEC Verlag der die Materialien im Internet kostenfrei zur Verfügung stellt. Bei SCHROEDEL und CORNELSEN muss entweder pro Download oder im Abonnement für diesen Service gezahlt werden. Beim KLETT und OLDENBOURG Verlag fehlt ein Downloadportal und somit die Möglichkeit für den Lehrer, neben dem Schulbuch aktuelle Materialien beziehen zu können.

⁶² <http://www.Duden-Paetec.de/index.php?bl=&page=46&menu=3&typeSet=sek>

⁶³ <http://www.Oldenbourg.de/osv/module/neuerscheinungen.php?L=2&S=Gymnasium&B=Bayern&N=00035>

⁶⁴ <http://www.Klett.de/sixcms/list.php?page=fachseite&fachseite=Gymnasium+Physik&modul=zusatzmaterial>

⁶⁵ <http://www.Klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772341-5>

⁶⁶ <http://www.Cornelsen.de/lehrkraefte/reihe/r-5366/ra-6021/titel/9783060143511>

⁶⁷ <http://www.Cornelsen.de/sbk/1.c.1672293.de>

⁶⁸ http://www.Schroedel.de/Schroedel_aktuell/aktualitaetenservice_abonnements_lehrer.xtp

⁶⁹ <http://www.Schroedel.de/suche/artikelansicht.xtp?id=978-3-507-86360-6>

5 Entwicklung eines Kriterienkataloges

Um die Wirksamkeit von Schulbüchern untersuchen zu können, gibt es verschiedene Ansatzpunkte. Zum einen können durch Lehrerbefragungen die Erwartungen an Schulbücher und deren Einsatz im Unterricht direkt erhoben werden. Problematisch an dieser Vorgehensweise ist, dass durch die subjektive Bewertung der Lehrer eine Vielzahl an verschiedenen Ergebnissen zu erwarten ist. Um ein wissenschaftlich fundierten Vergleich zu erreichen, müsste daher eine große Zahl an Lehrerbefragungen durchgeführt werden. Dies ist sowohl aus zeitlichen als auch aus Kostengründen oftmals nicht möglich. Bezüglich Schwierigkeitsgrad, Brauchbarkeit und Zugänglichkeit könnte man auch durch Schülerbefragungen Erkenntnisse hinsichtlich der Wirksamkeit von Schulbüchern erreichen. Fraglich bleibt, ob durch den Test tatsächlich das Kriterium Schulbuch untersucht wird, oder ob andere Merkmale, wie Unterrichtsstil oder die Lehrerpersönlichkeit, mehr Einfluss als die Schulbücher besitzen. Die dritte Möglichkeit besteht darin, mit einem Kriterienkatalog das Schulbuch direkt zu untersuchen. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Tatsache, dass das Schulbuch unmittelbar nach wissenschaftlichen Standards untersucht wird, ohne auf subjektive Einschätzungen zurückzugreifen. Die Ergebnisse sind so in einem hohen Maß objektiv. Ebenso wird die Möglichkeit der Verfälschung durch andere Merkmale minimiert, so dass die Validität des Tests gewährleistet ist. Die Reliabilität, also die Zuverlässigkeit der Messung eines Merkmals, wird durch die möglichst differenzierte Aufspaltung der Kriterien im Katalog erreicht. So ergibt sich erst aus der Gesamtheit der verschiedenen Eigenschaften eine mögliche Einordnung und Charakterisierung des Schulbuches.⁷⁰

In der Literatur finden sich diverse Schriften zur Schulbuchanalyse.⁷¹ Viele Arbeiten beziehen sich auf Textverständlichkeitsanalysen, die ein Hauptaugenmerk auf die sprachliche Umsetzung im Schulbuch legen. Andere Arbeiten verfolgen mit einem ganzheitlichen Ansatz nicht nur die Textanalyse, sondern überprüfen mit einem Raster auch die übrigen Strukturelemente. Neben der Übereinstimmung hinsichtlich dieser grundlegenden Einflussfaktoren sind die Ergebnisse der Analysen zum Teil sehr unterschiedlich, da jeder Autor durch die Auswahl eigener, zusätzlicher Kriterien und unterschiedliche Wertung verschiedene Schwerpunkte setzt. Beispiele für Analyseraster finden sich bei RAUCH und TOMASCHEWSKI⁷² (1986) und bei SAMS und THONHAUSER⁷³ (1998). Das Reutlinger Raster von RAUCH und TOMASCHEWSKI analysiert Schulbücher in neun Kategorien: 1) Bibliographische Angaben, 2) Ziele und Inhalte, 3) Lehrverfahren, 4) Adressaten, 5) Gestaltung, 6) Text, 7) Aufgaben, 8) Bild und 9) Bild/Text. Den einzelnen Kriterien und Merkmalen wird dabei ein Zahlenwert zugeordnet, der die Eigenschaft des Merkmals beschreibt. Aus der Summe der einzelnen Zahlenwerte wird ein „Rohwert“ errechnet, der die Ausprägung der verschiedenen Kategorien repräsentiert. Problematisch

⁷⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCte_kriterien_psychodiagnostischer_Verfahren

⁷¹ SCHELLER, P. (2010): Verständlichkeit im Schulbuch, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn, S. 121 - 127

⁷² RAUCH, M/ TOMASCHEWSKI, L. (1986): Reutlinger Raster zur Analyse und Bewertung von Schulbüchern und Begleitmedien. Reutlingen: o. V.

⁷³ SAMS, J./ THONHAUSER, J. (1998): Schulbuchforschung – ein Beitrag zur Schulentwicklung? In: Salzburger Beiträge zur Erziehungswissenschaft, 2. Jg., Heft 1/1998, S. 5 - 22

bei diesem Verfahren ist, dass bei vielen Kriterien eine subjektive Wertung verlangt wird, die nicht erklärt wird. Die Ergebnisse sind so nicht unbedingt reproduzierbar. Im Salzburger Raster von SAMS und THONHAUSER werden ähnlich dem Reutlinger Raster in einer fünfstufigen Rating-Skala Schätzwerte zu einzelnen Kriterien gefällt. Die Autoren kommen bei der inhaltsanalytischen Betrachtung auf insgesamt elf Kategorien: 1) Allgemeines zum Lehrwerk, 2) Ausstattung, 3) Handhabbarkeit, 4) Ziele, 5) inhaltliche Qualität, 6) sprachliche Gestaltung, 7) methodische Gestaltung, 8) Funktionen für die Planung und Durchführung des Unterrichts, 9) Bilder/Graphiken/Tabellen, 10) Umgang mit politischen Gehalt, 11) Informationen über Autor und Entstehungsbedingungen.

In dieser Arbeit werden ähnlich den oben genannten Analyserastern die Schulbücher hinsichtlich einzelner Kriterien untersucht. Dabei wird jedoch kein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, da große Bereiche der Strukturelemente bereits in vorherigen Arbeiten, wie zum Beispiel durch KNEISEL⁷⁴, detailliert beschrieben wurden. Das Hauptaugenmerk liegt im Folgenden auf den didaktischen Aspekten des Bereichs der Optik in den fünf zu untersuchenden Schulbüchern. Dabei wurden Kriterien ausgewählt, die eine Einschätzung des didaktischen Potentials der einzelnen Bücher ermöglichen. Sie lauten: 1) didaktische Konzeption, 2) Darstellungsformen, 3) sprachliche Gestaltung, 4) Aufgaben, 5) Merksätze, 6) Zusätze (Exkurse). Da sowohl qualitative, als auch quantitative Antwortmöglichkeiten bestehen, ist eine Zuordnung zu einem abstrakten Zahlenwert, wie im Reutlinger Raster, nicht schlüssig. In dieser Arbeit wird daher ein evaluativ-deskriptiver Ansatz gewählt, um einen möglichst umfassenden Eindruck der Bücher zu erhalten. Dieser Ansatz findet sich auch in der neusten Literatur zum Thema: „Verständlichkeit im Schulbuch“ von P. SCHELLER.⁷⁵ Die Autorin beschreibt detailliert die Bildung eines Kriterienkataloges, der in seinen Grundelementen in dieser Arbeit übernommen wird. Die Antwortvarianten ergeben sich aus offenen und geschlossenen Fragestellungen, in einigen Fällen folgt auch eine Kategorisierung. Diese Antwortoptionen und Zuordnungen werden verwendet:

⁷⁴ <http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/arbeiten/Mechanikbuecher.pdf>

⁷⁵ SCHELLER, P. (2010): Verständlichkeit im Schulbuch, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn

Antwortoptionen (Kurz)	Kriterium	Beschreibung
J / N	erfüllt/ nicht erfüllt	Der Gegenstand der Frage wird erfüllt oder nicht erfüllt, ohne Wertung
J / z.T. / N	erfüllt/ zum Teil erfüllt/ nicht erfüllt	Weitere Differenzierung der obigen Fragestellung. Die Frage lässt eine unterschiedliche Ausprägung der Antwort zu
++, +, 0, -	abgestufte Ausprägung	Bewertung der Ausprägung eines Merkmals anhand vier Stufen: (++) sehr ausgeprägt, (+) ausgeprägt, (0) durchschnittlich, (-) wenig ausgeprägt bis nicht vorhanden
X	Werteangabe	Angabe eines absoluten Zahlenwerts
X-Vgl.	Wertevergleich	Angabe eines absoluten Zahlenwerts, auf Grund einer bestimmten Bewertungsgrundlage
%-Vgl.	Verhältnisvergleich	Angabe eines relativen Zahlenwertes in Prozent, auf Grund einer bestimmten Bewertungsgrundlage
%	Verhältnisangabe	Angabe eines Prozentwerts
Kat.	Kategorien	Bildung und Zuordnung einer Kategorie
(...)	Beschreibung	Freie Beantwortung/ Beschreibung/ Bewertung ohne festgelegtes Schema

Tabelle 3: Antwort Varianten des Kriterienkataloges

5.1 Zur didaktischen Konzeption

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde bereits der Stand der didaktischen Forschung zum Thema Optik behandelt. Im Zusammenspiel mit den Lehrplanvorgaben entwickeln sich daraus Ansprüche an das Schulbuch, die anhand einer Tabelle (vgl. Tabelle 4) untersucht werden. Die Tabelle gliedert sich in sechs Bereiche, die als inhaltliche Zielsetzung vom Lehrplan formuliert werden. Die Unterpunkte setzen sich aus Fragen zusammen, die sich aus den Grundbausteinen des Optikkonzepts von HERDT formulieren, und aus Fragen, die die Lehrplanrelevanz überprüfen. Als roter Faden ziehen sich Schülervorstellungen und Alltagsbezug durch den Kriterienkatalog, die eine herausragende Rolle in der aktuellen Didaktik spielen. Als Ergebnis kann so überprüft werden, inwieweit das Optikkonzept von HERDT in den Schulbüchern umgesetzt ist.

Optische Inhalte und ihre didaktische Umsetzung		
1. Sehen		
1.1	Wird der Sehvorgang thematisiert?	J / N
1.2	Wie wird die Sender-Empfänger-Vorstellung erklärt?	++, +, 0, -
1.3	Wird auf die Schülervorstellung zum Sehen eingegangen?	J / z.T. / N
2. geradlinige Ausbreitung von Licht		
2.1	Wird die geradlinige Ausbreitung von Licht thematisiert?	J / N
2.2	Wird auf die dynamische Strömungsvorstellung eingegangen?	J / z.T. / N
2.3	Wie groß ist der Anteil von Mondphasen, Sonnen- und Mondfinsternis am Themenbereich?	%-Vgl.
2.4	Welchen Umfang besitzen Schülerversuche und Aufgaben an diesem Thema?	%-Vgl.
3. Spiegel und Reflexionsgesetz		
3.1	Wird das Reflexionsgesetz thematisiert?	J / N
3.2	Folgt die Herleitung des Reflexionsgesetzes einer hierarchischen Abfolge?	J / z.T. / N
3.3	In welchem Umfang werden Schülervorstellungen zum Spiegelbild behandelt?	++, +, 0, -
3.4	Wird der Reflexions- und Streuungsbegriff verwendet?	J / N
4. Brechung und Abbildung durch Sammellinsen		
4.1	Werden die Brechung und die Abbildung durch Sammellinsen thematisiert?	J / N
4.2	Wird ein Zusammenhang zwischen der Brechung und Abbildung durch Sammellinsen gezogen?	J / z.T. / N
4.3	In wie weit wird die Punkt-zu-Punkt Abbildung thematisiert?	++, +, 0, -
4.4	Welchen Umfang nimmt die strahlengeometrische Herleitung der Linsenabbildung am Thema ein?	%-Vgl.
4.5	Welchen Umfang die Punkt-zu-Punkt Abbildung?	%-Vgl.
4.6	Wie wird auf Schülervorstellungen zu diesem Bereich eingegangen?	++, +, 0, -
5. Auge & Fehlsichtigkeit/ optische Instrumente		
5.1	Wird auf das menschliche Auge eingegangen?	J / N
5.2	Wird auf optische Instrumente eingegangen?	J / N
5.3	Welchen Umfang besitzt das menschlichen Auges am Thema?	%-Vgl.
5.4	Welchen Umfang besitzen optische Geräte am Thema?	%-Vgl.
5.5	Wird ein Alltagsbezug hergestellt? (Brille, Fernglas etc.)	++, +, 0, -
6. Farbe		
6.1	Wird auf die Spektrale Zerlegung von Licht eingegangen?	J / N
6.2	Werden dabei Schülervorstellungen aufgegriffen?	J / z.T. / N
6.3	Ist die Beschreibung des Regenbogenphänomens verständlich?	++, +, 0, -

Tabelle 4: Optische Inhalte und ihre didaktische Umsetzung

5.2 Darstellungsformen

Unter den Darstellungsformen versteht man die Strukturelemente, die versuchen die Inhalte des Schulbuchs mit visuellen Mitteln darzustellen. Dazu zählen Bilder, Diagramme, Tabellen und Charts. In der Optik sind vor allem Bilder von elementarer Wichtigkeit, da diese die optischen Sachverhalte besser konkretisieren als der Text. Diagramme, Tabellen und Charts wird eher eine untergeordnete Rolle beigemessen, so dass diese lediglich im Unterpunkt „logische Bilder“ untersucht werden. Im Kriterienkatalog (vgl. Tabelle 5) werden die Bilder zuerst nach allgemeinen Merkmalen untersucht.

	Bilder	
	1. Allgemein Kriterien	
1.1	Wie viele Bilder kommen vor?	X
1.2	Wie viele Bilder kommen durchschnittlich pro Seite vor?	X
1.3	Wie groß ist der Flächenanteil der Bilder an der Gesamtseite (Text)?	%-Vgl.
1.4	Reicht die Größe der Bilder um relevante Details zu erkennen?	++, +, 0, -
1.5	Ist die Informationsmenge richtig dimensioniert? (Konzentration auf das Wesentliche, max. 5 – 7 optische Gruppen)	++, +, 0, -
1.6	Wie viele didaktische Hilfsmittel werden zum Hervorheben von wesentlichen Inhalten genutzt? (Pop-out-Effekt – visuelle Inkonsistenzen, visuelles Hervorheben (cueing))	X
1.7	Werden die Bilder erklärt?	++, +, 0, -
1.8	Inwieweit werden Bildunterschriften verwendet?	++, +, 0, -
1.9	Nimmt der Text Bezug auf die Bilder	J / z.T. / N
1.10	Sind die Bilder nach einem System geordnet?	J / z.T. / N
1.11	Sind die Bilder nummeriert?	J / z.T. / N
	2. Spezielle Kriterien	
2.1	Wie groß ist der Anteil von: (Untersuchungsbereich: Spiegel und Linsen) - Fotos - realgetreue Zeichnungen - halbreale Zeichnungen - Schemazeichnungen - logischen Bilder (Diagramme, Tabellen, Charts)	In %
2.2	Aus welchem Bereich kommen die Bilder? (Alltag, Physik, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug ...)	(...)
2.3	Werden in den Bildern die Interessen der Schüler aufgegriffen?	++, +, 0, -
2.4	Welche Funktionen dominiert bei den Bildern?	Kat.
2.5	Eignen sich die Bilder dazu, diese Funktionen umzusetzen?	++, +, 0, -
2.7	Ist die Bildsymbolik nachvollziehbar?	++, +, 0, -

Tabelle 5: Bilder

In den Fragen 1.1 bis 1.5 geht es neben dem Umfang der Bilder im Schulbuch auch um die didaktische Reduktion. Einen Richtwert für den optimalen Anteil von Bildern am Text und deren Größe gibt es

nicht, daher wird aus dem Vergleich zwischen den Schulbüchern ein Ergebnis formuliert. Als Möglichkeit Bilder didaktisch zu reduzieren werden von BALLSTAEDT⁷⁶ folgende Möglichkeiten genannt:

- a) Unwichtiges weglassen. Dabei darf jedoch nicht der räumliche Kontext verloren gehen.
- b) Wichtiges hervorheben. Die für die didaktische Funktion wichtigen Bildausschnitte sollten optisch hervorgehoben werden.
- c) Zusammengehöriges gruppieren. Ist ein gewisses Maß an Komplexität nicht zu vermeiden, sollten die Details optisch gruppiert werden.
- d) In einem Bild sollten nicht mehr als fünf bis sieben optische Gruppen vorhanden sein. Die unmittelbare Auffassungsspanne kann nie mehr als sieben optische Gruppen gleichzeitig unterscheiden.

Die didaktische Reduktion lenkt die Augen auf die relevanten Inhalte. Sie hilft dabei eine uneffektive Ablenkung durch andere Sachverhalte zu verhindern.

Die unter 1.6 zu analysierenden didaktischen Hilfsmittel zum Hervorheben von Inhalten sind von ihrer Wirkung nur begrenzt einsetzbar. Werden zu viele Details hervorgehoben, so wird der Effekt nivelliert. Daher stellt sich hier die Frage, wie viele der Hilfsmittel im Optikbereich verwendet werden. Als Beispiele für Steuerungselemente dienen der Pop-out-Effekt, visuelle Inkonsistenzen und visuelles Hervorheben.⁷⁷ Der Pop-out-Effekt steuert die Aufmerksamkeit bereits beim ersten Blick. Dies geschieht vor allem durch elementare Diskontinuitäten, wie zum Beispiel ein farbiges Objekt unter farblosen. Dieser aus der Werbebranche bekannte Effekt ist für Schulbuchbilder nur bedingt einsetzbar, kann jedoch als Steuerungsmittel durchaus eine Rolle spielen. Bei visuellen und kognitiven Inkonsistenzen wird durch den logischen Bruch in Abbildungen das Interesse geweckt. Eine aus dem erwarteten Zusammenhang herausgelöste optische Gruppe überrascht und weckt das Interesse am Bild (z.B. Eisbär in der Wüste). Das am meisten genutzte Steuerungsmittel ist das visuelle Hervorheben (engl. cueing). Inhalte können durch Farbe, Strichstärke, Pfeile, Überzeichnung oder Vergrößerung hervorgehoben werden. Dies ist vor allem bei informierenden Bildern von großer Bedeutung.

In den Fragen 1.7 bis 1.11 wird der Zusammenhang zwischen Bild und Text analysiert. Zum einen können Bilder eine Hilfe und Ergänzung zu den sprachlichen Ausführungen darstellen, zum andern kann auch ein Schwerpunkt in der bildhaften Beschreibung liegen. Der Text hat dann vorwiegend eine Organisations- und Interpretationsfunktion. Diese wechselseitige Verstärkung von Bild und Text wird bei KIRCHER ET AL⁷⁸ als „Multiple Codierung“ beschrieben. Im Kriterienkatalog liegt ein Hauptaugenmerk auf der Wirksamkeit der Bilder für den Lernprozess. Die Bilder sollten sich daher in die logische Struktur des Textes integrieren. Dies kann sowohl durch Bildunterschriften als auch durch ein

⁷⁶ BALLSTAEDT, S. (1997): Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial, Wetz Psychologie Verlags Union, Weinheim, S. 229, 230

⁷⁷ BALLSTAEDT, S. (1997), S. 232 - 235

⁷⁸ KIRCHER, E. ET AL (2009): Physikdidaktik – Theorie und Praxis, 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg, S. 221, 222

direktes Aufgreifen der Bilder im Text geschehen. Wichtig für eine logische Struktur ist ein Bildbeschriftungssystem, das eine eindeutige Zuordnung der Bilder ermöglicht.

Im zweiten Teil des Kriterienkataloges der Darstellungsformen wird speziell auf die Bildtypen und Bildfunktionen eingegangen. In der Literatur ist die Kategorisierung nach Bildtypen sehr unterschiedlich. BALLSTAEDT⁷⁹ unterscheidet realistische Bilder, texturierte Bilder, Linienbilder und schematische Bilder, KIRCHER ET AL⁸⁰ unterscheidet nach ISSING Abbildungen, analoge Bilder und logische Bilder. Im Kriterienkatalog werden die Bildtypen nach ihrer Realitätsnähe in Fotos, realgetreue Zeichnungen, halb reale Zeichnungen, Schemazeichnungen und logische Bilder unterschieden. Die logischen Bilder beinhalten Diagramme, Tabellen und Charts, die im Optikbereich einen relativ geringen Umfang besitzen und daher zusammengefasst werden. Eine ähnliche pragmatische Einteilung findet sich bei P. SCHELLER.⁸¹ Die Fragen 2.2 und 2.3 zielen vor allem auf den Schülerbezug der Bilder ab. Hier spielt besonders der Bereich, aus dem die Bilder stammen, eine Rolle und ob dieser Bereich der Lebenswelt der Schüler entspricht. Von diesem Bereich hängt oftmals ab, ob die Schüler ein Interesse für das Bild entwickeln können. Von Vorteil wäre, wenn von vornherein das Interesse der Schüler in der Bildgestaltung aufgegriffen würde. Dies ist jedoch auf Grund der unterschiedlichen Interessenslage von Mädchen und Jungen nur bedingt möglich.

Der konkrete Text-Bild-Zusammenhang wird in den Fragen 2.4 bis 2.7 analysiert. Durch die Interaktion der Bilder mit dem Text erhalten diese eine wichtige Funktion im Lernprozess. In der Literatur finden sich für diese Funktionen unterschiedliche Definitionen. Für diese Arbeit und zur einfacheren Analyse werden inhaltlich ähnliche Funktionsdefinitionen zusammengefasst.⁸²

- **Dekorative Funktion**
Erfüllt eine Abbildung keine relevante Funktion für das Verständnis der Lerninhalte, so fungiert ein Bild nur als Dekoration.
- **Repräsentative und motivierende Funktion (darstellende Funktion)**
Die Motivationsfunktion hat eine enge Bindung zum Text und visualisiert den Inhalt. Die oftmals realitätsnahe Abbildung wirkt motivierend und kann die Behaltensleistung steigern. KIRCHER ET AL bezeichnet dies als Repräsentationsfunktion.
- **Veranschaulichende Funktion**
Geht das Gezeigte über von einer rein bildlichen Darstellung hin zur Darstellung einer Wirkung, spricht man von Veranschaulichung.
- **Konstruktionsfunktion (modellierende Funktion)**
Bilder besitzen diese Funktion, wenn sie Sachverhalte, Prozesse oder Vorgehensweisen aus bekannten Elementen zusammensetzen. Der theoretische Zusammenhang wird durch symboli-

⁷⁹ BALLSTAEDT, S. (1997), S. 202 - 205

⁸⁰ KIRCHER, E. ET AL (2001): Physikdidaktik – Eine Einführung, 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg, S. 242, 243

⁸¹ SCHELLER, P. (2010), S. 253

⁸² KIRCHER, E. ET AL (2009), S. 220 - 222

sche Darstellungen aufgezeigt. Reale Verhältnisse werden auf eine konstruierte Vorstellung modifiziert.

- Inhaltsfunktion

Ist eine Abbildung nicht mit dem Text verbunden und verfügt sie über eine geschlossene Bedeutungstragende Einheit, besitzt diese eine Inhaltsfunktion.

5.3 Sprachliche Gestaltung

Wie in der Bildverarbeitung lassen sich ähnliche Probleme und Lösungsansätze auf die Sprache und Textgestaltung übertragen. Die Wissensvermittlung soll durch eine klare und leicht verständliche Sprache unterstützt werden. Die Hauptmerkmale eines verständlichen Textes sind innere Struktur, anregende Zusätze, Prägnanz und Einfachheit. Entsprechend sind die Kriterien in Tabelle 6 gegliedert.

Sprachliche Gestaltung (Text)		
1. Allgemeine Kriterien		
1.1	Wie groß ist der Umfang vom Grundtext am Thema?	%
1.2	Kommen Zusammenfassungen vor?	J / N
1.3	An welcher Stelle des Grundtextes kommen die Zusammenfassungen vor?	(...)
1.4	Geben die Zusammenfassungen die grundlegenden Aussagen des Textes wieder?	++, +, 0, -
1.5	Kommen Advance organizer vor?	J / z.T. / N
1.6	Kommen Einstiegstexte vor?	J / N
1.7	Sind die Einstiegstexte ansprechend? (Wortwahl, Satzkonstruktion)	++, +, 0, -
1.8	Auf welche Bereiche beziehen sich die Einstiegstexte? (Geschichte, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug)	(...)
1.9	Wird im Grundtext auf die Einstiegstexte Bezug genommen?	J / z.T. / N
1.10	Kommen Beispiele vor?	J / N
1.11	Welche Arten von Beispielen kommen vor?	(...)
1.12	Aus welchem Bereich kommen die meisten Beispiele?	(...)
1.13	Sind die Beispiele ausführlich genug?	++, +, 0, -
2. Spezielle Kriterien		
2.1	Wie hoch ist die Informationsdichte (Wörter pro Seite)?	X
2.2	Wie hoch ist die Gesamtwörterzahl am Thema?	X
2.3	Welche Personalpronomina werden verwendet? du ihr wir man	X
2.4	Wie groß ist die durchschnittliche Anzahl der Wörter pro Satz (SL)?	X
2.5	Wie groß ist der Anteil von Dreisilber und Mehrsilber (MS)?	%-Vgl.
2.5	Welchem Schwierigkeitsgrad entspricht der Text? (nach der Wiener Sachtextformel)? Schulstufe = $0,2656 * SL + 0,2744 * MS - 1,6939$ (SL = Satzlänge in Worten, MS = Drei- und Mehrsilber in Prozent)	(...)

