

Petra Scheller

**Verständlichkeit
im Physikschulbuch**
Kriterien und Ergebnisse einer
interdisziplinären Analyse

Beiträge
zur historischen
und systematischen
Schulbuchforschung



**BEITRÄGE
ZUR HISTORISCHEN UND SYSTEMATISCHEN
SCHULBUCHFORSCHUNG**

herausgegeben von

Marc Depaepe, Arsen Djurovic, Carsten Heinze,
Eva Matthes und Werner Wiater

VERSTÄNDLICHKEIT
IM PHYSIKSCHULBUCH
Kriterien und Ergebnisse einer interdisziplinären Analyse

von
Petra Scheller

VERLAG
JULIUS KLINKHARDT
BAD HEILBRUNN • 2010



Die vorliegende Arbeit wurde von der Philosophisch-Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Augsburg im Wintersemester 2008/2009 unter dem Titel „Schulbücher für den Physikunterricht aus didaktisch-linguistischer Verständlichkeitsperspektive“ als Dissertation angenommen. Tag der mündlichen Prüfung: 5. Februar 2009.

Dieser Titel wurde in das Programm des Verlages mittels eines Peer-Review-Verfahrens aufgenommen. Für weitere Informationen siehe www.klinkhardt.de.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet abrufbar über <http://dnb.d-nb.de>.

2010.5.kg. © by Julius Klinkhardt.

Das Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik, Kempten.

Printed in Germany 2010.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem alterungsbeständigem Papier.

ISBN: 978-3-7815-1743-1

Inhalt

0	Einleitung	9
1	Physik als Gegenstand schulischer Lernprozesse	12
1.1	Bildungswert und Ziele des Physikunterrichts	12
1.1.1	Die grundsätzliche Sinnhaftigkeit des Physiklernens.....	12
1.1.2	Zielkataloge und Konzepte physikalischer Schulbildung.....	13
1.1.3	Zur Konkretisierung der Ziele des Physikunterrichts.....	16
1.2	Physiklernen – ein problembehafteter Prozess	20
1.2.1	Vermittlung physikalischen Wissens als kommunikatives Handeln	20
1.2.2	Die prinzipielle Lernbarkeit der Physik	21
1.2.3	Die Spezifik der Physik als Grund für ihre Schwerverständlichkeit	22
2	Die (individuellen) Voraussetzungen der Rezipienten.....	27
2.1	Nachwuchsmangel im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.....	27
2.2	Leistungen im Fach Physik.....	28
2.2.1	TIMSS und PISA 2000/2003	29
2.2.2	Die „bemerkenswert erfreulichen“ Ergebnisse von PISA 2006	30
2.3	Kognitive Entwicklung und kindliches Physikverständnis.....	32
2.3.1	Zu den Eigenarten kindlichen Denkens.....	33
2.3.2	Präkonzepte und Vorverständnis.....	34
2.4	Motivation und Interesse	36
2.4.1	Persönliches Interesse und Nachhaltigkeit der Lernmotivation	37
2.4.2	Faktoren der Interessengenese.....	38
2.4.3	Zum Verhältnis von leserseitigem Interesse und textimmanenter Verständlichkeit	40
2.4.4	Das spezielle Desinteresse am Physikunterricht	40
2.5	Selbstvertrauen als Lernvoraussetzung.....	42
2.6	Einstellungen gegenüber „Physik“	44
2.7	Physik lehren im Bedingungsgefüge von Zielvorstellungen, Fachspezifik und Rezipientenmerkmalen	46
3	Elementarisierung und Sprache im Vermittlungsprozess.....	49
3.1	Ein theoretisch fundierter Elementarisierungsbegriff	49
3.1.1	Aufgabe und „Kunst“ des Elementarisierens	50
3.1.2	Sieben Grundformen des Elementaren nach Klafki	51
3.1.3	Wagenscheins exemplarisches Prinzip und die Wahl des Einstiegsproblems.....	51
3.1.4	Elementarisieren als Reduzieren, Transformieren, Kontextualisieren	53

