

Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik

Wissenschaftliche Hausarbeit  
im Rahmen der ersten Staatsprüfung  
für das Lehramt an Gymnasien, eingereicht dem  
Landesschulamt, Prüfungsstelle Frankfurt am Main

# **Vergleichende Schulbuchanalyse zum Thema „Einfache Stromkreise“**

Eingereicht von

**Renan Marcello Vairo Nunes**

Frühjahr 2019

betreut durch

Prof. Dr. Thomas Wilhelm

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Einleitung .....                                                     | 2  |
| 2. Die Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe I .....                  | 4  |
| 2.1. Ausgewählte Inhalte.....                                           | 4  |
| 2.2. Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten .....                 | 5  |
| 2.3. Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre .....               | 7  |
| 2.3.1. Elektrische Spannung .....                                       | 7  |
| 2.3.2. Elektrischer Strom .....                                         | 10 |
| 3. Die ausgewählten Schulbücher .....                                   | 14 |
| 4. Kriteriengeleitete Schulbuchanalyse .....                            | 17 |
| 4.1. Historische Entwicklung der Schulbuchanalyse .....                 | 17 |
| 4.2. Der Kriterienkatalog.....                                          | 19 |
| 5. Analyse der ausgewählten Schulbücher.....                            | 36 |
| 5.1. Didaktische Merkmale und Sachstruktur .....                        | 36 |
| 5.1.1. Teilaspekt: Darbietung von Strom und Spannung.....               | 36 |
| 5.1.2. Teilaspekt: Schülervorstellungen.....                            | 43 |
| 5.1.3. Teilaspekt: Gefahren des Stroms und technische Anwendungen ..... | 48 |
| 5.2. Texte und Sprache.....                                             | 52 |
| 5.2.1. Qualitative Analyse der Texte .....                              | 52 |
| 5.2.2. Quantitative Analyse der Texte .....                             | 55 |
| 5.3. Bilder.....                                                        | 58 |
| 5.3.1. Quantitative Analyse der Bilder .....                            | 58 |
| 5.3.2. Qualitative Analyse der Bilder .....                             | 62 |
| 5.4. Aufgaben .....                                                     | 69 |
| 5.4.1. Quantitative Analyse der Aufgaben.....                           | 69 |
| 5.4.2. Qualitative Analyse der Aufgaben.....                            | 72 |
| 6. Resümee .....                                                        | 78 |
| 7. Literaturverzeichnis.....                                            | 80 |
| Anhang .....                                                            | 84 |
| Selbständigkeitserklärung .....                                         | 90 |

## 1. Einleitung

*„Books (...) will soon be obsolete in the public schools. Scholars will be instructed through the eye. It is possible to teach every branch of human knowledge with the motion picture. Our school system will be completely changed inside of ten years.“*

Thomas Alva Edison, 1913

Das sagte einst der berühmte amerikanische Erfinder Thomas A. Edison in einem Interview der Zeitung *New York Dramatic Mirror*<sup>1</sup>. Am Ende des 19. Jahrhunderts wurden die ersten Stummfilme in kinoähnlichen Veranstaltungen gezeigt, die Begeisterung des Publikums war groß. Zu dieser Zeit stellte das Medium Film einen technologischen Durchbruch dar, der Edison (und vermutlich viele andere Menschen seiner Zeit) davon überzeugte, dass Bücher durch Filme ersetzt werden könnten. Seine Prognose konnte jedoch bis heute, über 100 Jahre später, nicht bestätigt werden. Sicherlich haben die technologischen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte die Mediengestaltung des Schulunterrichts immer wieder hinterfragt und zu Recht auch verändert. Möglicherweise hat das Schulbuch angesichts der Entwicklung neuer Medien wie Smartboards und Tablets an Prestige verloren. Trotzdem gehören Schulbücher immer noch zum Schulalltag dazu.

Daher ist es sinnvoll, sich anzuschauen, inwiefern die Schulbücher, die heute in den Schulen zum Einsatz kommen, den vielfältigen Anforderungen des Unterrichts gerecht werden können. Inhalt dieser Arbeit ist eine analytische Betrachtung der Physikschulbücher, die in hessischen Schulen üblicherweise verwendet werden. Die Bücher sollen anhand eines vom Verfasser selbstentwickelten Kriterienkatalogs auf unterschiedliche Merkmale untersucht und miteinander verglichen werden. Dabei liegt der inhaltliche Fokus auf die Einführung des einfachen Stromkreises in der Sekundarstufe I. Es sei bemerkt, dass die Analyse keinesfalls auf eine abschließende Empfehlung des „besseren“ Buches führen wird. Vielmehr soll der Kriterienkatalog dem Leser zeigen, dass die Bücher differenzierte Herangehensweisen haben, die die unterschiedlichen Analyse Kriterien eben unterschiedlich gut erfüllen. Eine abschließende Wertung der analysierten Schulbücher wird daher dem Leser überlassen.

---

<sup>1</sup> Das am 9. Juli 1913 von Frederick J. Smith durchgeführte Interview lässt sich am einfachsten unter dem Titel „The Evolution of the Motion Picture“ auf dem Suchportal für historische Zeitungen der *New York Public Library* finden: <https://www.nypl.org/collections/articles-databases/fulton-history-old-new-york-state-historical-newspapers>.

Im Kapitel 2 wird zunächst auf die ausgewählten physikalischen Inhalte und das Thema Schülervorstellungen, sowohl im allgemeinen Kontext des Physikunterrichts wie auch im speziellen Kontext der Elektrizitätslehre, eingegangen. Insbesondere bei der Analyse der didaktischen Herangehensweisen, die in den Büchern verwendet werden, sind Kenntnisse über Schülervorstellungen sehr relevant. Im Kapitel 3 werden die einzelnen Schulbücher vorgestellt, die für die Analyse ausgewählt wurden. Der Kriterienkatalog, der dieser Analyse zugrunde liegt, wird dann, nach einem kurzen historischen Umriss, im Kapitel 4 detailliert beschrieben. Dem folgt die Schulbuchanalyse, die im Kapitel 5 konkretisiert wird. Zum Schluss stellt Kapitel 6 eine Zusammenfassung der wichtigsten Analyseergebnisse sowie eine Reflexion dieser Arbeit dar.

## 2. Die Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe I

Im Folgenden sollen die inhaltlichen Grundlagen der im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Schulbuchanalyse kontextualisiert werden. Zunächst wird die Auswahl der Inhalte, die bei der Schulbuchanalyse berücksichtigt wurden, dargelegt (2.1). Danach erfolgt eine Auseinandersetzung mit dem Begriff „Schülervorstellungen“ und seiner Rolle im Physikunterricht (2.2). Im darauffolgenden Abschnitt werden dann die Schülervorstellungen aufgegriffen, die speziell für die Elektrizitätslehre von Bedeutung sind (2.3).

### 2.1. Ausgewählte Inhalte

Die Elektrizitätslehre ist nicht nur ein komplexes, sondern auch ein umfassendes Gebiet, dessen Stoff über mehrere Schuljahre sowohl in der Sekundarstufe I wie in der Sekundarstufe II unterrichtet wird. Dem Ziel dieser Arbeit entsprechend wurden für die Analyse der Schulbücher einzelne Inhalte der Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe I ausgewählt, die man als fachliches Rüstzeug für das Verstehen von einfachen Stromkreisen, einschließlich Reihen- und Parallelschaltungen, betrachten kann (s. Tab. 1):

| Ausgewählte Inhalte    |                      |                         |                         |
|------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Elektrisches Potenzial | Elektrische Spannung | Elektrische Stromstärke | Elektrischer Widerstand |
| Leiter                 | Nichtleiter          | Elektrische Ladung      | Elektrische Leistung    |
| Elektrische Energie    | Elektrische Arbeit   | Reihenschaltung         | Parallelschaltung       |
| Ohm'sches Gesetz       |                      |                         |                         |

Tabelle 1: Ausgewählte Inhalte der Elektrizitätslehre.

In der Regel befinden sich die obengenannten Inhalte (sofern sie in einem Buch vorhanden sind) in einem einzelnen Buchkapitel, das der Elektrizitätslehre gewidmet wird. In den zweibändigen Büchern, bei denen die Inhalte der Elektrizitätslehre auf beide Bänder verteilt werden, gibt es in jedem Band ein entsprechendes Kapitel. Anhand der inhaltlichen Auswahl, die Tab. 1 zeigt, konnte für jedes Buch festgelegt werden, welche Anteile des Buches untersucht werden sollten. Bei der Vorstellung der ausgewählten Schulbücher im Kapitel 3 wird erklärt, welche genauen Seitenbereiche der Schulbücher schließlich untersucht wurden.

## 2.2. Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten

Wenn SchülerInnen<sup>2</sup> am Physikunterricht teilnehmen, bringen sie ihre jeweiligen Lebenserfahrungen und Weltbilder ins Klassenzimmer mit. Sie haben schon die unterschiedlichsten physikalischen Vorgänge in ihrem Alltag erlebt und sich mit diesen gedanklich auseinandergesetzt. Durch ihre Erfahrungen konnten sie eigene Denkmodelle und Theorien über physikalische Vorgänge konzipieren, die ihnen geholfen haben, die Welt zu navigieren und Alltagsphänomene mit einem gewissen Erfolg für sich selbst zu deuten (vgl. Burde 2018, S. 25). Über diese erfahrungsbasierten Denkmodelle werden sogenannte Schülervorstellungen entwickelt, d.h. die “Tendenzen von Schülerinnen und Schülern, physikalische Begriffe in einer bestimmten Weise zu interpretieren oder Phänomene in einer bestimmten Weise zu beschreiben, die sich von der fachphysikalischen Darstellung unterscheidet“ (Schecker & Duit 2018, S. 9f.).

Im Unterricht kann die Lehrkraft nicht damit rechnen, dass die von ihr vermittelten Inhalte der Physik einfach wie geplant aufgenommen und verarbeitet, geschweige denn intentionsgetreu verstanden und verinnerlicht werden. Vielmehr können die eigenen Konzepte der SchülerInnen Hinterfragungen hervorrufen oder in Konflikt kommen mit dem, was sie gerade über ein physikalisches Phänomen vermittelt bekommen. Das führt zu beträchtlichen Lernschwierigkeiten, die u.a. mit starkem Widerstand gegenüber einem Konzeptwechsel bzw. mit der Ablehnung von Erklärungen der Lehrkraft zusammenhängen können (vgl. Burde 2018, 25f.; Schecker & Duit 2018, S.5; Widodo & Duit 2004, S. 239). Dabei gilt der Konzeptwechsel (auch als *Conceptual Change* bekannt), d.h. die Umstrukturierung bestehender Wissenssysteme für den Erwerb neuen Wissens, als typisch und sogar notwendig für die Lernprozesse des naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. Hopf & Wilhelm 2018, S. 28; Burde 2018, S.32f.). Denn es ist keine Ausnahme, sondern eher üblich, dass SchülerInnen im Laufe ihres Lebens gewisse Vorstellungen über Vorgänge in der Natur erwerben, die aus fachlicher Sicht unangemessen sind. Eine typische Ursache von Schülervorstellungen<sup>3</sup> ist die Alltags- oder Umgangssprache (Kircher 2009b, S. 64). Viele physikalische Begriffe haben in der Alltagssprache eine Bedeutung und in der Physik eine ganz andere. Schlägt man im DUDEN Online Wörterbuch das Wort „Kraft“ nach, erhält man folgende Definitionen (s. Abb. 1):

---

<sup>2</sup> In dieser Arbeit wird der Kürze halber das Wort „SchülerInnen“ benutzt, wenn „Schülerinnen und Schüler“ gemeint sind.

<sup>3</sup> In der Literatur werden unterschiedliche Begriffe wie „Alltagsvorstellungen“ oder „Fehlvorstellungen“ verwendet (vgl. Burde 2018, S. 25f.). In dieser Arbeit wird vorrangig der Begriff „Schülervorstellungen“ verwendet.

1. Vermögen, Fähigkeit zu wirken; [körperliche oder geistige] Stärke
2. etwas, was einer Sache als Ursache einer Wirkung oder als Möglichkeit, in bestimmter Weise zu wirken, innewohnt
3. Arbeitskraft
4. in besonderer Weise Einfluss ausübende, ideologisch ausgerichtete Gruppe von Menschen
5. (Physik) physikalische Größe, die Ursache von Änderungen der Bewegung frei beweglicher Körper oder die Ursache von Änderungen der Form ist
6. in »etwas außer Kraft setzen« und anderen Wendungen, Redensarten oder Sprichwörtern

Abbildung 1: Definitionen des Kraftbegriffs (*Duden Online Wörterbuch*).

