

## Qualitative Analyse von Schulbüchern zum Thema Formeln

Alexander Strahl\*, Rebecca Franz\*, Rainer Müller\*

\*IFdN, Abt. Physik & Physikdidaktik, TU Braunschweig  
[a.strahl@tu-bs.de](mailto:a.strahl@tu-bs.de), [rebecca.franz@tu-bs.de](mailto:rebecca.franz@tu-bs.de), [rainer.mueller@tu-bs.de](mailto:rainer.mueller@tu-bs.de)

### Kurzfassung

Schulbücher sind ein wichtiger Bestandteil des Unterrichts. Sie haben sowohl unterrichtsgestaltenden als auch lernstoffpräsentierenden Charakter. Um festzustellen, wie in der Schulphysik mit Formeln gearbeitet wird, ist deshalb eine Analyse von Schulbüchern unumgänglich. Die quantitative Untersuchung von Physikschulbüchern ergab, dass die Formelanzahl pro Seite (die Formeldichte) teilweise sehr hoch ist und dass es Unterschiede zwischen Jahrgängen und Schulformen gibt. In der vorliegenden Veröffentlichung wurde untersucht, inwieweit Physikschulbücher auf die Verwendung von Formeln eingehen.

### 1. Einleitung

Das Schulfach Physik ist bei Schülerinnen und Schülern im Allgemeinen sehr unbeliebt – dies ist nicht nur eine einzelne Meinung, sondern (leider) eine empirisch erfasste Tatsache [1, S. 7]. Begründet wird diese Haltung mit dem hohen Grad an Mathematisierung, woraufhin sich als Schlussfolgerung der Rat zur qualitativen Präsentation von physikalischen Inhalten in der Fachdidaktik durchsetzt (Stichwort: phänomenologisch orientierter Unterricht [2] [3] [4]). Das Arbeiten mit Formeln, einerlei für wie sinnvoll man es hält, lässt sich jedoch auch im Schulunterricht nicht vollständig vermeiden. So ist es wichtig genauer zu betrachten, *wie* mit Formeln im Unterricht gearbeitet wird, um anschließend Wege zu erarbeiten, die einen sinnvollen und gewinnbringenden Einsatz von Formeln ermöglichen. Da bisher in der Fachdidaktik kaum Hinweise für die Art und Weise des Umgangs mit der Mathematisierung im Unterricht gegeben werden, ist es jeder Lehrkraft selbst überlassen, ein sinnvolles Vorgehen für den eigenen Physikunterricht zu entwickeln.

Im Folgenden werden zunächst zusammenfassend Ergebnisse der quantitativen Schulbuchuntersuchungen präsentiert. Im Anschluss erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse der qualitativen Untersuchung.

### 2. Das Schulbuch im Physikunterricht

Eine wichtige Arbeitsgrundlage für den Unterricht sind Schulbücher. Zur Einschätzung der aktuellen Arbeit im schulischen Unterricht ist eine Untersuchung von Schulbüchern deshalb notwendig. Quantitative Untersuchungen von aktuellen Physikbüchern zeigen bereits interessante Ergebnisse, welche durch weitere qualitative Untersuchungen abgerundet werden sollen.

Physikschulbücher nehmen in der Unterrichtsvorbereitung, aber auch in der Unterrichtsdurchführung

eine wichtige Rolle ein. Ihre Relevanz wurde von Merzyn 1994 [5] untersucht. Eine neuere Studie von 2009 zeigt ähnliche Ergebnisse [6]. Bei der neuen Untersuchung ergibt sich, dass Lehrerinnen und Lehrer für die Vorbereitung des Unterrichts oft auf das *Schulbuch* zurückgreifen. Es steht bei der Vorbereitung nach dem *eigenen Vorwissen und Lehrerfahrungen* und knapp vor dem *Lehrplan* an zweiter Stelle. Im internationalen Bereich scheint die Nutzung ähnlich zu sein [7].