3.2	Faktoren der Elementarisierung physikalischer Inhalte	55
3.2.1	Identifikation und Sequenzierung von Einzelementen	55
3.2.2	Angemessenheit der Stofffülle	57
3.2.3	Der passende Zeitpunkt	58
3.2.4	Der Zugang zur Physik über Einstiegssequenzen.....	59
3.2.5	Innere Differenzierung	60
3.2.6	Problembewusstsein und Alltagsbezug	61
3.2.7	Veranschaulichung als Strategie und Problem	62
3.3	Sprache im Physikunterricht.....	64
3.4	Methoden und Mittel eines schülerzentrierten Physikunterrichts	66
3.4.1	Schülerzentrierte Lernumgebungen und selbstgesteuertes Lernen.....	67
3.4.2	Lernen mit Medienunterstützung	69
4	Schulbuchtexte als Wissensrepräsentationen und Basis für Lernprozesse.....	71
4.1	Das Schulbuch als Informationsträger und Lehrmittel	72
4.1.1	Die Bedeutung des Physikschulbuchs und seine Nutzung im Medienverbund	72
4.1.2	Zur Ableitung eines Anforderungskatalogs.....	78
4.1.3	Das Schulbuch in der Textsortendiskussion.....	83
4.2	Lernen aus Texten	88
4.2.1	Der Rezeptionsprozess: kognitive Verarbeitung von Texten und Bildern.....	89
4.2.2	Der Text als Gefüge von Propositionen	91
4.2.3	Kohärenz und Kohäsion als Voraussetzungen für Lernen in sinnstiftenden Kontexten.....	93
4.3	Die Verständlichkeit von Bild-Texten als Bedingung für gelungene Lese- und Lernprozesse.....	94
4.3.1	Textverständlichkeitskonzeptionen und -modelle.....	95
4.3.2	Zur Erweiterung des linguistischen Verständlichkeitsbegriffs: das Sechs-Felder-Modell von Sauer	99
4.3.3	Vier Dimensionen zur Untersuchung von Bildern	103
4.3.4	Funktionalität und Verständlichkeit von Bildern	104
4.4	Eine textsortenübergreifende Sicht auf verständliche Texte.....	107
4.4.1	Techniken und Strategien institutionalisierter Experten-Laien- Kommunikation.....	107
4.4.2	Die „Verzahnung“ von Text und Bild im Textdesign	110
4.4.3	Systematisierte Aussagen durch Funktionsdesign.....	111
5	Textproduktion	114
5.1	Der Schreibprozess als Abfolge von Phasen	114
5.2	Texte produzieren als Handeln im Kontext einer Schreibumgebung	117
6	Entwicklung eines Analyserasters	121
6.1	Textverständlichkeitsuntersuchungen in der Schulbuchforschung	121
6.1.1	Analyseraster.....	123

6.1.2	Verständlichkeitsmodelle	128
6.1.3	Ergebnisse und methodische Merkmale	129
6.2	Ansatz für eine evaluierende Vergleichsstudie	130
6.2.1	Grundeigenschaften des Analyserasters	130
6.2.2	Formulierung von Kriterien und Ausprägungen	132
6.3	Verständlichkeitspostulate und Kategorienbildung für eine Analyse übergeordneter Texteeigenschaften	133
6.3.1	Sprachlich-stilistische Einfachheit: Wortwahl	134
6.3.2	Sprachlich-stilistische Einfachheit: Satzkonstruktionen.....	137
6.3.3	Innere Ordnung: Kohäsion und Kohärenz.....	138
6.3.4	Innere Ordnung: sequenzielles Arrangieren und Steuerung des Leseprozesses	139
6.3.5	Innere Ordnung: Akzentuierung und innere Differenzierung.....	141
6.3.6	Äußere Gliederung: optische Gliederung und Hervorhebung (Abgrenzung)	142
6.3.7	Äußere Gliederung: Seitenlayout	144
6.3.8	Kürze – Prägnanz	145
6.3.9	Zusätzliche Stimulanz: Interessantheit	147
6.3.10	Zusätzliche Stimulanz: kognitiver Konflikt	150
6.4	Verständlichkeitskriterien zur Analyse von Strukturelementen des Schulbuchs.....	151
6.4.1	Der Grundtext und seine Darstellungsformen	153
6.4.2	Der erläuternde Text als didaktische Erweiterung des Grundtextes	156
6.4.3	Erscheinungsweisen von Ergänzungstexten	159
6.4.4	Die Mittel des Apparats zur Organisation der Aneignung	162
6.4.5	Illustrationsmaterial zur Visualisierung von Lerninhalten	168
6.4.6	Elemente des Orientierungsapparats	175
7	Anwendung des Analyserasters und Auswertung.....	182
7.1	Korpus und Analyseeinheit.....	182
7.1.1	Thema der Analyseeinheit: Kräfte in Natur und Technik	183
7.1.2	Vier Lehrwerke für den gymnasialen Physikunterricht.....	185
7.2	Analyse des Gesamttextes	187
7.2.1	Wortwahl: einfache, anschauliche Formulierungen	187
7.2.2	Satzkomplexität.....	201
7.2.3	Kohärenz und Kohäsion	202
7.2.4	Argumentationsabfolge und funktionale Einheiten	202
7.2.5	Akzentuierung und innere Differenzierung	209
7.2.6	Optische Gliederung und Hervorhebung.....	212
7.2.7	Seitenlayout.....	216
7.2.8	Prägnanz und Redundanz	219
7.2.9	Interessantheit	222
7.2.10	Kognitiver Konflikt	229
7.3	Analyse der Strukturelemente.....	229
7.3.1	Grundtext.....	230