Wie man leicht einsehen kann, bezeichnet das Wort Kraft in der deutschen Alltagssprache sehr unterschiedliche Sachen, die zum Teil nur wenig mit dem physikalischen Begriff zu tun haben. Es sind aber häufig genau die nichtphysikalischen Bedeutungen, die im Geist der SchülerInnen verankert sind. Somit entstehen Schülervorstellungen, die mit den physikalischen oder naturwissenschaftlichen Vorstellungen nicht vereinbar sind: „Die Schüler ordnen den physikalischen Begriffen alternative oder umfassendere Bedeutungen als ein Physiker zu und haben andere Sichtweisen von Phänomenen, sowie andere Vorstellungen vom Wesen und von den Eigenschaften der Dinge der Welt“ (Wilhelm 2005, S. 6). Dabei muss man beachten, dass diese Vorstellungen oft aus fachlicher Sicht falsch sind, sich jedoch im Alltag der SchülerInnen – auch wenn dies nur mit dem In-Kauf-Nehmen gewisser Einschränkungen möglich ist – erfolgreich durchsetzen können (ebd.). Zudem ist inzwischen bekannt, dass Schülervorstellungen erfolgreich angepasst bzw. an fachlich korrekte Vorstellungen geknüpft werden können (Hopf & Wilhelm 2018, S. 34).

Daher sollte die Lehrkraft Schülervorstellungen nicht allzu abweisend gegenüberstehen. Diese sind nicht als eine Art im Lehr-Lern-Prozess zu vernichtender Gegner zu betrachten, sondern als ein konzeptuelles Gerüst der SchülerInnen, das zwar manchmal Anpassungen erfordert, jedoch als Grundlage für den Aufbau neuer Wissensstrukturen gilt. Laut Kircher sei die Kenntnis der Schülervorstellungen einer Lerngruppe sogar die wichtigste Lernvoraussetzung im Physikunterricht (vgl. 2009b, S. 64). Somit sollte der Unterricht nicht auf den kompletten Verzicht von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen abzielen. Angemessener sei es, die SchülerInnen davon zu überzeugen, dass diese in bestimmten Situationen den „naturwissenschaftlichen“ Vor-

stellungen unterlegen sind (vgl. ebd., S. 615; Hopf & Wilhelm 2018, S. 28). So können SchülerInnen ein bewusstes Nebeneinander von wissenschaftlichen und alltagsnahen Vorstellungen pflegen, das ihrem Lernen nicht schaden muss<sup>4</sup> (vgl. Wilhelm 2005, S. 12).

Vor allem muss man sich als Lehrkraft vor Augen führen, dass sich Wissen leider nicht einfach den SchülerInnen übergeben lässt, sondern gemeinsam konstruiert<sup>5</sup> werden muss. Dabei müssen Schülervorstellungen berücksichtigt, gar als Planungsgrundlage für die Sachstruktur des Unterrichts gesehen werden (vgl. Duit 2009, S. 616).

## **2.3. Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre**

### **2.3.1. Elektrische Spannung**

In der Sekundarstufe I haben SchülerInnen Schwierigkeiten, die Vorgänge in einem Stromkreis nachzuvollziehen. Einer der Gründe dafür liegt darin, dass der Strombegriff in der Mittelstufe dominiert und die elektrische Spannung dafür etwas vernachlässigt wird (vgl. Burde 2018, S. 106f.). Vor allem kann ohne die Einführung des elektrischen Potenzials kein angemessenes Konzept der Spannung zustande kommen (vgl. Burde, Wilhelm & Wiesner 2014, S. 1). Überhaupt wird der allgemeinere Begriff „Potenzial“ in Hessen erst in der Sekundarstufe II thematisiert (Hessisches Kultusministerium, 2010). Er wird meistens über das Gravitationsfeld eingeführt und später in die Elektrizitätslehre übertragen (s. z.B. Grehn & Krause 2007, S. 95; Ackermann et al. 2017, S. 88).

Es ist nicht verwunderlich, dass die Spannung zu einem problematischem Begriff wird, wenn vor ihrer Einführung kein Potenzialkonzept vorhanden ist. Ohne zu wissen, dass es sich bei der Spannung um die Potenzialdifferenz vor und nach einem Widerstand handelt, können sich SchülerInnen keine konkreten Vorstellungen davon entwickeln, was die Spannung wirklich darstellen soll (vgl. Burde & Wilhelm 2015, S. 28). Zudem ist die Spannung eine Differenzgröße und ist daher abstrakter als viele physikalische Größen (wie etwa der elektrische Widerstand). Sie stellt eine Potenzialdifferenz und kann dadurch keinem einzelnen Punkt zugeordnet werden. „Ohne die Präposition ‚zwischen‘ hat das Wort Spannung überhaupt keinen Sinn, ebenso wenig wie das Wort Strom ohne die Präposition ‚durch‘“ (Meschede 2010, S.

---

<sup>4</sup> Wenn dieses Nebeneinander nicht bewusst ist, können Alltagsvorstellungen mit der Erkenntnisgewinnung im Physikunterricht interferieren, sodass den Lernprozessen der SchülerInnen geschadet wird (s. *Kompartimentalisierung von Schülervorstellungen* in Wilhelm 2005, S. 9f.).

<sup>5</sup> Insbesondere bei den Naturwissenschaften haben sich konstruktivistische Ansätze in der Lehr-Lern-Forschung international bewährt (vgl. Hopf & Wilhelm 2018, S. 26ff.; Widodo und Duit 2004).

319). Leider kann genau das Wort „zwischen“ manche SchülerInnen verwirren, die sich schwer mit dem Konzept einer Differenzgröße tun und tendenziell versuchen, die Spannung einem einzelnen Punkt zuzuordnen (vgl. Wilhelm & Hopf 2018, S. 118).

Die in den Schulbüchern gängigen Definitionen des Spannungsbegriffs beruhen meistens auf anderen physikalischen Größen oder Begriffen und leisten keinen positiven Beitrag zu einem angemessenen Verständnis der Spannung (vgl. Tab. 2). Betrachtet man die in den untersuchten Schulbüchern vorhandenen Definition, stellt man fest, dass die Spannung nur bei BURDE<sup>6</sup> ihren Charakter als Differenzgröße beibehält (vgl. hierzu Kapitel 5.1.1.).

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Burde</b>      | Die elektrische Spannung gibt den Unterschied des elektrischen Drucks zwischen zwei Punkten im Stromkreis an.                                                                                                                                          |
| <b>Dorn Bader</b> | Wenn entgegengesetzte Ladungen unter Aufwand von Energie getrennt werden, besteht elektrische Spannung. Bei geschlossenem Stromkreis sorgt die elektrische Spannung für den Antrieb der Elektronen. Dabei wird Energie gewandelt und wieder abgegeben. |
| <b>Duden</b>      | Die elektrische Spannung gibt an, wie stark der Antrieb des elektrischen Stromes ist.                                                                                                                                                                  |
| <b>Impulse</b>    | Die elektrische Spannung ist ein Kennzeichen einer elektrischen Quelle. Die elektrische Spannung bestimmt, zusammen mit dem angeschlossenen Gerät, die Stromstärke im Stromkreis.                                                                      |
| <b>Universum</b>  | Zur Erzeugung einer Spannung müssen Ladungen getrennt werden. Die Spannung ist ein Maß für gespeicherte elektrische Energie.                                                                                                                           |

Tabelle 2: Definition der elektrischen Spannung in den untersuchten Schulbüchern.

---

<sup>6</sup> In dieser Arbeit werden die untersuchten Schulbücher anhand der in Tab. 2 dargestellten Titel zitiert, wobei der jeweilige Titel auch großgeschrieben wird (BURDE, DORN BADER, usw.). Durch diese Schreibweise werden die etlichen Schulbuchzitate leichter auffindbar und besser zuordenbar.

Ferner besteht im Physikunterricht eine unerwünschte Kopplung der Strom- und Spannungsbegriffe. Teilweise mit Unterstützung der Schulbücher wird die Spannung im Unterricht zu einem Merkmal des Stroms, z.B. als Kraft des Stromes (Wilhelm & Hopf 2018, S. 118) oder eben als Antrieb des Stromes, wie man Tab. 2 entnehmen kann. Wilhelm & Hopf (ebd.) erklären diese Begriffskopplung anhand eines Bei-

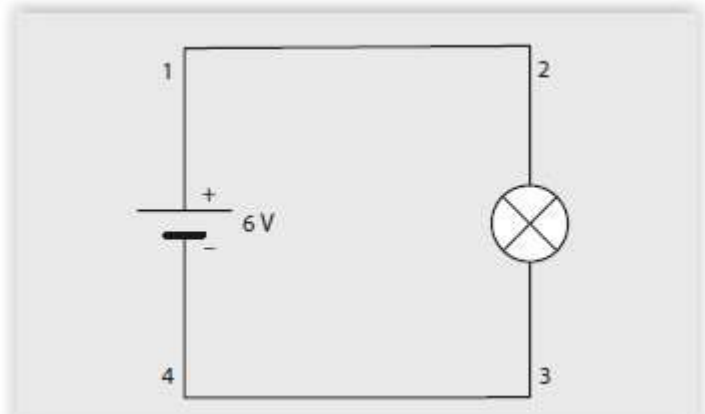


Abbildung 2: Einfacher Stromkreis (Wilhelm & Hopf 2018, S. 118).

spiels. Betrachten wir den Stromkreis in Abb. 2. Wenn SchülerInnen experimentell gezeigt wird, dass es keine Spannung zwischen Punkt 1 und Punkt 2 gibt, denken sie, dass es dadurch auch kein Strom zwischen diesen Punkten fließt. Obwohl die Vermutung für widerstandsbehaftete Drähte tatsächlich nicht falsch wäre, erklären die Autoren, besteht die eigentliche Grundlage ihrer Schlussfolgerung darin, dass Strom und Spannung eine gekoppelte physikalische Größe sind. Es gilt dabei nicht der richtige Gedanke, dass es keinen Stromfluss ohne Spannung geben kann, sondern dass es immer dort Strom gebe, wo es Spannung gibt – und anders herum. So vermuten die meisten SchülerInnen fälschlicherweise, dass es ohne Strom keine Spannung geben könne. Demzufolge glauben sie, bei der Betrachtung eines einfachen Stromkreises mit Schalter, dass es nur dann eine Spannung am Schalter liege, wenn dieser geschlossen ist und über ihn ein Strom fließt (vgl. Burde 2018, S. 52). Fließt über den Schalter kein Strom, dann liege aus Sicht der SchülerInnen auch keine Spannung am Schalter an. Diese Vorstellungen sind offensichtlich mit dem korrekten Ursache-Wirkungs-Verhältnis zwischen Strom und Spannung nicht zu vereinbaren, denn es ist ja die elektrische Spannung, die den elektrischen Strom verursacht, und nicht umgekehrt. Burde verweist auf viele Studien, deren Befunde ebenso diese Begriffskopplung miteinschließen. So zeigte eine Untersuchung mit 272 RealschülerInnen im Alter von 13 bis 14 Jahren, dass 63 % von ihnen glaubten, das Auftreten einer elektrischen Spannung ohne elektrischen Strom sei nicht möglich. 70 % gaben an, dass der elektrische Strom aus Stromstärke und Spannung bestehe, und 22 % sagten sogar, man könne den elektrischen Strom auch elektrische Spannung nennen (Maichle 1982, zit. nach ebd.). Wilhelm & Hopf (2018, S. 119) geben als einen möglichen Grund für die Kopplung von Strom und Spannung an, dass die Behandlung von Stromkreisen im Unterricht sehr früh mathematisiert wird. So

könne das frühe Auftreten der Gleichung  $U = R \cdot I$  zu einem fehlerhaften Konzept des Verhältnisses zwischen Strom und Spannung, demnach beide physikalische Größen immer gemeinsam auftreten und stets proportional zueinander seien.

### 2.3.2. Elektrischer Strom

Eine der am stärksten verbreiteten Schülervorstellungen zum elektrischen Strom ist die Stromverbrauchsvorstellung (Burde 2018, S. 44). Dabei wird der Strom als eine Art Brennstoff gesehen (Urban-Woldron 2012, S. 203). SchülerInnen sehen beispielsweise eine Analogie zwischen dem elektrischen Strom und dem Treibstoff, der einem Verbrennungsmotor zugefügt und anschließend von diesem verbraucht wird. Demnach käme es in einem Stromkreis zu einer Verminderung des Stroms, wenn dieser durch ein Lämpchen oder Widerstand fließt (v. Rhöneck 1986, S. 13). Das ist eine Vorstellung, die aus physikalischer Sicht falsch ist, denn der Strom stellt in der Physik einen verlustfreien Ladungsfluss im Stromkreis (Wilhelm & Hopf 2018, S. 123). Dennoch bleibt diese Vorstellung im Physikunterricht allgegenwärtig:

*„Da sich die Alltagserfahrungen vieler Menschen auf das Betätigen von Schaltern oder das Wechseln von Batterien beschränken, elektrische Prozesse im Allgemeinen unseren Sinnen verborgen bleiben und die Alltagssprache mit Begriffen wie „Stromverbrauch“ oder „leeren Batterien“ falsche Vorstellungen nahelegt, kommen viele Lernende bereits mit einem problematischen Vorverständnis zu den Vorgängen in elektrischen Stromkreisen in den Unterricht.“* (Burde 2018, S. 1f.)