Tabelle 6: Sprachliche Gestaltung

In den Fragen 1.1 bis 1.9 wird der Fokus auf die innere Struktur des Textes gelegt. Texte liefern einzelne Informationen immer nacheinander in einer bestimmten Abfolge. Bilder können dagegen verschiedene Informationen gleichzeitig darstellen. Für eine optimale Wissensvermittlung durch den Text ist deswegen wichtig, ein Beziehungsgefüge innerhalb der Informationsabfolge herzustellen. Dies kann durch Einstiegstexte, Zusammenfassungen und Advance organizer geschehen. Einstiegstexte im Schulbuch stellen ein neues Themengebiet vor. An die Verständlichkeit der Einstiegstexte sollten hohe Anforderungen gestellt werden, denn ein schwieriger und komplizierter Einstiegstext kann von Anfang an eine negative Einstellung zum Themengebiet hervorrufen. Zusammenfassungen können sich vor oder nach dem Text befinden und fassen die zentralen Aussagen des Textes in komprimierter Form zusammen.⁸³ Befinden sie sich vor dem Text, können sie den Leser über die wesentlichen Inhalte des nachfolgenden Textes informieren und ermöglichen so ein Wiedererkennen von Textinhalten beim Lesen des Textes. Stehen Zusammenfassungen am Ende des Textes fördern sie vor allem durch die Wiederholung der Grundaussagen die Vertiefung der Inhalte und können je nach Vollständigkeit auch zur Prüfungsvorbereitung genutzt werden. Advance organizer sind vorangestellte Organisationshilfen und informieren in allgemeiner Form über zentrale Konzepte des Textes.⁸⁴ Sie beziehen sich auf die Wissensstruktur des zu Lernenden und schaffen einen schnellen Überblick über den Text.

Als weiterer Punkt für die Verständlichkeit und Attraktivität des Schulbuchtextes werden anregende Zusätze untersucht.⁸⁵ In Tabelle 6 werden als anregende Zusätze Beispiele und direkte Rede untersucht. Beispiele ermöglichen eine Verknüpfung der Textinformation mit dem Allgemeinwissen des Lesers und wecken somit das Interesse. Im Optikkonzept von HERDT wird Beispielen und der Verknüpfung mit Alltagswissen eine besondere Aufmerksamkeit zuteil. In den Fragen 1.10 bis 1.13 werden diese untersucht. Motivationssteigernd beim Lesen eines Textes ist der Wechsel zwischen verschiedenen Textstilen. So kann zum Beispiel durch den Wechsel von informativem Text und direkter Rede das Interesse des Lesers gesteigert werden.⁸⁶ Ob dies in den Schulbüchern geschieht, wird mit der Frage 2.3 und der Anzahl der Personalpronomen untersucht.

Für informierende Texte, wie sie zum Großteil in Schulbüchern zu finden sind, sind Kürze und Prägnanz essentiell. Informationen sollten möglichst knapp in einer hohen Dichte dargestellt werden, ohne Weitschweifigkeit und umgangsförmige Phrasen.⁸⁷ Die Frage 2.1 und 2.2 untersucht diesen Teilaspekt.

Einfachheit ist definiert nach KIRCHER: „Geläufige, anschauliche Ausdrücke kommen in kurzen einfachen Sätzen vor“.⁸⁸ Mit den Fragen 2.4 bis 2.6 werden die Länge der Sätze sowie deren Schwierigkeitsgrad mit Hilfe der „Vierten Wiener Sachtextformel“ bestimmt. Die „Vierte Wiener Sachtextfor-

⁸³ BALLSTAEDT, S. (1997), S. 54

⁸⁴ KIRCHER, E. ET AL (2009), S. 226

⁸⁵ KIRCHER, E. ET AL (2009), S. 225

⁸⁶ SCHELLER, P. (2010), S. 222

⁸⁷ KIRCHER, E. ET AL (2009), S. 225

⁸⁸ KIRCHER, E. ET AL (2009), S. 225

mel“ ist speziell für Schulbücher konzipiert und stellt den Schwierigkeitsgrad des Textes in Klassenstufen dar. Ein Schulbuchtext für die siebte Jahrgangsstufe sollte daher eine 7 als Berechnungsergebnis erhalten. In die Formel gehen die mittlere Satzlänge *SL* (Anzahl der Wörter pro Satz) und der Prozentanteil der Wörter mit drei oder mehr Silben *MS* ein. Diese Werte werden in der Tabelle 6 gesondert angegeben, da sie zeigen, welcher der beiden Werte für die Schulstufe entscheidend wirkt. Es ergibt sich folgende Formel⁸⁹:

$$\text{Schulstufe} = 0,2656 \cdot SL + 0,2744 \cdot MS - 1,693$$

5.4 Aufgaben

Als vierte Kategorie im Kriterienkatalog werden Aufgaben und Merksätze untersucht. Diese können auch zusammengefasst als Apparat zur Aneignung betrachtet werden. Die ebenfalls zum Apparat der Aneignung zählenden Strukturelemente wie Inhaltsverzeichnis, Glossar und Register werden nicht behandelt, da eine detaillierte Beschreibung bei KNEISEL⁹⁰ bereits vorliegt und keine signifikant unterschiedlichen Aussagen bezüglich des Lernprozesses zu erwarten sind.

Aufgaben		
1. Allgemeine Kriterien		
1.1	Wie viele Aufgaben kommen vor?	X-Vgl.
1.2	Welchen Umfang besitzen die Aufgaben?	X-Vgl.
1.3	Wie umfangreich sind die Aufgaben? (Wörter pro Aufgabe/ Sätze pro Aufgabe)	X
1.4	Ist der Umfang ausreichend um die Aufgaben lösen zu können?	++, +, 0, -
1.5	Sind die Aufgaben sprachlich verständlich formuliert?	++, +, 0, -
1.6	Wird eine differenzierte Sprache eingesetzt? (Aufgabenverben, direkte Ansprache)	J / z.T. / N
1.7	Sind die Aufgaben vom Text separiert? (durch welche opt. Hilfsmittel)	(...)
1.8	Wo befinden sich die Aufgaben?	(...)
1.9	Sind die Aufgaben nach einem System geordnet?	J / z.T. / N
1.10	Unterstützen die Aufgaben den Lernprozess?	++, +, 0, -
2. Spezielle Kriterien		
2.1	Wie groß ist der Anteil von: <ul style="list-style-type: none"> - Rechenaufgaben - Verständnisfragen - Verbalisierungsaufgaben - Rechercheaufgaben - Versuche 	X
2.2	Aus welchem Bereich kommen die Aufgaben? (Alltag, Physik, Mathematik, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug ...)	Kat.

⁸⁹ www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/upload/fids/downloads/k_arbeit_mit_komplexen_texten_neu.pdf

⁹⁰ <http://www.physik.uni-wuerzburg.de/%7Ewilhelm/arbeiten/Mechanikbuecher.pdf>

	Aufgaben	
2.3	Wird durch die Aufgabenstellung vermutlich das Interesse der Schüler angeregt?	++, +, 0, -
2.4	Werden Alltagsbezüge hergestellt? (sind die Aufgaben anwendungsbezogen)	++, +, 0, -

Tabelle 7: Aufgaben

Das Ziel von Aufgaben ist es, das angeeignete naturwissenschaftliche Wissen des Schülers anzuwenden, zu überprüfen und zu festigen. Sie können je nach didaktischer Konzeption unterschiedliche Funktionen ausüben, wie zum Beispiel als Selbstkontrolle für den Schüler, als Vorlage für Hausaufgaben oder als Anleitung zu Versuchen. In der Literatur finden sich unterschiedliche Ansätze zur Kategorisierung und Gestaltung von Aufgaben. BALLSTAEDT⁹¹ unterscheidet offene Fragen (Verständnisfragen, Wissensfragen und Anwendungsfragen), Multiple-Choice-Frage, Ergänzungsfragen (Lückentext) und Korrekturaufgaben. MAIER⁹² hat dagegen in einer Untersuchung von Mathematikbüchern vier Kategorien mit gegenseitiger Ausprägung definiert: semantische (allgemeinsprachlich dargestellte Inhalte) und syntaktische Aufgaben (formales Arbeiten mit fachlichen Symbolen), kenntnisorientierte (Wissensabfrage) und problemorientierte Aufgaben (Transfer des Gelernten), offene und bindende Aufgaben, sowie Fachaufgaben und Sachaufgaben (nicht-mathematische Inhalte). Im Kriterienkatalog wird die Einteilung nach SCHELLER⁹³ aufgegriffen, die Rechenaufgaben, Verständnisfragen, Verbalisierungsaufgaben und Rechercheaufgaben unterscheidet. Der Vorteil dieser Einteilung liegt in der klaren Abgrenzung der Aufgabenarten. Eine weitere Kategorisierung nach BALLSTAEDT und MAIER, sowie eine Erweiterung durch den Unterpunkt „versuchsbezogene Aufgaben“ ergibt folgende Eingrenzung:

- Rechenaufgaben (neben reinen Rechenaufgaben zählen hier auch mathematisch-physikalische Zeichnungen dazu),
- Verständnisfragen (auch Anwendungs- und Wissensfragen, Interpretations- und Diskussionsfragen),
- Verbalisierungsaufgaben (Aufgaben, die auffordern, Zusammenhänge zu beschreiben und Sachverhalte in eigenen Worten wieder zu geben),
- Rechercheaufgaben (Aufgaben, die den Schüler dazu auffordern, selbstständig Informationen zu einem Thema zu finden, zum Beispiel aus dem Internet),
- Versuchsbezogene Aufgaben (Aufgaben, die dazu auffordern, eigenständig oder mit Hilfe des Lehrers Versuche zu einem Thema durchzuführen),

Ihre Anzahl wird in Frage 2.1 untersucht, um daraus den Anteil der jeweiligen Fragenart zu bestimmen. Nach dem Optikkonzept von HERDT soll der Optikunterricht möglichst qualitativ behandelt wer-

⁹¹ BALLSTAEDT, S. (1997), S. 18

⁹² MAIER, H. (1980): Das Mathematikbuch. In: HACKER, H. (Hrsg.): Das Schulbuch – Funktion und Verwendung im Unterricht, Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn, S. 127

⁹³ SCHELLER, P. (2010), S. 247

den. Ob die Aufgabenstellung dies berücksichtigt, wird mit dieser Frage geklärt. Der ebenso von HERDT geforderte Alltagsbezug und die Berücksichtigung des Interesses der Schüler werden in den Fragen 2.2 bis 2.4 untersucht.

Im Teil „Allgemeinen Kriterien“ geht es um den Umfang, die Sprache und das System, in dem die Aufgaben geordnet sind. Da Schulbücher von Lehrern oftmals als einzige Quelle zur Hausaufgabenstellung benutzt werden, ist eine Mindestzahl an Aufgaben für ein Schulbuch elementar. Die Fragen 1.1 und 1.2 untersuchen diesen Sachverhalt. In den Fragen 1.3 und 1.4 wird nach der Informationsdichte und der Verständlichkeit der Aufgaben gefragt. Entwickeln die Aufgaben zusätzlich zur Aufgabenstellung ein Szenario, in das die Aufgabe eingebettet ist, oder folgt die Fragestellung eher dem Schema „Gegeben und Gesucht“?. Die Verständlichkeit ist auf Grund des Umfangs stark an die Auswahl der Sprache in Frage 1.5 und 1.6 gekoppelt. Hierbei soll vor allem die Frage- und Aufgabenformulierung untersucht werden. Die Verwendung sollte einheitlich und funktionsgemäß erfolgen und wenn möglich eine Variation der Aufgabenverben und Sprachstile besitzen. Die Fragen 1.7 bis 1.10 untersuchen den Ort und das System, in das die Aufgaben innerhalb des Themas im Schulbuch geordnet sind. Aufgaben sind für den Lernprozess der Schüler essentiell, da mit bestimmten Aufgabenfolgen auch bestimmte Lehrziele verfolgt werden. LAU, NEUMANN, FISCHER & SUMLETH (2007)⁹⁴ fordern deswegen, dass Aufgaben nicht in einer beliebigen Reihenfolge auftreten sollten, sondern in den Lernprozess integriert werden müssen, um diesen anzuregen, zu steuern und zu überwachen. Die letzte Frage 1.10 zielt im Besonderen auf diesen Sachverhalt.

5.5 Merksätze

Merksätze sollen zum einen prägnant formuliert sein, zum anderen eine einfache Wortwahl besitzen und trotzdem die wichtigsten Lerninhalte eines Schulbuchttextes behandeln.⁹⁵ Auf Grund ihrer komprimierten Darstellung von Inhalten können Merksätze zum Teil deutlich schwieriger und anspruchsvoller sein als der Grundtext. So ist die Nutzung von Fachbegriffen, als prägnante Repräsentation von Inhalten, unverzichtbar. Zusätzlich sind viele Fachbegriffe in der Naturwissenschaft Grundvokabular, das für den alltäglichen Umgang gelernt werden muss. Die in den Fragen 1.1 bis 1.6 aufgeführten (vgl. Tabelle 8), allgemeinen Kriterien analysieren neben dem Umfang und der Prägnanz, auch die systemabhängige Abgrenzung und Einordnung der Merksätze. Da in den Merksätzen oftmals wissenschaftliche Maximen und Definitionen dargestellt werden, ist der Einsatz von Formeln unumgänglich. Der Umfang und die Unterschiede hinsichtlich des Abstraktionsniveaus werden in den Fragen 2.1 bis 2.4 untersucht. Die sprachlichen Kriterien in 2.5 und 2.6 beinhalten neben der Frage nach Prägnanz und einfacher Wortwahl auch die sprachliche Integration in den Grundtext. Da der Schüler in der siebten Klasse zum ersten Mal in den Kontakt mit physikalischen Definitionen kommt, sind die Integration der Merksätze und deren Verständlichkeit besonders wichtig.

⁹⁴ Zitiert nach Kauertz, A. und Fischer, H. (2009): Standards und Physikaufgaben, In: KIRCHER, E. ET AL (2009), S. 672

⁹⁵ SCHELLER, P. (2010), S. 165

Merksätze		
1. Allgemeine Kriterien		
1.1	Wie viele Merksätze kommen vor?	X
1.2	Wie viele Merksätze kommen pro Grundtextseite vor?	X
1.3	Wie viele Wörter entfallen auf die Merksätze?	X
1.4	Sind die Merksätze deutlich vom Grundtext hervorgehoben? (durch welche Mittel)	(...)
1.5	Wo im Text befinden sich die Merksätze?	(...)
1.6	Sind die Merksätze nach einem System geordnet?	J / z.T. / N
2. Spezielle Kriterien		
2.1	Wie ist das Abstraktionsniveau in den Merksätzen?	++, +, 0, -
2.2	In wie vielen Merksätzen kommen Formeln vor?	X-Vgl.
2.3	Wie viele Fachwörter werden genannt?	X
2.4	Wird auf einen komplexen Satzbau verzichtet? (sind sie verständlich formuliert)	++, +, 0, -
2.5	Sind die Merksätze sprachlich in den Grundtext integriert?	J / z.T. / N

Tabelle 8: Merksätze

5.6 Zusatzmaterialien (Exkurse)

Exkurse sind in diesem Kriterienkatalog als Zusatztexte definiert, die über die eigentlichen Lerninhalte hinausgehen. Dies kann durch Experimentiervorschläge, Projektarbeiten, fächerübergreifende Anwendungen in Natur und Technik, geschichtliche Hintergründe etc. stattfinden.

Zusatzmaterialien (Experimentiervorschläge – Anwendungen in Natur und Technik)		
1. Allgemeine Kriterien		
1.1	In welchem Umfang kommen Zusätze vor?	X
1.2	Wie groß ist der Anteil von Zusätzen am Gesamttext?	X-Vgl.
1.3	Werden die Zusätze vom Grundtext getrennt? (opt. Hervorgehoben)	J / z.T. / N
1.4	Wo befinden sich die Zusätze?	(...)
1.5	Sind die Zusätze nach einem System angeordnet? (Zahlen, Buchstaben)	J / z.T. / N
2. Spezielle Kriterien		
2.1	Auf welchen Inhalt beziehen sich die Zusätze? (optische Inhalte)	(...)
2.2	Inwieweit kommen Experimentiervorschläge für die Schüler vor?	X-Vgl.
2.3	Welche Anwendungen aus Natur und Technik werden aufgegriffen?	(...)
2.4	Wird dabei auf den Lebensbereich der Schüler eingegangen?	J / z.T. / N
2.5	Aus welchem Bereich stammen die Zusätze? (Geschichte, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug)	(...)
2.6	Werden Originalquellen zitiert?	J / z.T. / N
2.7	Welche Funktionen erfüllen die Zusätze? (Motivation, Vertiefung, Experimentieranleitung, Verknüpfung mit Alltagsphänomenen)	(...)
2.8	Sind die Experimentiervorschläge für den Schüler durchführbar? (einfache Materialien, Freihandversuche)	++, +, 0, -
2.9	Sind die Zusätze im Lernprozess integriert?	++, +, 0, -

	Zusatzmaterialien (Experimentiervorschläge – Anwendungen in Natur und Technik)	
2.10	Unterscheiden sich die Exkurse im Sprachstil vom Grundtext?	J / z.T. / N
2.11	Sind die Texte leichter als der Grundtext?	J / z.T. / N

Tabelle 9: Zusatzmaterialien (Exkurse)

Im Allgemeinen dienen Exkurse daher zur optionalen Wissenserweiterung und –vertiefung. Ein Anspruch des Lehrplans an das Fach Natur und Technik (vgl. Kapitel 2) und somit auch an die Schulbücher ist, fächerübergreifenden Unterricht zu fördern. Mit Exkursen lässt sich dieser Anspruch elegant in das Schulbuch integrieren. In welchem Umfang dies von den einzelnen Schulbüchern umgesetzt wird, wird in den Fragen 1.1 und 1.2 geklärt. Exkurse können zum Beispiel als motivierender Einstieg, als auch als Projektarbeit am Ende eines Themas, vorkommen. Der genaue Ort und die Auffindbarkeit durch Trennung vom Grundtext und Einordnung in ein System werden mit den Fragen 1.3 bis 1.5 untersucht. In den speziellen Kriterien im zweiten Teil werden der Inhalt, die Funktion, die Verständlichkeit und die Sprachauswahl analysiert.

Beim Kriterium Inhalt mit den Fragen 2.1 bis 2.6 interessiert zum einen, welche Inhalte überhaupt angeboten werden und ob diese sich von den fachwissenschaftlichen Inhalten unterscheiden, zum anderen, ob die Auswahl der Inhaltsbereiche motivierend für die Schüler ist und sie einen Anwendungsbezug herstellen können.

Im Optikkonzept von HERDT wird eine experimentelle Vorgehensweise mit vielen Schülerversuchen gefordert. Mit Experimentiervorschlägen und Projektarbeiten könne Exkurse diese Forderung in das Schulbuch integrieren. Neben Experimentiervorschlägen können diese auch eine Motivations- und Vertiefungsfunktion besitzen. Welche Funktion die Exkurse dominiert, wird in der Frage 2.7 geprüft. Wichtig ist, dass die Experimentiervorschläge für den Schüler auch durchführbar sind. Es sollten daher möglichst einfache, alltägliche Materialien in der Versuchsbeschreibung vorkommen, so dass die Versuche vom Schüler auch Zuhause durchgeführt werden können. Frage 2.8 untersucht diese Problematik.

Ein konträrer Punkt wird im Punkt 2.9 analysiert. Exkurse können zum einen in den Lernprozess integriert sein und dadurch ein motivierende oder vertiefende Funktion besitzen, zum andern können im Wortsinne „Exkurs“ (lat. ex = aus, cursus = lauf)⁹⁶ auch sachfremde Inhalte oder Inhalte aus anderen Naturwissenschaften dargestellt werden. Tatsache ist jedoch, dass immer ein Bezug zum Thema gegeben sein muss. Die Auswahl des Sprachstils im Vergleich zum Grundtext wird in den Fragen 2.10 bis 2.11 geklärt. Da Exkurse zusätzlich zum Lerninhalt des Schulbuches angeboten werden und zum Teil freiwillig von den Schülern gelesen werden, sollten diese Texte abwechslungsreicher und einfacher als der Grundtext sein. Sie müssen im hohen Maße verständlich sein.

⁹⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Exkurs>

6 Anwendung und Auswertung des Kriterienkataloges

Im vorangegangenen Kapitel wurden die einzelnen Punkte des Kriterienkataloges anhand der Literatur erklärt. Die formulierten Fragestellungen werden im Folgenden auf die fünf Schulbücher angewendet und sollen einen Vergleich und eine Bewertung der Bücher möglich machen. Ziel ist es dabei für jedes Teilkriterium eine zusammenfassende Wertung zu erhalten, die in der Gesamtsumme der Teilkriterien eine mögliche Begründung für die Wahl eines Schulbuches zulässt. Des Weiteren werden im Vergleich zwischen den Schulbüchern, ähnliche oder unterschiedliche Möglichkeiten der Realisierung der Lerninhalte, des Aufbaus und der Darstellung aufgezeigt und analysiert. Die Auswertung umfasst didaktische Inhalte sowie Teile der Strukturelemente, die für die Verständlichkeit und die Interessantheit der Schulbücher elementar sind. Die Strukturelemente, die auf die Lernleistungen der Schüler keinen unmittelbaren Einfluss besitzen, werden nicht behandelt. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse des Kriterienkataloges vorgestellt. Alle Ergebnisse finden sich tabellarisch im Anhang aufgelistet.

6.1 Didaktische Inhalte und ihre Umsetzung

6.1.1 Sehen

Der Sehvorgang wird als Einstiegskapitel in die Optik von allen Schulbüchern behandelt. Die von HERDT formulierte Sender-Empfänger-Vorstellung tritt dabei jedoch unterschiedlich stark in Erscheinung. Im Buch des KLETT-Verlags wird die Formulierung beinahe wörtlich übernommen (++), während im Buch des DUDEN PAETEC VERLAGS nur verschiedene Lichtquellen kurz behandelt werden und im Anschluss sofort die Absorption und Reflexion besprochen werden. Die Eigenschaft von Gegenständen als Zwischensender von Licht wird sofort mit dem Fachbegriff Reflexion verbunden (-). Auf Grund der sehr kurzen Beschreibung des Sehvorgangs wird auch nicht auf Schülervorstellungen zu diesem Thema eingegangen. Bemerkenswert ist, dass bei den Büchern der Verlage OLDENBOURG, KLETT und CORNELSEN die Sehstrahlvorstellung aufgegriffen wird. Diese Schülervorstellung ist jedoch laut HERDT bei den Schülern kaum vorhanden, so dass diese nicht unbedingt thematisiert werden muss. Einen Sonderweg geht das Buch des SCHROEDEL Verlags in dem es die Unsichtbarkeit des Lichts und den Zusammenhang mit der Streuung an Staubteilchen thematisiert.

→ *Das inhaltliche Niveau des Einstiegskapitels bei KLETT, CORNELSEN und SCHROEDEL ist nur durchschnittlich. Die Sender-Empfänger-Vorstellung beim Sehvorgang wird bei KLETT am stärksten thematisiert. Durch die sofortige Verknüpfung des Sehvorgangs mit den Fachbegriffen Reflexion und Absorption ist das Niveau im Buch des DUDEN PAETEC Verlags relativ hoch. Beim OLDENBOURG Buch ist dagegen die physikalische Beschreibung durch die Verwendung von vielen Beispielen und Alltagssituationen eher untergeordnet.*

6.1.2 Geradlinige Ausbreitung von Licht

Als Grundlage für die Schattenbildung wird die geradlinige Ausbreitung von Licht in allen Büchern thematisiert. Die für das weitere Verständnis wichtige Vorstellung von Licht als dynamische Strömung wird dagegen größtenteils nicht angesprochen. Im DUDEN PAETEC Buch und im OLDENBOURG Buch wird immerhin mit Gedankenversuchen zur Lichtgeschwindigkeit auf die Strömungseigenschaft hingewiesen, bei KLETT und CORNELSEN wird dagegen dieser Bereich vollständig ausgeklammert. Positiv aber sehr ungewöhnlich ist die Beschreibung anhand des Modells von Albert Einstein im SCHROEDEL Buch zu bewerten:

Eine Lichtquelle *schleudert* ständig eine unvorstellbar große Anzahl winziger Teilchen wahllos in alle Richtungen hinaus. Diese Lichtteilchen heißen Photonen. Sie sind Energie in kleinsten Portionen. (...) Ein Lichtstrahl kann dabei als Bahn eines Photons aufgefasst werden. (SCHROEDEL, S. 12)

Die Beschreibung von optischen Vorgängen anhand des Photonen-Modells zieht sich kontinuierlich durch das ganze Thema.

Ebenso liefert das SCHROEDEL Buch die ausführlichste Darstellung der Schattenbildung. Es behandelt als einziges Buch alle Aspekte der Schattenbildung (Schattenbild, Schattenraum, Halbschatten, Übergangsschatten, Kernschatten). Die Darstellung von Versuchsfotos, die durch Schemazeichnungen erklärt werden, ist intuitiv verständlich (++). Eine ähnlich gute Darstellung findet sich in den Büchern des DUDEN PAETEC und KLETT Verlags. Diese sind jedoch auf Grund des Fehlens der Begriffe Schattenraum und Übergangsschatten weniger ausführlich (+). Die schlechteste Thematisierung der Schattenbildung (-) findet sich im OLDENBOURG Buch. Es werden hier weder Versuchsfotos noch Schemazeichnungen zur Erklärung herangezogen. Allein zwei Comiczeichnungen sollen die Schattenbildung veranschaulichen. Eine besondere Wertschätzung der Mondphasen und der Sonnen- und Mondfinsternis mit 5 Seiten (42 % am Thema) findet im CORNELSEN Buch statt. Das geschieht jedoch deutlich zu Lasten der Schattenbildung (1/2 Seite). Diese kann dadurch nur unvollständig dargestellt werden (0). In den anderen Büchern nehmen die Mondphasen im Durchschnitt nur 22 % des Themas ein. Schülerversuche und Aufgaben zu diesem Themengebiet sind in allen Büchern ausreichend vorhanden.

→ *Das Buch des SCHROEDEL Verlags punktet mit der konsequenten Nutzung des Photonenmodells und vielen Beispielen und Versuchen zum Thema. Die Schattenbildung im OLDENBOURG Buch ist auf Grund der fehlenden Erklärung mit dem Lichtstrahlmodell nur mangelhaft.*

6.1.3 Spiegel und Reflexionsgesetz

In der Herleitung des Reflexionsgesetzes fordert die neuere Didaktik nach HERDT und WIESNER eine hierarchischen Abfolge, die sich auch in der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise widerspiegelt. Zuerst sollen die Eigenschaften des Spiegelbilds untersucht werden, danach wird das Reflexionsgesetz formuliert, welches darauf die Erklärung für das Spiegelbild liefert. Diese Reihenfolge findet sich auch bei OLDENBOURG, CORNELSEN und SCHROEDEL. Bei DUDEN PAETEC und KLETT wird zuerst traditio-

nell das Reflexionsgesetz definiert, dann die Eigenschaften des Spiegelbildes untersucht und erklärt. Dies entspricht der alten Vorgehensweise nach dem Lehrplan von 1992. Der Umfang von Schülervorstellungen zu diesem Thema ist in den Büchern eher gering. Ausnahme ist das Buch des OLDENBOURG Verlags und das des SCHROEDEL Verlags. In beiden Büchern finden sich Lage und Ort des Spiegelbildes, sowie die Vertauschung von vorne und hinten. Positiv ist bei OLDENBOURG und SCHROEDEL außerdem, dass sie mit vielen Beispielen und zusätzlichen Erklärungen arbeiten:

Wenn du einen Schritt auf den Spiegel zu machst, so kommt dir dein Spiegelbild entgegen. Wenn du nach rechts gehst, so wandert es von dir aus betrachtet ebenfalls nach rechts. Wäre anstelle des Spiegelbildes eine lebende Person, so würde sie sagen: „Ich gehe nach links“. (OLDENBOURG, S. 15)

Betrachten wir uns selbst im Spiegel, so haben wir den Eindruck, das Bild wäre seitenverkehrt: Bewegen wir die rechte Hand, so bewegt unser Spiegelbild die linke. Also ist links und rechts vertauscht! Dieser Widerspruch ist aber nur scheinbar, denn er kommt daher, dass wir uns in Gedanken in unser Spiegelbild hineinversetzen. (SCHROEDEL, S. 23)

Die Formulierung desselben Sachverhalts ist bei SCHROEDEL besser gelöst als bei OLDENBOURG. Diese beschränken sich auch die Beschreibung der Vorgänge beim Spiegelbild, ohne es zu erklären. SCHROEDEL hingegen spricht die Schülervorstellung („so haben wir den Eindruck“) direkt an und erklärt ihr Zustandekommen durch den Bezugssystemwechsel.