### 3. Bisher: Quantitative Untersuchungen von Formeln in Schulbüchern

Als Arbeitsgrundlage für den Unterricht geben Schulbücher Aufschluss über den Umfang der Verwendung von Formeln in der Schulphysik. Daher wurde untersucht, wie viele Formeln pro Jahrgang in welcher Schulform in den jeweiligen Schulbüchern zu finden sind. Zusätzlich wurden auch Fachdidaktik-Bücher und Bücher für das Physikstudium im Hinblick auf die Formelanzahl untersucht [8] [9].

Nach der Auszählung der Formeln pro Seite (Formeldichte) konnte festgestellt werden, dass die durchschnittliche Anzahl von Formeln von Jahrgang 5/6 bis zur Sekundarstufe II über alle Schulformen hinweg betrachtet stark ansteigt. Während in Klasse 5/6 durchschnittlich 0,01 Formeln pro Seite zu finden sind, sind es in Klasse 11/12/13 durchschnittlich 2,9 Formeln pro Seite. Auch bei der Betrachtung der unterschiedlichen Schulformen kann ein Anstieg der Formeldichte beobachtet werden. Wie zu erwarten, sind in den Büchern für die Hauptschule mit durchschnittlich 0,16 Formeln pro Seite die wenigsten Formeln zu finden. Ein deutlicher Anstieg entwickelt sich über die Realschule (0,75 Formeln pro Seite), hin zur gymnasialen Sekundarstufe I (1,04 Formeln pro Seite) bis zur Sekundarstufe II (2,9 Formeln pro Seite). Im Studium werden sogar 4,01 Formeln pro Seite gezählt. Im deutlichen Gegensatz

dazu konnte bei der Untersuchung der Fachdidaktik-Bücher lediglich eine Formeldichte von 0,06 Formeln pro Seite festgestellt werden.

a)

Jahrgang	Formeldichte	SD
Klasse 5/6	0,01	0,02
Klasse 7/8	0,53	0,32
Klasse 9/10	0,83	0,62
Klasse 11/12/13	2,90	0,57

b)

Schulform	Formeldichte	SD
HS	0,16	0,11
RS	0,75	0,13
Gym Sek I	1,04	0,49
Gym Sek II	2,90	0,57
Studium	4,01	0,26
Didaktik	0,06	0,10

**Tab.1:** Formeldichte (Formel pro Seitenzahl) in (Schul)Physikbüchern. a) im Verlauf der Klassenstufen (23 Bücher), b) im Vergleich der unterschiedlichen Schulformen (35 Bücher). SD (Standardabweichung)

#### 4. Qualitative Schulbuchuntersuchung

Schulbuchuntersuchungen können nicht nur Aufschluss über die Anzahl der im Unterricht behandelten Formeln geben, sie geben außerdem Hinweise auf das *Wie* des Arbeitens mit Formeln. Bereits 2006 konnte Koszinowski feststellen, dass Formeln, obwohl sie eine grundlegende Stellung in der Physik inne haben, in Schulbüchern „*nicht als besonderer Gegenstand in den Physikunterricht eingeführt werden*“ [10, S. 20].

Um festzustellen, ob und wie Formeln als eigenständige Thematik in aktuellen Schulbüchern zu finden sind, wurden erneut 22 aktuelle Schulbücher untersucht. Dabei handelt es sich um Physikbücher der Sekundarstufe I, für die Schulformen Hauptschule (7 Bücher), Realschule (7 Bücher) und Gymnasium (7 Bücher) sowie einen Gesamtband für die Sekundarstufe I für alle Schulformen.

Dabei wurde zum einen festgehalten, ob in der Einführung oder in allgemeinen Ausführungen zur Physik Formeln thematisiert werden. Zum anderen wurden die Bücher dahingehend untersucht, ob sie sich in einem Exkurs (z. B. Kompetenzen, Methoden) mit dem Umgang oder der Bedeutung von Formeln befassen.

Im Rahmen der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass Formeln nur in wenigen Fällen als Teil der Fachsprache der Physik im Unterricht gesondert betrachtet werden. Physikschulbücher für die Klas-

sen 5/6 zeigten durchgängig keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema. Integriert in Einführungen zum Thema Fachsprache wird zwar auf die Wichtigkeit von Formeln verwiesen, der Umgang jedoch erst sehr viel später eingeübt. In allen sieben untersuchten Büchern für die Hauptschule finden sich bis Klasse 10 keinerlei Erklärungen oder Hinweise zum Arbeiten mit Formeln.