Gerade der Begriff der „leeren Batterie“, den jeder aus seinem Alltag kennen dürfte, kann zu problematischen Vorstellungen führen. Anhand dieses Begriffes kann man sich eine Batterie als eine Art Behälter, in dem eine Substanz (der Strom) gespeichert wird. Sie ist dann leer, wenn „kein Strom mehr drin ist“. Der Strombegriff bezeichnet aber, wie vorhin schon erwähnt, einen Ladungsfluss. Dieser ist kein Stoff oder mengenartige Entität, die gespeichert werden kann, sondern vielmehr ein Prozess: „Der elektrische Strom ist [...] der Prozess fließender Ladung, der an jeder Stelle des Stromkreises gleichzeitig beginnt“ (Wilhelm & Hopf 2018, S. 125). Bei der Batterie kann man höchstens von einer Energie-, jedoch keiner Stromspeicherung sprechen (vgl. ebd. S. 123).<sup>7</sup> Dabei sei gemerkt, dass SchülerInnen häufig auch Schwierigkeiten haben, die Begriffe „Energie“ und „Strom“ voneinander zu trennen. Oft werden beide Begriffe ungünstigerweise gekoppelt, teilweise sogar gleichgesetzt (vgl. Burde 2018, S. 45).

---

<sup>7</sup> An dieser Stelle muss präzisiert werden, dass die Energie ebenso nicht wie ein Stoff direkt in der Batterie, sondern im darin enthaltenen elektrischen Feld gespeichert wird. Über das Feld wird dann die Energie zum Gerät hin transportiert (vgl. Wilhelm 2018).

Solche Verbrauchsvorstellungen führen zu diversen Schwierigkeiten bei der Analyse von Stromkreisen. So gehen SchülerInnen zum Beispiel davon aus, dass die Stromstärke vor einer Lampe kleiner ist als nach der Lampe. Bei einer Reihenschaltung mit zwei gleichen Lampen erwarten sie, dass die erste Lampe heller leuchtet als die zweite (Wilhelm & Hopf 2018, S. 125). Der Gedanke entspricht ihrer Vorstellung, dass der Strom an der ersten Lampe mindestens teilweise verbraucht wird und nach der Lampe abgeschwächt weiterfließt (s. *attenuation model*, Burde 2018, S.45). Diese Vorstellung hat sich als sehr widerstandsfähig erwiesen, auch wenn SchülerInnen experimentell gezeigt wurde, dass die Stromstärke vor und nach der Lampe gleichbleibt (vgl. Wilhelm & Hopf 2018, S. 125). Auch die Messfehler von Versuchsergebnissen, die tatsächlich eine leichte Verminderung der Stromstärke nach der Lampe, können diese Vorstellung unterstützen. So empfehlen Wilhelm & Hopf (ebd.), dass die zwecks Demonstration der konstanten Stromstärke verwendeten Stromstärkemessgeräte nicht zu genau sein dürfen. Es muss vermieden werden, dass die SchülerInnen Messunsicherheiten als Beweis für ihre Vorstellung des Stromverbrauchs an der Lampe sehen.

Paradoxerweise konkurriert mit der Stromverbrauchsvorstellung eine andere Schülervorstellung, die in etwa ihren Gegensatz darstellt. So führt eine Übergeneralisierung der Regel „ $I = \text{konst.}$ “ zur Vorstellung, der Strom sei im Kreis konstant und daher auch vom elektrischen Widerstand bzw. von den Widerständen im vorliegenden Stromkreis unabhängig (vgl. Burde 2018, S. 47). So glauben SchülerInnen zum Beispiel, dass die Vergrößerung eines der Widerstände in einer Reihenschaltung mit zwei Widerständen und einer Lampe (s. Abb. 3) keine Auswirkung auf die Helligkeit der Lampe habe. Diese Vorstellung, die als „degenerierte Stromregel“ bekannt ist (Wilhelm & Hopf 2018, S. 126), kann gleichzeitig mit der Vorstellung von Batterien als konstante Stromquellen (ebd., S. 121f.) auftreten und von dieser unterstützt werden. Den SchülerInnen erscheint es logisch, dass der Strom im Kreis nicht von „irgendwelchen Widerständen“ abhängig sein könne, wenn die von der Batterie gelieferte Stromstärke unverändert bleibt und im Stromkreis „ $I = \text{konst.}$ “ gilt.

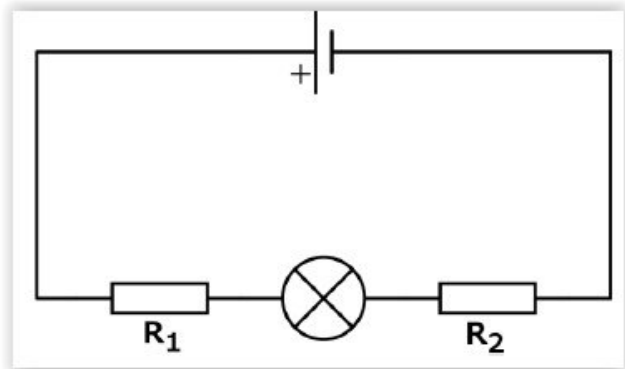


Abbildung 3: Reihenschaltung mit einer Lampe und zwei Widerständen. Eine Vergrößerung von  $R_1$  oder  $R_2$  hat für viele SchülerInnen keine Wirkung auf die Helligkeit der Lampe, da „ $I = \text{konst.}$ “ gelten soll (Burde 2018, S. 47).

Wenn es sich um den einfachen Stromkreis handelt, begegnet man im Physikunterricht etlichen Schülervorstellungen, die heute als gut dokumentiert gelten. Eine umfassende Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen zu diesem Thema ist in Wilhelm & Hopf (2018) zu finden. Eine strukturierte Auflistung der bisher erwähnten sowie anderer Schülervorstellungen zum einfachen Stromkreis kann Tab. 3 entnommen werden. Jede dieser Schülervorstellungen wird in Burde (2018, S. 44-53) gründlich erläutert.

| Schülervorstellung                   | Abk. | Beschreibung                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stromverbrauchsvorstellung           | SV   | Vorstellung, dass der Strom in der Batterie gespeichert ist, dann zur Lampe fließt und dort schließlich zumindest teilweise verbraucht wird.                                                           |
| Stromverbrauch ist proportional zu R | PR   | Typische Schülervorstellung, dass die Stromstärke bei Vergrößerung des Widerstands kleiner wird, da ein größerer Widerstand mehr Strom verbraucht.                                                     |
| Batterie als konstante Stromquelle   | BS   | Die Batterie wird als Quelle für einen konstanten Strom und nicht einer konstanten Spannung gesehen.                                                                                                   |
| Stromstärke ist unabhängig von R     | UR   | Die Veränderung eines Widerstands wirkt sich nicht auf die Stromstärke aus.                                                                                                                            |
| Inverse Widerstandsvorstellung       | IR   | Bei einer Vergrößerung des Widerstands in einer Schaltung erhöht sich auch die Stromstärke durch diesen Widerstand.                                                                                    |
| Sequentielle Argumentation           | SA   | Wird in einer Reihenschaltung ein Widerstand geändert, so wirkt sich das auf die Stromstärke „vor“ diesem Widerstand nicht aus, sondern nur auf die Stromstärke „nach“ dem Widerstand.                 |
| Lokales Denken                       | LD   | An einem Verzweigungspunkt wird eine Aufspaltung des Stromes in gleiche Teile erwartet. Damit wird die Stromstärke nicht als Folge der vorhandenen Widerstände und der anliegenden Spannungen gesehen. |
| Erfassen von Parallelschaltungen     | PS   | Parallel geschaltete Widerstände müssen im Schaltbild auch tatsächlich parallel zueinander gezeichnet sein, damit sie als solche erkannt werden.                                                       |
| Spannung als Eigenschaft des Stroms  | UI   | Eine elektrische Spannung kann es nur geben, wenn Strom fließt. Wird ein Stromkreis durch Öffnen eines                                                                                                 |

|                                                 |    |                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 |    | Schalters unterbrochen, liegt deshalb am Schalter keine Spannung an.                                            |
| Konzeptionelle Schwierigkeiten mit der Spannung | KS | Es wird geglaubt, dass zwischen zwei Punkten eines nicht unterbrochenen idealen Leiters eine Spannung herrsche. |

Tabelle 3: Übersicht typischer Schülervorstellungen zum einfachen Stromkreis (Burde 2018, S. 43; vgl. auch Urban-Woldron & Hopf 2012, S. 207).

### 3. Die ausgewählten Schulbücher

Nun sollen die zu analysierenden Schulbücher vorgestellt werden. Hierbei sollen nur oberflächliche Merkmale der Bücher präsentiert werden, damit der Leser sich einen allgemeinen Überblick verschaffen kann. Die detaillierte Analyse aller Schulbücher erfolgt im Kapitel 5.

#### Jan-Philipp Burde: Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial

Dieses Buch ist das neueste unter den ausgewählten Schulbüchern. Es unterscheidet sich von den anderen sowohl hinsichtlich seiner Konzipierung wie auch seines Formats. Veröffentlicht wurde es im Jahr 2018 unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC-SA 3.0. Als innovatives Merkmal gilt der auf dem Elektronengasmodell basierende Unterrichtsansatz, der im Mittelpunkt des didaktischen Konzeptes steht. Das Buch kann im Internet kostenlos heruntergeladen werden. Die für diese Arbeit verwendete Druckauflage entstand im Rahmen eines Forschungsprojekts am Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Sie wird in Softcoverbindung gedruckt und wiegt 262 g. Das Buch hat mit Seitenmaßen von 21 cm × 29,7 cm die großzügigsten aller fünf Bücher. Es hat 46 Seiten und wurde als Ganzes in die Analyse aufgenommen.

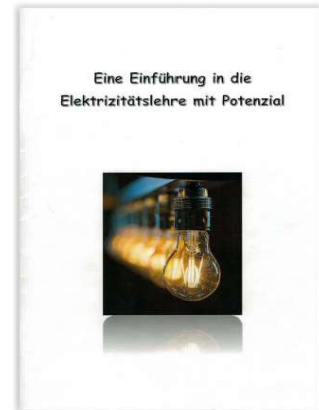


Abbildung 4: Schulbuch BURDE.

#### Friedrich Dorn & Franz Bader: Dorn/Bader Physik Gymnasium

Die Dorn/Bader Bücherreihe ist keineswegs neu. Das erste von Friedrich Dorn und Franz Bader gemeinsam konzipierte Lehrbuch wurde 1957 veröffentlicht. Das Lehrwerk hat sich im deutschen Physikunterricht bewährt und wurde schon mehrmals neu bearbeitet und in neuen Auflagen publiziert. Die hier verwendete, zweibändige Auflage stammt aus dem Jahr 2012. Diese ist speziell auf Schulen im Bundesland Hessen gerichtet und zeichnet sich dadurch aus, dass die Inhalte auf Konformität mit dem Kerncurriculum hin überprüft und überarbeitet wurden. Der erste Band kostet 24,50 €, der zweite 33,95 €. Für die Bindung wurde das Format Hardcover gewählt. Band 1 wiegt 580 g und hat 224 Seiten, beim Band 2 kommen auf ein Gewicht von 766 g insgesamt 328 Seiten. Beide haben gleiche Maßen von 19,7 cm × 26,7 cm. Für die Analyse wurden im Band 1 40 Seiten (Seitenbereich: S. 92-131) und im Band 2 54 Seiten (Seitenbereich: S. 50-103) benutzt.

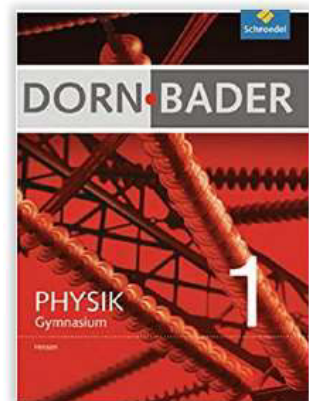


Abbildung 5: Schulbuch DORN BADER.