Der Reflexionsbegriff wird in allen Büchern verwendet. Bei KLETT wird in der Definition von Streuung und Reflexion simultan die Begriffe „ungerichtet reflektiert“ und „gestreut“, sowie „gerichtet reflektiert“ und „reflektiert“ benutzt. Im weiteren Buch werden jedoch die Hochschulbegriffe Streuung und Reflexion verwendet. Dies ist für den Schüler nicht unbedingt nachvollziehbar. Auch beim Buch des DUDEN PAETEC VERLAGS entsteht Verwirrung, da bei der Herleitung des Streuungsbegriffs von „diffuser Reflexion“ gesprochen wird und bei der Reflexion von „regulärer Reflexion“. Das Buch verzichtet jedoch ebenso im Folgenden auf diese Begriffe und verwendet ausschließlich die Hochschulbegriffe. Einen Sonderfall nimmt das Buch des OLDENBOURG-Verlags ein, das die Streuung überhaupt nicht thematisiert. CORNELSEN und SCHROEDEL verwenden ausschließlich die beiden Hochschulbegriffe, was hier als positiv bewertet wird.

→ *Das Buch des SCHROEDEL Verlags hält am konsequentesten die Abfolge: Eigenschaften des Spiegelbildes – Reflexionsgesetz – Erklärung des Spiegelbildes, und weckt mit vielen Anwendungen und Beispielen das Interesse. Die im alten Lehrplan verwendete Reihenfolge findet sich noch in den Büchern des DUDEN PAETEC Verlags und des KLETT Verlags, ebenfalls negativ ist die Verwendung der Begriffe „diffuser Reflexion“ und „ungerichteter Reflexion“ für die Streuung.*

6.1.4 Brechung und Abbildung durch Sammellinsen

In allen Büchern wird der Zusammenhang zwischen Brechung und der Abbildung durch Sammellinsen behandelt. Am Anschaulichsten erfolgt dies im Buch des KLETT Verlags, dass über ein mit Wasser gefülltes Kugelglas die Brechung bei der Sammellinse erklärt.

Die von HERDT geforderte Darstellung und Erklärung von virtuellen und reellen Bildern anhand von Lichtkegeln (auch Lichtbündeln) wird in allen Büchern, außer dem des DUDEN PAETEC Verlags, aufgegriffen. In diesem Buch wird ausschließlich die Abbildung durch Konstruktionsstrahlen behandelt. Der Umfang liegt bei 60 % des Themas. Dies ist der Maximalwert in den untersuchten Büchern. Selbst bei Addition der Seitenzahlen von Punkt-zu-Punkt Abbildung und Abbildung durch Konstruktionsstrahlen wird dieser Wert bei den anderen Büchern nicht mehr erreicht. Bei OLDENBOURG, KLETT und SCHROEDEL wird die Punkt-zu-Punkt Abbildung mit Lichtkegeln größtenteils als Herleitung und Definition von Brenn-, Haupt- und Bildebene genutzt. Neben der qualitativen Beschreibung existiert jedoch die quantitative Beschreibung mit der Abbildung durch Konstruktionsstrahlen und der geometrische Herleitung. Beide Bereiche sind sich in ihrem Umfang ähnlich, wobei die strahlengeometrische Konstruktion oftmals inhaltlich dominiert. Den geringsten Anteil der strahlengeometrischen Konstruktion mit 7 % am Thema besitzt das CORNELSEN Buch. Die Punkt-zu-Punkt Abbildung besitzt mit 14 % am Thema den doppelten Umfang. In der Summe ist jedoch Beschreibung und Erklärung der virtuellen und reellen Bilder mit 21 % am Thema sehr gering.

Als einziges Buch thematisiert das des SCHROEDEL Verlags die Abbildungsgleichung. Der Grad der Mathematisierung ist hier im Vergleich unter den Schulbüchern am höchsten. Erklärungen werden größtenteils quantitativ begründet und vorformulierte Rechenbeispiele (siehe Abbildung 1) und strahlengeometrische Konstruktionen dienen der Veranschaulichung.

Rechenbeispiel

Ein 12 cm hoher Gegenstand befindet sich 20 cm vor einer Lochblende. Wie weit muss der Schirm vom Loch weg sein, damit das Bild 5,0 cm groß wird?

Geg.: $G = 12 \text{ cm}$; $g = 20 \text{ cm}$; $B = 5,0 \text{ cm}$
 Ges.: b

Lösung: $\frac{B}{G} = \frac{5,0 \text{ cm}}{12 \text{ cm}} = 0,42$
 $\frac{b}{g} = \frac{B}{G} = 0,42 \Rightarrow b = 0,42 \cdot g$
 $= 0,42 \cdot 20 \text{ cm} = 8,4 \text{ cm}$
 Der Abstand Lochblende-Schirm beträgt 8,4 cm.

Abbildung 1: Rechenbeispiel aus Schroedel (S.38)

Schülervorstellungen zu diesem Themenbereich finden sich in den Büchern sehr selten. Allein bei der Brechung finden sich teilweise Alltagsbezüge, die sich jedoch größtenteils nicht auf Schülervorstellungen beziehen. Als Spezialfall der Brechung wird in allen Büchern die Totalreflexion behandelt. Der Umfang unterscheidet sich jedoch zwischen den Büchern deutlich. So wird bei CORNELSEN und SCHROEDEL mit nur einem Satz auf das Vorhandensein der Totalreflexion aufmerksam gemacht.

Bei großen Einfallswinkeln wird das Licht an der Grenzfläche vollständig zurückgeworfen (Totalreflexion). (CORNELSEN, S. 29)

In V1 [...] war zu beobachten, dass es beim Übergang Glas > Wasser bzw. Wasser > Luft Einfallswinkel gibt, unter denen der Lichtstrahl das Glas bzw. das Wasser nicht verlässt, sondern vollständig („total“) reflektiert wird. Deshalb spricht man in diesen Fällen von Totalreflexion. (SCHROEDEL, S. 33)

Eine kurze, jedoch ausreichende Darstellung findet sich bei DUDEN PAETEC. Mit Versuchsfotos wird das Phänomen gut dargestellt. Bei OLDENBOURG und KLETT werden zusätzlich zur Erklärung der Totalreflexion auch Beispiele aus Natur und Technik, wie Luftspiegelungen und Glasfasern, dargestellt. Auf Grund der kompakteren Darstellung und der Verknüpfung mit dem Haupttext ist KLETT logischer aufgebaut (++) als OLDENBOURG (+), das versteckt im Teil „Zum Weiterlesen“ die Beispiele erklärt.

→ *Die Bücher des DUDEN PAETEC und SCHROEDEL Verlags besitzen durch die Dominanz von Abbildungen durch Konstruktionsstrahlen und die starke Mathematisierung den höchsten Anspruch. Die Bücher von KLETT und CORNELSEN liefern durch den Einsatz der Punkt-zu-Punkt Abbildung, sowie vielen Aufgaben und Anwendungen einen guten qualitativen Einstieg. Das Buch des KLETT Verlags ist jedoch deutlich zu textlastig. OLDENBOURG behandelt als einziges Buch nur die Abbildung durch Konstruktionsstrahlen für Sammellinsen.*

6.1.5 Auge, Fehlsichtigkeit und optische Instrumente

Aufbau und Funktionen des menschlichen Auges werden in allen Büchern gut dargestellt. Im Allgemeinen dient dazu ein mehr oder weniger ausführliches Augenmodell. Das realistischste Augenmodell ist bei CORNELSEN und SCHROEDEL zu finden. Bei SCHROEDEL finden sich auch die umfangreichste Beschreibung des menschlichen Auges und dessen Funktionen. Ebenso werden bei SCHROEDEL die meisten optischen Instrumente behandelt (Lupe, Fernrohr, Projektor und Foto). Die Erklärung der optischen Instrumente findet unter Zuhilfenahme der Abbildung mit Lichtkegeln statt. Ähnliches findet sich in den Büchern der Verlage OLDENBOURG und CORNELSEN. Bei KLETT und DUDEN PAETEC wird dagegen beim Mikroskop die Erklärung mit Konstruktionsstrahlen gewählt. Im Umfang ergänzen sich die Gebiete Auge, Fehlsichtigkeit und optische Instrumente ohne größere inhaltliche Brüche. Alle Bücher versuchen mit einem möglichst großen Anwendungs- und Alltagsbezug das Interesse der Schüler zu wecken. Bei CORNELSEN, DUDEN PAETEC und SCHROEDEL gelingt dies auf Grund der großen Zahl an Beispielen und Fotos. Bei KLETT sind die Beispiele teilweise sehr abstrakt, wie Farbfehler (chromatische Aberration), räumliche Fehler (sphärische Aberration) und Astigmatismus schiefer Bündel (KLETT, S. 33).

Bei OLDENBOURG finden sich wenige Alltagsbeispiele, dafür viele Phänomene, wie die optische Täuschung. Die Erklärung von Fehlsichtigkeit ist teilweise verwirrend beschrieben:

Beim kurzsichtigen Auge ist der Augapfel zu lang und die *Brennebene* liegt vor der Netzhaut. Nur für nahe Gegenstände liegt die *Bildebene* auf der Netzhaut und es entsteht ein scharfes Bild. Damit auch weit entfernte Gegenstände scharf abgebildet werden, muss der Strahlenverlauf mit einer Zerstreuungslinse aufgeweitet werden. Beim weit-sichtigen Auge liegt die *Brennebene* hinter der Netzhaut. Entweder ist der Augapfel zu kurz (meist angeboren) oder die Krümmung der Linse zu schwach. Eine Brille mit einer Sammellinse verkürzt die Brennweite. (OLDENBOURG, S.37)

Die Vermischung der Begriffe „Brennebene“ und „Bildebene“ macht unmittelbares Verständnis des Textes kaum möglich. Die Verbindung des Scharfstellens mit der Lage der Brennebene auf der Netz-

haut verwirrt zusätzlich, da die Schüler zuvor die Brennwirkung einer Sammellinse erlernt haben und mit dieser Erklärung die Netzhaut ständig „verbrannt“ werden müsste. Eine gut verständliche Beschreibung der Fehlsichtigkeit findet sich bei SCHROEDEL, da durchgehend mit den Lichtkegeln und der Bildweite argumentiert wird.

→ *Das Buch des SCHROEDEL Verlags beschreibt den Aufbau und die Funktionen des Auges am detailreichsten. Auch die Fehlsichtigkeit und optischen Instrumente werden verständlich erklärt. Auf Grund der wenigen Beispiele, der verwirrenden Beschreibung der Fehlsichtigkeit und des insgesamt niedrigen Niveaus fällt das OLDENBOURG Buch im Vergleich zu den anderen Büchern negativ auf.*

6.1.6 Farbe

Die spektrale Zerlegung von Licht wird in allen Büchern thematisiert. Als Einstiegsbeispiel dient dafür die Dispersion am Glasprisma. Bei DUDEN PAETEC und KLETT sind die Beschreibungen am umfangreichsten, während beim Buch des OLDENBOURG Verlags diese sehr kurz ausfallen. Hier wird neben der Dispersion auch die Farbzerlegung durch Beugung am Gitter thematisiert, ohne jedoch auf die Unterschiede hinzuweisen. Diese Vermischung der beiden Begriffe und Vorgänge verwirrt den Schüler und begünstigt die Bildung neuer Fehlvorstellungen.

Als Anwendungsbezüge wird bei DUDEN PAETEC, OLDENBOURG und SCHROEDEL die Farbwahrnehmung im Auge behandelt, bei KLETT und CORNELSEN beziehen sich die Beispiele eher auf den technischen Bereich. Additive Farbmischung von farbigem Licht wird in allen Büchern thematisiert, am detailreichsten mit vielen Abbildungen arbeitet das Buch des SCHROEDEL Verlags. Bei DUDEN PAETEC begnügt man sich mit der Behandlung der Begriffe: Mischfarbe und Komplementärfarbe.

Der Regenbogen als Alltagsbeispiel für Reflexion und Brechung wird in allen Büchern gut dargestellt. Leider wird bei OLDENBOURG auf ein motivierendes Regenbogenfoto verzichtet. Daneben fehlt ein Gesamtbild des Regenbogens, das die einzelnen Schemazeichnungen zusammenfasst (0). Beim Buch des SCHROEDEL Verlags fehlt durch die unzureichende Verknüpfung der Bilder mit dem Text der Zusammenhang. Die Bilder wirken wahllos zerstreut und verhindern eine Strukturierung der Vorgänge, Beugung und Reflexion beim Regenbogenphänomen (0). Positiv bei SCHROEDEL als auch bei CORNELSEN ist, dass mit Sehwinkel und Brechungswinkel, im Sinne eines Z-Winkels bei der Entstehung eines Regenbogens argumentiert wird. Bei KLETT, OLDENBOURG und DUDEN PAETEC wird in diesem Zusammenhang nur auf die Sehwinkel von rotem und blauem Licht eingegangen.

→ *Beim Thema Farben liefern die Bücher von KLETT und CORNELSEN eine kompakte und verständliche Darstellung. Das Buch des SCHROEDEL-Verlags wirkt auf Grund der Textdominanz leicht überladen, das Buch des OLDENBOURG-Verlags wirkt dagegen auf Grund des Fehlens von physikalischen Erklärungen und Zusammenfassungen substanzlos. Das DUDEN PAETEC Buch befindet sich im Mittelfeld.*

6.1.7 Fazit der didaktischen Umsetzung der optischen Inhalte

Bei einer zusammenfassenden Wertung der Umsetzung und Darstellung der optischen Inhalte hinsichtlich der formulierten didaktischen Ziele des neuen Optik Konzepts von HERDT sowie der Umsetzung des Lehrplans, erhält man folgende Tendenz in den jeweiligen Abschnitten:

	DUDEN PAE- TEC	OLDENBOURG	KLETT	CORNELSEN	SCHROEDEL
1. Sehen	-	0	+	0	0
2. geradlinige Ausbreitung von Licht	0	-	0	0	+
3. Spiegel und Reflexionsgesetz	-	0	-	0	+
4. Brechung und Abbildung durch Sammellinsen	-	0	+	+	-
5. Auge & Fehlsichtigkeit/ optische Instrumente	0	-	0	0	+
6. Farbe	0	-	+	+	-
Ergebnis:	3 x (-) 3 x (0)	3 x (-) 3 x (0)	1 x (-) 2 x (0) 3 x (+)	4 x (0) 2 x (+)	2 x (-) 1 x (0) 3 x (+)

Tabelle 10: Tendenzen in der didaktischen Umsetzung

Auf Grund der teilweise subjektiven Einschätzung soll auf eine abschließende Wertung verzichtet werden. Als eindeutiges Ergebnis aus diesem Teil des Kriterienkataloges lässt sich jedoch die Aussage treffen, dass die Bücher der Verlage DUDEN PAETEC und OLDENBOURG bei der didaktischen Umsetzung der optischen Inhalte eher schlechter abschneiden.

6.2 Darstellungsformen

Die unter Darstellungsformen subsummierten Strukturelemente sind von großer Bedeutung für die Motivation, Verständlichkeit und Brauchbarkeit eines Schulbuches. Bilder sind dabei ein wesentliches Mittel zur Veranschaulichung schwer vorstellbarer Sachverhalte und zur Konkretisierung von abstrakten Zusammenhängen und Erscheinungen.

6.2.1 Allgemeine Kriterien zu Darstellungsformen

In den Schulbüchern werden durchgängig farbige Bilder verwendet. Nur im historischen Kontext sind die Bilder teilweise schwarz-weiß. Die Farbigkeit der Bilder erhöht die Motivation beim Betrachten und ermöglicht einen uneingeschränkten Einsatz von Fotografien. Vor allem im Optikunterricht ist die Nutzung von Bildern zur Veranschaulichung optischer Phänomene unumgänglich. In den untersuchten Physikschulbüchern kommen bis zu 211 Bilder (DUDEN PAETEC) im Optikkapitel vor. Auch bei KLETT (183), CORNELSEN (205) und SCHROEDEL (210) werden der Größenordnung entsprechend viele Bilder eingesetzt. Die etwas geringere Zahl beim KLETT Buch relativiert sich, wenn man die Gesamtseitenzahl von 44 im Vergleich zu den 54 Seiten bei DUDEN PAETEC, CORNELSEN und SCHROEDEL betrachtet. Daraus berechnet sich auch die hohe Zahl von 4,0 Bildern pro Kapitelseite. Das OLDENBOURG Buch dagegen hat mit 122 Bildern im Optikkapitel und durchschnittlich 2,5 Bildern pro Seite den geringsten Wert im Vergleich der betrachteten Schulbücher. Die Bilder nehmen so nur einen Flächenanteil von 31 % am Kapitel ein, dies lässt auf den ersten Blick auf eine deutliche Textdominanz schließen. Der tatsächliche Textumfang wird im nächsten Kapitel (vgl. Kapitel 6.3) untersucht. Bei SCHROEDEL lässt der hohe Wert von 4,0 Bildern pro Seite bei einem geringen Flächenanteil von 36 % am Kapitel auf viele kleine Bilder schließen, bei CORNELSEN dagegen sind die Bilder im Durchschnitt größer, da bei einem Umfang von 44 % am Kapitel nur 3,7 Bilder pro Seite dargestellt werden. KLETT und DUDEN PAETEC liegen mit 4,0 bzw. 3,9 Bildern pro Seite und 39 % bzw. 41 % Flächenanteil am Kapitel im Mittelfeld. Die Größe der Bilder reicht bei allen Büchern aus, um alle relevanten Informationen zu erkennen. Nur bei DUDEN PAETEC ist bei einigen kleineren Fotografien, die freigestellt am Rand lokalisiert werden, die dargestellte Größe nicht ausreichend (0). Bei SCHROEDEL sind ähnlich wie bei DUDEN PAETEC einige Bilder freigestellt und befinden sich zum Teil hinter dem Text. Diese starke Vermischung von Text und Bild erschwert die Auffindbarkeit, Differenzierung und Zugänglichkeit der einzelnen Informationseinheiten und hinterlässt den Eindruck einer Informationsflut (0). In den anderen Physikbüchern ist die Informationsmenge mit durchschnittlich 5 bis 7 optischen Gruppen fast immer erfüllt (+). Optische Hilfsmittel werden in den Büchern kaum verwendet. Eine amüsante Karikatur (siehe Abbildung 2) wird im Sinne einer visuellen Inkonsistenz im OLDENBOURG Buch verwendet. Auch das Buch des SCHROEDEL Verlags hebt beim Regenbogenphänomen die Brechung und Reflexion im Regentropfen durch eine Lupe visuell hervor. Im Allgemeinen werden die didaktischen Potentiale in der Darstellung jedoch nicht von den Büchern genutzt.

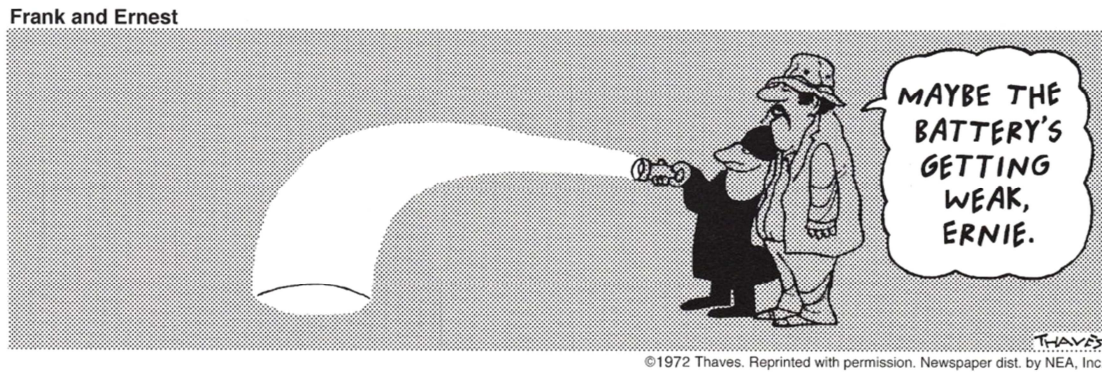


Abbildung 2: Karikatur aus Oldenbourg (S.13)

Im Großteil der Bücher werden die Bilder im Text aufgegriffen und erklärt. Nur bei SCHROEDEL werden teilweise Bilder zur Veranschaulichung abgedruckt, die losgelöst vom Text stehen. Damit die Bildinformation für den Leseprozess optimal genutzt werden kann, muss aber ein klarer Bezug zwischen Text und Bild bestehen. Eine Möglichkeit, eine sinnvolle Informationseinheit aus Text und Bild zu schaffen, liefern Bildunterschriften. Bei DUDEN PAETEC und CORNELSEN werden alle Bilder durchgehend mit Bildunterschriften versehen, bei KLETT nur Bilder, die im Bezug zum Haupttext stehen. Bei OLDENBOURG und SCHROEDEL wird auf die Möglichkeit der Bildunterschrift verzichtet. Des Weiteren können eine Nummerierung und ein klar strukturiertes Abbildungssystem die Bezugnahmen erleichtern und verbale Aussagen mit dem Bild vernetzen. Als einzige verwenden die Bücher der Verlage DUDEN PAETEC und CORNELSEN ein kontinuierliches Abbildungssystem, das eine eindeutige Zuordnung möglich macht und sinnvolle Informationseinheiten schafft. KLETT verwendet eine Nummerierung nur im Haupttext, bei Aufgaben und Zusatztexten fehlt diese. OLDENBOURG und SCHROEDEL verwenden weder eine Nummerierung noch ein System, das die Bilder gliedert. Teilweise erfolgt die Verbindung zwischen Bild und Text durch räumliche Nähe. Bei OLDENBOURG ist dies auf Grund der geringen Anzahl von 2,5 Bildern pro Seite möglich, bei SCHROEDEL jedoch geht durch die Vermischung von Bild und Text der Zusammenhang verloren.

→ *Die verwendeten Bilder sind von ihrer Informationsmenge, Größe und Umfang gut gewählt. Die fehlende Nummerierung bei OLDENBOURG und SCHROEDEL erschwert teilweise den Leseprozess und verhindert eine eindeutige Zuordnung zwischen Text und Bild. DUDEN PAETEC und CORNELSEN liefern durch ihr Abbildungssystem eine bestmögliche Informationseinheit.*

6.2.2 Spezielle Kriterien zu Darstellungsformen

In den speziellen Kriterien werden die Bücher hinsichtlich ihrer Bildtypen und Bildfunktionen näher untersucht. Dabei werden die Bücher einzeln beschrieben, da sie sich so einfacher charakterisieren lassen. Der Anteil der Bildfunktionen, der in der Analyse aufgegriffen wird, soll dabei losgelöst vom Zahlenwert eher eine Tendenz widerspiegeln. Denn trotz der definierten Kategorien erfolgt die Zuordnung der Bilder größtenteils durch subjektive Einschätzung, da deutliche Indikatoren nicht auffindbar waren oder sich mehrere Funktionen in den Bildern überlagern.

6.2.2.1 Bilder bei Duden Paetec

Beim Vergleich der in den Büchern vorkommenden Bildtypen hat das Buch des DUDEN PAETEC Verlags mit 49 % den höchsten Anteil von Schemazeichnungen (vgl. Abbildung 3). Bei den übrigen Bildertypen nehmen Fotos mit 36 % einen relativ großen Bereich ein. Die Dominanz der Schemazeichnungen ist auf die umfangreiche Darstellung von Abbildungen mit Konstruktionsstrahlen zurückzuführen. Viele der Bilder, vor allem in den jeweiligen Einleitungen der Unterkapitel, kommen aus dem Alltagsbereich und wecken das Interesse der Schüler. Die Wahl und die Varianz der Themen aus diesem Bereich ist gut (++). Die Analyse der Bildfunktionen ergibt, dass das Buch des DUDEN PAETEC Verlags sehr viele Bilder benutzt, die eine repräsentative und motivierende Funktion besitzen (42 % Darstellung und Veranschaulichung). Dabei gehen die Bilder meist über die repräsentative Funktion hinaus und zeigen nicht nur eine Situationsbeschreibung auf, sondern veranschaulichen auch eine Wirkung. Eine konstruierende und modellierende Funktion besitzen 55 % der Bilder, die vor allem im Grundtext lokalisiert sind. Hierzu zählen Abbildungen durch Konstruktionsstrahlen, sowie Abbildungen, die reale Verhältnisse anhand eines Modells vereinfacht darstellen, wie das Lichtstrahlmodell. Nur wenige Bilder transportieren Inhalte, die nicht im Text aufgegriffen werden. Die Funktionen der Bilder sind gut zu erkennen und werden geeignet dargestellt (++). Die Bildsymbolik ist immer nachvollziehbar.

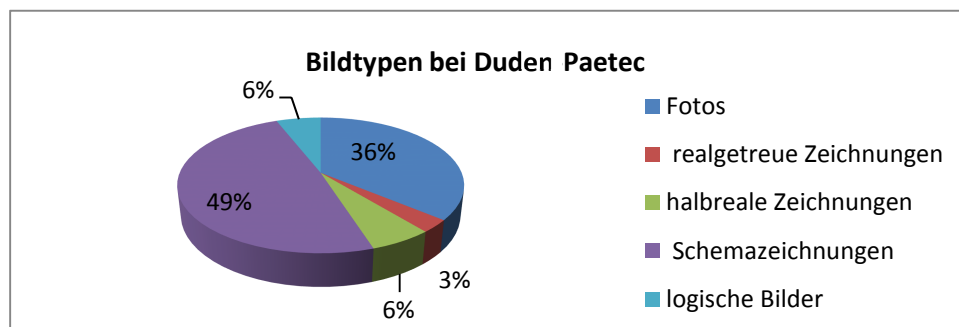
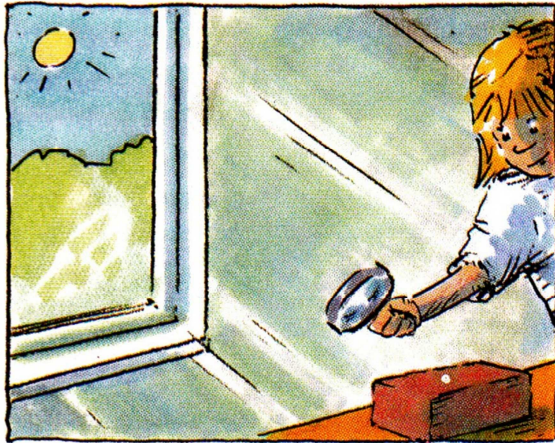


Abbildung 3: Verteilung der Bildtypen bei Duden Paetec

6.2.2.2 Bilder bei Oldenbourg

Bei OLDENBOURG ist der Anteil von halbrealen und realgetreuen Zeichnungen mit insgesamt 41 % sehr groß (vgl. Abbildung 5). Dies ist auch ein wichtiges äußeres Merkmal dieses Buches, da vor allem im Haupttext und zur Veranschaulichung von physikalischen Vorgängen Comiczeichnungen verwendet werden (siehe Abbildung 4). Die Dominanz dieser Darstellungsart soll motivierend auf den Schüler wirken und sie schafft die Möglichkeit, unwichtige Sachverhalte auszublenden. Fraglich ist jedoch, ob durch die kontinuierliche Nutzung der Comiczeichnungen dieser motivierende Effekt nicht stark verringert wird.