In den Realschulbüchern sind ab Klasse 7/8 einzelne Hinweise auf Methoden im Physikunterricht zu finden (bspw.: Interaktiv - Jahrgang 7/8: Methode: Proportionale Zuordnungen). Darüber hinaus wird die Wichtigkeit der Fachsprache betont. In den Physikbüchern für Gymnasiasten ist die Formel als eigenständiges Thema lediglich in einem Buch für den Jahrgang 9/10 zu finden. In den Schulbüchern der niedrigeren Jahrgänge gibt es Exkurse zu Kompetenzen und Methoden der Physik, z. B. zum Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen und zur Auswertung grafischer Zusammenhänge. Ein durchgängiges Konzept oder strukturiertes Vorgehen, um den Umgang mit Formeln in kleinen Schritten von Anfang an zu erlernen, ist in keinem der untersuchten Schulbücher erkennbar.

Darüber hinaus gibt es auch in 12 untersuchten Büchern zur Didaktik der Physik keinen Abschnitt und kein Kapitel zur didaktischen Aufbereitung oder Einführung von Formeln oder der Mathematisierung in der Physik. In allen Büchern gibt es nur wenige Hinweise oder Anmerkungen zur Arbeit mit Formeln. So wird i.d.R. im Rahmen der Elementarisierung darauf verwiesen, dass „*eine Anpassung an das Aufnahmevermögen und die Leistungsfähigkeit der Lernenden (...) zunächst eine Reduktion der Komplexität und Absenkung des fachlichen Anspruchsniveaus (erfordert) ...*“ [11, S. 72]. Wie eine solche Reduktion der Komplexität für Formeln im Einzelnen aussehen sollte und welche Aspekte dabei für die Einführung von Formeln wichtig sind, wird nicht behandelt.

In den Beschreibungen der Natur der Naturwissenschaft wird die Bedeutung der Mathematisierbarkeit meist ausgespart.

#### 5. Fazit

Der schulische Physikunterricht konzentriert sich auf die rein mathematische Bearbeitung von Formeln und die Physikdidaktik gibt bisher kaum umsetzbare Hinweise auf einen verstehenden Umgang mit Formeln im Unterricht. Warum und wie Formeln zu handhaben sind oder auch welchen Stellenwert sie zum Beispiel für die Gesellschaft haben, wird in den aktuell untersuchten Schulbüchern nicht betrachtet. In der Zukunft sollen daher konkrete Empfehlungen erarbeitet werden, wie der Umgang mit der Mathematisierung in der Schulphysik für Schülerinnen und Schüler, aber auch für Lehrkräfte erleichtert werden kann.