Barbara Gaz, Lothar Meyer & Gerd-Dietrich Schmidt: Duden Physik. Gesamtband Sekundarstufe I

Auch die im Jahr 2014 veröffentlichte Auflage des DUDEN Buchs wurde im Sinne des Kerncurriculums bzw. der Kompetenzorientierung überarbeitet. Es handelt sich hierbei um einen bundeslandübergreifenden Gesamtband, der den ganzen Schulstoff der Sekundarstufe I abdecken soll. Sein Preis beläuft sich auf 39,50 €, der Druck wird als Hardcover gebunden. Das Buch wiegt 949 g und ist somit das schwerste aller evaluierten Bücher. Es hat auch mit seinen 496 Seiten die höchste Seitenanzahl bzw. mit seinen Maßen von 19,7 cm × 26,7 cm die kleinste Dimensionierung. Die Analyse umfasste 55 Seiten (Seitenbereich: S. 314-368).

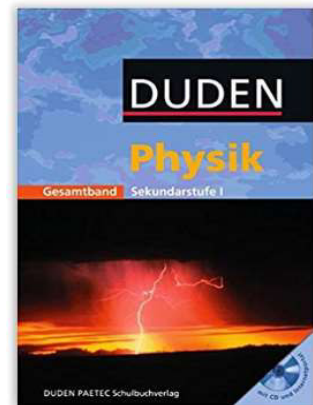


Abbildung 6: Schulbuch DUDEN.

Wilhelm Bredthauer et al.: Impulse Physik. Sekundarstufe I

IMPULSE wurde im Jahr 2013 veröffentlicht. Auch dieses Buch versteht sich als eine Überarbeitung früherer Versionen, nämlich der für Hessen zugelassenen Auflagen für G9 (2005) und G8 (2006). Die vorliegende Auflage soll laut den Autoren zum einen für G8 und G9 gleichermaßen geeignet sein, zum anderen auch die Ansprüche des Kerncurriculums in besonders gutem Maß erfüllen. Diese Auflage kostet 33,95 € und weist eine Hardcover Bindung auf. Mit einem Gewicht von 924 g beinhaltet das Buch 385 Seiten, von denen 34 (Seitenbereich: S. 177-210) untersucht wurden. Die Seitenmaßen betragen 20 cm × 26,4 cm.

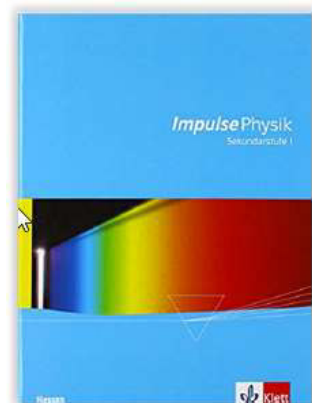


Abbildung 7: Schulbuch IMPULSE.

Ana Alboteanu-Schirner et al.: Universum Physik. Ausgabe A

Herausgebracht wurde UNIVERSUM im Jahr 2017. Das Lehrwerk wurde bis dato nur für die Sekundarstufe I konzipiert. Dies bedeutet unter anderem, dass Elemente wie Textverständlichkeit und Fotomotive speziell für diese Schülergruppe angemessen sein sollen. Das gilt auch für die Auswahl von Experimenten und Alltagsbeispielen. Das Buch wird in bundeslandspezifischen Auflagen kommerzialisiert, wobei die im Rahmen dieser Arbeit untersuchte Auflage für mehrere Bundesländer gilt – nämlich Bremen, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-

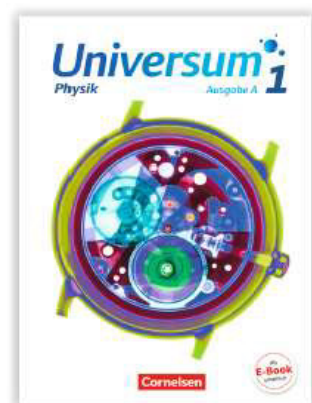


Abbildung 8: Schulbuch UNIVERSUM.

Holstein und Thüringen. Der Preis des ersten Bands beträgt 19,99 €, der Preis des zweiten 28,99 €. Beide werden als Hardcover gebunden. Band 1 hat bei einem Gewicht von 681 g insgesamt 263 Seiten, von denen 26 analysiert wurden (Seitenbereich: S. 208-233). Band 2 wiegt 752 g, hat insgesamt 305 Seiten und trug mit 42 zur Schulbuchanalyse bei (Seitenbereich: S. 90-131). Seine Maßen gleichen denen von DORN BADER: 19,7 cm × 26,7 cm.

## 4. Kriteriengeleitete Schulbuchanalyse

Die Analyse der Schulbücher erfolgte anhand eines Kriterienkatalogs. Der Erstellung desselbigen ging zunächst eine Auseinandersetzung mit den schon vorhandenen Analyserastern sowie ihren theoretischen Grundlagen voraus. Ein kurzer Einblick in die Geschichte der Schulbuchanalyse (4.1.) ermöglicht eine Kontextualisierung der Aufgabe, die die Erstellung eines Kriterienkatalogs darstellt. Die Kriterien des im Rahmen dieser Arbeit erstellten Katalogs werden im darauffolgenden Abschnitt (4.2.) präsentiert.

### 4.1. Historische Entwicklung der Schulbuchanalyse

Die Erstellung eines Kriterienkatalogs für die Analyse von Schulbüchern ist für eine strukturierte, von objektiven Kriterien geleitete Analyse vonnöten. Allerdings besteht kein Konsens in der Schulbuchforschung darüber, welche Kriterien für die Analyse eines Schulbuches am geeignetsten sind. Die ersten Kriterienkataloge Deutschlands sind entstanden, um unerwünschte Elemente wie Vorurteile, Feindbilder u.Ä. in den Schulbüchern der Nachkriegszeit zu finden und somit den Abschied von einer Zeit vorwiegend politisch motivierter Schulbücher zu gewährleisten (Fuchs, Niehaus & Stoletzki 2014, S. 77). Über die Jahrzehnte rückten didaktische Fragen zunehmend in den Vordergrund. Seit dem Anfang der 1990er Jahre beschäftigt sich die Schulbuchforschung intensiver mit der Analyse von Schulbüchern und bemüht sich darum, objektive Analysekriterien festzulegen, die den vielfältigen an Schulbücher gestellten Anforderungen gerecht werden können<sup>8</sup>. Heute koexistieren diverse Kriterienkataloge (häufig auch Analyseraster genannt), von denen einige im Folgenden kurz umrissen werden sollen.

Das *Reutlinger Raster* von Rauch & Tomaschewski wurde 1986 zur Analyse von Schulbüchern sowie den diesen begleitenden Schulmaterialien konzipiert (vgl. Fuchs, Niehaus & Stoletzki 2014, S. 80f.; Scheller 2010, S. 123ff.). Das Analyseraster besteht aus den drei Bereichen Lehrerband, Schülerband und Arbeitsmappen. Hinzu kommt ein allgemeiner Teil, in dem übergeordnete Kriterien evaluiert werden. Für die Analyse werden folgende Kategorien verwendet: (1) Bibliographische Angaben, (2) Ziele und Inhalte, (3) Lehrverfahren, (4) Adressaten, (5) Gestaltung, (6) Text, (7) Aufgaben, (8) Bild und (9) Bild/Text. Zu jeder Kategorie gibt es Aussagesätze, die mit ja/nein oder anhand einer Punktskala beantwortet werden können. Das Raster gilt mit seinen 250 zu bewertenden Merkmalen als sehr umfassend, wird aber aufgrund seiner

---

<sup>8</sup> Scheller (2010, S. 121f.) verweist auf eine Vielzahl von Forschungsansätzen sowie auf die unterschiedlichen und sehr vielfältigen Fokusse der Forscher, sowohl im deutschsprachigen Raum wie im internationalen Umfeld. Weitere Verweise, die auch neuere Studien mit einbeziehen, machen Fuchs, Niehaus & Stoletzki (2014, S. 83ff.).

strengen Quantifizierung (und der damit zusammenhängenden Vernachlässigung qualitativer Besonderheiten) kritisiert (Fuchs, Niehaus & Stoletzki 2014, S. 80f.).

Aus dem Jahr 1998 stammt das *Salzburger Raster* von Sams & Thonhauser (s. Scheller 2010, S. 126f.). Dieses Analyseraster beruht teilweise auf dem Reutlinger Raster und weist folgende Kategorien auf: (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 dem politischen Gehalt, (11) Informationen über Autor/innen und Entstehungsbedingungen. Insgesamt 78 Merkmale werden mithilfe einer fünfstufigen Rating-Skala ausgewertet. Dabei liegt der Schwerpunkt bei methodischen Fragestellungen. Das Raster wird als Grundlage für eine praxisorientierte Schulbuchanalyse als geeignet bewertet, wobei seine (zu starke) methodische Fokussierung auch nachteilhaft sein kann (vgl. ebd.).

Im Jahr 2012 wurde in der Schweiz das sogenannte *levanto* Tool entwickelt. Es handelt sich um ein webbasiertes Programm anhand dessen sowohl existierende wie zukünftige Schulbücher und sonstige Lehrmittel evaluiert werden sollten (vgl. Fuchs, Niehaus & Stoletzki 2014, S. 81ff.). Dabei steht die Gruppenauswertung durch mehrere Fachkundige im Mittelpunkt. Anfangs wurden für die Auswertung 200 Merkmale festgelegt, die nach diversen Überarbeitungen letztendlich auf 52 Merkmale reduziert wurden. Diese fallen in einen von drei ausdifferenzierten Bereichen:

- (1) Pädagogisch-didaktischer Bereich: Lehrplankongruenz, Lernprozess, Unterricht, Individualisierung, äußere Differenzierung;
- (2) Thematisch-inhaltlicher Bereich: Ausgewogenheit, Inhaltsauswahl, Zielgruppenorientierung;
- (3) Formal-gestalterischer Bereich: Gliederung und Aufbau, Design und Gestaltung, äußere Form und *Usability* (hier: elektronische Mittel).

Seit 2015 gibt es auch optionale Bereiche, darunter ein digital-interaktiver Bereich sowie auch Bereiche mit fachspezifischen Kriterien. Die Evaluation erfolgt anhand von Aussagesätzen und einer sechsstufigen Rating-Skala. Jedes Kriterium wird bzgl. seiner Ausprägung (Beurteilung) und seiner Wichtigkeit (Gewichtung) bewertet. Am Ende der Evaluation erhält man entsprechende Auswertungsgraphiken (s. Abb. 9). Diese kann man zu Gruppenauswertungen hinzufügen, sodass Vergleiche innerhalb der Gruppe ermöglicht werden. Durch Elemente wie Mittelwerte, Minima und Maxima werden Trends innerhalb der Gruppe sichtbar, die dann als Diskussionsgrundlage dienen.

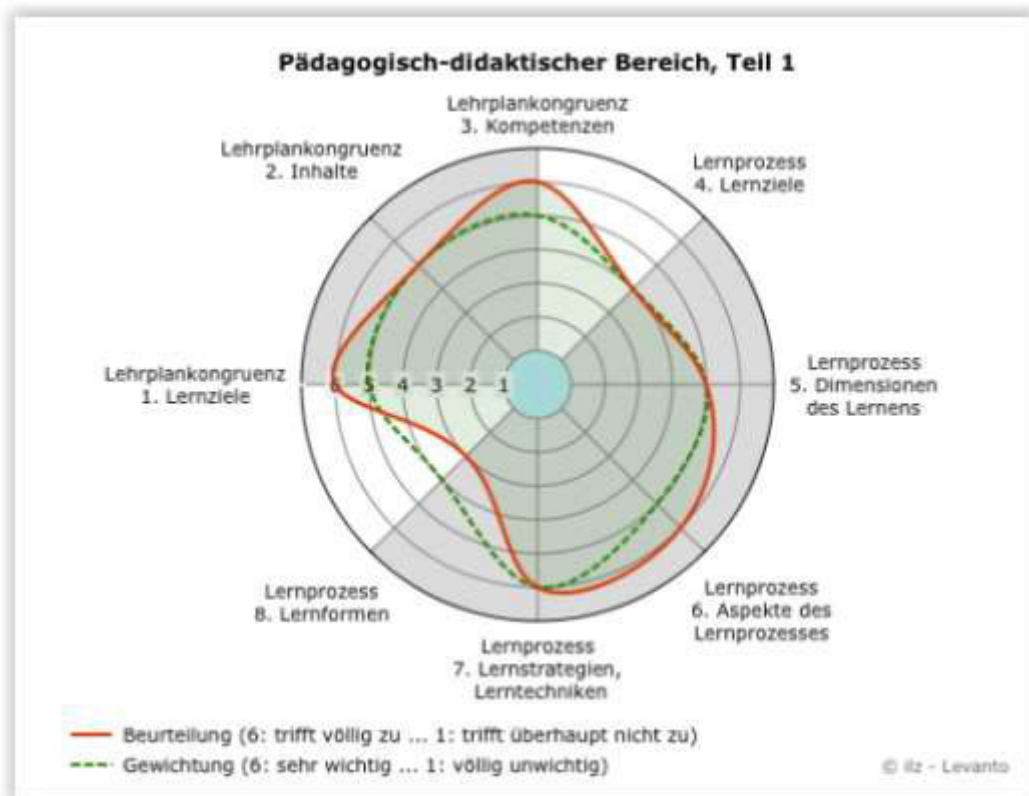


Abbildung 9: Beispieldiagramm aus *levanto* (Interkantonale Lehrmittelzentrale ilz).