7.3.2	Erläuternder Text.....	234
7.3.3	Ergänzungstexte	240
7.3.4	Mittel zur Organisation der Aneignung.....	245
7.3.5	Illustrationsmaterial.....	252
7.3.6	Orientierungsapparat	268
8	Autoreninterviews.....	279
8.1	Vorgehensweise.....	279
8.2	Forschungsthemen und Befragte	280
8.3	Ergebnisse und Ansätze zur Erklärung textlicher Erscheinungen in Physikschulbüchern	281
8.3.1	Beteiligte im Herstellungsprozess	281
8.3.2	Einflussfaktoren und Arbeitsabläufe in der Verlagsarbeit.....	282
8.3.3	Motive für die Mitarbeit an einem Schulbuch.....	284
8.3.4	Fachlicher Hintergrund und Schreiberfahrung der Autoren	285
8.3.5	Phasen, Bedingungen und Strategien individueller Schreibprozesse ...	286
8.3.6	Umgang mit Anforderungen an Schulstufenadäquatheit, Sprache und Verständlichkeit	287
8.3.7	Umgang mit Layoutbedingungen	288
8.3.8	Verfügbarkeit von Illustrationsmaterial	289
8.3.9	Entwicklungstendenzen in der Gestaltung von Schulbüchern.....	289
9	Abschlussbetrachtungen	291
9.1	Gesamtbeurteilung.....	292
9.2	Schwerpunktthemen	294
9.3	Kritische Bemerkungen zur Methodik des Analyserasters	299

0 Einleitung

Wer die Frage nach der Funktion eines Schulbuchs für den Physikunterricht stellt, wird zunächst die einfache Antwort finden, dass es die durch den Lehrplan vorgesehenen physikalischen Inhalte vermitteln muss. Dies soll möglichst schülergerecht erfolgen, die Korrektheit der Darstellung im physikalischen Sinne wird vorausgesetzt, eine ansprechende und motivierende Darstellungsweise ist wünschenswert. Das Buch soll selbständiges Arbeiten außerhalb des Unterrichts ermöglichen, auch interdisziplinäre Verweise und Bezüge zur Alltagswelt der adressierten Schüler/innen sollten nicht fehlen, wobei es gilt, deren unterschiedliche Interessen zu berücksichtigen – nicht jeden vermag ein Beispiel aus der Automobiltechnik von der Sinnhaftigkeit des Physiklernens zu überzeugen. So gestaltet sich das Anforderungsprofil für Physikschulbücher zunehmend komplex und vielschichtig; zieht man zudem noch die Eignung für den Lehrer und für das Erreichen der wirtschaftlichen Ziele des herausgebenden Verlags hinzu, erweitert sich das Profil um Aspekte der Lehreransprache – im Sinne von Arbeitshilfen für den Unterricht einerseits und Argumenten zum Kauf eines Buches andererseits – und der finanziellen Machbarkeit.