Sonnenlicht wird mit einer Linse in (nahezu) einem Punkt gesammelt. Dazu hält der Junge die Lupe so, dass die Sonne durch die Linse auf den Ziegelstein scheint.

Abbildung 4: Bild mit Text im Oldenbourg Buch (S. 26)

Der hohe Anteil von 40 % an Schemazeichnungen zeigt, dass neben den Comicbildern ein großer Teil auch von Modellbildern eingenommen wird. Viele dieser Bilder veranschaulichen eine bestimmte physikalische Wirkung, bzw. konstruieren eine Vorstellung wie die Abbildung durch Konstruktionsstrahlen. Logische Bilder wie Tabellen, Diagramme und Graphen kommen im OLDENBOURG Buch nicht vor und lassen auf eine geringe Mathematisierung schließen. Fotos finden sich hauptsächlich als Dekoration in den Zusatzteilen „Anwendungen und Anregungen“ und „Zum Weiterlesen“. Die Bilder stammen zum Großteil unmittelbar aus der Alltagswahrnehmung der Schüler und dem Freizeitbereich und greifen das Interesse der Schüler auf. Die Interaktion der Bilder mit dem Text ist sehr hoch, der Haupttext ist zum einen Teil Bildunterschrift, zum anderen Teil werden neue Inhalte beschrieben. Eine losgelöste Betrachtung von Bild und Text ist nicht verständlich, deshalb ist ein konzeptueller Wechsel zwischen interagierender Bild- und Textinformation notwendig. Die Bilder sind jedoch teilweise nicht in der Lage, die ihnen zugeordneten Funktionen umzusetzen, da erst nach der Textlektüre die Bildsystematik nachvollziehbar wird (-).

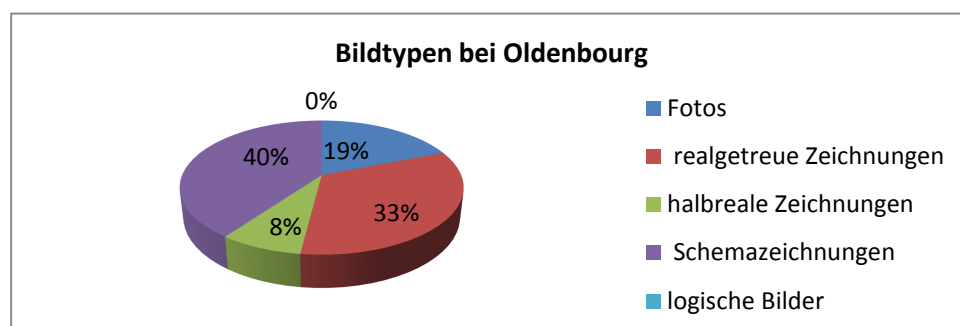


Abbildung 5: Verteilung der Bildtypen bei Oldenbourg

6.2.2.3 Bilder bei Klett

Das KLETT Buch nützt die verschiedenen Bildtypen zwar abwechslungsreich (vgl. Abbildung 6), jedoch immer in Verbindung mit den Lerninhalten. Rein dekorative Bilder gibt es nicht. Viele Bilder stammen aus dem physikalischen Bereich oder beziehen sich auf Inhalte aus dem Fach Natur und Technik. Dabei kommt vielen Bildern eine veranschaulichende Funktion zu (32 %). Vor allem Fotografien werden hier oftmals als Arbeitsmittel genutzt. Die Varianz der Themenbereiche ist eher gering, jedoch wird fast in jedem Kapitel ein historischer Bezug dargestellt. Der hohe Anteil an Schemazeichnungen und die modellhafte Darstellung ist ein weiterer Beleg für die stark fachgebundene Verwendung der Bilder als Mittel zur Aneignung von Wissen. Anwendungs- und problemorientierte Darstellungen finden sich kaum im Haupttext. Im Allgemeinen wird jedoch besonders in den Einleitungs-, Zusatz- und Aufgabentexten das Interesse der Schüler angesprochen. Die Funktionen der Bilder sind eindeutig zu erkennen und die Bildsystematik ist eindeutig nachvollziehbar (++).

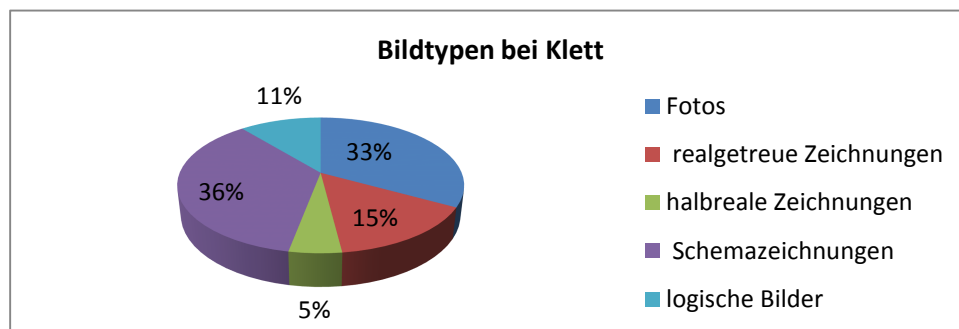
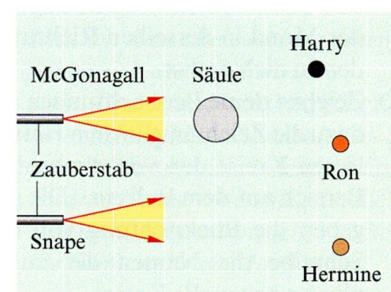


Abbildung 6: Verteilung der Bildtypen bei Klett

6.2.2.4 Bilder bei Cornelsen

Auffällig beim Buch des CORNELSEN Verlags ist, im Vergleich mit den anderen Büchern, der hohe Anteil von halbrealen Zeichnungen (14 %, vgl. Abbildung 8). Im Unterschied zu realgetreuen Zeichnungen werden die Darstellungen noch abstrakter und wirken auf Grund des Fehlens von Schraffur und Schatten comicartig. Im Unterschied zum OLDENBOURG Buch werden die Zeichnungen jedoch kaum zur Motivationssteigerung eingesetzt, sondern vielmehr als Arbeitsmittel (z.B. Mondphasen, S.15). Schemazeichnungen nehmen auch in diesem Buch mit 43 % den Hauptteil ein, da vor allem im Haupttext Lerninhalte damit vermittelt werden. Die Bereiche, aus denen die Bilder stammen, variieren und besitzen ein großes Themenspektrum. Ebenso kreativ zeigt sich das Buch bei der Motivation für die Lerninhalte. So wird zum Beispiel das Spiegelbild mit einer Liebesgeschichte zwischen Marlies und Markus und deren Bildern eingeleitet (CORNELSEN, S. 20), oder Bildaufgaben zum Schatten mit Protagonisten aus dem „Harry Potter“ Buch versehen (siehe Abbildung 7). Die Interessen der Schüler werden so vorbildlich aufgegriffen (++) Die Bilder eignen sich zum Großteil dazu, die



10 100 Punkte Abzug für Gryffindor!

Abbildung 7: Aufgabenbild aus dem Buch des Cornelsen Verlags(S. 13)

angedachten Funktionen umzusetzen, wobei eine Dominanz der interaktiven Nutzung der Bilder vorhanden ist. Rein dekorative Bilder fehlen vollkommen. Die Bildsystematik ist immer nachvollziehbar.

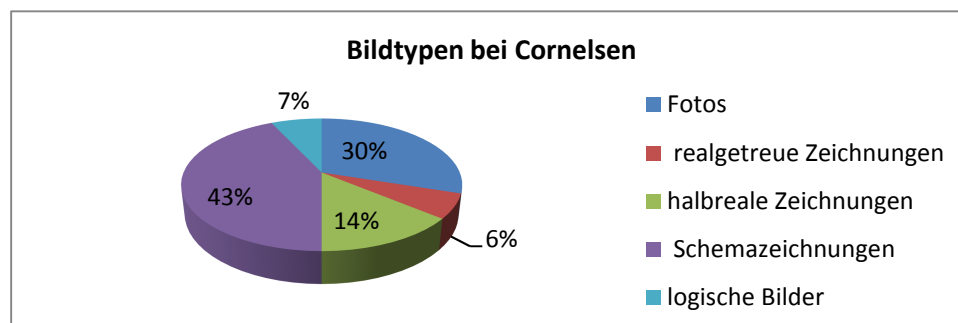


Abbildung 8: Verteilung der Bildtypen bei Cornelsen

6.2.2.5 Bilder bei Schroedel

Der Anteil von Fotos ist beim Buch des SCHROEDEL Verlags mit 46 % im Vergleich zwischen den Physikbüchern am höchsten (vgl. Abbildung 10). In Zusammenspiel mit den realgetreuen und halbreaalen Zeichnungen ergibt sich ein hoher Anteil an realitätsnahen Bildern. Ein Grund dafür ist, dass in diesem Buch viele physikalische Inhalte in Form von Fotos dargestellt werden. Jeder neue Lerninhalt wird mit Hilfe eines Fotos des „Zentralen Versuchs“ Fotos dargestellt (siehe Abbildung 9), dies schafft einen Realitätsbezug. In Verbindung mit einer Schemazeichnung werden die Sachverhalte meist gut erklärt und ermöglichen die Nachvollziehbarkeit der Lerninhalte. Vor allem, wenn die Versuche nicht durchgeführt werden, ist diese Darstellung zur Generierung mentaler Modelle gut geeignet. Die Bilder stammen überwiegend aus den Bereichen Alltag und Natur, im geringen Maß auch aus dem technischen Bereich. Als Funktion dominiert neben der modellierenden Funktion (41 %) besonders auch die Veranschaulichung von physikalischen Vorgängen (33 %). Die oben genannte Strukturierung des Lerninhalts ist hierfür verantwortlich. Die Interaktion der Bilder mit dem Text ist auf den ersten Blick schwer zu erkennen, da eine Nummerierung sowie ein eindeutiges System fehlen. Im Buch fehlt eine durchgängige Struktur zwischen Text und Bildern. Der Text variiert zwischen drei und einer Spalte und die Bilder werden zwischen, neben oder hinter die Textbausteine geschoben. Eine inhaltliche Zuordnung ist so nicht immer möglich und die Bildsymbolik nur bedingt nachvollziehbar (0).

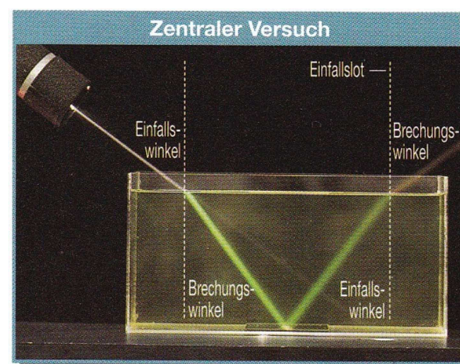


Abbildung 9: Versuchsbild aus dem Buch des Schroedel Verlags (S. 30)

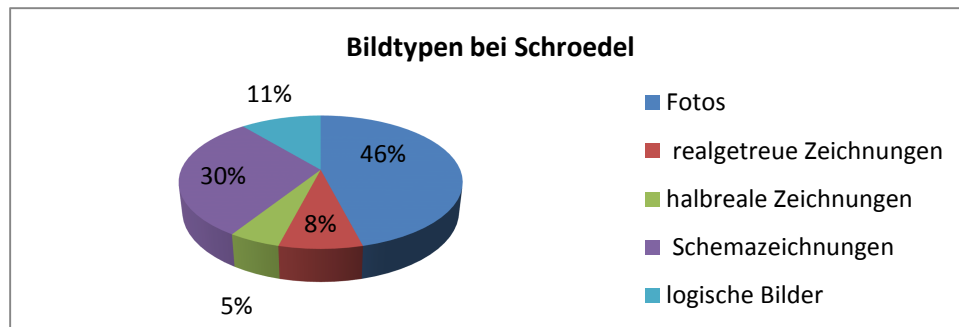


Abbildung 10: Verteilung der Bildtypen bei Schroedel

6.2.2.6 Fazit zu den speziellen Kriterien

Hinsichtlich der dargestellten Inhalte unterscheiden sich die untersuchten Schulbücher kaum. Die Darstellungsarten variieren jedoch deutlich. So finden sich bei SCHROEDEL als dominanter Bildtyp überwiegend Fotos, die einen Realitätsbezug der physikalischen Inhalte des Grundtextes herzustellen versuchen. Bei OLDENBOURG werden dagegen als prägnantes äußeres Merkmal viele realgetreue Zeichnungen eingesetzt. Die comicähnliche Darstellung, in einer festen Text-Bild-Struktur, zieht sich durch das gesamte Buch und variiert kaum. Bei DUDEN PAETEC, KLETT und CORNELSEN ist der Anteil von realgetreuen und halbrealen Zeichnungen weniger umfangreich. Diese Bücher verwenden größtenteils Fotos und Schemazeichnungen. Bei KLETT sind die meisten Bilder stark fachgebunden und werden als Arbeitsmittel verwendet. In den Büchern des DUDEN PAETEC und CORNELSEN Verlags finden sich vergleichsweise viele Schemazeichnungen, die eine konstruierende und modellierende Funktion besitzen. Die Auswahl der Bilder und Varianz in den Themenbereichen ist bei CORNELSEN jedoch deutlich kreativer. Die den Bildern zugeordneten Funktionen sind in allen Bildern gut nachvollziehbar und die Bildsymbolik ist meist einfach und verständlich. Eine Bewertung der Darstellungsformen ist auf Grund der unterschiedlichen Darstellungsarten nicht möglich und kann nur subjektiv und individuell stattfinden.

6.3 Sprachliche Gestaltung

Im ersten Teil des Kriterienkataloges zur sprachlichen Gestaltung werden die Darstellungsformen im Beziehungsgefüge des Grundtextes untersucht. Als Grundtext wird hier der Text definiert, der ausschließlich die elementaren Lerninhalte darstellt und sich durchgehend über das Schulbuch erstreckt. Der durch den Grundtext angeleitete Lernprozess wird durch die Darstellungsformen wie Zusammenfassungen, Advanced organizer, Einstiegstexte und Beispiele unterstützt.

6.3.1 Seitenlayout

Im Kriterienkatalog werden zur Untersuchung der sprachlichen Gestaltung größtenteils quantitative Verfahren genutzt. Für das Seitenlayout eignen sich diese Verfahren weniger, so dass im Folgenden eine kurze deskriptive Beschreibung die wichtigsten Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufzeigt.

Am meisten verbreitet ist in den untersuchten Büchern eine Textanordnung in zwei Spalten. Bei den Büchern der Verlage DUDEN PAETEC, KLETT und OLDENBOURG ist dies bis auf wenige Ausnahmen, wie Bilder und Einstiegstexte, am konsequentesten umgesetzt. Bei DUDEN PAETEC und KLETT wird der freigelassene Rand zum Teil von kleinen Textbausteinen und Bildern genutzt und lockert die starre zweispaltige Text-Bild-Struktur auf. Bei OLDENBOURG dagegen finden sich kaum Elemente, die die vorgegebene Struktur durchbrechen. Eine Auflockerung wird stattdessen mit einem hohen Anteil an Weißraum und Leerflächen hergestellt. Bei SCHROEDEL finden sich neben zweispaltigen Texten auch einspaltige sowie dreispaltige Seitengestaltungen. Je nach Inhalt und Platzumfang werden die verschiedenen Layouts zusammengewürfelt und erscheinen dadurch unstrukturiert und unsortiert. Die Zuordnung von Informationen und die Lesbarkeit werden dadurch erschwert. Bei CORNELSEN ist der Grundtext in einer Textspalte angeordnet, bei Experimenten, Aufgaben und Zusatzmaterialien schwankt die Seitengestaltung zwischen ein- und zweispaltig. Am Seitenrand befinden sich meistens Bilder, zum Teil aber auch verschiedene Textbausteine. Das Seitenlayout ist einheitlich, wirkt jedoch auf einigen Seiten sehr überladen, da Weißraum und Leerflächen fehlen.

→ *Auffällig ist, dass bei KLETT als einzigem Buch die Texte linksbündig gedruckt sind. Alle anderen Bücher nutzen den üblichen Blocksatz. Das Buch des SCHROEDEL Verlags besitzt als einziges kein einheitliches Seitenlayout. Das erschwert die Lesbarkeit und Zuordnung von Textinformation. DUDEN PAETEC, OLDENBOURG und KLETT sind auf Grund ihrer starren Textanordnung gut lesbar. CORNELSEN wirkt auf Grund des Fehlens von Leerflächen teilweise überladen.*

6.3.2 Allgemeine Kriterien der sprachlichen Gestaltung

Neben dem Seitenlayout und der Textanordnung sind die Textkomplexität sowie der Textumfang für die Lesbarkeit und Verständlichkeit des Textes wichtig. Mit 29 % und 30 % besitzen KLETT und OLDENBOURG den größten Umfang des Grundtextes am Thema. Dieser hohe Anteil des Grundtextes ist entweder ein Indiz für den Verwendungszweck des Schulbuches oder ein Beleg für einen ausge-

dehnten Sprachstil. Im Verhältnis zu den geringen Seitenzahlen von KLETT (44) und OLDENBOURG (46) relativieren sich zum Teil die größeren Prozentsätze im Vergleich zu den anderen Schulbüchern (Durchschnitt: 54,7). Dennoch erscheint das Buch des KLETT Verlags sehr lehrbuchartig in der Struktur und der Beschreibung der Lerninhalte. Der im Schulbuchvergleich höchste Schwierigkeitsgrad des Grundtextes mit 8,1 ist ein weiterer Beleg dafür. Vor allem die mit 14,5 Wörtern sehr langen Sätze sind für die Lesbarkeit des Schulbuchtextes nicht günstig. Bei einer Anzahl von 313,5 Wörtern pro Seite werden überdurchschnittlich viele Informationen auf einer Seite dargestellt. Bei OLDENBOURG dagegen ist die Informationsdichte mit 222 Wörtern pro Seite viel geringer. Zusätzlich werden die Lerninhalte sehr ausführlich und weitschweifend dargestellt, so dass eine kurze und prägnante Beschreibung von Sachverhalten fehlt. Oftmals werden zu viele Sätze für die Darstellung eines Lerninhalts verwendet. Das Niveau des Textes ist im Vergleich der Schulbücher das Geringste (Wiener Sachtextformel: 7,4), der Zahlenwert entspricht jedoch dem der Klassenstufe zugeordneten Schwierigkeitsgrad. DUDEN PAETEC und CORNELSEN besitzen mit 21 % bzw. 18 % Grundtextumfang einen prägnanteren und kürzeren Schreibstil. Dies zeigt sich auch in der durchschnittlichen Satzlänge von CORNELSEN (11,7 Wörter pro Satz) und DUDEN PAETEC (11,9 Wörter pro Satz). Unterschiede zwischen DUDEN PAETEC und CORNELSEN ergeben sich in der Anzahl der Wörter pro Seite und der Gesamtwörterzahl. So besitzt das Buch des CORNELSEN Verlags mit 16.481 Wörtern 1,6-mal mehr Wörter als das Themengebiet im DUDEN PAETEC Buch mit 10.125 Wörtern. Ein Grund für den geringeren Umfang ist das kleinere Format des DUDEN PAETEC Buches und die daraus resultierende Anzahl von weniger Wörtern pro Seite (DUDEN PAETEC: 187,5 im Vergleich zu CORNELSEN: 294,3). Unabhängig vom Format erscheint der Text im CORNELSEN Buch optisch dichter als bei DUDEN PAETEC, der im Vergleich zwischen den Schulbüchern einen sehr weitläufigen Eindruck hinterlässt. Der Schwierigkeitsgrad des Textes ist mit der Schulstufe 7,6 (CORNELSEN) und 7,7 (DUDEN PAETEC) im Mittelfeld der zu untersuchenden Schulbücher. Bei SCHROEDEL erreicht die Textschwierigkeit mit 8,0 fast das Niveau des KLETT Buches. Diese Bücher sollten erst in der achten Jahrgangsstufe verwendet werden, da sie im Textverständnis einen Schüler der siebten Jahrgangsstufe überfordern. Ein Grund für das hohe Niveau ist der im Schulbuchvergleich höchste Anteil an drei- und mehrsilbigen Wörtern von 23,8 % an der Gesamtzahl. Mit 26 % Umfang des Grundtextes am Thema entspricht SCHROEDEL dem Durchschnitt. Zieht man jedoch zur Bewertung die Gesamtwörterzahl von 18.468 (Durchschnitt: 13.816) und eine Anzahl von 342 Wörtern pro Seite (Durchschnitt: 271) hinzu, ist SCHROEDEL das deutlich umfangreichste Buch. Vor allem die hohe Anzahl der Wörter pro Seite ist ein Beleg für die Weitschweifigkeit bei SCHROEDEL.

→ *Der Schwierigkeitsgrad der Sachtexte und die Satzkomplexität sind in den untersuchten Büchern unproblematisch. Die quantitativen Unterschiede sind eher ein Indiz für die verschiedenen Vermittlungskonzepte als ein valides Testgütekriterium. Allein der leicht erhöhte Schwierigkeitsgrad des Textes bei KLETT und SCHROEDEL gepaart mit einer hohen Informations- und Textdichte sind für die Lesbarkeit und Verständlichkeit eines Schulbuches für die siebte Jahrgangsstufe nicht optimal.*

6.3.3 Direkte Rede

Die Verwendung von Personalpronomen zur direkten Ansprache des Lesers dient vor allem des Distanzabbaus und der Förderung von Interesse. Zum einen kann mit „du“ der einzelne Leser als Individuum angesprochen werden, zum anderen können mit „ihr“ und „wir“ eine Gruppe von Schülern zum gemeinschaftlichen Arbeiten aufgefordert werden. Die Personalpronomen können entweder funktionsgebunden z.B. bei Aufgaben eingesetzt werden oder durchgängig im Gesamttext vorkommen.⁹⁷ Da in diesem Kapitel insbesondere ein Augenmerk auf den Grundtext gelegt wird, gingen in die Auswertung des Kriterienkataloges pro Buch vier Seiten zum Thema Brechung und zum Thema Linsen ein. Es wurde darauf geachtet, dass in den Seiten ein möglichst hoher Anteil am Grundtext vorhanden ist. So ergab sich folgende Verteilung:

	DUDEN PAETEC	OLDENBOURG	KLETT	CORNELSEN	SCHROEDEL
du	0	12	0	17	0
ihr	0	1	1	0	0
wir	2	0	20	4	14
man	17	10	19	10	3

Tabelle 11: Anzahl der Personalpronomina in den Schulbüchern

Im Haupttext werden bei DUDEN PAETEC kaum Personalpronomen zu direkten Anrede verwendet. Hier findet man stattdessen häufig „man“. Der Text wirkt dadurch sehr neutral und nicht besonders ansprechend. Bei OLDENBOURG findet man im Haupttext zu etwa gleichen Teilen „du“ und „man“. Das Pronomen „du“ wird vor allem bei Beispielen verwendet, um den Schüler direkt in ein Vorstellungsbild zu integrieren, z.B.:

Wenn du im Schwimmbad schräg auf die Wasseroberfläche blickst und die Leute beobachtest, die bis zum Bauch im Wasser stehen, scheinen sie unnatürlich kurze Beine zu haben. (OLDENBOURG, S.17)

„Man“ findet sich dagegen eher in den Erklärungen und in den Ergebnisbetrachtungen. Die Verwendung der direkten Rede ist in den meisten Fällen gut gelungen. Eine Häufung der Formulierung „Wenn du...“ bei den Beispielen deutet jedoch auf einen nicht sehr kreativen Sprachstil. KLETT verwendet anstelle des Pronomens „du“ das unpersönlichere „wir“, das den Leser als Teil einer Lern-

⁹⁷ SCHELLER, P. (2010), S. 226

gruppe auffasst. Teilweise wird jedoch bedeutungsgleich „wir“ und „man“ verwendet, so dass die Formulierungen sehr neutral und unpersönlich erscheinen.

Richten wir zwei Lichtbündel unterschiedlicher Farbe so auf eine weiße Wand, dass sie sich teilweise überdecken, dann sieht man in diesem Bereich eine neue Farbe. (KLETT, S 43)

Das „wir“ an dieser Stelle hat dieselbe Wirkung wie ein „man“ und schafft keinen persönlichen Bezug zum Leser. Besser ist das Personalpronomen „wir“ im Buch des SCHROEDEL Verlags genutzt. SCHROEDEL verwendet fast ausschließlich „wir“, in seltenen Fällen auch „man“, bedeutungsgleiche Verwendungen wie bei KLETT gibt es jedoch nicht. SCHROEDEL schafft dadurch ein partnerschaftliches Verhältnis zwischen Leser und Autor und wirkt somit sehr Interesse fördernd.

Das Lichtbündel, auf das es uns ankommt, wird am Spiegel nach dem Reflexionsgesetz zurückgeworfen und gelangt in unser Auge. Wir „kennen“ aber nur Licht, welches sich geradlinig ausbreitet. Deshalb scheint für uns das Licht von einem Punkt hinter dem Spiegel zu kommen. (SCHROEDEL, S. 26)

Die Sprache ist deutlich lebendiger als bei KLETT und schafft durch die konsequente Verwendung von „wir“ und „uns“ einen motivierenden Vorstellungsraum. Eine qualitativ ähnlich gute Verwendung der Personalpronomen findet sich bei CORNELSEN. Bei Beispielen und Vorstellungsbildern wird im Grundtext „wir“ und „du“ verwendet, bei Gesetzen und Zusammenfassungen dagegen das unpersönlichere „man“. Der Sprachstil wirkt dadurch sehr motivierend und zielführend.