In der Schweiz wurde *levanto* gut aufgenommen. Mittlerweile wird das Tool von den meisten Schweizer Kantonen für die Evaluation ihrer Lehrmittel verwendet (Wirthensohn 2012, S. 42). Es ist wohl möglich, dass in den kommenden Jahren Instrumente wie *levanto* – je nachdem, wann die seit Jahren debattierte Digitalisierung tatsächlich hierzulande implementiert wird – auch in Deutschland Fuß fassen werden.

## 4.2. Der Kriterienkatalog

Vielen der heute vorhandenen Analyseraster kann eine gewisse (teilweise sogar starke) Fokussierung auf quantitative Analyseverfahren zugeschrieben werden. Für diese Arbeit wurden sowohl qualitative wie quantitative Verfahren für die Analyse der Schulbücher benutzt.

Zunächst wurden vier allgemeinere Kategorien festgelegt, die als Oberthemen für die 36 festgelegten Analysekriterien gelten. Diese sind:

- (1) Didaktische Merkmale und Sachstruktur;
- (2) Texte und Sprache;
- (3) Bilder;
- (4) Aufgaben.

Die Kriterien wurden auf die Kategorien gleich verteilt, sodass jede Kategorie genau 9 Kriterien enthält. Jedes Kriterium wurde als Frage formuliert (z.B.: „Wie intensiv wird auf Anwendungen in Natur und Technik eingegangen?“), die bei der Analyse dann möglichst eindeutig beantwortet werden sollte. Manche dieser Fragen konnten numerisch bewertet, bejaht oder verneint werden. Andere erforderten elaborierte Antworten.

Als Basis für das Schema der Antwortmöglichkeiten gelten die von Scheller vorgestellten Antwortvarianten eines Analyserasters (2010, S. 132f.). Nach den benötigten Anpassungen ergab sich folgendes Schema (s. Tab. 4):

| Antwortvarianten | Kriterium               | Beschreibung                                                                                                                                                                          |
|------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| J / N            | Erfüllt / nicht erfüllt | Das mit der Frage verknüpfte Kriterium wird erfüllt (J) bzw. nicht erfüllt (N)                                                                                                        |
| -, o, +, ++      | Grad der Ausprägung     | Das Kriterium wird anhand einer von vier Ausprägungsstufen bewertet:<br>++ sehr stark ausgeprägt<br>+ stark ausgeprägt<br>- wenig ausgeprägt<br>o neutral/durchschnittlich ausgeprägt |
| Text             | Textantwort             | Die Bewertung des Kriteriums wird im Textformat erklärt                                                                                                                               |
| Wert             | Wertangabe              | Dem Kriterium wird ein Wert zugeordnet (eine absolute Zahl, eine Prozentangabe, usw.)                                                                                                 |

Tabelle 4: Schema zu den Antwortmöglichkeiten auf die Fragen des Kriterienkatalogs in Anlehnung an Scheller (2010).

Im Kapitel 5 wird die Schulbuchanalyse im Textformat dargelegt. Die tabellarischen Ergebnisse, die anhand des obigen Schemas zusammengefasst wurden, befinden sich im Anhang. Die festgelegten Analyse Kriterien sind folgende:

| 1. Didaktische Merkmale und Sachstruktur |                                                                                          |                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                          | Kriterium                                                                                | Antwortvariante |
| 1.1                                      | Wird das elektrische Potenzial eingeführt?                                               | J / N           |
| 1.2                                      | Wie wird die elektrische Spannung eingeführt?                                            | Text            |
| 1.3                                      | Wie wird die elektrische Spannung definiert?                                             | Text            |
| 1.4                                      | Kann man behaupten, dass der Strom als zentrale Größe des Stromkreises dargestellt wird? | J / N           |

|     |                                                                                   |             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.5 | Welche Analogien werden verwendet, um Strom und Spannung zu vermitteln?           | Text        |
| 1.6 | Werden Schülervorstellungen aufgegriffen?                                         | -, o, +, ++ |
| 1.7 | Werden ungünstige Begriffe verwendet oder sogar zu Lernzwecken thematisiert?      | -, o, +, ++ |
| 1.8 | Wird auf die Gefahren bzw. die Sicherheit im Umgang mit Stromkreisen eingegangen? | -, o, +, ++ |
| 1.9 | Wie intensiv wird auf Anwendungen in Natur und Technik eingegangen?               | -, o, +, ++ |

Tabelle 5: Analysekriterien der ersten Kategorie.

Bei den Fragen 1.1 bis 1.5 wird der Umgang mit den Schlüsselbegriffen Strom und Spannung untersucht. Die dazugehörigen theoretischen Ausführungen wurden schon im Kapitel 2 dargelegt. Bei der Analyse wird ein Blick darauf geworfen, ob das Potenzial überhaupt eine Rolle im Konzept des jeweiligen Buches spielt bzw. wie die obengenannten Begriffe eingeführt und definiert werden. Ferner wird untersucht, ob die gängige Problematik des Stroms als zentrale Größe in dem Buch erkennbar ist.

Die Fragen 1.6 und 1.7 greifen das Thema Schülervorstellungen auf. Zum einen wird geprüft, ob Schülervorstellungen im Buch thematisiert werden. Dabei muss nicht unbedingt ein expliziter Bezug vorhanden sein, denn oftmals wird auf Schülervorstellungen eingegangen, ohne dass diese als solche angesprochen werden. Dennoch kann eine offene Herangehensweise von Vorteil sein, wenn SchülerInnen einen bewussten Umgang mit Schülervorstellungen entwickeln sollen. Einen Konsens in der Literatur darüber, wie genau Schülervorstellungen zu behandeln sind, gibt es allerdings nicht (vgl. Wilhelm & Schecker 2018). Zudem wird geprüft, inwiefern ungünstige Begriffe wie „Stromquelle“ oder „Verbraucher“, die bestimmte Schülervorstellungen fördern, im Buch benutzt oder bestenfalls angesprochen und kritisiert werden.

Die letzten Fragen 1.8 und 1.9 gehen auf die Themen Sicherheit und physikalische Anwendungen ein. Als Erstes wird untersucht, ob die Gefahren des elektrischen Stroms im jeweiligen Buch behandelt werden. Dabei sind sowohl das explizite Aufzeigen von Gefahren (etwa der lebensgefährlichen Spannung an der Steckdose) wie auch das Vorgeben bestimmter Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen für den Umgang mit Elektrizität. Zweitens wird der Umfang von Anwendungsbeispielen in Natur und Technik untersucht. Die Herstellung eines Alltagsbezuges, der den SchülerInnen zeigt, warum es für sie sinnvoll ist, sich mit einem physikalischen Konzept auseinanderzusetzen, kommt häufig durch beispielhafte Anwendungen. Diese können

SchülerInnen davon überzeugen, dass ein im Unterricht behandeltes Thema auch für ihr Leben in der außerschulischen Gesellschaft relevant ist (vgl. Kircher 2009b, S. 67-71). Vor allem alltagsnahe Anwendungen können einem physikalischen Inhalt einen Erklärungswert für die Alltagswelt der SchülerInnen geben; dieser fungiert letztendlich als Motivationsfaktor (Girwidz 2009a, S. 257).

| 2. Texte und Sprache |                                                                                          |                 |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                      | Kriterium                                                                                | Antwortvariante |
| 2.1                  | Fangen die Kapitel mit Einstiegstexten an? Wirken diese motivierend/attraktiv?           | -, o, +, ++     |
| 2.2                  | Kommen bei Einstiegstexten weniger bekannte Bauteile oder neue Fachbegriffe vor?         | Text            |
| 2.3                  | Werden neue Fachbegriffe in den Texten hervorgehoben? Werden sie erklärt?                | -, o, +, ++     |
| 2.4                  | Werden Textinhalte anhand von Bildern veranschaulicht?                                   | -, o, +, ++     |
| 2.5                  | Wie viele Wörter enthält jeder Text insgesamt?                                           | Wert            |
| 2.6                  | Wie viele Wörter pro Satz (Satzlänge SL) gibt es im Durchschnitt?                        | Wert            |
| 2.7                  | Wie viele dieser Wörter haben drei oder mehr Silben (Mehrsilber MS)?                     | Wert            |
| 2.8                  | Für welche Jahrgangsstufe ist der Text nach der Wiener Sachtextformel (WSTF) angemessen? | Wert            |
| 2.9                  | Entspricht der subjektive Eindruck beim Lesen den Ergebnissen WSTF-Analyse?              | Text            |

Tabelle 6: Analysekriterien der zweiten Kategorie.

Lediglich für die textsprachliche Analyse konnten nicht alle ausgewählten Seitenbereiche analysiert werden, denn dies hätte nur mit einem enormen Zeitaufwand realisiert werden können. Stattdessen wurde aus jedem Buch ein Text untersucht, der grundsätzlich der durchschnittlichen Textgestaltung im Buch entspricht. Der elektrische Widerstand und das Ohm'sche Gesetz sind die Themen dieser Texte.

Die Texte wurden auf mehrere Merkmale untersucht. Im Mittelpunkt stand aber die Textverständlichkeit. Die Qualität des Textverständnisses seitens der SchülerInnen hat erwiesenermaßen kumulative Wirkungen auf die Schülerleistungen in den Naturwissenschaften und Mathematik; diese Tatsache verleiht der Verständlichkeit der Texte eine große Bedeutung bei der Schulbuchanalyse (vgl. Schmitz 2016, S. 8). Dabei wird Textverständlichkeit hier mit den vier

Merkmalskomplexen von Langer et al. definiert (s. Girwidz 2009a, S. 225): (1) Einfachheit, (2) Gliederung – Ordnung, (3) Kürze-Prägnanz und (4) anregende Zusätze. Verständliche Texte sollten im Wesentlichen folgende Eigenschaften besitzen:

- Benutzte Worte sollen anschaulich und geläufig, Sätze möglichst kurz sein;
- Im Text soll man eine sinnvolle Nutzung von Gliederungselementen (etwa des Hervorhebens) erkennen;
- Aussagen müssen knapp formuliert werden, aber eine hohe Informationsdichte aufweisen;
- Zudem sollen den Leser einladende bzw. motivierende Elemente vorkommen, z.B. Erzählungen, die direkte Rede und Humor.

Die Fragen 2.1 und 2.2 beziehen sich auf das Vorhandensein sowie die Qualität von Einstiegstexten. Einstiegstexte sollten in ihrer Wichtigkeit nicht unterschätzt werden, denn sie legen den Grundstein für die erfolgreiche Schülerarbeit im jeweiligen Kapitel. Ein Einstiegstext soll besonders gut gegliedert und ausreichend einfach sein. Ferner soll er Anregungen für die SchülerInnen enthalten und die SchülerInnen noch mehr stimulieren als der Grundtext (vgl. Scheller 2010, S. 158). Wenn er diese Voraussetzungen nicht erfüllt, muss unter Umständen mit einer Senkung der Schülermotivation gerechnet werden, die in die nächsten Phasen der Bucharbeit mitgetragen werden können. Natürlich ist es kaum möglich zu definieren, was genau unter höchstsubjektiven Begriffen wie anregend, anreizend o.Ä. verstanden werden soll. Wie Scheller (ebd., S. 147) bemerkt, spielen hierbei affektive Eigenschaften und Einschätzungen sowohl des Textproduzenten wie des Rezipienten eine Rolle. Im Prinzip geht es aber darum, die Schüleraufmerksamkeit durch unterschiedliche Mittel (z.B. mit einer lustigen Anekdote) zu erregen und dabei möglichst positive Affekte bei den SchülerInnen zu erzeugen. Dabei kann eine Überzahl von unbekannten Worten, die das Textverständnis erschweren, den Einstiegstext in seinem Interesse erweckenden Charakter unterminieren. Unbekannte Wörter, insbesondere Fachbegriffe, erfordern eine höhere kognitive Verarbeitung seitens der SchülerInnen und erschweren erwiesenermaßen das Textverstehen (vgl. ebd., S. 135). Daher sollte die Anzahl von Fachbegriffen in einem Buchkapitel bzw. Einstiegstext angemessen sein. Richtwerte liegen in der Literatur nicht vor, aber es sollten nur so viele Fachbegriffe vorkommen, dass die Erweiterung des fachlichen Wortschatzes bzw. des Fachwissens der SchülerInnen ohne Beeinträchtigung gewährleistet werden kann. Allgemein sollten in Lehrtexten bekannte (Alltags-) Begriffe bevorzugt werden; diese können zum einen die SchülerInnen kognitiv entlasten, zum anderen auch noch ihr Vorwissen aktivieren (vgl. ebd.; Schmitz 2016, S. 17)

Bei der Frage 2.3 geht es um die Hervorhebung von Fachbegriffen im Text. Vor allem neu auftretende, zentrale Fachbegriffe sollten im Text nach Möglichkeit hervorgehoben werden (vgl. Scheller 2010, S. 215). Dabei kann man verschiedene Varianten benutzen, wie die Unterstreichung, Fett- und Kursivschrift oder auch die Einfärbung der Wörter. Durch Hervorhebungen wird die Aufmerksamkeit des Lesers schnell auf den jeweiligen Begriff gelenkt und somit visuell vermittelt, dass es sich um einen besonders wichtigen Inhalt handelt. Dieses Ins-Auge-Springen hervorgehobener Inhalte wird in der Wahrnehmungspsychologie *Popout-Effekt* benannt und kann vor allem bei Signalfarben wie Rot oder bei starkem Kontrast zur Umgebung verstärkt werden (vgl. Ballstaedt 2012, S. 109). Für SchülerInnen ist die Hervorhebung wichtiger Inhalte zudem eine praktische Hilfe, z.B. bei Stoffwiederholungen oder Prüfungsvorbereitungen die zentralsten Begriffe des Schulbuches zu erfassen.