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, pädagogische und didaktische Anforderungen an die Vermittlung physikalischer Inhalte im Allgemeinen und an Physikschulbücher im Speziellen zu identifizieren, daraus konkrete wünschenswerte Eigenschaften abzuleiten und diese mit den medienimmanenten und produktionstechnisch (auch im Sinne der Umstände der Textkonzeption und -produktion durch einen Autor) bedingten Eigenschaften eines Lehrbuchs für den schulischen Physikunterricht in Beziehung zu setzen. Es soll überprüft werden, welche Anforderungen theoretisch miteinander vereinbar sind und erfüllt werden können, welche tatsächlich in Physikschulbüchern berücksichtigt und mit welchen Mitteln die geforderten Eigenschaften dabei umgesetzt werden. Hierzu wird ein theoriebasiertes Analyseraster entwickelt, in dem aus der Textverständlichkeitsforschung, der Kognitionspsychologie, der Pädagogik und der Fachdidaktik abgeleitete Faktoren zur Beschreibung und Beurteilung von Lehrbüchern für den Physikunterricht in einem multiperspektivischen empirischen Ansatz erfasst sind, und dieses exemplarisch auf vier Schulbücher für den Physikunterricht angewendet.

Die einführend genannten Anforderungen an Physikschulbücher aus Schülerperspektive können auf einen Begriff konzentriert werden: Verlangt wird die *verständliche* Darstellung der durch den Lehrplan vorgesehenen physikalischen Inhalte. Dies impliziert bei einem erweiterten Verständlichkeitsbegriff die schülergerechte, genauer: die schulstufenadäquate und dem Wissensniveau und der Rezeptionsfähigkeit der Schüler/innen angepasste Aufbereitung des Lernstoffs und damit auch den Einbezug von Anknüp-

fungspunkten außerhalb des Physikunterrichts; dies impliziert außerdem motivationale Aspekte sowie Individualisierbarkeit und Zugänglichkeit von Informationseinheiten.

Mit dem Begriff der Verständlichkeit und dem Phänomen des Verstehens beschäftigen sich unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen. Die Linguistik stellt im Rahmen der Textverständlichkeitsforschung die Frage, wie die Verständlichkeit eines (Bild-)Textes anhand objektiver Kriterien und mit reproduzierbaren Ergebnissen überprüft und bewertet werden kann und bezieht dabei Fragen der Adressatenorientierung und Textsortenspezifika sowie sprachliche und bildliche Darstellungen mit ein; die Psychologie geht der Frage nach, welche kognitiven Prozesse zum Verständnis eines Sachverhalts nötig sind und wie neues „verstandenes“ Wissen in vorhandenes Wissen integriert wird; aus Sicht der Pädagogik und Didaktik ist zu klären, wann und unter welchen Bedingungen ein Zusammenhang „verstanden“ worden ist, was eng mit der Frage verknüpft ist, welche Lernziele anvisiert werden und wie diese durch das Rezipieren von Texten erreicht werden können. Weiterhin ist im Bereich der Didaktik die Frage nach der Auswahl und Präsentationsweise der zu vermittelnden Inhalte zu verorten, so dass die Erzeugung von Verständlichkeit hier auch als Teil des Elementarisierungsprozesses verstanden werden muss.

Wie schwierig es ist, verständliche Darstellungen in Schulbüchern zu erzeugen, hängt auch von dem zu vermittelnden Gegenstand ab – woraus nicht gefolgert werden darf, dass der Zusammenhang „je einfacher das zu erklärende Konstrukt, desto leichter die Darstellung“ uneingeschränkt gültig ist. Es spricht aber einiges dafür, dass die verständliche Präsentation physikalischer Inhalte im Schulunterricht bzw. in Schulbüchern eine besondere Schwierigkeit bedeutet: Die Thematik ist komplex, die betrachteten Phänomene sind zum Teil nicht sichtbar, zum Teil kaum vorstellbar. Erschwerend (und als Folge daraus?) kommt hinzu, dass das Interesse am Fach Physik bei vielen Schüler/innen als sehr gering zu bewerten ist. Inwieweit hierfür die Physik an sich oder aber inadäquate, sprich wenig schülertaugliche Darstellungen physikalischer Zusammenhänge im Kontext Schule verantwortlich gemacht werden müssen, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend geklärt werden; eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Frage der „Schwierigkeit“ der Physik und der Vermittlung ihrer Inhalte ist jedoch Voraussetzung für die Betrachtung von Physikschulbüchern und die Bewertung ihrer Verständlichkeit, so dass diesem Thema in Kapitel 1 nachgegangen wird.