→ *Eine altersgemäße und motivierende Darstellung des Grundtextes durch Personalpronomen finden sich in den Büchern der Verlage OLDENBOURG, CORNELSEN und SCHROEDEL. Zu abstrakt und unpersönlich ist die durchgängige Verwendung von „man“ bei DUDEN PAETEC und die Bedeutungsvermischung von „wir“ und „man“ bei KLETT. Ein Distanzabbau zwischen Leser und Schulbuchtext wird hier nicht erreicht.*

6.3.4 Spezielle Kriterien der sprachlichen Gestaltung

6.3.4.1 Zusammenfassungen

In allen untersuchten Schulbüchern stehen die Zusammenfassungen jeweils am Ende eines Kapitels oder Unterkapitels. Sie stellen so den Lernstoff wiederholend und komprimiert dar, um die Lernziele zu verfestigen. Bei den Büchern des OLDENBOURG Verlags und des SCHROEDEL Verlags finden sich statt Zusammenfassungen „klassische“ Aufgabensammlungen, mit denen die Schüler das Gelernte überprüfen und wiederholen können. Diese befinden sich am Ende des Optik Kapitels. Mit nur fünf Fragen ist die Aufgabensammlung „Prüfe dein Wissen“ des OLDENBOURG Verlags sehr dünn und kann die Thematik nur unvollständig wiedergeben (-). Bei SCHROEDEL finden sich 17 Aufgaben, die jedoch zum Teil sehr mathematisch sind und nicht zum Verbalisieren der Grundaussagen des Textes anregen (-). Als Besonderheit gibt es bei SCHROEDEL eine einem Pinnwandzettel nachempfundene Aufreihung von Fachbegriffen, die verbunden mit der Seitenzahl eine Nachschlagmöglichkeit für den Schüler bietet. Allgemein sind Aufgabenstellungen kein adäquater Ersatz von Zusammenfassungen, da sie keine komprimierte Darstellung der Textinhalte liefern. Bei DUDEN PAETEC und CORNELSEN fin-

den sich dagegen „klassische“ Zusammenfassungen, die optisch hervorgehoben am Ende eines Themenbereiches stehen. Sie fassen den Themenbereich ausreichend zusammen und sind größtenteils sehr übersichtlich. DUDEN PAETEC setzt auf kurze Sätze und viele erläuternde Zeichnungen (++), während bei CORNELSEN der Text im Vordergrund steht. Dadurch wirken die Zusammenfassungen etwas ausführlich und überladen. Durch horizontale Trennlinien und vielen Zeichnungen wird dennoch eine klare Zuordnung geschaffen (++). Die Zusammenfassungen bei KLETT bestehen aus Fragenkatalogen, die „Rückblick“ genannt werden und mit deren Hilfe die Schüler selbstständig die Inhalte des Kapitels verbalisieren können. Die kurzen Fragesätze werden thematisch in die Abschnitte Begriffe, Erklärungen, Beobachtungen und Gesetzmäßigkeiten eingeordnet. Dadurch können die Fragen zielgerichtet zur Selbstüberprüfung eingesetzt werden. Da hier größtenteils Verbalisierungs- und Verständnisfragen eingesetzt werden, können diese gut in den Lernprozess integriert werden und ihn zusammenfassen (+).

→ *„Klassische“ Aufgabenstellungen wie bei OLDENBOURG und SCHROEDEL sind in der Rolle als Zusammenfassung unbrauchbar, da die Grundaussagen des Textes nicht wiederholt, sondern nur eingeübt werden. DUDEN PAETEC und CORNELSEN stellen die übersichtlichste und am besten strukturierteste Art von „klassischer“ Zusammenfassung. KLETT versucht mit einer Art Fragenkatalog eine durchaus gelungene Vermischung von Zusammenfassung und Selbstüberprüfung.*

6.3.4.2 Advanced Organizer

In den untersuchten Schulbüchern kommen keine Advanced Organizer vor. Durch Aufgliederung des Themengebietes in diverse Unterkapitel und meist gute Strukturierung des Lerninhalts sind Advanced Organizer als zusätzliche Orientierungshilfe im Lernprozess nicht notwendig.

6.3.4.3 Einstiegstexte

Außer im Buch des OLDENBOURG Verlags kommen in allen untersuchten Schulbüchern teilweise sehr ausführliche Einstiegstexte vor. Sie sollen die Thematik mit bereits bekanntem Wissen verknüpfen. Im OLDENBOURG Buch übernimmt die Rolle des Einstiegstextes eine Bild-Text-Kombination, in der Alltagssituationen beschrieben und dargestellt werden. Problematisch ist, dass diese Bild-Text-Kombinationen teilweise schon Wissen vermitteln und somit zum Grundtext gezählt werden können. Im engeren Sinn liegen in diesem Buch also keine Einstiegstexte vor.

In DUDEN PAETEC werden die Einstiegstexte von Bildern begleitet, die Situationen aufzeigen, auf die sich der Lerninhalt bezieht. So werden zum Thema „Bilder durch Linsen“ eine Kamera, ein Fernglas, ein Diaprojektor, eine Brille und Wassertropfen dargestellt. Kurze Textpassagen beziehen sich auf die Bilder und beschreiben ein Szenario, aus welchem sich anschließend eine Fragestellung formuliert z.B.:

Linsen überall. In fast allen optischen Geräten und Hilfsmitteln wie Lupe, Brille, Fernglas oder Diaprojektor findet man ein Bauelement immer wieder – die Linse. Auch die verschiedenen Fotoapparate, Mikroskope und Videokameras haben eines gemeinsam: Sie alle nutzen Linsen. Welche Funktionen haben Linsen in optischen Geräten? Wie kann man die Bildentstehung mit Linsen erklären? (DUDEN PAETEC, S. 45)

Die Sätze sind nicht kompliziert, jedoch auch nicht besonders ansprechend (0). Die Sprache wirkt abstrakt und wenig motivierend. Die Fragestellungen können zum Teil mit dem Wissen der Schüler zu diesem Zeitpunkt noch nicht beantwortet werden und beziehen sich zu sehr auf die noch zu erarbeitenden Lerninhalte. Die Bereiche, auf die die Einstiegstexte Bezug nehmen, sind breit gefächert und anwendungsbezogen.

Beim KLETT-Buch findet sich neben den eigentlichen Einstiegstexten ein Gesamteinstieg, der eine projektartige Fragestellung voranstellt. Anhand dieses Projekts kann der Stoff von den Schülern selbstständig erarbeitet werden. Die Anleitungen zum eigenständigen Experimentieren sind kurz, jedoch verständlich und für den Themenbereich angemessen. Ob mit den Fragestellungen und Anregungen alle optischen Inhalte selbstständig erarbeitet werden können, bleibt jedoch fraglich. Zu Kapitelbeginn befindet sich bei KLETT jeweils eine Einstiegsseite, die anhand von Bildern verschiedene Probleme und Szenarios entwickelt, um somit auf den folgenden Lernstoff hinzuführen. Die Probleme und Szenarios stammen aus verschiedenen Bereichen und sind motivierend und kreativ gewählt (++). Eine Anwendung und ein direkter Nutzen des Lerninhalts für den Schüler werden deutlich dargestellt.

Mit einer Seite fällt der Gesamteinstieg im Buch des SCHROEDEL Verlags im Vergleich zu den anderen untersuchten Büchern recht gering aus. Mit der Thematik „Licht aus dem Weltraum“ werden Fragen formuliert, die im Laufe des Lernprozesses erst beantwortet werden können. Neben dem Gesamteinstieg ist für jeden neuen Themenabschnitt ungefähr eine Drittel Seite vorgesehen. Der Einstieg besteht aus einer Bild- und einer Texteinheit, die einen Anwendungsbezug des Stoffes darstellen. Die Texte sind oftmals kurz und einfach und wirken zusammen mit den formulierten Fragen motivierend (+). Ebenso originell gewählt sind die Bilder, die vor allem aus den Bereichen Freizeit, Natur und Technik stammen. Die meisten der Bilder sind jedoch klar auf das Lernziel fokussiert, so dass die Einstiegstexte zwar durchaus für den Lernprozess geeignet sind, aber nicht das Potential besitzen, den Schüler von der Nützlichkeit der Optikinhalte zu überzeugen.

Einen sehr schülernahen Einstieg in das Gesamtthema ist im Buch des CORNELSEN Verlags zu finden. Auf drei Seiten wird dem Schüler in Umgangssprache das Thema Optik vorgestellt und die einzelnen Unterkapitel im Fließtext näher gebracht:

Wenn das Auge schon auf Licht angewiesen ist, möchtest du natürlich auch wissen, wie Sehen überhaupt funktioniert. Es soll ja sogar Leute geben, die meinen, beim Sehen sende das Auge Licht aus. Schließlich zielen Aussprüche wie „einen Blick auf etwas werfen“ oder „sein Augenlicht verlieren“ in diese Richtung. Bald wirst du diese Leute gut informieren können! (CORNELSEN S.6)

In dem Einstiegstext werden neben physikalischen Phänomenen auch die damit verbundenen Alltagsvorstellungen angesprochen. Eine derartige Verknüpfung findet sich in keinem der anderen Schulbücher. Zusätzlich werden die Texte von Comiczeichnungen begleitet, die jedoch auf Grund der Ver-

wendung von nur vier unterschiedlichen Farben nicht sehr ansprechend aussehen. Neben dem Gesamteinstieg befinden sich bei CORNELSEN auch Einstiegstexte zu den einzelnen Unterkapiteln. Auch hier wirken die Texte durch die direkte Anrede des Schülers sehr originell und interessant (++). Die Texte beschreiben größtenteils Beispiele aus der Freizeit der Schüler und sind dadurch sehr ansprechend. Die daraus resultierenden Fragen sind auch ohne optische Vorbildung zu lösen. Es ist das einzige Buch, in dem die Beispiele und Fragen im Einstiegstext zum Teil vom Grundtext aufgegriffen und erklärt werden. Zusammen mit einem illustrierenden Bild nehmen die Einstiege etwa eine halbe Seite ein.

→ *Einstiegstexte können motivierend wirken oder ein Problembewusstsein für die Thematik entwickeln. Daher ist es unverständlich, dass das Buch des OLDENBOURG Verlags komplett auf dieses didaktische Hilfsmittel verzichtet. In den anderen Büchern gibt es erhebliche Qualitätsunterschiede in den Einleitungen, wobei alle Bücher mit Beispielen arbeiten, die Vorstellungsbilder erzeugen. Diese exemplarische Einleitung ist in den meisten Büchern gut gelungen. Die interessantesten und motivierendsten Einstiegstexte findet man in den Büchern der Verlage SCHROEDEL und KLETT, wobei hier vor allem die direkte Rede als sprachliche Besonderheit auffällt.*

6.3.4.4 Beispiele

Beispiele können in verschiedenen Formen im Grundtext verwirklicht werden. Als am weitesten verbreitete Beispielarten gelten Einwortbeispiele, Satzbeispiele und Übertragungen.⁹⁸ Einwortbeispiele konkretisieren den Fließtext durch einzelne Wörter und werden durch Voranstellungen wie „z.B.“, „bspw.“ oder „Hierzu gehören...“ eingeleitet. Im Allgemeinen stammen die Beispiele aus alltagsnahen Bereichen und visualisieren so den Lerninhalt. Ähnliches gilt für Satzbeispiele. Diese können jedoch durch ihren größeren Umfang ein noch lebendigeres Bild erschaffen. Ausführliche Beispiele (Übertragungen) sind in den Lernprozess eingebunden und dienen nicht nur der Veranschaulichung, sondern vermitteln zentrale Lerninhalte. An den Übertragungen wird gelernt, das heißt, physikalische Zusammenhänge werden am Beispiel aufgezeigt und erklärt.

Das Buch des DUDEN PAETEC Verlags arbeitet größtenteils mit Einwortbeispielen (durchschnittlich drei pro Seite) und einleitenden Halbsätzen. Übertragungen wie zum Beispiel der „Sonnenofen“ oder „Eine Landschaft im Spiegel“ sind als Anwendung der Lerninhalte gedacht. An ihnen werden keine neuen Sachverhalte eingeführt. Die Beispiele des DUDEN PAETEC Buches wirken so weniger ausführlich und dienen hauptsächlich der Illustration der Lerninhalte (+). Sehr ausführlich dagegen sind die Beispiele des OLDENBOURG-Buches. Hier besteht der Grundtext zum Großteil aus Übertragungen, an denen die Lerninhalte eingeführt werden (ca. drei pro Seite). Zusätzlich werden die Übertragungen noch durch Bilder unterstützt, so dass ein lebendiges Vorstellungsbild entsteht. Neben den ausführlichen Übertragungen bei Themenbeginn finden sich zusätzlich Satzbeispiele, die einen Anwendungsbezug des Lernstoffes aufzeigen. Diese finden sich aufgelistet neben dem Grundtext und wirken durch

⁹⁸ SCHELLER, P. (2010), S. 230

die direkte Anrede des Lesers sehr motivierend (++). KLETT, CORNELSEN und SCHROEDEL arbeiten insgesamt mit ähnlich vielen Beispielen, die sich gut in den Lernprozess integrieren. Bei KLETT befinden sich vor dem Grundtext verschiedenen Beispielversuche, die die Lerninhalte exemplarisch darstellen. Der Grundtext erklärt dann im Folgenden die Beispiele. Diese Struktur entdeckt man im Buch immer wieder und sie ist für den Lernprozess durchaus stimmig. Außerfachliche Beispiele treten jedoch durch das Fehlen von Einwortbeispielen und alltagsnahen Übertragungen kaum auf (+). Die größte Varianz an Beispielen sieht man im Buch des CORNELSEN Verlags. Hier finden sich vor allem Übertragungen, die durch eine sehr anschauliche Sprache unterstützt werden.

Du brauchst heute keinen Bergkristall mehr schleifen: Du kannst Lupen, Brillengläser (für Weitsichtige) oder einfach eine klare Glaskugel verwenden. Sie alle sammeln das Sonnenlicht in einem kleinen „Brennfleck“. Wenn du dir das Glas einer Lupe näher anschaust, wirst du die Linsenform der geschliffenen Bergkristalle wiederentdecken. Da diese Glaslinse Licht sammelt, spricht man von einer Sammellinse (CORNELSEN S.32).

CORNELSEN arbeitet mit sehr vielen Beispielen, die dem Schüler bereits aus dem Alltag bekannt sind. Die direkte Rede und teilweise umgangssprachliche Formulierung von Beispielen wirken motivierend und steigern das Interesse. Die Bereiche, aus denen die Beispiele stammen, sind sehr abwechslungsreich gewählt (++). Bei SCHROEDEL treten im Grundtext vor allem Einwortbeispiele auf. Als einziges der untersuchten Schulbücher finden sich im SCHROEDEL-Buch Rechenbeispiele (siehe Abbildung 11).

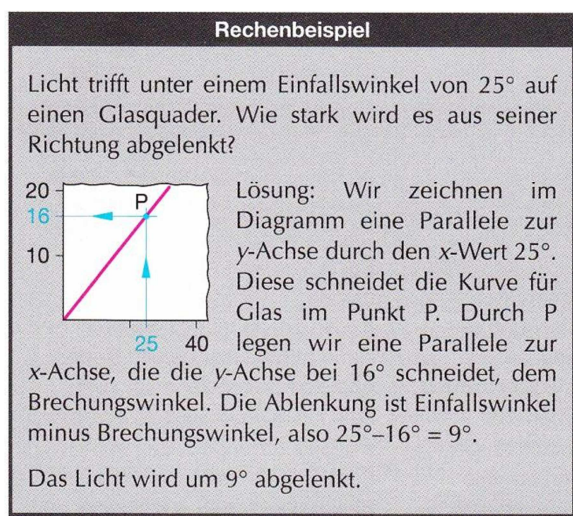


Abbildung 11: Rechenbeispiel aus dem Schroedel Buch (S. 31)

Die Rechenbeispiele sind zwar zur Veranschaulichung der Formeln des Grundtextes geeignet, zeigen jedoch die starke mathematische Dominanz des SCHROEDEL-Buches. Die übrigen Einwort- und Satzbeispiele sind ähnlich den Beispielen von KLETT und SCHROEDEL (+).

→ Bei OLDENBOURG und CORNELSEN finden sich die abwechslungsreichsten und anschaulichsten Beispiele. Hier wird es geschafft, mit dem Vorwissen der Schüler die Lerninhalte zu entwickeln. KLETT und SCHROEDEL nutzen zum Teil sehr wissenschaftliche Beispiele, wobei SCHROEDEL zur Mathematisierung tendiert. Die Beispiele bei DUDEN PAETEC dienen größtenteils der Veranschaulichung der Lerninhalte.

6.4 Aufgaben

6.4.1 Allgemeine Kriterien zu Aufgaben

In allen untersuchten Schulbüchern kommen Aufgaben vor. Ihr Umfang, ihre Struktur und ihr Verwendungszweck sind jedoch deutlich unterschiedlich. Eine eindeutige Zuordnung des Aufgabenumfanges ist für die analysierten Physikbücher nur bedingt möglich, da die Bücher ein unterschiedliches Aufgabensystem nutzen.

Im Buch des DUDEN PAETEC Verlags unterscheidet man ähnlich wie im Buch des SCHROEDEL Verlags, Aufgaben und Versuche (bei SCHROEDEL: Experimente), im erst genannten Buch befinden sich diese immer am Ende eines Unterkapitels, im anderen Buch sind sie über den ganzen Themenbereich verteilt. Des Weiteren besitzen beide Bücher eine ähnliche Aufgabenstruktur, bei der kurze, prägnante Fragen im Vordergrund stehen. Daraus resultiert die hohe Zahl an Aufgaben (DUDEN PAETEC: 84; SCHROEDEL: 119). Bei SCHROEDEL findet sich am Ende des Optik Kapitels noch eine Aufgabenzusammenfassung über zwei Seiten (17 Aufgaben), die die Lerninhalte per Aufgaben wiederholen soll. Insgesamt kommen beide Bücher auf einen Aufgaben- und Versuchsumfang von zirka einem Viertel am Gesamttext.

Im Buch des OLDENBOURG Verlags findet keine Separation von Aufgaben und Versuchen statt. Stattdessen werden diese jeweils am Schluss des Kapitels unter „Anwendungen und Anregungen“ zusammengefasst. Am Ende des Kapitels befindet sich wie bei SCHROEDEL eine Aufgabenzusammenfassung, die mit fünf Aufgaben nicht sehr umfangreich ist. Allgemein ist die Zahl von 58 Aufgaben und Versuchen im Vergleich die geringste Anzahl. Der relativ hohe Umfang am Gesamttext mit 29 % ist daher kein Indikator für eine Aufgabenschwemme. Der hohe Umfang ist vielmehr ein Indiz für eine relativ ausgedehnte Aufgabenformulierung, die in Zusammenspiel mit vielen Unterfragen eine andere Aufgabekultur als bei SCHROEDEL und DUDEN PAETEC darstellt.

KLETT und CORNELSEN besitzen als einzige der untersuchten Schulbücher ausgewiesene Versuche die vom Schüler zu Hause durchgeführt werden können (KLETT: „Heimversuche“; CORNELSEN: „Probier`s mal“). Der Umfang der Hausversuche ist bei CORNELSEN mit sechs Seiten deutlich größer als der bei KLETT (1,75 Seiten). Dies liegt vor allem an den erheblich längeren Aufgabenbeschreibungen. Hausversuche müssen vor allem einfach und klar verständlich formuliert werden, so dass sie vom Schüler überhaupt durchgeführt werden können. Eine umfangreiche und motivierende Beschreibung ist deshalb Voraussetzung. Bei CORNELSEN wird dies vorbildlich erreicht, bei KLETT wirkt die Sprache dagegen nicht sehr motivierend:

Halte einen Löffel senkrecht in ein Glas und fülle das Glas ganz mit Wasser. Blicke nun flach über den Rand des Glases zum Löffel. Beschreibe und erkläre deine Beobachtung. (KLETT, S.38/1)

Die kurze Beschreibung mit vielen Imperativen schafft es eventuell nicht, für den Schüler einen Anreiz zum eigenständigen Experimentieren zu liefern. Die Heimversuche bei KLETT wirken sehr un kreativ, da der Schüler nur als Durchführer des Versuchs und nicht als Teil des Versuchs aufgefasst wird.

Experimente und Versuche finden sich bei KLETT immer zum Anfang eines Textes als Einleitung. Diese können sowohl als Gedankenexperiment als auch als Schulexperiment durchgeführt werden und sollen auf den Lernstoff hinleiten. KLETT verfügt darüber hinaus über Verständnisfragen, die sich direkt an den Grundtext anschließen und die zur Überprüfung des Textverständnisses genutzt werden können. 26 % der Gesamtseitenzahl werden bei KLETT von Versuchen und Aufgaben eingenommen. Dies entspricht ungefähr dem Durchschnitt.

Den höchsten Anteil von Aufgaben und Versuchen besitzt mit 33 % an der Gesamtseitenzahl das Buch des CORNELSEN Verlags. Die geringe Anzahl von 30 Aufgaben im Text und von 22 Überprüfungsaufgaben „Alles klar?“ wird trotz des großen Seitenumfanges (4,75 + 2,5 Seiten) durch relativ lange Aufgaben mit vielen Unterpunkten erreicht. Bemerkenswert ist, dass bei CORNELSEN nur zirka ein Drittel des Aufgaben- und Versuchsumfanges tatsächlich von Aufgaben genutzt wird, zwei Drittel stehen für Hausversuche („Probier`s mal“: 6 Seiten) und Experimente (5,5 Seiten) zur Verfügung. Eine ähnliche Verteilung findet sich bei KLETT und OLDENBOURG. DUDEN PAETEC, und SCHROEDEL besitzen dagegen einen größeren Anteil an Aufgaben

Die Länge der Aufgaben beschränkt sich bei DUDEN PAETEC, KLETT und SCHROEDEL auf 26 bis 33 Wörter. Die knappen Fragestellungen sind zumeist ausreichend verständlich formuliert (++), so dass hier keine Schwierigkeiten auftreten. Bei KLETT wird vor dem Fragenkapitel jeweils ein Beispiel angegeben, z.B. Konstruktion des Lichtweges bei der Brechung (KLETT, S. 38). Anhand dieses Beispiels kann der Schüler die schwierigen Teile der Aufgabe gut nachverfolgen. Verständlichkeitsprobleme vor allem auf Grund der zu mathematischen Aufgabenstellung ergeben sich zum Teil bei SCHROEDEL.

Ein Aquarium mit den Innenmaßen $l = 45$ cm; $b = 30$ cm und $h = 35$ cm ist bis 4,5 cm unter den Rand mit Wasser gefüllt. Boden und eine Seitenwand sind verspiegelt. Konstruiere den Weg eines Lichtbündels, das in der Mitte der Wasseroberfläche unter einem Einfallswinkel von 60° auftrifft. (CORNELSEN, S. 32)

Bei der Lösung der Aufgabe müssen erst mehrere mathematische Schritte durchgeführt werden, bis die Wirkung von Reflexion und Brechung betrachtet werden kann. Die Gefahr solcher Aufgaben liegt darin, dass der Schüler auf Grund der starken Quantifizierung das Verständnis für die physikalischen Grundlagen verliert oder deren Bedeutung nicht mehr wahrnimmt (0). Das Gegenbeispiel zu den sehr mathematisch geprägten Aufgaben bei SCHROEDEL liefert das OLDENBOURG Buch. Hier werden mit durchschnittlich 50 Wörtern pro Aufgabe teilweise sehr ausführliche Szenarios entwickelt, die ein Vorstellungsbild im Leser erzeugen sollen.

Wer trifft? Auf einem Seerosenblatt sitzt Franz Frosch, der seit Jahr und Tag mit Harald Hecht verfeindet ist. An diesem Tag kommt es zum Duell und beide ziehen ihre Revolver. Jeder hat genau gezielt. Als der Dampf verraucht ist, stellt sich heraus, dass keiner der beiden getroffen wurde. Skizziere die Situation. Erkläre, warum keiner den anderen getroffen hat. Wie wäre das Duell mit Laserpistolen ausgegangen? (OLDENBOURG, S.22)

Die kindgerechte Darstellung wirkt sehr lebendig und motivierend. Auch die Überschriften wie „Wer trifft?“, „Tricks mit Knicks?“ oder „Trübe Tassen?“ sind originell und wecken das Interesse (++). Auf Grund der kindgerechten, sehr anschaulichen Sprache wirken manche Aufgaben jedoch vom Niveau her sehr niedrig und scheinen für die siebte Jahrgangsstufe des Gymnasiums zu leicht.

Eine ähnliche Länge mit 42 Wörtern pro Aufgabe ist beim Buch des CORNELSEN Verlags zu finden. Die Aufgaben fallen jedoch weniger durch die Konstruktion von Szenarios auf, sondern versuchen durch direkte Rede und Umgangssprache das Interesse des Lesers zu wecken. Dies gelingt nahezu immer (++) und schafft ein motivierendes Arbeitsverhältnis. Bei schwierigeren Aufgaben, wie der Konstruktion bei der Brechung, bietet CORNELSEN Musteraufgaben, an denen der Schüler die Vorgehensweise erlernen kann (z.B. CORNELSEN, S. 31).

In den meisten Büchern wird bei der Aufgabenstellung eine differenzierte Sprache eingesetzt. So wechselt bei vielen die klassische Aufgabenstellung mit direkter Rede. Bei den klassischen Aufgabenstellungen folgt einem informativ, neutralen Text ein Aufgabenverb wie „Berechne“ oder „Erkläre“. Bei Aufgabenstellungen mit direkter Rede wird bereits im Text der Leser mit eingebunden und mit ihm die Aufgabe erörtert. Diese Art der Aufgaben wirken auf den Schüler meist motivierender, da die Distanz zwischen Aufgabe und Leser abgebaut wird. Auf diese Art der Aufgabenstellung verzichtet KLETT als einziges Buch. Hier sind nur klassische Aufgabenstellungen vorhanden.

Im Allgemeinen finden sich die Aufgabenstellungen jeweils am Ende des Kapitels oder Unterkapitels und sind gut vom Grundtext unterscheidbar. Einzig bei CORNELSEN sind die Aufgaben nicht am Ende des Kapitels, sondern befinden sich textbegleitend innerhalb des Themengebietes. Alle Aufgaben sind so nummeriert, dass im Zusammenspiel mit der Seitenzahl eine eindeutige Zuordnung möglich ist.

Viele der Aufgaben lassen sich in den Büchern zur Unterstützung des Lernprozesses verwenden. Die kurzen und prägnanten Aufgaben bei DUDEN PAETEC sind sowohl als Lernzielüberprüfung als auch als den Lernprozess begleitend einsetzbar. Auf Grund ihrer großen Anzahl ist eine gezielte Auswahl möglich (+). Bei OLDENBOURG besitzen die Aufgaben am Ende des Kapitels eher Übungscharakter und weniger die Fähigkeit den Lernprozess zu unterstützen (0). KLETT und CORNELSEN schaffen durch die räumliche Nähe der Aufgaben eine inhaltliche Verknüpfung von Versuchen und Fragestellungen mit dem Grundtext (++)). Bei SCHROEDEL sind Aufgaben und Versuche ebenfalls themenbegleitend und daher gut in den Lernprozess integriert. Nicht optimal ist die inhaltliche Verknüpfung, da viele Aufgaben vorrangig mathematisch, denn physikalisch sind (0).