Bei der Frage 2.4 geht es um die unterstützende Funktion von Bildern bzgl. des Textverstehens. Gerade in der Physik können fachliche Konzepte oder Erklärungen hochkomplex und für SchülerInnen (vor allem in der Sekundarstufe I) zu abstrakt sein. Dabei können Bilder eine große Hilfe leisten, indem sie Texte ergänzen und sprachlich formulierte Inhalte veranschaulichen (Girwidz 2009a, S. 221). Seit langem herrscht in der Psychologie Konsens darüber, dass begriffliches und visuelles Wissen in lernförderlicher Weise miteinander interagieren. Zudem können Bilder visuelle Merkmale direkt vermitteln, die die Sprache, nicht kann: Form, Farbe, Textur und räumliche Zuordnungen, zum Beispiel<sup>9</sup> (vgl. Ballstaedt 2012, S. 14f.). Durch die Kombination von Text und Bild können Inhalte effizienter und nachhaltiger gelernt werden.

Die Fragen 2.5 bis 2.9 beziehen sich auf die quantitative Analyse mit der Wiener Sachtextformel (WSTF). Die WSTF ist eine Formel, die von Richard Bamberger entwickelt wurde und der Untersuchung der Lesbarkeit deutschsprachiger Texte dient (s. Bamberger 2000). In Wirklichkeit handelt es sich um vier unterschiedliche Formeln, von denen die vierte (vor allem bei der Schulbuchanalyse) am häufigsten verwendet wird. Diese lautet:

$$\text{WSTF} = 0,2565 * \text{SL} + 0,2744 * \text{MS} - 1,693$$

Dabei ist SL die Satzlänge (die absolute Anzahl von Wörtern in einem Satz) und MS steht für die sogenannten Mehrsilber (Wörter mit drei oder mehr Silbern). Aus dieser Berechnung erhält man den Schwierigkeitsgrad des Textes. Dieser entspricht in etwa der jeweiligen Schulstufe,

---

<sup>9</sup> Natürlich können solche Merkmale sprachlich beschrieben werden und zum indirekten Abruf bildhafter Vorstellungen führen. Ein solcher Vorgang ist aber vom Vorstellungsvermögen des Lesers abhängig und stellt keine sensorische Aufnahme dar (vgl. Girwidz 2009a, S. 211f.).

für die der Text angemessen sein soll. Als Beispiel untersuchen wir einen kurzen Ausschnitt eines Wikipedia-Eintrags:

*„Die Wiener Sachtextformel dient zur Berechnung der Lesbarkeit deutschsprachiger Texte. Sie gibt an, für welche Schulstufe ein Sachtext geeignet ist. Die Skala beginnt bei Schulstufe 4 und endet bei 15, wobei ab der Stufe 12 eher von Schwierigkeitsstufen als von Schulstufen gesprochen werden sollte. Ein Wert von 4 steht demnach für sehr leichten Text, dagegen bezeichnet 15 einen sehr schwierigen Text.“* („Lesbarkeitsindex“, Eintrag auf Wikipedia; die Mehrsilber wurden hier unterstrichen.)

Dieser Text hat 13 Mehrsilber und eine Satzlänge von 15,3 Wörtern pro Satz. Somit entspricht er – mit einem errechneten Wert von 5,9 – ungefähr dem Schwierigkeitsgrad 6. Der Text wäre daher für SchülerInnen der 6. Jahrgangstufe angemessen. Es muss allerdings beachtet werden, dass die Analyse mit der WSTF ein Ergebnis liefert, das vielleicht nicht alle Merkmale des Textes berücksichtigen kann. Daher wird mit der Frage 2.9 auch der subjektive Eindruck beim Lesen des Textes mit dem Ergebnis der WSTF-Analyse verglichen.

Im Allgemeinen sind Lesbarkeitsformeln reliable und valide Instrumente zur Überprüfung der Leseflüssigkeit, stellen jedoch durch ihre Fokussierung auf Wort- und Satzlängen ein weniger geeignetes Mittel zur qualitativen Analyse von Texten dar (vgl. Schmitz 2016, S. 21). So wird am Beispiel der WSTF unter anderem vernachlässigt, dass längere Wörter nicht unbedingt komplexere Konzepte darstellen oder dem Leser weniger geläufig sein müssen als kürzere Wörter. Die Universität Leipzig bietet ein kostenloses Online Tool namens *Wortschatz-Portal*<sup>10</sup>, mit dem man einen Begriff in über 300 monolingualen Wörterbüchern suchen und Vergleichsdaten über ihn erhalten kann (korpusbasierte Suche). Unter anderem kann man die Häufigkeitsklasse (HF) eines Wortes einsehen, d.h. wie häufig dieses Wort in den deutschsprachigen Texten der bestehenden Korpora auftritt. Dabei gilt eine inverse Proportionalität zwischen der Worthäufigkeit und der ihrer HF zugeordneten Zahl. Ein Wort mit HF 2 kommt häufiger vor als ein Wort mit HF 6. Einem Zweisilber wie „Atom“ wird die HF 14 zugeschrieben (vgl. Abb. 10), während dem Mehrsilber „Bewegung“ die HF 9 zugeordnet wird. Letzterer würde sich negativ auf eine WSTF-Analyse auswirken, obwohl es sich offensichtlich um einen geläufigeren Begriff handelt.

---

<sup>10</sup> Die Webseite kann unter <https://wortschatz.uni-leipzig.de/de> aufgerufen werden.

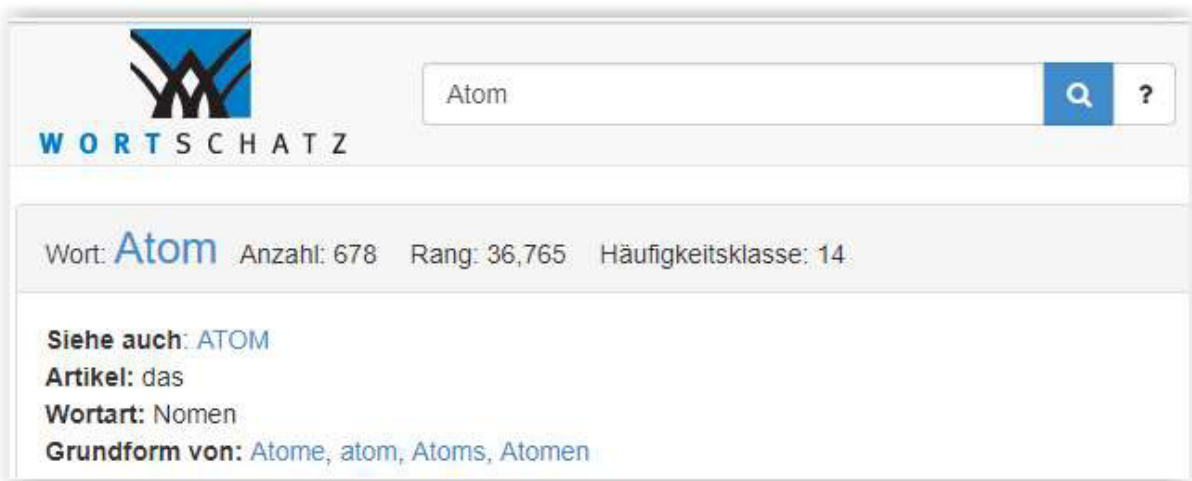


Abbildung 10: Eintrag zum Begriff „Atom“ (*Wortschatz-Portal* der Universität Leipzig).

Folglich sind die Ergebnisse von Lesbarkeitsformeln wie der WSTF mit etwas Vorsicht zu betrachten. Dennoch haben sich trotz einiger Einschränkungen viele Lesbarkeitsformeln als eine gute Orientierung erwiesen.<sup>11</sup> Schließlich bleibt unbestritten, dass die Verarbeitung von Texten, die eine Mehrzahl längerer Sätze enthalten, „auf Grund der Anzahl der zu verarbeitenden und miteinander in Beziehung zu setzenden Bedeutungseinheiten“ mit einem höheren kognitiven Aufwand einhergeht (Scheller 2010, S. 96).

| 3. Bilder |                                                                                                                 |                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|           | Kriterium                                                                                                       | Antwortvariante |
| 3.1       | Wie viele Bilder gibt es insgesamt?                                                                             | Wert            |
| 3.2       | Wie viele Bilder pro Seite gibt es (im Durchschnitt)?                                                           | Wert            |
| 3.3       | Wie groß ist der Flächenanteil der Bilder (im Durchschnitt)?                                                    | Wert            |
| 3.4       | Wie groß ist der Anteil der jeweiligen Bildtypen?                                                               | Wert            |
| 3.5       | Haben Bilder Über- oder Unterschriften? Werden sie nummeriert?                                                  | J / N           |
| 3.6       | Werden Bilder im Text erwähnt bzw. erklärt?                                                                     | J / N           |
| 3.7       | Entspricht die Größe bzw. die Qualität der Bilder den zu visualisierenden Inhalten?                             | -, o, +, ++     |
| 3.8       | Wie oft beinhalten die Bilder irrelevante Informationen, die eher zum kognitiven <i>overload</i> führen können? | -, o, +, ++     |

<sup>11</sup> Ein Rückblick in die Geschichte der Lesbarkeitsforschung sowie eine kritische Betrachtung einiger Ansätze lassen sich in Scheller (2010, S. 95-99) bzw. Schmitz (2016, S. 20-26) finden.

|     |                                                                                                                                                                       |             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 3.9 | Wie sind die Bilder inhaltlich einzuordnen? Orientieren sie sich am Interesse und Alltag der SchülerInnen, unterstützen sie das Verständnis von Texten und Konzepten? | -, o, +, ++ |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Tabelle 7: Analysekriterien der dritten Kategorie.

Die Fragen 3.1 bis 3.4 hängen mit einer quantitativen Analyse zusammen. Dabei wird zum einen die absolute Anzahl der im Buch enthaltenen Bilder bestimmt, zum anderen auch die seitenflächenbezogene Verteilung der Bilder auf die Buchseiten untersucht. Dazu kommt eine Kategorisierung der unterschiedlichen Bildtypen, die im jeweiligen Buch vorhanden sind.

Die Kategorisierung von Bildern in der Literatur zeigt sich von Autor zu Autor unterschiedlich umfangreich. So gelten für Issing (vgl. 1983, zit. nach Girwidz 2009a, S. 217f.) folgende Bildtypen:

- (1) Abbildungen: zeigen äußere Merkmale eines Objekts und dienen als Anschauungsmaterial (eine sehr umfassende Kategorie, die die meisten Bilder, von Zeichnungen bis hin zu Fotografien, enthält);
- (2) Analoge Bilder: veranschaulichen nicht direkt beobachtbare Prozesse und Analogien und helfen, Strukturen und Funktionsweisen zu verstehen (z.B. Elektronendrift als Bild für den elektrischen Strom in Metallen);
- (3) Logische Bilder: abstrakte und schematische Darstellungen, kommunizieren häufig auf der symbolischen Ebene (z.B. Schaltbilder und Diagramme).

Ballstaedt (2012, S. 14) schlägt eine detailliertere Kategorisierung, die zunächst zwischen internen (d.h. im Kopf entstehenden bildlichen Vorstellungen) und externen (auf dem Papier, Bildschirm oder sonstigem Medium gezeigten) Bildern unterscheidet. Für die externen Bilder sieht er dann mehrere, weiter präzisiertere Kategorien vor (s. Abb. 11).