Hauptschule		
Natur bewusst – Biologie, Physik, Chemie. 5/6	[12]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema
Natur bewusst – Physik, Chemie, Biologie. 7/8	[13]	kein Exkurs
Natur bewusst – Physik Chemie, Biologie. 9/10	[14]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema
Natur und Technik – Physik Chemie. HS 5 6	[15]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema
Natur und Technik – Physik Chemie. HS 7 8	[16]	kein Exkurs
Natur und Technik – Physik Chemie. HS 9	[17]	kein Exkurs
Natur und Technik – Physik Chemie. HS 10	[18]	
Realschule		
Interaktiv – Physik, Chemie. Jahrgang 5 6	[19]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema
Interaktiv – Physik, Chemie. Jahrgang 7 8	[20]	Kl. 7/8: <u>Methoden</u> : Messwerte messen und darstellen; Proportionale Zuordnungen
Interaktiv – Physik, Chemie. Jahrgang 9 10	[21]	Kl. 9/10: <u>Methode</u> : Bewegung im Diagramm
Querschnitt Physik 7/8	[22]	In <u>Einführung</u> in 7/8: Hinweise zu Formeln: Erklärungen zu Fachsprache und physikalischen Größen
Querschnitt Physik 9/10	[23]	keine weiteren Hinweise zum Umgang mit Formeln
Erlebnis Physik. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. 5./6	[24]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema
Erlebnis Physik. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. 7./8	[25]	Kl. 5/6: <u>Methode</u> : Beobachten und Beschreiben in der Physik → Betonung der Wichtigkeit der Fachsprache Kl. 7/8: <u>Methoden</u> : Umgang mit Wertetabellen u. Grafen
Gymnasium		
Physik. 7-10. Gymnasium Niedersachsen	[26]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema Vertiefung: Größen u. Einheiten; Modellbildung
Fokus Physik Chemie. Gymnasium 5/6	[27]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema
Fokus Physik. Gymnasium 7/8	[28]	Kl. 5/6: <u>Methode</u> : Sprache der Physik (Fachbegriffe)
Fokus Physik. Gymnasium 9/10	[29]	Kl. 7/8: <u>Methoden</u> : Arbeit mit Proportionalität; grafische Auswertung von Messreihen Kl. 9/10: <u>Methode</u> : Proportionalität
Impulse Physik + Chemie 5/6. Niedersachsen G8	[30]	keine Hinweise zu Formeln als eigenständiges Thema in Klasse 5/6 und 7/8
Impulse Physik 7/8. Niedersachsen G8	[31]	Kl. 5/6: <u>Kompetenz</u> : Messen, dokumentieren, vorhersagen; physikalisch argumentieren
Impulse Physik 9/10. Niedersachsen G8	[32]	Kl. 7/8: <u>Kompetenz</u> : Rechnen mit proportionalen Zusammenhängen Kl. 9/10: <u>Kompetenz</u> : Physikalische Formeln verstehen, Anleitung zur Gruppenarbeit, Auswertung und Interpretation von Diagrammen
Gesamtband Sekundarstufe I - alle Schulformen, alle Bundesländer		
Duden Physik – Gesamtband Sekundarstufe I	[33]	<u>Ausführliche Einführung</u> inkl. Denk- und Arbeitsweisen der Physik: Gesetze und Modelle; Erkennen und Anwenden physikalischer Gesetze <u>Kritik</u> : sehr textlastig; keine Übungen; unübersichtliche Stofffülle; unklar, wie Umsetzung im Unterricht erfolgen sollte