→ *In den zu untersuchenden Physikschulbüchern finden sich zwei verschiedene Strukturen in der Aufgabenstellung. Während bei DUDEN PAETEC, KLETT und SCHROEDEL die Aufgaben kurz und prägnant formuliert werden, sind bei OLDENBOURG und CORNELSEN die Aufgaben deutlich umfangreicher. Dies liegt zum einen an der Aufteilung der Aufgabe in mehrere Teilaufgaben, zum anderen werden vor allem bei OLDENBOURG umfangreiche Szenarios entwickelt, die ein kindgerechtes und motivierendes Vorstellungsbild erzeugen. Die Aufgabenstellung im SCHROEDEL Buch ist dagegen sehr mathematisch und im Vergleich die Anspruchsvollste. Im Verhältnis von Aufgaben zu Versuchen dominieren bei DUDEN PAETEC und SCHROEDEL Aufgaben, während bei OLDENBOURG, KLETT und CORNELSEN der Anteil der Versuche größer ist. Bemerkenswert ist, dass KLETT und CORNELSEN zusätzliche Versuche anbieten, die vom Schüler zu Hause durchgeführt werden können.*

6.4.2 Spezielle Kriterien zu Aufgaben

Bei der Einordnung der Aufgaben zu einem bestimmten Aufgabentyp ergaben sich in den zu untersuchenden Büchern auf Grund der unterschiedlichen Darstellungsweise sehr verschiedene relative Werte. Beim Aufgabenteil des OLDENBOURG Buches „Anwendungen und Anregungen“ sind zum Beispiel Versuche und Aufgaben miteinander vermischt, so dass ein sehr hoher Verhältniswert für Versuche (58 %) die Verhältniswerte der Aufgabentypen verringert. Dieser statistische Effekt lässt somit einen Vergleich der Aufgabenarten auf Grund der quantitativen Werte für die unterschiedlichen Bücher nicht zu. In den anderen vier untersuchten Büchern wurden zur Analyse jeweils nur die im Buch als Aufgaben bezeichneten Bereiche untersucht. Bei KLETT und SCHROEDEL finden sich als einzige Bücher im Aufgabenteil eine geringe Anzahl an Versuchen (KLETT: 9 %; SCHROEDEL: 5 %). In der Analyse der Aufgabenarten können daher nur Tendenzen angegeben werden.

Bei DUDEN PAETEC, KLETT, CORNELSEN und SCHROEDEL stammt beinahe die Hälfte aller Aufgaben aus dem Bereich der anwendungsbezogenen Verständnisfragen. Nur wenige der Verständnisfragen behandeln reine Wissensfragen (z.B. Wie bezeichnet man?; Was ist...?). Die meisten der Aufgaben sind Interpretations- und Anwendungsfragen. Aufgaben, die den Schüler dazu auffordern Zusammenhänge zu beschreiben und Sachverhalte in eigenen Wörtern wiederzugeben (Verbalisierungsfragen), kommen in diesen Büchern zu rund einem Viertel vor. Der Grad der Mathematisierung durch Rechenaufgaben fällt daher rein quantitativ betrachtet in den Büchern nicht als überverhältnismäßig auf. Einzig bei CORNELSEN ist der relative Wert für Rechenaufgaben leicht erhöht (34 %). Rechercheaufgaben, bei denen der Schüler zum Beispiel im Internet eigenständig Informationen sammelt, werden nur bei DUDEN PAETEC, KLETT und CORNELSEN formuliert. Gut ist die zusätzliche Kennzeichnung der Rechercheaufgaben bei DUDEN PAETEC mit einem Computeremblem, so dass die Aufgabe im Aufgabenverbund schnell zu finden ist. Als einziges Buch besitzt OLDENBOURG als größten Aufgabenanteil Rechenaufgaben. Anwendungsbezogene Verständnisfragen kommen so nur auf zirka die Hälfte des Umfangs der Rechenaufgaben. Eine Korrelation zwischen Rechenaufgaben und allgemeiner Mathematisierung des Buches konnte nicht gefunden werden, da zum einen viele der Rechenaufgaben aus einfachen Konstruktionsaufgaben bestehen, zum anderen ist das Niveau der Aufgaben nicht besonders schwierig. Insgesamt ist der Aufgabenumfang im Vergleich zu den anderen Physikschulbüchern eher gering.

Der überwiegende Teil der Aufgaben stammt in allen Büchern aus den Bereichen Alltag und Natur. Die Themen sind im Kontext des Schulfaches Natur und Technik stimmig gewählt und entsprechen größtenteils der Interessenswelt der Schüler (++) . DUDEN PAETEC ist von der Themenvariabilität am kreativsten, bei SCHROEDEL und KLETT finden sich dagegen eher textnahe Aufgaben, die abstrakte Zusammenhänge oder die Berechnung von Werten beinhalten (+). Das Interesse der Schüler wird hier nur bedingt geweckt. Bei DUDEN PAETEC ist der Großteil der Aufgaben problemorientiert und anwendungsbezogen (++) . Ebenso wird bei CORNELSEN und KLETT durch die Beschreibung von Alltagsphänomenen in den Aufgaben ein direkter Bezug zum Lerninhalt gegeben. Bei OLDENBOURG ist

dies in abgeschwächter Form bei den Versuchen zu beobachten. Auf Grund der fehlenden Verknüpfung der Aufgaben mit den Lerninhalten wird hier nicht die Möglichkeit genutzt einen Anwendungsbezug des Gelernten zu erkennen (0). Gleichfalls werden bei SCHROEDEL kaum die Interessen der Schüler, wie zum Beispiel aus Freizeit und Sport, aufgegriffen. Ein Alltagsbezug wird nur in wenigen Fragen hergestellt (0).

→ *Die Aufgaben der Physikschulbücher von DUDEN PAETEC, KLETT und SCHROEDEL sind zu großen Teilen anwendungsbezogen. Bei SCHROEDEL und OLDENBOURG wird kaum ein Alltagsbezug in den Fragen hergestellt. Die Eigenschaft der Aufgaben gestaltend in den Lernprozess integriert zu werden, ist allen Aufgaben gemein, die geringe Anzahl bei OLDENBOURG wirkt hier jedoch einschränkend. Am ansprechendsten durch Themenvariabilität, direkte Sprache und Umfang wirkt der Aufgabenteil des CORNELSEN Buches.*

6.5 Merksätze

6.5.1 Allgemeine Kriterien zu Merksätzen

Merksätze besitzen auf Grund ihrer resümierenden, kurzen Beschreibung der wesentlichen Lerninhalte eine wichtige Rolle für den Lernprozess. Prägnanz, Informationsdichte und Verständlichkeit sind somit die Grundvoraussetzungen für einen sinnvollen Aufbau von Merksätzen.

In den Büchern der Verlage DUDEN PAETEC, KLETT, CORNELSEN und SCHROEDEL kommen Merksätze als vom Grundtext separierte, gekennzeichnete Elemente vor. Bei OLDENBOURG fehlt auf den ersten Blick dieses Merksatzelement. Hier übernimmt diese Funktion der Abschnitt „Ergebnis“, der die wichtigsten Aussagen des Kapitels zusammenfasst. Auf Grund dieses anderen Strukturelements ist der Vergleich mit den übrigen Büchern nur bedingt möglich, da die „Ergebnisse“ bei OLDENBOURG auf Grund ihrer Länge (Durchschnittlich 42,5 Wörter pro „Ergebnis“) und ihrer zusammenfassenden Funktion eher dem Grundtext zuzuordnen sind, als ein davon getrenntes Element. Bei den übrigen Büchern fällt auf, dass DUDEN PAETEC (18 Merksätze) und CORNELSEN (14 Merksätze) bei gleichem Stoffumfang nur etwa auf die Hälfte der Merksätze wie KLETT (24 Merksätze) und SCHROEDEL (30 Merksätze) kommen. Viele Inhalte, die bei KLETT und SCHROEDEL als merkrelevant eingestuft werden, sind marginal und treten in den anderen Büchern jeweils nur im Grundtext auf, z.B.:

Die Pupille regelt die Lichtmenge, die auf die Netzhaut trifft. (SCHROEDEL, S.45)

Im SCHROEDEL-Buch finden sich neben dem für das Grundwissen relevanten und grün gekennzeichneten Merksätzen auch blau gekennzeichnete, die sich auf Inhalte zur „Auswahl“ beziehen. Da diese Inhalte jedoch auch in den anderen Büchern als Grundstoff behandelt werden, sind die beiden Merksatzarten im Kriterienkatalog zusammenfassend zu betrachten. Legt man als Umfangskriterium nicht die absolute Anzahl an Merksätzen, sondern die Zahl der Merksätze pro Grundtextseite, ergibt sich eine leichte Annäherung zwischen den Büchern. Der Unterschied zwischen SCHROEDEL/ KLETT (2,1/ 1,9 Merksätze pro Grundtextseite) und CORNELSEN/ DUDEN PAETEC (1,3/ 1,6 Merksätze pro Grundtextseite) bleibt jedoch bestehen. Im Allgemeinen sind die Merksätze in allen Büchern jeweils am Ende der für den Inhalt des Merksatzes relevanten Passage, besitzen keine systematischen Bezeichnungen und sind farblich deutlich vom Grundtext getrennt.

→ *Die Anzahl der Merksätze ist bei DUDEN PAETEC und CORNELSEN deutlich geringer als bei KLETT und SCHROEDEL. Hier werden zu viele Inhalte als Merksatz formuliert, so dass eine Fokussierung auf die wesentlichen Lerninhalte nicht stattfindet. Bei OLDENBOURG finden sich keine „klassischen“ Merksätze.*

6.5.2 Spezielle Kriterien zu Merksätzen

Merksätze müssen trotz ihrer hohen Informationsdichte für den Leser immer prägnant und einfach verständlich sein. Die Inhalte können so vom Gehirn einfacher gespeichert werden. DUDEN PAETEC liefert mit durchschnittlich 16,4 Wörtern pro Merksatz die kürzesten Merksätze im Vergleich der Bü-

cher. Dicht gefolgt wird DUDEN PAETEC von KLETT (19,1 Wörter pro Merksatz) und SCHROEDEL (20,1 Wörter pro Merksatz). Bei CORNELSEN sind Merksätze mit 30,3 Wörtern beinahe doppelt so lang wie bei DUDEN PAETEC, dies relativiert wiederum die geringe Anzahl von 14 Merksätzen zum Thema. Zu umfangreich mit durchschnittlich 42,5 Wörtern pro Merksatz sind die „Ergebnisse“ bei OLDENBOURG. Die zum Merken relevanten Inhalte müssen erst aus den zum Teil sehr langen Sätzen exzerpiert werden, die Funktion der Merksätze wird so nur unzureichend erfüllt (-). Der Fachwortanteil liegt im OLDENBOURG Buch bei 16,4 % pro Merksatz, das ist der höchste Wert im Vergleich. Vom Niveau her ähnlich liegen KLETT (15,3 %) und SCHROEDEL (15,7 %). OLDENBOURG verzichtet als einziges Buch komplett auf Formeln, was zum Beispiel beim Reflexionsgesetz zu großen Schwierigkeiten in der Formulierung führt.

Der Winkel zwischen dem einfallenden Lichtstrahl und dem Lot auf die Spiegelebene im Reflexionspunkt ist gleich dem reflektierten Lichtstrahl und dem Lot. Diesen Zusammenhang nennt man Reflexionsgesetz. Man sagt kurz: Einfallswinkel gleich Reflexionswinkel. (OLDENBOURG, S. 16)

Bei der Reflexion des Lichts ist der Einfallswinkel α stets so groß wie der Reflexionswinkel β , es gilt: $\alpha = \beta$. Der einfallende Lichtstrahl, das Einfallslot und der reflektierte Lichtstrahl liegen in ein und derselben (gedachten) Ebene. (CORNELSEN, S. 22)

Bei OLDENBOURG ist der Satz, der die Winkel beschreibt, sehr lang und mit vielen Fachwörtern versehen. Beim Lesen fällt somit ein unmittelbares Verständnis recht schwer. Die kürzeren Sätze bei CORNELSEN, sowie das Einbringen der Reflexionsformel sind einfacher zu erkennen. Da bei OLDENBOURG zuvor im Grundtext bereits die Winkelbezeichnungen mit α und β eingeführt wurden, ist eine Nichtverwendung in den Ergebnissätzen nicht nachzuvollziehen. Eine teilweise ähnlich komplizierte Formulierung findet sich bei KLETT. Hier werden einige Begriffe aus der Mathematik verwendet, wie zum Beispiel:

Für kleine Schwinkel sind Gegenstandsgröße und Gegenstandsweite annähernd proportional. (KLETT, S. 32)

Die Vergrößerung des Mikroskops ist das Produkt aus der Objektiv- und der Okularvergrößerung. (KLETT, S. 35)

Fraglich bleibt, ob hier eine anschauliche Formel nicht einfacher für den Schüler zu lesen ist, da die Begriffe „proportional“ und „Produkt“ im durchgängigen Wortschatz der Schüler wahrscheinlich nicht zu finden sind bzw. einen schon erheblichen Abstraktionsgrad beim Lesen fordern. Auf Grund der teilweise komplizierten Formulierung ist eventuell das Verständnis der Merksätze nicht immer gegeben (0). SCHROEDEL schafft durch einen einfachen Satzbau einen relativ verständlichen Informationstransport (+). Auf Grund der Vielzahl an Merksätzen entsteht jedoch ein Bedeutungsgefälle untereinander, so dass manche Sätze nur zusammenfassenden Charakter besitzen, andere transportieren dagegen wichtige Lernziele. CORNELSEN und DUDEN PAETEC besitzen beide in den Merksätze eine sehr einfache und verständliche Sprache (++). Bei DUDEN PAETEC werden auftretende Fachwörter wie zum Beispiel „Reflexion“ auch innerhalb des Merksatzes erklärt. Allgemein ist der Fachwortanteil bei DUDEN PAETEC mit 11,5 % am Merkttext und bei CORNELSEN mit 12,7 % eher gering. Unterschiede ergeben sich jedoch bei der Integration der Merksätze in den Grundtext. Bei DUDEN PAETEC befinden sich die Merksätze abgetrennt vom Grundtext und können von ihm losgelöst gelesen werden. Dagegen

befinden sich die Merksätze bei CORNELSEN im Text integriert. Blauer Fettdruck ist das einzige Unterscheidungsmerkmal zum Grundtext, die Textstruktur bleibt gleich. Ebenso gut integriert sind die Merksätze bei KLETT. Hier werden die Sätze durch einen blauen Randstreifen vom Grundtext unterschieden. Bei SCHROEDEL sind die Merksätze ähnlich wie bei DUDEN PAETEC vom Text losgelöst und farblich separiert. Bei OLDENBOURG ist wie bereits oben erwähnt der Übergang zwischen Grundtext und Merksatz vermischt, so dass zwar eine Integration der Inhalte mit dem Grundtext besteht, die Herausarbeitung der Merkinhalte jedoch nicht stattfindet.

→ *In allen Büchern werden die wichtigsten Lerninhalte als Merksätze formuliert. Nur im Buch des OLDENBOURG Verlages finden sich nicht die „klassischen“ Merksätze, stattdessen werden die Inhalte als „Ergebnis“ in zusammenfassender Form wiedergegeben. Dieser Darstellung fehlt es jedoch an Kürze und Prägnanz. Am Verständlichsten sind auf Grund der sprachlichen Gestaltung die Merksätze bei DUDEN PAETEC und CORNELSEN.*

6.6 Zusätze (Exkurse)

Da sich die Zusatzmaterialien in den verschiedenen Büchern zum Teil deutlich unterscheiden, wird an dieser Stelle auf eine vergleichende Untersuchung verzichtet und die Zusätze der Bücher separat vorgestellt.

6.6.1 Zusätze bei Duden-Paetec

Im DUDEN PAETEC Buch ist der Zusatz „Physik in Natur und Technik“ mit sechs Seiten am umfangreichsten. Hier werden detailliert entweder physikalische Phänomene beschrieben oder eine Versuchsanordnung, wie zum Beispiel der Versuch „Kerze im Wasserglas“ (S.38) durchgeführt. Anhand dieser Versuche soll der Schüler an die Problem- und Fragestellungen der Physik herangeführt werden. „Physik in Natur und Technik“ ist im hohen Maße anwendungsbezogen und schafft Alltagsbezüge („Wir zeichnen Porträts“ S. 28). Die Funktion des Zusatzes besteht meistens aus der Vertiefung der Lerninhalte oder als Experimentierbeispiel.

Experimentieranleitungen für Schülerversuche finden sich jeweils am Ende eines Unterkapitels. Ihr Umfang ist mit fünf Seiten recht großzügig bemessen. Von den Versuchen eignen sich jedoch nur knapp 14 % als Heimversuche, die übrigen Experimente können auf Grund der Materialauswahl nur in der Schule und im Beisein des Lehrers durchgeführt werden.

Ein interessanter Zusatzpunkt bei DUDEN PAETEC ist die zweiseitige Anleitung zu einer Projektarbeit über optische Geräte. Die Schüler sollen hier eigenständig durch die Recherche im Internet Informationen sammeln, die sie wiederum aufbereitet in einer eigenen Internetseite darstellen. Die Anleitung ist sprachlich verständlich formuliert und kann als Vorlage für das im Lehrplan vorgeschlagene fächerübergreifende Projekt zwischen Physik und Informatik dienen.

Als „Methoden“ werden im DUDEN PAETEC Buch Textfelder bezeichnet, die im Grundtext verteilt charakteristische Denk- und Arbeitsmethoden der Physik, wie zum Beispiel, „Experimentieren“, „Protokollieren“ und „Erklären physikalischer Erscheinungen“ darstellen. Da der Schüler in der siebten Jahrgangsstufe zum ersten Mal mit Physik als Schulfach in Kontakt kommt, sind diese elementaren Arbeitstechniken und –methoden noch nicht erlernt und die Darstellung im Schulbuch durchaus sinnvoll.

Als Besonderheit finden sich bei DUDEN PAETEC Inhalte, die über den Lerninhalt des Buches hinausgehen. Sie werden mit einem Pfeil gekennzeichnet und stehen als Kasten neben oder unterhalb des Grundtextes. Die Inhalte stammen aus Bereichen wie Geschichte, Technik und Natur oder sind weiterführende physikalische Inhalte wie „unvollkommene Linsen“ oder die „Totalreflexion“. Allgemein ist das sprachliche Niveau der Zusätze ähnlich dem des Grundtextes, zum Teil auch deutlich umfangreicher im Erzählstil.

→ *Im Vergleich liegt DUDEN PAETEC mit 31,5 % (ohne Versuche 22,2 %) Umfang der Zusätze am Thema im unteren Durchschnittsbereich der Bücher. Gut sind die Darstellungen in „Natur und Technik“, die einen Anwendungsbezug herstellen und das Schulfach „Natur und Technik“ zumindest teilweise erkennen lassen. Ebenfalls gut gelungen sind die Aufgabenstellung der Projektarbeit und die Darstellung der Arbeitsmethoden der Physik.*

6.6.2 Zusätze bei Oldenbourg

Zusätzliche Materialien aus Natur und Technik finden sich im OLDENBOURG jeweils am Ende eines Kapitels unter „Zum Weiterlesen“. Hier findet der Schüler Fachberichte, Karikaturen, Gedichte, Zeitungsabschnitte und Biographien, die je nach Interesse selbstständig gelesen werden sollen. Mit neun Seiten besitzt „Zum Weiterlesen“ ungefähr 20 % am Gesamtumfang des Themas. Außer dieser Zusatzmaterialiensammlung finden sich unter „Anwendungen und Anregungen“ noch Versuche und Experimentieranleitungen, die insgesamt fünf Seiten ausmachen. Weitere Zusatzmaterialien finden sich im OLDENBOURG-Buch nicht. Im Vergleich hat dieses Buch den geringsten Umfang an Zusatzmaterialien.

Die Versuche und Experimentieranleitungen sind wie unter Aufgaben (vgl. Kapitel 6.4) beschrieben leicht durchführbar und lassen sich gut zu Hause durchführen (++). Da die Versuche jedoch erst am Kapitelende stehen, ist eine Verknüpfung mit dem Lerninhalt nicht immer möglich. Ebenso fehlt im Abschnitt „Zum Weiterlesen“ die Verknüpfung zum Lernprozess (0). Die Inhalte von „Zum Weiterlesen“ beziehen sich auf Bereiche wie Brechung, Totalreflexion (Fata Morgana) oder Fehlsichtigkeit.

Allgemein sind diese Zusätze kreativ gewählt und sprachlich einfach formuliert mit durchschnittlich einem Thema pro Seite und einer hohen Textdominanz, jedoch auch sehr umfangreich. Fraglich bleibt, ob sich der Schüler trotz der Textlänge motivieren lässt, den Text zu lesen. Die Zusatztexte unterscheiden sich vom Grundtext vor allem durch einen anderen Sprachstil. Gedichte, Kurzgeschichten und Karikaturen brechen zum Teil den rein informellen Rahmen des Physikschulbuchs und finden sich in diesem Umfang nur bei OLDENBOURG. Das Schulbuch gewinnt so deutlich an Attraktivität. Bei Formaten, die aus anderen Büchern übernommen wurden, sind die Originalquellen mit angegeben.

→ *Allgemein finden sich bei OLDENBOURG sehr kreativ gewählte Zusatzmaterialien, die neben einem informellen Wert auch unterhalten können. Der Umfang ist jedoch im Vergleich unter den Schulbüchern am kürzesten. Die Variabilität unter den Themen und Materialien ist somit vergleichsweise gering.*

6.6.3 Zusätze bei Klett

Das Buch des KLETT Verlags bietet mit 14 Seiten (36 %) den größten Umfang an Zusatzmaterialien. Rechnet man den Anteil von Versuchen und Heimversuchen hinzu, vergrößert sich der Umfang der Zusätze noch auf 47 % am Gesamtumfang des Themas. Dies entspricht beinahe der Hälfte aller Themenseiten.

Klassische Zusatzinformationen finden sich bei KLETT blau hinterlegt als „Ergänzungen“ am Kapitelende. Mit insgesamt zehn Seiten sind diese sehr umfangreich und bieten viele Informationen, hauptsächlich aus der Technik. Die Texte sind teilweise sehr lang und enthalten viele Informationen. Das Niveau ist dadurch relativ hoch. Einige Texte, wie zum Beispiel über Linsenfehler (S. 33) behandeln Inhalte (chromatische und sphärische Aberration, Astigmatismus schiefer Bündel), die über den Lernstoff hinausgehen und für ein Buch für die siebte Jahrgangsstufe deutlich zu kompliziert sind. „Ergänzungen“ mit geschichtlichem Bezug (z.B. „Linsen – früher und heute“ S. 29, „Die ersten Mikroskope“ S. 36) sind ockerfarbig hinterlegt und finden sich zum Teil innerhalb des Kapitels. Eine ähnliche Verknüpfung des Lernstoffes mit geschichtlichen Fakten findet sich sonst nur im DUDEN PAETEC-Buch.

Zu Beginn des Themengebiet findet sich eine dreiseitige, unter Einstiegstexte (vgl. Kapitel 6.3.4.3) schon ausführlich beschriebene Projektarbeit. Grundlegende Arbeitsmethoden der Physik werden bei KLETT im Bereich „Werkstatt“ erklärt. Im Themenbereich Optik sind hier auf zwei Seiten die „Messung des Brechungswinkels“ und die Erstellung von Mindmaps dargestellt.

Versuche und Heimversuche werden bei KLETT auf 7,25 Seiten behandelt. Vor allem die Heimversuche bieten die Möglichkeit, sich über den Lernstoff hinaus zu beschäftigen (++). Da die meisten Experimente und „Ergänzungen“ anwendungsbezogen sind, wirken sie motivierend und können gut in den Lernprozess integriert werden (++).

→ *Die Zusatzinhalte sind zum Teil deutlich zu anspruchsvoll und für den Umgang in der siebten Jahrgangsstufe nur bedingt geeignet. Eine didaktische Reduktion findet kaum statt, ebenso wenig eine ansprechende Sprachgestaltung. Positiv dagegen ist, dass KLETT fast die Hälfte der Gesamtseitenzahl für Zusatzmaterialien zur Verfügung stellt. Dies ist der größte Wert im Vergleich zwischen den Schulbüchern.*

6.6.4 Zusätze bei Cornelsen

Im CORNELSEN Buch sind Zusatzmaterialien mit „Aus der ...“, „Schon gewusst?“ oder „Interessantes“ gekennzeichnet und mit einem lila Banner hinterlegt. Zusatzmaterialien mit der Beschriftung „Aus der ...“ sind mit 6,1 Seiten deutlich umfangreicher als „Schon gewusst?“ und „Interessantes“ mit jeweils 0,3 Seiten. Diese finden sich als kurze Textblöcke neben dem Grundtext und behandeln Inhalte wie „Spiegel im Altertum“ (S.23) oder „Wie Iris und Pupille funktioniert“ (S. 41). Durch den direkten Bezug auf den Grundtext wirken diese sehr interessant und lassen sich gut in den Lernprozess integrieren (++). Die Zusätze „Aus der...“ werden jeweils mit einem Bereich, wie Technik, Natur, Geschichte oder Literatur gekoppelt und stellen einen Sachverhalt wie zum Beispiel „Aus der Geschichte: Finsternisse – Vom Schrecken zum Fest“ (S.18), dar. In der Gesamtbetrachtung finden sich am häufigsten „Aus der Technik“ und „Aus der Natur“. Trotz des vom Grundtext kaum unterschiedlichen Sprachstils wirkt vor allem die Varianz in den Themenbereichen motivierend. Der dadurch geschaffene Anwendungsbezug des Lernstoffes kann den Lernprozess unterstützen und vertiefen (++).

Unter „Methoden“ werden ähnlich wie bei KLETT und DUDEN PAETEC elementare physikalische Arbeitsweisen erklärt. Gut ist, dass neben Arbeitsmethoden wie „Graphische Auswertung von Messreihen“ (S.28) hier auch wichtige Modellvorstellungen, wie „Ausbreitung des Lichts: Lichtstrahlen – ein Modell“ (S.10) explizit dargestellt werden.

Lichtstrahlen gibt es also nur in unserer gedanklichen Vorstellung. Dinge, die wir uns vorstellen, um die Wirklichkeit beschreiben zu können, nennen wir *Modell* oder *Modellvorstellung*. (KLETT, S. 10)

Die genaue Unterscheidung und Thematisierung von Modellvorstellung und Wirklichkeit hilft, dass der Schüler zum Beispiel bei Konstruktionen mit Lichtstrahlen nicht die Konstruktionsstrahlen als Träger der Abbildung sieht. Modellvorstellungen sind in vielen Bereichen der Physik ein wichtiges Arbeitsmittel, eine ähnlich ausführliche Beschreibung findet sich jedoch in keinem der anderen Bücher.

Experimente (6,6 Seiten) und Heimversuche („Probier’s mal“; 5,2 Seiten) sind mit insgesamt 11,8 Seiten deutlich umfangreicher als die sonstigen Zusatzmaterialien. Rechnet man die Versuche aus dem Anteil der Zusätze am Thema heraus, bleiben von 35,7 % nur noch 14,6 % übrig. Das ist im Vergleich der Schulbücher der geringste Wert. Ursache ist vor allem die Dominanz von Experimenten und Heimversuchen. Mit 11,8 Seiten hat CORNELSEN einen mehr als doppelt so großen Umfang an Experimenten wie DUDEN PAETEC (5 Seiten), OLDENBOURG (5 Seiten) und SCHROEDEL (5,5 Seiten). KLETT liegt hier mit 7,25 Seiten im Mittelfeld. Allgemein stellen vor allem die Heimversuche in „Probier’s mal“ eine Innovation dar, da sie tatsächlich auf Grund ihrer einfachen Strukturierung vom Schüler zu Hause durchführbar sind. Explizit formulierte Heimversuche finden sich sonst nur bei KLETT (1,5 Seiten). Diese kommen jedoch auf Grund ihres Umfangs nicht an die Bedeutung der Versuche im CORNELSEN Buch heran.