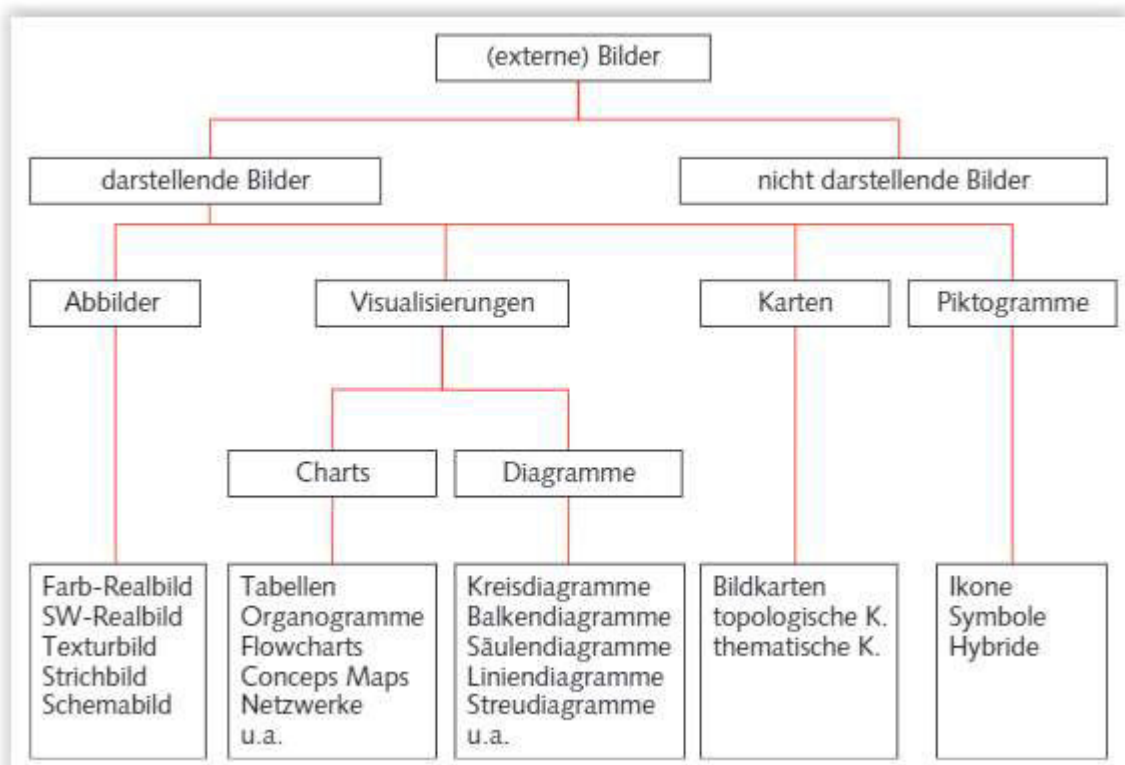
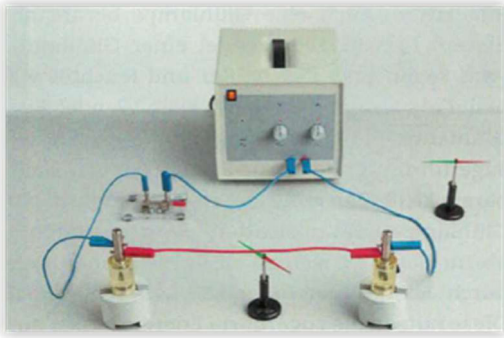


Abbildung 11: Externe Bilder nach Ballstaedt (2012, S. 19).

Weitere Kategorisierungen sind in Scheller (2010, S. 105f.) zu finden. Für diese Arbeit wurde eine Kategorisierung festgelegt, die vor allem auf die Inhalte der Bilder fokussiert, jedoch bei der Analyse durchaus eine differenzierte Betrachtung der Bilder hinsichtlich ihrer Funktion ermöglicht. Diese Kategorien werden in Tab. 8 dargestellt. Jede Beschreibung enthält zusätzlich ein Bild, das die jeweilige Kategorie beispielhaft vertritt.

|                    |                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fotos</b>       | <p>Bilder, die tatsächliche Fotoaufnahmen (Fotografien) darstellen:</p>  <p>Abbildung 12: Beispiel zur Kategorie "Fotos" (UNIVERSUM Bd. 2, S. 228).</p> |
| <b>Zeichnungen</b> | <p>Mittels Zeichnen gefertigte Bilder:</p>                                                                                                                                                                                                  |

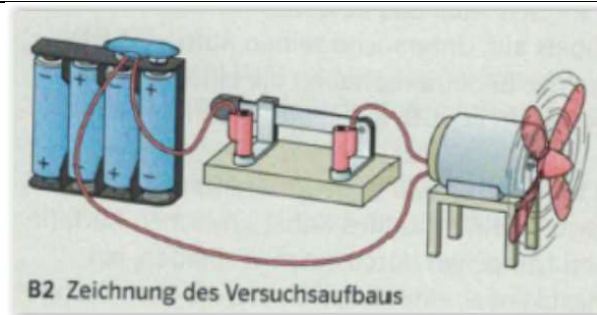


Abbildung 13: Beispiel zur Kategorie "Zeichnungen" (IMPULSE, S. 145).

## Graphen

Die Visualisierung einer Funktion/Kennlinie u.Ä.:

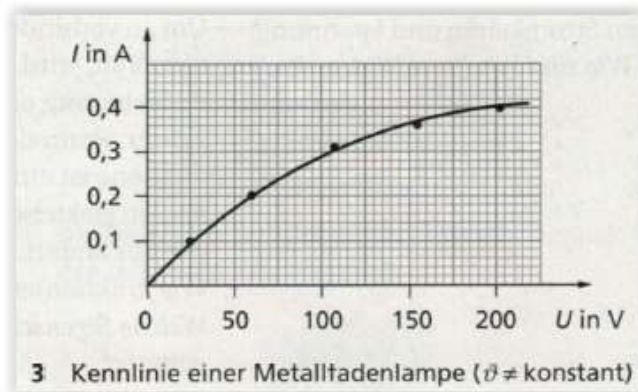


Abbildung 14: Beispiel zur Kategorie "Graphen" (DUDEN, S. 336).

## Schaltbilder

Schaltbilder, die in den Physiklehrbüchern typisch sind. Dazu zählen auch die bei BURDE vorhandenen Schaltbilder mit Farben.

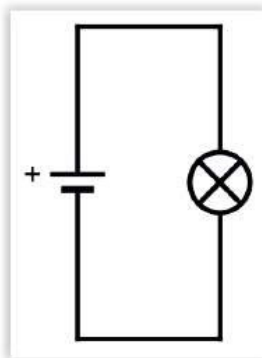


Abbildung 15: Beispiel zur Kategorie "Schaltbilder" (BURDE, S. 16).

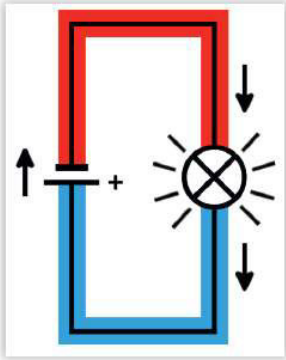
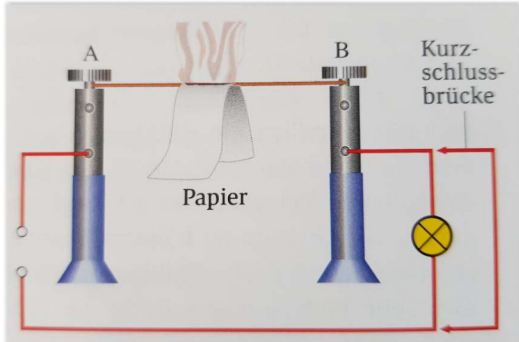
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |  <p>Abbildung 16: Beispiel zur Kategorie "Schaltbilder" (BURDE, S. 13).</p>                                                                                                         |
| <b>Quasi-Schaltbilder</b> | <p>Schaltbilder, die mit zusätzlichen gezeichneten Elementen kombiniert werden:</p>  <p>Abbildung 17: Beispiel zur Kategorie "Quasi-Schaltbilder" (DORN BADER Bd. 1, S. 114).</p> |

Tabelle 8: Die für die Schulbuchanalyse festgelegten Bildtypen.

Die Fragen 3.5 bis 3.7 gehen auf die praktischen Aspekte der Verwendung von Bildern, die einen Einfluss auf die Wahrnehmung des Lesers haben. Grundsätzlich sollten Bilder in Lehr-Lern-Kontexten nicht nur als dekorative Zusätze dastehen, sondern Informationen vermitteln<sup>12</sup>. Ein Bild hat jedoch ohne Text fast keinen Informationswert, weil Bilder im Prinzip vieldeutig sind (vgl. Fuchs, Niehaus & Stoletzki 2014, S. 69f.). Daher ist eine Interaktion zwischen Bild und Text in Form von Beschriftungen und Textreferenzen vonnöten, wenn die lernförderliche Nutzbarkeit von Bildern ausgeschöpft werden bzw. von einer kodalen Komplementarität von Bild und Text die Rede sein soll (vgl. Ballstaedt 2012, S. 128).<sup>13</sup> Bilder sollen im Text mit

<sup>12</sup> Damit sei nicht gesagt, dass dekorative Bilder gar nicht eingesetzt werden sollen, sondern nur sparsam. Schließlich können sie unter anderem schon beim Durchblättern eines Buches Interesse wecken und die Lesemotivation anregen (vgl. Girwidz 2009a, S. 223; Ballstaedt 2012, S. 40f.). Einen positiven Lerneffekt haben dekorative Bilder allerdings nicht (Fuchs, Niehaus & Stoletzki 2014, S. 47).

<sup>13</sup> S. hierzu auch *Multikodale Verarbeitung* (Ballstaedt 2012, S. 136-145).

einbezogen und ordentlich gegliedert werden. Ihre Beschriftungen müssen möglichst unmissverständlich sein und als Interpretationshilfe der jeweiligen Bilder dienen (Aprea & Bayer 2010, S. 78). Ferner setzt eine adäquate Bildverarbeitung voraus, dass Bildelemente ohne Probleme erkannt und voneinander unterschieden werden können. Dafür müssen wichtige Bildelemente ausreichend groß sein bzw. anhand von Farben und Schattierungen hervorgehoben werden (vgl. ebd., S. 76).

Bei den Fragen 3.8 und 3.9 handelt es sich um die Bildinhalte. Zusätzlich zu den schon erwähnten Anforderungen, sollen Bilder Rücksicht auf die kognitive Belastung von SchülerInnen sowie an ihren Interessen orientiert sein. Bestenfalls sollen sie auch absichtlich als Lehr-Lern-Instrument eingesetzt werden und das Verständnis von Texten und Konzepten fördern. Da jegliche Verarbeitung von Bildern zu einem bestimmten *cognitive load* führt, also zu einer Belastung des kapazitätsbegrenzten Arbeitsgedächtnisses<sup>14</sup>, sollten Bilder nach Möglichkeit nur die Informationen enthalten, die mit dem Bild tatsächlich vermittelt werden sollen. Sogenannte *seductive details*, d.h. überflüssige Informationseinheiten, die nicht hilfreich sind und SchülerInnen grundsätzlich nur ablenken, sollen stets vermieden werden (vgl. Aprea & Bayer 2010, S.75ff.; Scheller 2010, S. 106). Zudem ist auch eine Schülerorientierung bei der Auswahl abzubildender Inhalte wichtig. Wie schon mehrfach gesagt, ist ein Bezug zum Alltag der SchülerInnen für die Motivation im Physikunterricht wichtig. Diesen können Bilder durchaus herstellen, indem sie beispielsweise Situationen und Gegenstände, die zum Alltag der SchülerInnen gehören, darstellen. Ferner kann eine gute Verzahnung von Bild und Text erwiesenermaßen zu verbesserten Lernleistungen führen (Aprea & Bayer 2010, S. 73; Scheller 2010, S.106).

| 4. Aufgaben |                                                             |                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------|-----------------|
|             | Kriterium                                                   | Antwortvariante |
| 4.1         | Wie viele Aufgaben gibt es insgesamt?                       | Wert            |
| 4.2         | Wie viele Aufgaben gibt es pro Seite (im Durchschnitt)?     | Wert            |
| 4.3         | Wie groß ist der Anteil der jeweiligen Aufgabentypen?       | Wert            |
| 4.4         | Wie lang sind die Aufgabenstellungen (Wörter/Aufgabe)?      | Wert            |
| 4.5         | Ist die sprachliche Formulierung der Aufgaben verständlich? | -, o, +, ++     |

---

<sup>14</sup> Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses beläuft sich auf ca. 7 Elemente, die gleichzeitig gehalten bzw. 2 bis 3 Elemente, die gleichzeitig verarbeitet werden können (Aprea & Bayer 2010, S.77; s. auch Girwidz 2009b, S. 641ff.).

|     |                                                                                                                                   |             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 4.6 | Werden Operatoren und direkte Ansprache bei den Aufgabenstellungen verwendet?                                                     | J / N       |
| 4.7 | Sind Beispielrechnungen oder Musterlösungen vorhanden?                                                                            | J / N       |
| 4.8 | Gibt es unter den Versuchsaufgaben auch Versuchsvorschläge, die SchülerInnen außerhalb der Schule selbständig durchführen können? | J / N       |
| 4.9 | Sind die Aufgaben lernförderlich? Gelten sie eher als Übungen oder dienen sie auch der Vertiefung?                                | -, o, +, ++ |

Tabelle 9: Analysekriterien der vierten Kategorie.