Bei einer Betrachtung der Verständlichkeit von Schulbüchern treten als sichtbare Akteure zunächst die Nutzer des Schulbuchs in den Vordergrund (Kapitel 2) sowie als Gegenstand der Analyse die Vermittlungsprozesse (Kapitel 3) und ihre mediale Umsetzung in Form von Lehrtexten (Kapitel 4), eine Text- und Rezipienten-orientierte Herangehensweise liegt also nahe. Gleichzeitig sind aber jegliche Texte Produkte eines Herstellungsprozesses, so dass bei der Frage nach der Verständlichkeit von Texten nicht nur das „verständlich Sein“ (für eine bestimmte Adressatengruppe), sondern auch die spezielle Problematik des „verständlich Machens“ zentral ist. Um also das Problem der verständlichen Vermittlung physikalischer Inhalte ganzheitlich erfassen zu können, muss auch das Wirken des Autors als Urheber und Produzent der über das Medium Schulbuch kommunizierten Äußerungen einbezogen werden (Kapitel 5).

Es zeigt sich, dass nur ein interdisziplinärer, mehrdimensionaler Ansatz die Gesamtproblematik einer für die Zielgruppe Schüler verständlichen, an das Medium Schulbuch

gekoppelten, sprachlich-visuellen Darstellung physikalischer Inhalte erfassen kann. Dessen theoretische Grundlagen und die daraus ableitbaren Schlussfolgerungen werden in den Kapiteln 1 bis 5 erarbeitet. Darauf aufbauend und daran anschließend erfolgt die Darstellung der empirischen Untersuchungselemente „Textanalyse“ und „Autorenbefragung“ (Interviewtranskripte sind bei der Autorin erhältlich) sowie ihrer Ergebnisse (Kapitel 6 bis 8), die zur Klärung der Forschungsfrage, was einen Sachtext zu einem pädagogisch wirksamen, verständlichen Lehrtext macht, mit den aus der Theorie abgeleiteten Erkenntnissen in Beziehung gesetzt werden.

Welche Kriterien muss ein Physikschulbuch erfüllen, um als verständlich zu gelten? Mit welchen Mitteln wird Verständlichkeit erzeugt, welche Chancen bietet und welchen Einschränkungen unterliegt das Schulbuch als Vermittlungsmedium?

Die Einzelerkenntnisse verschiedener Disziplinen werden hier zu einem fächerübergreifenden Ansatz verdichtet, um den Untersuchungsgegenstand „Verständlichkeit von Physikschulbüchern“ theoretisch wie empirisch ganzheitlich abbilden zu können. Neben der Textverständlichkeitsforschung werden Fragen der Elementarisierung physikalischen Wissens in die theoretische Fundierung aufgenommen und bei der Entwicklung eines Kriterienkatalogs herangezogen. Dieser wird exemplarisch auf die sprachlich-visuellen Darstellungen in vier Physikschulbüchern angewendet, die vor dem Hintergrund ihrer konzeptuellen, medien-spezifischen und produktionsbedingten Voraussetzungen analysiert und verglichen werden. Da Texte immer auch als Resultat eines Herstellungsprozesses betrachtet werden müssen, wird die Textanalyse mit den Ergebnissen einer Autorenbefragung in Beziehung gesetzt.

Die Autorin

Dr. Petra Scheller, geb. 1979, ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Deutschen Museum München. Sie betreut das Projekt „Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien“, in dem Jugendliche Science-Fiction-Geschichten zu Themen aus der Nano- und Biotechnologie schreiben. Zudem beschäftigt sie sich mit Wissenschaftskommunikation und Nachwuchsförderung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.



KLINKHARDT

forschung

978-3-7815-1743-1



9 783781 517431