→ *Im CORNELSEN Buch dominieren mit zwei Dritteln des Umfangs an den Zusatzmaterialien deutlich Experimente und Heimversuche. Es ist dadurch im starken Maße versuchsorientiert. Sonstige Zusatzmaterialien wie „Aus der...Technik/ Natur/ Geschichte etc.“ besitzen nur eine untergeordnete Rolle. Durch Variabilität in den Themenbereichen und einem verständlichen Sprachstil sind die Zusatzmaterialien ansonsten gut gelungen.*

6.6.5 Zusätze bei Schroedel

Zusatzmaterialien sind bei SCHROEDEL als „Streifzug“, „Pinnwand“, „Werkzeug“ und „Durchblick“ sehr kreativ gewählt. Mit 9,3 Seiten ist der Bereich „Streifzug“ am umfangreichsten. „Streifzüge“ sind Texte, die den Grundtext ergänzen (z.B. „Unerwünschte Spiegelungen“ S. 25) oder vertiefen (z.B. „Bildkonstruktion bei Zerstreuungslinsen“, S. 42) und sind fächerübergreifend oder anwendungsbezogen. Da diese Zusatztexte immer inhaltsnah an den Grundtext gekoppelt sind, können sie gut in den Lernprozess integriert werden. „Streifzüge“ sind ockerfarbig hinterlegt und sind so sehr schnell auffindbar. Die Illustration mit vielen Bildern und Schemazeichnungen wirkt motivierend und ist gut gewählt. Auch die Variabilität in den Themenbereichen ist gut (++). Im Unterschied zu CORNELSEN

werden bei SCHROEDEL in den Zusatztexten auch Lerninhalte, wie beispielsweise zum Regenbogen (S. 53) transportiert. Dadurch erhöht sich der Umfang der Zusatztexte leicht.

Auf zwei Seiten zum Thema „Spiegel“ (S. 28, 29) und jeweils einer Seite zu den Themen „Sehen und Gesehen werden“ (S.27) und „Farben und Licht“ (S.58) finden sich bei SCHROEDEL sogenannte „Pinnwände“. Diese sind im Design einer realen Pinnwand nachempfunden, auf der einige Zettel mit Informationen, wie zum Beispiel Zeitungsartikel, „heften“. „Pinnwände“ erhalten so die Funktion, die Lerninhalte mit alltäglichen Beobachtungen in Beziehung zu setzen und dadurch zu verfestigen. Im Vergleich zu den anderen Schulbüchern ist dies der originellste Versuch einen Anwendungsbezug des Lernstoffs herzustellen.

Auch bei SCHROEDEL werden unter dem Begriff „Werkzeug“ ähnlich wie bei KLETT physikalische Arbeitsmethoden für den Schüler ausführlich dargestellt. Im Themenbereich Optik wird das „Protokollieren von Versuchen“ (S. 34, 35) detailliert beschrieben. Gut ist, dass hier neben der Beschreibung der Arbeitsschritte auch eine Vorlage eines Protokollblattes abgedruckt ist.

Am Ende des Optik Kapitels befindet sich mit „Durchblick“ ein Zusatz, der die im Kapitel entwickelten Kernkompetenzen reflektiert. Am Beispiel der Brechung wird hier nochmals die naturwissenschaftliche Arbeitsmethodik von Aufgabe über Planung und Vorbereitung, Durchführung, Beobachtung, Ergebnis und Fehlerbetrachtung aufgezeigt. Die Darstellung und Farbgestaltung ist übersichtlich und kann vom Schüler relativ leicht nachvollzogen werden. Eine ähnliche Kompetenzvermittlung findet sich in diesem Umfang in keinem der anderen Schulbücher.

Mit 5,5 Seiten und in einer blauen Hinterlegung besitzen „Versuche und Aufträge“ einen relativ geringen Umfang im Vergleich zu den übrigen Zusatzmaterialien. Unter „Versuche und Aufträge“ finden sich auch einfache Heimversuche Da jedoch eine Kennzeichnung fehlt, sind diese nur schwer auffindbar. Allgemein sind alle Versuche relativ einfach gehalten und können vom Schüler gut selbstständig durchgeführt werden.

→ *„Klassische“ Zusatztexte finden sich bei SCHROEDEL als „Streifzüge“ dargestellt. Die Variation in den Themenbereichen und der lockere Sprachstil wirken durchaus motivierend. Eine Besonderheit bei SCHROEDEL liegt darin, dass zum Teil „Streifzüge“ mit Aufgaben kombiniert sind, dies ermöglicht eine Reflexion der Zusatzinhalte. Mit „Pinnwand“ und „Durchblick“ sind bei SCHROEDEL innovative Zusatzformate geschaffen, die den Einsatz des Schulbuches abwechslungsreicher gestalten können.*

6.6.6 Fazit des Vergleichs der Zusätze

Alle Schulbücher benutzen Zusatztexte um weiterführende Informationen zum Grundtext zur Verfügung zu stellen. Zum Teil werden hier auch fächerübergreifende Inhalte behandelt. Dadurch erhalten die Zusatzmaterialien neben den Funktionen der Motivation und Vertiefung auch einen Anwendungsbezug. Am Umfangreichsten werden Zusätze bei SCHROEDEL und KLETT dargestellt. Auf Grund der kreativeren und originelleren Darstellung und des leichteren Niveaus ist das SCHROEDEL-Buch dem

KLETT-Buch überlegen. Durchaus gelungene Zusätze finden sich auch bei CORNELSEN und DUDEN PAETEC, jedoch ist das CORNELSEN-Buch mit einem hohen Anteil an Versuchen sehr stark anwendungsbezogen, so dass die Ergänzungstexte nur eine untergeordnete Rolle spielen. Einen ähnlich geringen Umfang nehmen die Zusatztexte beim Buch des OLDENBOURG Verlags ein. Zwar sind hier die Zusatzmaterialien sowohl informativ als auch unterhaltend, jedoch bietet dieses Buch mit einem relativ geringen Themenspektrum nicht die Varianz der anderen Bücher.

7 Zusammenfassende Betrachtung und Fazit

Im didaktischen und methodischen Vorgehen ergaben sich in den fünf zu untersuchenden Physikschulbüchern deutliche Unterschiede. So zeigt eine Gegenüberstellung der Schulbücher, wie dieselben optischen Inhalte durchaus verschieden dargestellt werden können. Jedes der Bücher besitzt darüber hinaus ein charakteristisches methodisches Konzept, nach dem es aufgebaut ist. Eine Bewertung der Schulbücher muss daher immer neben der Inhaltsvermittlung, auch den Verwendungszweck des Schulbuches berücksichtigen.

Das „klassische“ Lehrbuch, das direkt zur Unterrichtsgestaltung genutzt werden kann und sich in seiner Struktur an einer Schulstunde orientiert, liefern der DUDEN PAETEC - und in leicht abgeschwächter Form der KLETT Verlag. Durch die stringente Einhaltung der Reihenfolge Eingangsvorversuch, Wissensvermittlung durch den Grundtext und danach Überprüfung und Einübung des Gelernten durch Aufgaben liefern diese Bücher kaum Anregungen zur eigenständigen Lektüre durch den Schüler. Als einzige der untersuchten Bücher gehen KLETT und DUDEN PAETEC noch nach der „traditionellen“ Reihenfolge in der Vermittlung des Reflexionsgesetzes vor, was den Eindruck des „konservativen“ Vermittlungsstils noch verstärkt. Vor allem das Buch des DUDEN PAETEC Verlags richtet sich hier zu stark am alten gymnasialen Lehrplan von 1992 aus, während KLETT durchaus das neue Optik-Konzept von HERDT, wie zum Beispiel bei der Punkt-zu-Punkt-Abbildung aufgreift. Das Buch des KLETT Verlags ist im Vergleich auch deutlich anwendungsbezogener und legt einen Schwerpunkt auf Experimentieren und phänomenologisches Wissen. Das Niveau der Grundtexte ist jedoch beim KLETT Buch im Vergleich zu den anderen Schulbüchern das schwierigste.

Einen völlig anderen Weg geht das Buch des OLDENBOURG Verlags. Die Struktur des Buches ähnelt eher einem Sachbuch als einem Schulbuch und bietet für den Schüler viele Möglichkeiten zur eigenständigen Lektüre. Zur Gestaltung und Vorbereitung einer Unterrichtsstunde kann dieses Buch nur wenig beitragen, da die Materialien den Lernprozess weniger leiten als unterstützen. Das im Vergleich niedrigste Niveau des Grundtextes unterstützt die These, dass das Buch größtenteils schülerbezogen ist und als „geheimer Lehrplan“ und Vorbereitungshilfe für den Lehrer nicht geeignet ist. Bei dieser qualitativen Ausrichtung des Schulbuches überrascht, dass das Buch nur bedingt auf das neue Optik-Konzept von HERDT zurückgreift. Da physikalische Inhalte zu Gunsten einer lebendigen Beschreibung oftmals in den Hintergrund treten, können sich Verständnisschwierigkeiten entwickeln.

Das Buch des SCHROEDEL Verlags orientiert sich überwiegend am neuen Optik-Konzept von HERDT. Auf Grund der vielen quantitativen Inhalte ist das Schulbuch jedoch sehr mathematisch. Die umfangreiche Darstellung von Abbildungen durch Konstruktionsstrahlen ist ebenfalls ein Indiz dafür. Positiv ist bei SCHROEDEL, dass neben den „klassischen“ Lehrbuchinhalten viele Zusätze angeboten werden, die physikalische Inhalte mit Alltagsbeispielen verknüpfen. Dadurch entsteht ein lebendiges Vorstellungsbild und die Wirksamkeit des Physikstoffs kann veranschaulicht werden. Zum Teil werden diese

positiven Aspekte jedoch durch die Textdominanz und die vielen verschiedenen Darstellungsformen verringert.

Ebenso finden sich bei CORNELSEN viele Alltagsbezüge und Querverweise. Die Text- und Aufgabengestaltung ist hier im Vergleich am besten gelungen. Durch die konsequente Nutzung der Punkt-zu-Punkt-Abbildung wird ein Hauptziel des neuen Optik Konzeptes von HERDT umgesetzt. Auch bei den übrigen didaktischen Kriterien fällt das CORNELSEN-Buch nicht negativ auf. Das Schulbuch kann daher sowohl als unterrichtbegleitendes Leitmedium für den Lehrer als auch als zusätzliches Informationsmedium für den Schüler eingesetzt werden.

Auf eine abschließende Schulbuchempfehlung soll an dieser Stelle verzichtet werden, da ein großer Anteil der Auswahlgründe immer individuell und subjektiv getroffen werden muss. Weiche Einflussfaktoren wie die Schulphilosophie, Unterrichtsstil und Verwendungszweck sind oftmals einflussreicher als die Kriterien, die in dieser Arbeit untersucht wurden.

8 Literaturverzeichnis

8.1 Schriftliche Quellen

- BALLSTAEDT, S.** (1997): Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial, Weltz Psychologie Verlags Union, Weinheim
- HERDT, D.** (1990): Einführung in die elementare Optik: vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs, Westarp Wissenschaften, Essen
- ISB** (Hrsg.) (2006): Glossar: Begriffe im Kontext von Lehrplänen und Bildungsstandards, München
- ISB** (Hrsg.) (2009): Gymnasium in Bayern, München
- KIRCHER, E., GIRWIDZ, R., HÄUBLER, P.** (2009): Physikdidaktik – Theorie und Praxis, 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg
- KIRCHER, E., GIRWIDZ, R., HÄUBLER, P.** (2001): Physikdidaktik – Eine Einführung, 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg
- MAIER, H.** (1980): Das Mathematikbuch. In: HACKER, H. (Hrsg.): Das Schulbuch – Funktion und Verwendung im Unterricht, Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn
- MIKELSKIS-SEIFERT, S., BERGE, O., LICHTENSTERN, H.** (2009): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Optik, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 20 (2009) 113
- RAUCH, M/ TOMASCHEWSKI, L.** (1986): Reutlinger Raster zur Analyse und Bewertung von Schulbüchern und Begleitmedien. Reutlingen: o. V.
- SAMS, J./ THONHAUSER, J.** (1998): Schulbuchforschung – ein Beitrag zur Schulentwicklung? In: Salzburger Beiträge zur Erziehungswissenschaft, 2. Jg., Heft 1/1998
- SHELLER, P.** (2010): Verständlichkeit im Schulbuch, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn
- WIESNER, H.** (1992): Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik I, in: Physik in der Schule 30 (1992) 9
- WIESNER, H.** (1992): Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik II, in: Physik in der Schule 30 (1992) 10
- WIESNER, H., ENGELHARDT, P., HERDT, D.** (1994): Unterricht Physik, Band 1: Optik I – Lichtquellen, Reflexion; Aulis Verlag, Köln
- WIESNER, H.** (1995): Physikunterricht – an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert, in: Unterrichtswissenschaft 23 (1995) 2

- WILHELM, T.** (2005): Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, Logos-Verlag, Berlin
- WODZINSKI, R.** (1996): Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, in: Müller, R (Hrsg): Schülervorstellungen in der Physik, Aulis Verlag, Köln, 2004

8.2 Internetquellen

- <http://www.bildungserver.de/zeigen.html?seite=2488>
- http://www.hs-augsburg.de/~harsch/Chronologia/Lspost17/Comenius/com_o00p.html
- <http://www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072287&a=1&knp=0&&>
- <http://www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072254&a=1&knp=0&page=2>
- <http://shop.paetec.de/ec/jumpin.jsp?isbn=978-3-89818-354-3>
- <http://www.Duden-Paetec.de/index.php?bl=&page=46&menu=3&typeSet=sek>
- <http://www.Oldenbourg.de/osv/module/neuerscheinungen.php?L=2&S=Gymnasium&B=Bayern&N=00035>
- <http://www.Klett.de/sixcms/list.php?page=fachseite&fachseite=Gymnasium+Physik&modul=zusatzmaterial>
- <http://www.Klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772341-5>
- <http://www.Cornelsen.de/lehrkraefte/reihe/r-5366/ra-6021/titel/9783060143511>
- <http://www.Cornelsen.de/sbk/1.c.1672293.de>
- http://www.Schroedel.de/Schroedel_aktuell/aktualitaetenservice_abonnements_lehrer.xtp
- <http://www.Schroedel.de/suche/artikelansicht.xtp?id=978-3-507-86360-6>
- http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/upload/fids/downloads/k_arbeit_mit_komplexen_texten_neu.pdf
- <http://www.km.bayern.de/eltern/was-tun-bei/rechte-und-pflichten.html>
- <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388> (Fachprofil NuT)
- <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26334> (Lehrplan NuT 5. Klasse)
- <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26433> (Lehrplan NuT 6. Klasse)

-
- <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26436> (Lehrplan NuT 7. Klasse)
 - <http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=245b53ee51a13fd8a0950f95212dbb4a> (G9 Lehrplan Physik)
 - http://www.vbio.de/der_vbio/landesverbaende/bayern/schule_und_schullabor_bayern/e21375/index_ger.html
 - http://www.vbio.de/der_vbio/landesverbaende/bayern/schule_und_schullabor_bayern/e21375/index_ger.html
 - <http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/arbeiten/Mechanikbuecher.pdf>
 - http://de.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCtekriterien_psychodiagnostischer_Verfahren
 - <http://de.wikipedia.org/wiki/Exkurs>

9 Anhang: Tabellarische Auswertung gemäß des Kriterienkataloges

	Didaktische Inhalte und ihre Umsetzung	Bücher:	Duden	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
	1. Sehen						
1.1	Wird der Sehvorgang thematisiert? (Im Sinn: Licht fällt ins Auge)	J / N	J	J	J	J	J
1.2	Wie wird die Sender-Empfänger-Vorstellung erklärt?	++, +, 0, -	- (gleich am Anfang: Reflexion und Absorption)	+ (v.a. auf Zwischensender wertgelegt, Bsp.: Maus)	++ (gut: genaue Formulierung nach Herdt)	+(Zwischensender Papier und rotes T-Shirt)	+(Unterscheidung Lichtquelle und beleuchteter Körper)
1.3	Wird auf die Schülervorstellung zum Sehen eingegangen?	J / z.T. / N	N	J (Sehstrahlvorst.)	J (Sehstrahlvorst.)	J (Sehstrahlvorst.)	J (Licht ist unsichtbar)
			Lichtquelle > gliedernde Körper > hohes Niveau	niedriges Niveau mit vielen Bsp. (Alltagsbeschreibungen)	mittleres Niveau mit vielen Bsp. (Fotos)	mittleres Niveau	mittleres bis hohes Niveau (z.B. Auge wandelt Licht in elektrische Impulse um) schlecht: Formulierung: das Kind sieht, statt Eigenname
	2. geradlinige Ausbreitung von Licht						
2.1	Wird die geradlinige Ausbreitung von Licht thematisiert?	J / N	J	J	J	J	J
2.2	Wird auf die dynamische Strömungsvorstellung eingegangen?	J / z.T. / N	z.T. (Lichtgeschwindigkeit – Bsp. Zeit zwischen Sonne und Erde)	z.T. (Lichtgeschwindigkeit – Bsp. Laser-Mondversuch)	N	N	J (mit Photonenbewegung – Analogie: Regenschauer)
2.3	Wie ausführlich wird die Schattenbildung thematisiert?	++, +, 0, -	+ (3 Seiten, es fehlt: Schattenraum und Übergangsschatten)	- (fehlt: Schemazeichnungen + Erklärung mit Lichtstrahlmodell fehlen)	+ (bei drei Seiten immerhin 1 Seite, aber nur Schemazeichnungen)	0 (nur eine halbe Seite, keine Nennung von Schattenraum, und Übergangsschatten)	++ (Versuchsfotos und Schemazeichnungen)
2.4	Wie groß ist der Anteil von Mondphasen, Sonnen- und Mondfinsternis am Themenbereich?	%-Vgl.	22 %	29 %	20 %	42 %	18 %
2.5	Welchen Umfang besitzen Schülerversuche und Aufgaben an diesem Thema?	%-Vgl.	33 %	43 %	34 %	36 %	41 %
	Anmerkungen:		wenig Information pro Seite/ keine physikalischen Schemazeichnungen		mit nur 3 Seiten Text, sehr wenig Inhalt	Dominanz der Mondphasen zu Lasten der Schattenbildung	gut: viele Beispiele und Versuche v.a. zum Schatten

	Didaktische Inhalte und ihre Umsetzung	Bücher:	Duden	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
	3. Spiegel und Reflexionsgesetz						
3.1	Folgt die Herleitung des Reflexionsgesetzes einer hierarchischen Abfolge? (Eigenschaften Spiegelbild – Reflexionsgesetz – Erklärung des Spiegelbildes)	J / z.T. / N	N (erst Reflexionsgesetz, dann Spiegelbild)	J	N	J	J
3.2	In welchem Umfang werden Schülervorstellungen zum Spiegelbild behandelt?	++, +, 0, -	0 (Lage und Ort des Sp.Bilds werden erklärt)	+ (Bild nicht auf der Oberfläche, Vertauschung vorne und hinten)	0 (Lage und Ort des Sp.Bilds werden erklärt)	0 (Lage und Ort des Sp.Bilds werden erklärt)	++ (Rechts- und Linksvertauschung wird thematisiert, viele Beispiele von Alltagsvorstellungen)
3.3	Wird der Reflexionsbegriff verwendet?	J / N	J	J	(J) („gerichtete“ Reflexion)	J	J
3.4	Wird der Streuungsbegriff verwendet?	J / N	(N) gleichzeitige Verwendung von Streuung und diffuser Reflexion	N (Streuung wird nicht behandelt)	(N) gleichzeitige Verwendung von ungerichteter Reflexion und Streuung	J (bereits unter „Ausbreitung des Lichts“ erklärt)	J
	Anmerkungen:			gut: Prinzip von der Umkehrbarkeit des Lichtweges wird behandelt		gut: die Erklärung des Sp.Bilds erfolgt anhand von vielen Versuchen	gut: die Reihenfolge (Eigenschaften – Reflexion – Erklärung) wird konsequent eingehalten
	4. Brechung und Abbildung durch Sammellinsen						
4.1	Wird ein Zusammenhang zwischen der Brechung und Abbildung durch Sammellinsen gezogen?	J / z.T. / N	J	J	J (+ gute Herleitung mit Kugelglas)	J	J
4.2	In wie weit wird die Punkt-zu-Punkt Abbildung mit Lichtkegeln thematisiert?	++, +, 0, -	- (kommt nicht vor)	+ (zur Definition von Brenn- und Hauptebene)	+ (Lichtkegel und Konstruktionsstrahlen werden parallel verwendet, wobei die Lichtkegel immer zur Beschreibung des Phänomens dienen)	++ (Gedankliche Zerlegung des Gegenstandes in Leuchtpunkte, wie bei Herdt)	+ (Herleitung der Bilder bei der Sammellinse durch Lichtkegel, dann jedoch starke Miathematisierung > Abbildungsgleichung)
4.3	Welchen Umfang nimmt die Abbildung durch Konstruktionsstrahlen ein?	%-Vgl.	60 %	33 %	20 %	7 %	25 %

	Didaktische Inhalte und ihre Umsetzung	Bücher: %-Vgl.	Duden	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
4.4	Welchen Umfang die Punkt-zu-Punkt-Abbildung?		0 %	22 %	20 %	14%	17 %
4.5	Wie wird auf Schülervorstellungen zu diesem Bereich eingegangen?	++, +, 0, -	-	+ (v.a. bei der Brechung)	0	0	0
4.6	Wie intensiv wird der Spezialfall Totalreflexion behandelt?	++, +, 0, -	0 (als Spezialfall der Brechung)	+ (als Spezialfall der Brechung und bei Anwendungen aus Natur und Technik)	++ (als eigenes Unterkapitel mit den Exkursen „Glasfasern“ und „Luftspiegelungen“)	- (Ein Satz bei der Brechung)	- (nur als Teilergebnis eines Versuchs, ohne Erklärung)
	Anmerkungen:		deutliche Dominanz der Strahlengeometrie	ausschließlich Sammelinhalten werden thematisiert	strahlengeometrische Konstruktionen sind deutlich reduziert; wenig Bilder, viel Text	viele Aufgaben und Anwendungen	einziges Buch, das die Abbildungsgleichung behandelt
	5. Auge & Fehlsichtigkeit/ optische Instrumente						
5.1	Wie wird auf das menschliche Auge eingegangen? (Aufbau und Funktion)	++, +, 0, -	+ (Aufbau und Funktion sind gut dargestellt)	+ (Aufbau und Funktion sind gut dargestellt)	+ (Aufbau und Funktion sind dargestellt, besonderer Fokus auf dem Schwinke)	+ (Aufbau zwar dargestellt, jedoch nicht erklärt; der Schwerpunkt der Funktionen liegt bei der Fehlsichtigkeit)	(+)+ (Aufbau und Funktionen sind detailliert beschrieben, ebenso Sehfehler und ihre Korrektur)
5.2	Auf wie viele optische Instrumente wird eingegangen?	X	3 (Kamera, Diaprojektor und Mikroskop)	2 (Kamera und Mikroskop)	2 (Lupe und Mikroskop detailliert, Overheadprojektor und Digitalkamera im Vorspann)	3 (Lupe, Fernrohr, Mikroskop)	4 (Lupe, Fernrohr, Projektor, Overheadprojektor und Foto)
5.3	Welchen Umfang besitzt das menschliche Auge am Thema?	%-Vgl.	50 %	66 %	33 %	50 %	50 %
5.4	Welchen Umfang besitzen optische Geräte am Thema?	%-Vgl.	50 %	33 %	66 %	50 %	50 %
5.5	Wird ein Alltagsbezug hergestellt? (Brille, Fernglas etc.)	++, +, 0, -	+ (nur kurze Beschreibung von Fehlsichtigkeit und Brille)	0 (wenig Alltagsbeispiele, dafür viele optische Phänomene/Täuschungen)	0 (Beispiele aus dem Alltag, werden sehr schnell auf ein abstrakteres Niveau gehoben)	+ (die Beispiele kommen nicht unbedingt aus dem Alltag der Schüler)	++ (durch viele Beispiele und Fotos ergibt sich ein guter Alltagsbezug)

	Didaktische Inhalte und ihre Umsetzung	Bücher:	Duden	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
	Anmerkungen:		nicht besonders umfangreich	insgesamt niedriges Niveau mit wenig physikalischen Erklärungen - teilweise verwirrende Beschreibungen (Bsp.: S.37)	hohes Niveau: Linsenfehler, sphärische Aberration, chromatische Aberration, Astigmatismus	gut: Naturbezug: Scharfstellung bei Tieraugen	
	6. Farbe						
6.1	Wird auf die spektrale Zerlegung von Licht eingegangen?	J / N	J	J	J	J	J
6.2	Werden dabei Alltagsbezüge thematisiert?	J / z.T. / N	J (Farbwahrnehmung im Auge)	J (Farbwahrnehmung, Spektrale Zerlegung des Lichts durch Alltagsgegenstände)	J (Farben in der Technik)	J (Farben in der Technik, Computermonitor)	z.T. (erst im „Streifenzug“; Farbwahrnehmung, Farbblindheit)
6.3	Ist die Beschreibung des Regenbogenphänomens verständlich?	++, +, 0, -	+ (kompakte Darstellung, aber teilweise ungenau)	0 (zwar kompakt und verständlich, jedoch fehlt ein Gesamtbild)	++ (kompakt und verständlich mit guten Schemazeichnungen)	++ (kompakt und verständlich mit guten Schemazeichnungen)	0 (umfangreich und schwer verständlich, Schemazeichnungen sind nicht in den Text integriert)
	Anmerkungen:		Sehwinkel 42° für rotes Licht	Sehwinkel 42° für rotes Licht	Sehwinkel 42° für rotes Licht	Brechungswinkel und Sehwinkel	Brechungswinkel und Sehwinkel