**Tab.2:** Formelarbeit in aktuellen Schulbüchern (22 Bücher)

## 6. Literatur

- [1] Merzyn, G. (2008): Naturwissenschaften Mathematik Technik – immer unbeliebter? Hohengehren: Schneider Verlag
- [2] Reinhold, P. (2006): Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In: Mikelskis (Hrsg.), Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II., Mikelskis (Hg.) Cornelsen Scriptor
- [3] Bleichroth, W. (1991): Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 2, 1991, S. 4-11
- [4] Wagenschein, M. (1962): Die Pädagogische Dimension der Physik., Aachen: Hahner Verlagsgesellschaft, Neu Aufl. von 1995
- [5] Merzyn, G. (1994): Physikschulbücher, Physik-lehrer und Physikunterricht. Kiel: IPN
- [6] Härting, H.; Kauertz, A.; Fischer, H.E. (2012): Das Schulbuch im Physikunterricht. In: MNU 65/4 S. 197-200
- [7] Bauer, L. (1995): Zur Adressatenbezogenheit des Schulbuches – Für wen werden die Schulbücher eigentlich wirklich geschrieben. In: Olechowski, R. Schulbuchforschung. Frankfurt a.M., Berlin, Bern, New York, Paris & Wien: Peter Lang, S. 228-234
- [8] Strahl, A.; Thiele, S.; Müller R. (2013): Formeln in Physik(schul)büchern – eine quantitative Untersuchung. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 329 - 331). Kiel: IPN.  
<http://www.gdcp.eu/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht/145-tagungsbaende/2013/4930-2013-3883>  
(24.5.2013)
- [9] Strahl, A.; Franz, R. (2013): Geliebter Feind – die Formel in der Schulphysik. In: Praxis der Naturwissenschaft Physik – Physik und Mathematik Heft 2/62. Jahrgang/2013
- [10] Koszinowski, K. (2006): Formeln in Physikbüchern. Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung. TU Braunschweig 2006
- [11] Hopf, M.; Schecker, H.; Wiesner, H. (Hrsg.) (2011): Physikdidaktik kompakt. Hallbergmoos: Aulis Verlag
- [12] Hausfeld, R.; Schulenberg, W.; Böttgenbach, H.; Schoof, J. (Hrsg.) (2006): Natur bewusst – Biologie, Physik, Chemie. Jahrgang 5/6. Braunschweig: Westermann
- [13] Hausfeld, R.; Schulenberg, W. (Hrsg.) (2003): Natur bewusst – Physik, Chemie, Biologie. Jahrgang 7/8. Braunschweig: Westermann
- [14] Hausfeld, R.; Schulenberg, W. (Hrsg.) (2004): Natur bewusst – Physik Chemie, Biologie. Jahrgang 9/10. Braunschweig: Westermann
- [15] Bresler, S.; Heepmann, B.; Ramien, M.; Schröder, W. (2009): Natur und Technik – Physik|Chemie. Hauptschule 5|6. Berlin: Cornelsen
- [16] Bresler, S.; Heepmann, B.; Ramien, M.; Schröder, W.; Beyer, J.; Obst, H. (2009): Natur und Technik – Physik|Chemie. Hauptschule 7|8. Berlin: Cornelsen
- [17] Bresler, S.; Heepmann, B.; Ramien, M.; Schröder, W.; Beyer, J.; Obst, H. (2009): Natur und Technik – Physik|Chemie. Hauptschule 9. Berlin: Cornelsen
- [18] Bresler, S.; Heepmann, B.; Ramien, M.; Schröder, W.; Slaby, P.; Obst, H.; Trockel, B. (2010): Natur und Technik – Physik|Chemie. Hauptschule 10. Berlin: Cornelsen
- [19] Eilks, I.; Muckenfuß, H.; Nordmeier, V. (2010): Interaktiv – Physik, Chemie. Jahrgang 5|6. Berlin: Cornelsen
- [20] Muckenfuß, H.; Nordmeier, V. (2009): Interaktiv – Physik, Chemie. Jahrgang 7|8. Berlin: Cornelsen
- [21] Muckenfuß, H.; Nordmeier, V. (2010): Interaktiv – Physik, Chemie. Jahrgang 9|10. Berlin: Cornelsen
- [22] Born, G.; Hübscher, H.; Lochhaas, H. (Hrsg.) (1998): Querschnitt Physik 7/8. Braunschweig: Westermann
- [23] Born, G.; Hübscher, H.; Lochhaas, H. (Hrsg.) (1999): Querschnitt Physik 9/10. Braunschweig: Westermann
- [24] Cieplik, D. (Hrsg.) (2001): Erlebnis Physik. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. 5./6. Schuljahr. Braunschweig: Westermann
- [25] Cieplik, D. (Hrsg.) (2003): Erlebnis Physik. Ein Lehr- und Arbeitsbuch. 7./8. Schuljahr. Braunschweig: Westermann
- [26] Bader, F.; Oberholz, H.-W. (2010): Physik. 7-10. Gymnasium Niedersachsen. Braunschweig: Schrödel
- [27] Arnold, K. u.a. (2009): Fokus Physik Chemie. Gymnasium 5/6. Berlin: Cornelsen 2009.
- [28] Boysen, G. u.a. (2009): Fokus Physik. Gymnasium 7/8. Berlin: Cornelsen
- [29] Boysen, G. u.a. (2009): Fokus Physik. Gymnasium 9/10. Berlin: Cornelsen
- [30] Bredthauer, W. u.a. (2009): Impulse Physik + Chemie 5/6. Niedersachsen G8. Stuttgart, Leipzig: Klett
- [31] Bredthauer, W. u.a. (2009): Impulse Physik 7/8. Niedersachsen G8. Stuttgart, Leipzig: Klett
- [32] Bredthauer, W. u.a. (2009): Impulse Physik 9/10. Niedersachsen G8. Stuttgart, Leipzig: Klett
- [33] Meyer, L.; Schmidt, G.-D. (Hrsg.) (2008): Duden Physik – Gesamtband Sekundarstufe I. Berlin: Duden