Bilder	Bücher:	Duden	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
1. Allgemein Kriterien						
1.1 Wie viele Bilder kommen vor?	X	211	122	183	205	210
1.2 Wie viele Bilder kommen durchschnittlich pro Seite vor?	X	3,9	2,5	4,0	3,7	4,0
1.3 Wie groß ist der Flächenanteil der Bilder an der Gesamtseite (Text)?	%-Vgl.	41 %	31 %	39 %	44 %	36 %
1.4 Reicht die Größe der Bilder um relevante Details zu erkennen?	++, +, 0, -	0 (v.a. bei Fotos reicht die geringe Größe oftmals nicht aus Bsp. S. 46)	+ (aber kaum Fotos)	++ (auch bei Fotos sind die relevanten Details gut zu erkennen)	++	++
1.5 Ist die Informationsmenge richtig dimensioniert? (Konzentration auf das Wesentliche, max. 5 – 7 optische Gruppen)	++, +, 0, -	+	+	+ (teilweise überladene Darstellungen, SEV S. 10)	+	0 (Bilder liegen zum Teil hinter dem Text und sind dadurch schwer zu erkennen)
1.6 Wie viele didaktische Hilfsmittel werden zum Hervorheben von wesentlichen Inhalten genutzt? (Pop-out-Effekt – visuelle Inkonsistenzen, visuelles Hervorheben (cueing))	X	...	Karikatur S. 13	visuelles Hervorheben (Lupe S. 53)
1.7 Werden die Bilder erklärt?	++, +, 0, -	++	+	+	++	+
1.8 In wie weit werden Bildunterschriften verwendet?	++, +, 0, -	++	-(keine Bildunterschriften)	+(Ja aber nur im Haupttext)	++	-(keine Bildunterschriften)
1.9 Nimmt der Text Bezug auf die Bilder?	J/z.T. /N	J (durch die Nummerierung ist eine eindeutige Zuordnung möglich)	J (aber durch fehlende Nummerierung, erfolgt die Zuordnung durch räumliche Nähe)	J	J	z.T. (manche Bilder dienen der Veranschaulichung ohne direkt vom Text erklärt zu werden z.B. Linsen S.37)
1.10 Sind die Bilder nach einem System geordnet?	J/z.T. /N	J	N	J (aber nur im Haupttext)	J	N
1.11 Sind die Bilder nummeriert?	J/z.T. /N	J	N	J (aber nur im Haupttext)	J	N (Ausnahme S. 15 – 17)

Bilder	Bücher:	Duden	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
2. Spezielle Kriterien						
2.1 Wie groß ist der Anteil von: (Untersuchungsbereich: Spiegel und Linsen) - Fotos - realgetreue Zeichnungen - halbreale Zeichnungen - Schemazeichnungen - logischen Bilder (Diagramme, Tabellen, Charts)	In %	36 3 6 49 6	19 33 8 40 0	33 15 5 36 11	30 6 14 43 7	46 8 5 30 11
2.2 Aus welchem Bereich kommen die Bilder? (Alltag, Physik, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug ...)	(...)	In Fotos überwiegen Alltagssituationen	Alltag und Freizeit	Natur, Technik, Alltagsbereich; Historie (zwar gering, aber fast in jedem Kapitel (S. 8, 17, 29, 36, 42))	Natur, Technik, Freizeit und Alltag (die Bereiche wechseln)	vor allem Alltag und Naturphänomene, zum Teil auch technische Darstellungen (Kamera S. 48)
2.3 Werden in den Bildern die Interessen der Schüler aufgegriffen?	++, +, 0, -	++ (Alltagsbezug)	+	+	++ (Lucky Luke S. 12, Liebesgeschichte S. 20)	+
2.4 Welche Funktionen dominiert bei den Bildern?	Kat.	Dekorativ 1 % Darstellung 14 % Veranschaulichung 28 % Modell 55 % Inhalt 1 %	Dekorativ 2 % Darstellung 22 % Veranschaulichung 24 % Modell 50 % Inhalt 2 %	Dekorativ 0 % Darstellung 22 % Veranschaulichung 32 % Modell 43 % Inhalt 3 %	Dekorativ 0 % Darstellung 23 % Veranschaulichung 27 % Modell 47 % Inhalt 3 %	Dekorativ 2 % Darstellung 18 % Veranschaulichung 33 % Modell 41 % Inhalt 6 %
2.5 Eignen sich die Bilder dazu, diese Funktion umzusetzen?	++, +, 0, -	++	+ (durch größtenteils gezeichnete Bilder können unwichtige Details ausgeblendet werden – der motivierende Effekt der Co-miczeichnung wird durch den ständigen Gebrauch verringert)	++ (viele kleine Fotos am Seitenrand)	++	++
2.7 Ist die Bildsymbolik nachvollziehbar?	++, +, 0, -	++	- (in manchen Bildern ist erst nach der Textlektüre die Bildsymbolik zu erkennen z.B. S.26)	++	++	0 (es gibt kein System zwischen Bild und Text)

	Sprachliche Gestaltung (Text)	Bücher:	Duden-Paetec	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
	1. Allgemeine Kriterien						
1.1	Wie groß ist der Umfang vom Grundtext am Thema?	%	21 % (49 % pro Seite)	30 % (59 % pro Seite)	29 % (54 % pro Seite)	18 % (36 % pro Seite)	26 % (49 % pro Seite)
1.2	Kommen Zusammenfassungen vor?	J / N	J (Zusammenfassung des Inhalts)	J (Aufgaben zum Grundwissen)	J („Rückblick“ durch Fragestellung)	J („Auf einen Blick“= Zusammenfassung, „Alles klar“= Rückblick durch Fragestellung)	J (Aufgaben zum Grundwissen und Stichwortzettel „wichtigste Begriffe“ S. 61)
1.3	An welcher Stelle des Grundtextes kommen die Zusammenfassungen vor?	(...)	Ende jedes Unterkapitels	Ende Kapitel	Ende jedes Unterkapitels	Ende jedes Unterkapitels	Ende Kapitel
1.4	Geben die Zusammenfassungen die grundlegenden Aussagen des Textes wieder?	++, +, 0, -	++	- (Aufgabencharakter gibt nur unvollständig die Thematik wieder)	+	++ (aber: sehr ausführlich und textlastig, kaum komprimierte Inhalte)	0 (Stichwortzettel und Aufgaben reichen nicht aus)
1.5	Kommen Advance organizer vor?	J / z.T. / N	N	N	N	N	N
1.6	Kommen Einstiegstexte vor?	J / N	J (Unterkapitel)	N	J (Unterkapitel (nur 3) + Gesamteinstieg „Vorhaben“)	J (Unterkapitel + Gesamteinstieg)	J (Unterkapitel + Gesamteinstieg)
1.7	Sind die Einstiegstexte ansprechend? (Wortwahl, Satzkonstruktion)	++, +, 0, -	0 (Fotos und Text korrelieren – Text wirkt jedoch abstrakt und nicht motivierend)	- Es gibt keine Einstiegstexte	++(Bild und Text sind informativ, verständlich und kreativ)	++ (Fragen werden formuliert – Umgangssprache)	+ (Fragen werden formuliert und Bild)
1.8	Auf welche Bereiche beziehen sich die Einstiegstexte? (Geschichte, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug)	(...)	Alltag, Verkehr, Technik, Natur		Alltag, Historie	Freizeit (viel), Natur	Astronomie, Natur, Technik, Alltag, Sport
1.9	Wird im Grundtext auf die Einstiegstexte Bezug genommen?	J / z.T. / N	N		N	z.T.	N
1.10	Kommen Beispiele vor?	J / N	J	J	J	J	J
1.11	Welche Arten von Beispielen kommen vor?	(...)	Im Grundtext ca. 3 Einwortbsp. pro Seite Übertragungen z.B. Sonnenofen, Landschaft im Spiegel	Grundtext arbeitet ausschließlich mit ausführlichen Beschreibungen: ca. 3 Übertragungen pro Seite + Satzbeispiele	als Beispiele dienen dem Grundtext vorangestellte Versuche, der Grundtext nimmt auf diese Bezug, kaum Einwortbsp. zum Teil Satzbsp.	große Varianz unter den Beispielen, sehr anschauliche Sprache und viele Beispiele (v.a. Übertragungen)	im Haupttext vor allem Einwortbeispiele, Rechenbeispiele mit Lösung an Haupttext gekoppelt
1.12	Aus welchem Bereich kommen die meisten Beispiele?	(...)	Alltag, Natur	Freizeit, Alltag	Physik, Alltag, Natur	sehr abwechslungsreich	Natur, Alltag
1.13	Sind die Beispiele ausführlich genug?	++, +, 0, -	+	++	+	++	+

	Aufgaben	Bücher:	Duden-Paetec	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
	1. Allgemeine Kriterien						
1.1	Wie viele Aufgaben kommen vor?	X-Vgl.	Aufgaben: 84 Experimente: 19	„Anwendungen und Anregungen“: 58 + 5	Aufgaben: 55 Gedanken Experimente: 29 Fragen zum Thema: 23 Heimversuche: 17	Aufgaben: 30 + 22 „Probier's mal“: 22 Experimente: 13	Aufgaben: 119 + 17 Versuche: 36
1.2	Welchen Umfang besitzen die Aufgaben?	X-Vgl.	Aufgaben: 8 Seiten Experimente: 5 Seiten Gesamt: 24 %	Anw. u. Anr.: 13,3 Seiten (29 %)	Aufgaben: 3,75 Seiten Ged. Exp.: 5 Seiten Fr. z. Thema: 1 Seite Heimv.: 1,75 Seiten Gesamt: 26 %	Aufgaben: 4,75 + 2,5 Prob. Mal: 6 Seiten Exp.: 5,5 Gesamt: 33 %	Aufgaben: 6,1 + 2 Versuche: 5,3 Gesamt: 25 %
1.3	Wie umfangreich sind die Aufgaben? (Wörter pro Aufgabe/ Sätze pro Aufgabe)	X	ca. 26 Wörter pro Aufgabe Fragen sind kurz und prägnant; kaum untergliederte Aufgaben	ungefähr 50 Wörter pro Aufgabe – sehr ausführlich, teilweise Szenarios z.B. S.22	ca. 33 Wörter pro Aufgabe	ca. 42 Wörter pro Aufgabe	ca. 28 Wörter pro Aufgabe
1.4	Ist der Umfang ausreichend um die Aufgaben lösen zu können?	++, +, 0, -	++ (zwar knappe Fragestellung, jedoch ausreichend um die Aufgabe zu lösen)	++ (teilweise sehr geringes Niveau der Aufgaben)	++ (mit ausführlichen Beispielen, soll die Lösung der Aufgaben erleichtert werden)	++ (Musterlösungen werden angeboten)	0 (z.T. sehr mathematische Fragestellung z.B. S.32/5)
1.5	Sind die Aufgaben sprachlich verständlich formuliert?	++, +, 0, -	++	++	++	++	0
1.6	Wird eine differenzierte Sprache eingesetzt? (Aufgabenverben, direkte Ansprache)	J / z.T. / N	J: klassische Fragestellung wechselt mit direkter Rede oranger Kasten	J: klassische Fragestellung wechselt mit direkter Rede eigenes Kapitel am Ende des Themas	N eher klassische Aufgabenstellung durch Fahne	J: Wechsel zwischen klassischer Fragestellung und direkter Rede grünes Banner	J: Wechsel zwischen klassischer Fragestellung und direkter Rede rotes Banner
1.7	Sind die Aufgaben vom Text separiert? (durch welche opt. Hilfsmittel)	(...)	am Ende des Kapitels	Kapitelende	Kapitelende	Textbegleitend	jede Seite am Ende des Unterkapitels
1.8	Wo befinden sich die Aufgaben?	(...)	J	J	J	J	J
1.9	Sind die Aufgaben nach einem System geordnet?	J / z.T. / N	+	0 (da am Ende des Kapitels> eher Übungscharakter als Begleitung zum Lernprozess)	++ (v.a. die Gedankenexperimente und Fragestellungen zum Text unterstützen den Lernprozess)	++ (durch räumliche und inhaltliche Nähe zum Text, sind die Aufgaben gut in den Lernprozess integriert)	0 (gut: jedes Kapitel hat seinen eigenen Fragenapparat, schlecht: zu viel mathematische Aufgaben)
1.10	Unterstützen die Aufgaben den Lernprozess?	++, +, 0, -	+	0	++	++	0

+	Aufgaben	Bücher:	Duden-Paetec	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
2.1	2. Spezielle Kriterien Wie groß ist der Anteil von: - Rechenaufgaben - Verständnisfragen - Verbalisierungsaufgaben - Rechercheaufgaben - Versuche	X	Rechen: 19 % Verständnis: 47 % Verbalisierung: 26 % Recherche: 6 % Versuche: s.o.	Rechen: 23 % Verständnis: 11 % Verbalisierung: 9 % Recherche: 0 % Versuche: 57 % Alltag, Freizeit	Rechen: 24 % Verständnis: 45 % Verbalisierung: 22 % Recherche: 0 % Versuche: 9 % Natur, Sport/Freizeit, Alltag	Rechen: 34 % Verständnis: 48 % Verbalisierung: 16 % Recherche: 2 % Versuche: 0 Natur, Alltag	Rechen: 28 % Verständnis: 48 % Verbalisierung: 28 % Recherche: 1 % Versuche: 5 % + s.o. sehr textnahe Aufgabenstellung, kaum aus externen Bereichen (Alltag)
2.2	Aus welchem Bereich kommen die Aufgaben? (Alltag, Physik, Mathematik, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug ...)	Kat.	Natur, Technik, Alltag (abwechslungsreich)	Alltag, Freizeit	Natur, Sport/Freizeit, Alltag	Natur, Alltag	sehr textnahe Aufgabenstellung, kaum aus externen Bereichen (Alltag)
2.3	Wird durch die Aufgabenstellung vermutlich das Interesse der Schüler angeregt?	++, +, 0, -	++	++ (schon mit der Aufgabenüberschrift wird gezielt das Interesse der Schüler geweckt: z.B. „Tricks mit Knicks“; S.22/13)	+ (manche Aufgaben am Ende sind sehr Lernzielorientiert; gut: Verständnisfragen zum Grundtext)	++ (Alltagsbezug wird aufgegriffen)	+ (Interessen der Schüler – Freizeit, Sport werden kaum aufgegriffen, gut viele Verbalisierungsfragen z.B. S. 9))
2.4	Werden Alltagsbezüge hergestellt (sind die Aufgaben anwendungsbezogen)?	++, +, 0, -	++ (viele Aufgaben sind anwendungsbezogen)	0 (kaum Aufgaben die das Lernziel überprüfen)	++ (In den Aufgaben ist man um die maximale Verknüpfung mit Alltagsphänomenen bemüht)	++ (gute Beschreibung von Alltagsphänomenen)	0 (in den Fragen werden nur wenige Alltagsbezüge hergestellt)

	Merksätze	Bücher:	Duden-Paetec	Oldenburg	Klett	Cornelsen	Schroedel
	1. Allgemeine Kriterien						
1.1	Wie viele Merksätze kommen vor?	X	18	10	24	14	30
1.2	Wie viele Merksätze kommen pro Grundtextseite vor?	X	1,6	0,7	1,9	1,3	2,1
1.3	Wie viele Wörter entfallen auf die Merksätze?	X	16,4	42,5	19,1	30,3	20,1
1.4	Sind die Merksätze deutlich vom Grundtext hervorgehoben? (durch welche Mittel)	(...)	lila Kästen plus oranges M für Merke	Ergebnis (=) und Fettdruck	Blauer Balken am Rand	blaue und fetgedruckte Schrift	grüne/blaue Hinterlegung
1.5	Wo im Text befinden sich die Merksätze?	(...)	Im Text, am Ende der für den Inhalt des Merksatzes relevanten Passage	Am Ende eines Kapitels	Im Text, am Ende der für den Inhalt des Merksatzes relevanten Passage	Im Text, am Ende der Merksatzes relevanten Passage	Am Ende eines Kapitels
1.6	Sind die Merksätze nach einem System geordnet?	J / z.T. / N	N	N	N	N	N
				es gibt keine Merksätze, die Funktion übernimmt die Zusammenfassung (Ergebnis) am Kapitelende			
	2. Spezielle Kriterien						
2.1	Wie ist das Abstraktionsniveau in den Merksätzen?	++, +, 0, -	++ (einfach und kompakt)	- (zu umfangreich)	0 (hohes Niveau)	++	+
2.2	In wie vielen Merksätzen kommen Formeln vor?	X-Vgl.	2 (11 %)	0	1 (4 %)	1 (7 %)	3 (10 %)
2.3	Wie viele Fachwörter werden genannt?	X	34 (11,5 % Anteil an der Gesamtanzahl)	70 (16,4 %)	70 (15,3 %)	54 (12,7 %)	84 (15,7 %)
2.4	Wird auf einen komplexen Satzbau verzichtet? (sind sie verständlich formuliert)	++, +, 0, -	++ (gut: z.T. nur ein kurzer Satz als Merksatz)	- (sehr lange Sätze, mit viel Information)	0 (teilweise komplizierte Formulierung z.B. S. 35)	++ (einfache und verständliche Sprache)	+ (einfacher Satzbau, jedoch oftmals zu viele Sätze)
2.5	Sind die Merksätze sprachlich in den Grundtext integriert?	J / z.T. / N	z.T. Merksätze dienen teilweise als Zusammenfassungen des Textinhalts	J (als Ergebnis des Grundtextes)	J (sind in den Grundtext integriert und fassen den Inhalt des Textes zusammen)	J (Merksätze sind ein Element des Grundtextes)	z.T. (Merksätze stehen außerhalb des Grundtexteinheit)
	Anmerkungen:		gut: manche Fachwörter wie Reflexion werden nochmals erklärt	teilweise umständliche Formulierungen um Formeln zu vermeiden (z.B. Reflexion S. 16, Brechung S. 18)	die Formulierungen sind teilweise nicht unmittelbar verständlich	Merksätze besitzen einen einfachen Satzbau und eine verständliche Sprache auf	es kommen zu viele Merksätze vor die eher Zusammenfassungen als Merkinhalte beinhalten (Kamera S. 48)

	Zusätze (Experimentiervorschläge – Anwendungen in Natur und Technik)	Bücher:	Duden-Paetec	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
	1. Allgemeine Kriterien						
1.1	In welchem Umfang kommen Zusätze vor?	X	Physik in Natur und Technik: 6 Seiten Experimente: 5 Seiten Projekt: 2 Seiten Methoden: 1 Seiten Sonstiges (Geschichtliche Bezüge): 3 Seiten	Zum Weiterlesen: 9 Seiten Versuche (bei Anwendungen und Anregungen): 5 Seiten	Ergänzungen: 7 Seiten Versuche: 5 Seiten Heimversuche: 2,25 Seiten Werkstatt: 2 Seiten Projekt Vorhaben: 3 Seiten geschichtliche Zusätze: 2 Seiten	Experimente: 6,6 Seiten „Probier’s mal“: 5,2 Seiten „Aus der ...“: 6,1 Seiten Methoden: 1,5 Seiten „Schon Gewusst“: 0,3 Seiten „Interessantes“: 0,3 Seiten	„Streifenzug“: 9,3 Seiten „Versuche und Aufträge“: 5,5 Seiten „Pinnwand“: 4 Seiten „Werkzeug“: 2 Seiten „Durchblick“: 1 Seite
1.2	Wie groß ist der Anteil von Zusätzen am Gesamttext?	X-Vgl.	31,5 % (ohne Versuche: 22,2 %)	30,4 % (nur zum Weiterlesen: 19,6 %)	47,2 % (ohne Versuche: 36,1 %)	35,7 % (ohne Versuche: 14,6 %)	40,4 % (ohne Versuche: 30,2 %)
1.3	Werden die Zusätze vom Grundtext getrennt? (opt. Hervorgehoben)	J / z.T. / N	J (Banner, Hintergrundfarbe)	J (extra Kapitel)	J (farbiger Hintergrund, z.T. extra Kapitel)	J (Banner, verschiedene Farben)	J (Banner und Hintergrundfarbe)
1.4	Wo befinden sich die Zusätze?	(...)	unterschiedlich: Methoden u. Sonstiges zwischen dem Grundtext, Physik in NuT und Experimente am Ende eines Unterkapitels	Kapitelende	Projekt Vorhaben am Kapitelanfang, Heimversuche, Ergänzungen am Kapitelende, Werkstatt Versuche, Werkstatt und geschichtliche Zusätze innerhalb des Kapitels	zwischen dem Grundtext unterschiedlich verteilt	immer am Ende eines Unterkapitels
1.5	Sind die Zusätze nach einem System angeordnet? (Zahlen, Buchstaben)	J / z.T. / N	N	N	N	N	N
	2. Spezielle Kriterien						
2.1	Auf welchen Inhalt beziehen sich die Zusätze? (optische Inhalte)	(...)	Schatten, Brechung, Farben	Mondphasen, Brechung, Linsen, Farbe, Brillen	Spiegel, Brechung, Linsen, Farbe	für alle optischen Inhalte gibt es diverse Zusätze	für alle optischen Inhalte gibt es diverse Zusätze
2.2	In wie weit kommen Experimentiervorschläge für die Schüler vor?	X-Vgl.	5 Seiten	5 Seiten	7,25 Seiten	11,8 Seiten	5,5 Seiten

	Zusätze (Experimentiervorschläge – Anwendungen in Natur und Technik)	Bücher:	Duden-Paetec	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
2.3	Welche Anwendungen aus Natur und Technik werden aufgegriffen?	(...)	Totalreflexion, Unvollkommene Linsen, Mikroskop, IR und UV Licht	Brechung, Totalreflexion (Fata Morgana), Fehlsichtigkeit	Lichtquellen, Brechung in der Atmosphäre, Totalreflexion (Glasfaser, Luftspiegelung, digitale Fotokamera, Farbfernsehen	Finsternisse, Brechung in der Atmosphäre, „Tunnelbau mit Laser“, „Superblack“, Fotografieieren, Prismen Fernglas, Computer Monitor, Scharfstellen beim Tierauge	Lichtquellen, Finsternisse, Spiegelungen, Brechung, Bildentstehung (Kamera), Regenbogen, Farbwahrnehmung
2.4	Wird dabei auf den Lebensbereich der Schüler eingegangen?	J / z.T. / N	z.T. wird ein Alltagsbezug geschaffen (Porträt zeichnen, Sonnenuhr) im Vordergrund stehen wissenschaftliche Anwendungen und Versuche	J (Experimente sind an den Alltag angelehnt, „zum Weiterlernen“ stellt Phänomene aus der Natur dar)	J (die Ergänzungen beziehen sich v.a. auf technische Bereiche)	J (die Ergänzungen beziehen sich auf Bereiche aus der Technik und der Natur)	J (v.a. bei „Pinnwand“ und „Streifenzug“ werden die physikalischen Inhalte mit dem Lebensbereich der Schüler verknüpft)
2.5	Aus welchem Bereich stammen die Zusätze? (Geschichte, Natur, Technik, Sport/ Freizeit, ohne Bezug)	(...)	Geschichte, Natur und Technik	z.T. Kurzgeschichten aus Büchern z.B. S.23, Geschichte, Natur)	Geschichte, Verkehr, Natur und Technik	Technik, Natur, Geschichte, Literatur (gleiche Geschichte wie in Oldenbourg S.25), Medizin	Geschichte, Verkehr, Technik, Alltag, Natur
2.6	Werden Originalquellen zitiert?	J / z.T. / N	N	bei Kurzgeschichten: Ja	N	bei der Übernahme von Originaltexten: Ja	N
2.7	Welche Funktionen erfüllen die Zusätze? (Motivation, Vertiefung, Experimentieranleitung, Verknüpfung mit Alltagsphänomenen)	(...)	Vertiefung und Experimentieranleitung	Verknüpfung mit Naturphänomenen, Motivation – Versuche sind wenig vertiefend	Vertiefung, Motivation	Motivation, Vertiefung, „Schon gewusst“ und „Interessantes“ als Erweiterung zu den Schulbuchfakten, Anwendungsbezug der Lerninhalte	Motivation, Anwendung der Lerninhalte (Vertiefung)
2.8	Sind die Experimentiervorschläge für den Schüler durchführbar? (einfache Materialien – Freihandversuche)	++, +, 0, -	0 (kaum Versuche die sich Zuhause durchführen lassen – ca. 14%)	++ (Die Versuche sind einfach formuliert und lassen sich auch Zuhause leicht durchführen)	++ (gut: explizite Beschreibung von Heimversuchen)	++ („Probier’s mal“ Heimversuche gedacht und auch durchführbar)	+ (viele der als Heimversuche gedachten „Versuche und Aufträge“ lassen sich außerhalb der Schule aus Materialmangel nicht durchführen)

	Zusätze (Experimentiervorschläge – Anwendungen in Natur und Technik)	Bücher:	Duden-Paetec	Oldenbourg	Klett	Cornelsen	Schroedel
2.9	Sind die Zusätze im Lernprozess integriert?	++, +, 0, -	++ (v.a. die mit << gezeichneten Inhalte fügen sich in den Lernprozess ein)	0 (Versuche stehen am Ende des Kapitels und können in den Lernprozess integriert werden, „zum Weiterlesen“ hat keinen Einfluss auf den Lernprozess)	++ (die Zusätze sind Variantenreich und Anwendungsbezogen)	++ (Die Zusätze unterstützen den Lernprozess, da sie in den Ablauf integriert sind)	++ (die Zusätze sind Variantenreich und Anwendungsbezogen)
2.10	Unterscheiden sie sich im Sprachstil vom Grundtext?	J / z.T. / N	z.T. deutlich umfangreicherer „Erzählstil“	J (Kurzgeschichten und viele Sachtexte)	z.T. vor allem die Ergänzungen besitzen ein hohes Niveau	N kaum Unterschiede im Sprachstil vom Grundtext, teilweise jedoch sehr ausführlich	N kaum Unterschiede im Sprachstil
2.11	Sind die Texte leichter als der Grundtext?	J / z.T. / N	N aber auch nicht schwerer	N (niedriges Niveau des Grundtextes setzt sich auch hier fort)	N (Teilweise sind die Ergänzungen sehr ausführlich und besitzen ein höheres Niveau als der Grundtext)	N	N
	Anmerkungen:			- die Sachtexte im Zusatzteil sind für die Wissensvermittlung und Vertiefung irrelevant - es kommen keine Projekte vor - geringe Anzahl an Experimenten		gut: unter „Methoden“ werden für die Naturwissenschaft elementare Arbeitsweisen explizit erklärt (z.B. Modellvorstellungen, „Lichtstrahl“, Graphische Auswertung von Messreihen)	gut: unter „Werkzeug“ wird die Arbeitstechnik des Protokollierens dargestellt; in „Durchblick“ die Vorgehensweise von Naturwissenschaftlichen Arbeiten am Bsp. Brechung

Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit in allen Teilen selbständig gefertigt und keine anderen, als in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Alle wörtlich oder sinngemäß übernommenen Textstellen habe ich als solche kenntlich gemacht.

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift

Danksagung

Bei der intensiven Auseinandersetzung mit den Themengebieten in dieser Arbeit ist mir die Unterstützung von einigen Personen erwähnenswert.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Thomas Wilhelm für die Bereitstellung und Unterstützung in dieser Arbeit. Neben vielen Literaturhinweisen ermöglichte er durch Zwischen- und Endkorrektur eine unmittelbare Betreuung ohne den Freiraum für eigene Ideen einzuschränken. In kurzweiligen Gesprächen konnte ein durchaus kritischer Blick auf die Vermittlungskonzepte in der Optik geworfen werden.

Ein weiterer Dank gilt meinen Vater für die Bereitstellung seiner „Naturwissenschaften im Unterricht Physik“ Sammlung. Diese Heftsammlung aus den letzten 20 Jahren lieferte mir einen umfassenden Einblick in den jeweils neusten Stand der Didaktik und erlaubte mir eine intensive Betrachtung der Optik. Ganz herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meiner Mutter, für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Vielen Dank.