Bei den Fragen 4.1 bis 4.4 werden quantitative Aspekte der im Buch enthaltenen Aufgaben betrachtet. Es wird untersucht, wie viele Aufgaben das jeweilige Buch enthält und wie vielfältig diese Aufgaben sind. Häufig werden Aufgaben nach der Art der Fragestellung kategorisiert. So unterscheidet Ballstaedt (1997, S. 81) beispielsweise zwischen offenen Fragen (die wiederum in Wissensfragen, Verständnisfragen und Anwendungsfragen unterteilt werden), Multiple-Choice-Fragen, Ergänzungsverfahren („Lückentest“) und Korrekturaufgaben. Aufgaben werden in der Literatur sehr unterschiedlich definiert und kategorisiert.<sup>15</sup>

Für die Analyse der Aufgaben in dieser Arbeit wird eine pragmatische Kategorisierung benutzt, die vor allem versucht, die Art der Aufgabenstellungen bzw. die sich aus den Aufgaben ergebenden Lernprodukte zu berücksichtigen und in möglichst eindeutigen Kategorien einzuteilen. Es handelt sich hierbei um sechs unterschiedliche Kategorien, die in Tab. 10 aufgelistet werden. In der Tabelle wird nach der Beschreibung der jeweiligen Kategorie eine für diese Kategorie typische Aufgabenstellung als Beispiel herangeführt:

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Verständnisfrage</b>       | Einfachere Wissensabfragen oder komplexere Fragen, deren Beantwortung lediglich qualitatives Verständnis eines Konzepts erfordert:<br><i>„Warum könnte man in vielen Fällen keine sinnvolle Schaltung bauen, wenn Luft ein guter elektrischer Leiter wäre?“</i> |
| <b>Skizzieren/Modellieren</b> | Aufgaben, bei denen Modelle/Schaltbilder/Skizzen u.Ä. entworfen werden sollen. In der Regel enthalten sie Operatoren wie „zeichnen“, „skizzieren“ usw.:<br><i>„Zeichne eine Reihenschaltung mit zwei Lampen und einer Batterie.“</i>                            |

<sup>15</sup> Eine ausführliche Typologie von Aufgaben ist z.B. in Kauertz & Fischer (2009, S. 663-672) und Scheller (2010, S. 162f.) zu finden.

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rechercheaufgabe</b>     | Aufgaben, die u.a. eine Internet-Recherche, die Suche nach Informationen über Haushaltsgeräten in Zeitungen/Zeitschriften usw. erfordern:<br><i>„Finde heraus, wie viel elektrische Leistung folgende Geräte benötigen: ein Computer, eine Mikrowelle und ein Handy.“</i>                               |
| <b>Rechenaufgabe</b>        | Berechnungen mit Zahlenwerten, Gleichungen umformen und nach einer Variablen lösen o.Ä.:<br><i>„Welche Stromstärke tritt beim Berühren von 230 V auf, wenn dein Hautwiderstand (bei nasser Haut) 3 k<math>\Omega</math> beträgt?“</i>                                                                   |
| <b>Experimentieraufgabe</b> | Die Durchführung von Experimenten mit technischen Geräten oder Computersimulationen, im Unterricht oder zu Hause. Auch Freihandversuche mit Alltagsmaterialien und gebastelten Gegenständen:<br><i>„Baue die Schaltung nach Abbildung 5. Schließe den Schalter und beschreibe deine Beobachtungen.“</i> |
| <b>Projekt/Präsentation</b> | Arbeitsaufträge, die in der Regel einen Vortrag/eine Ergebnispräsentation einschließen oder typische Schulprojekte:<br><i>„Teilt euch in fünf Gruppen auf und führt folgende Versuche durch. Nach der Versuchsdurchführung wird jede Gruppe ihre Ergebnisse der ganzen Klasse präsentieren.“</i>        |

Tabelle 10: Die für die Schulbuchanalyse festgelegten Aufgabentypen.

Die Fragen 4.5 bis 4.9 werden der qualitativen Analyse gewidmet.

Bei der Frage 4.5 wird zunächst die Verständlichkeit von Aufgabenstellungen untersucht. Zur Textverständlichkeit im Allgemeinen wird auf die vorherigen Kapitel verwiesen. Im spezifischen Kontext der Aufgabenstellungen wird die Verständlichkeit von Formulierungen anhand folgender Merkmale untersucht (vgl. Kauertz & Fischer 2009, S. 666):

- (1) Kognitive Strukturierung: die Verwendung von sinnvollen Strukturierungen und Elementen wie Hervorhebungen oder sonstige Arten der Betonung einzelner Informationen; gelungene Gliederung von Absätzen;
- (2) Sprache Einfachheit: kurze und einfache Satzstrukturen mit Subjekt, Prädikat und Objekt; für die SchülerInnen geläufige Wörter, aktive Verben und wenige Nominalisierungen;
- (3) Semantische Redundanz: durch Wiederholungen angestrebte Verringerung der Informationsdichte;

(4) Kürze und Prägnanz: Gleichgewicht bei der Verwendung von möglichst wenig Text und den notwendigen Redundanzen, woraus sich ein sinnvolles Verhältnis zwischen sprachlichem Aufwand und Informationsmenge ergibt.

Mit Frage 4.6 wird die Verwendung von Operatoren und direkter Ansprache bei den Formulierungen untersucht. Operatoren machen Aufgabenstellungen deutlicher und präziser. Sie stellen grundsätzlich Aktions- und Aufforderungsverben dar, die den SchülerInnen klarmachen, welche genauen Handlungen von ihnen bei der Lösung einer Aufgabe erwartet werden. Es muss auch beachtet werden, dass die Verwendung von Operatoren bei der Erstellung von Aufgaben im hessischen Unterricht erwartet wird:

*„Die beim Formulieren der Aufgaben verwendeten Operatoren müssen im Unterricht eingeführt und ihr Gebrauch an verschiedenen Beispielen geübt sein. (...) Mit dem konsequenten Einsatz der Operatoren wird Missdeutungen von Aufgabenstellungen entgegengewirkt.“* (Hessisches Kultusministerium 2018, S. 1)

Obwohl die rechtlichen Richtlinien vor allem für den Unterricht in der Oberstufe verpflichtend sind, ist es üblich, dass Lehrkräfte schon in der Sekundarstufe I Operatoren einsetzen, was im Sinne einer früheren Einarbeitung sinnvoll ist. Somit ist es für die SchülerInnen von Vorteil, wenn die Aufgaben in den Schulbüchern ebenso Operatoren enthalten. Als Nächstes wird geprüft, ob die Aufgabenstellungen in direkter Ansprache formuliert werden. In der Literatur werden unter den Schwächen von Schulbüchern die distanzierten, autoritativen Aussagen und der fehlende Bezug zum Leser erwähnt (vgl. Girwidz 2009a, S. 234). Die direkte Ansprache kann diese Distanz abbauen und eine Beziehung zwischen Leser und Text herstellen, die das Interesse der SchülerInnen fördert (vgl. Scheller 2010, S. 225f.). Daher ist die Formulierung von Aufgaben in direkter Ansprache, die dem Schüler das Gefühl gibt, vom Aufgabentext persönlich angesprochen zu werden, von Vorteil.

Im Zusammenhang mit den Fragen 4.7 und 4.8 wird untersucht, ob in den Büchern Beispielrechnungen und Musterlösungen bzw. sogenannte Heimversuche vorhanden sind. Beispielrechnungen können in der Physik den Ausbau von Rechenfähigkeiten und die Beherrschung von Lösungsverfahren, die für die Bewältigung von Rechenaufgaben erforderlich ist, unterstützen. Musterlösungen können zum einen die SchülerInnen dazu befähigen, selbständig ihren Wissensstand zu überprüfen, z.B. in Form von Selbstcheck-Einheiten am Ende eines Kapitels. Zum anderen können sie behilflich sein, wenn SchülerInnen Erklärungen der Lehrkraft zu bestimmten Lösungswegen oder Rechenverfahren auch nach einer Wiederholung bzw. Nachbereitung nicht nachvollziehen können. Leider sind vor allem Musterlösungen in den deutschsprachigen

Schulbüchern der MINT-Fächer eine Seltenheit. SchülerInnen, die im Rahmen einer Studie ihre Mathematikschulbücher bewerten mussten, haben sich sowohl mehr Wiederholungs- und Übungsaufgaben wie auch Beispielaufgaben mit verständlichen Kommentaren und Lösungskontrollen gewünscht (Zimmermann 1992, zit. nach Fuchs, Niehaus & Stoletzki 2014, S. 106). Auch Heimversuche können selbständige Lernprozesse auf vielfältige Weise fördern. Sie ermöglichen einerseits eine vom Schüler selbst geleitete Nachbereitung und Sicherung von im Unterricht gelernten Konzepten, andererseits zusätzliche Lerngelegenheiten, die potenziell einen Charakter entdeckenden Lernens aufweisen und somit Selbstvertrauen und Motivation fördern können (vgl. Kircher 2009a, S. 175).

Bei der Frage 4.9 geht es darum, ob und inwiefern die vorhandenen Aufgaben als lernförderlich betrachtet werden können. Erstens wird untersucht, ob es inhaltliche Vernetzungen zwischen den Aufgaben und den vorherigen Abschnitten gibt. Zudem wird geprüft, ob die Aufgaben unterschiedliche Anforderungsniveaus bzw. möglichst alle Anforderungsbereiche des hessischen Kerncurriculums widerspiegeln. Dabei wird erwartet, dass Aufgaben nicht nur als Gelegenheit zum Üben fungieren, sondern auch eine fachliche Vertiefung ermöglichen; z.B. durch Transferaufgaben, die sich – im Gegensatz zu rein auf das Training eines einzelnen Anforderungsmerkmals gerichtete Übungsaufgaben – durch multiple Anforderungsmerkmale auszeichnen (s. Kauertz & Fischer 2009, S. 678). Wenn keine fachliche Vertiefung durch die Aufgaben gewährleistet wird, besteht die Gefahr, dass SchülerInnen durch den Einsatz von Übungsaufgaben nur in die Lage gesetzt werden, Formeln zu verwenden und Berechnungen vorzunehmen, ohne die dahintersteckende Physik tatsächlich verstanden zu haben (vgl. Janßen & Pospiech 2015, S. 3).

## 5. Analyse der ausgewählten Schulbücher

In diesem Kapitel werden die Schulbücher anhand des Kriterienkatalogs analysiert. Alle Kapitel werden in weitere Unterkapitel geteilt, die auf jeweils zwei bis fünf Fragen des Kriterienkatalogs eingehen (vgl. Tab. 11).

| Kapitel                                                           | Fragen des Kriterienkatalogs |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 5.1.1. Teilaspekt: Darbietung von Strom und Spannung              | 1.1 bis 1.5                  |
| 5.1.2. Teilaspekt: Schülervorstellungen                           | 1.6 und 1.7                  |
| 5.1.3. Teilaspekt: Gefahren des Stroms und technische Anwendungen | 1.8 und 1.9                  |
| 5.2.1. Qualitative Analyse der Texte                              | 2.1 bis 2.4                  |
| 5.2.2. Quantitative Analyse der Texte                             | 2.5 bis 2.9                  |
| 5.3.1. Quantitative Analyse der Bilder                            | 3.1 bis 3.4                  |
| 5.3.2. Qualitative Analyse der Bilder                             | 3.5 bis 3.9                  |
| 5.4.1. Quantitative Analyse der Aufgaben                          | 4.1 bis 4.4                  |
| 5.4.2. Qualitative Analyse der Aufgaben                           | 4.5 bis 4.9                  |

Tabelle 11: Zuordnung der Kapiteln der Analyse zu den Fragen des Kriterienkatalogs.

### 5.1. Didaktische Merkmale und Sachstruktur

#### 5.1.1. Teilaspekt: Darbietung von Strom und Spannung

Bedauerlicherweise ist der Potenzialbegriff in den untersuchten Büchern nicht zu finden. Lediglich BURDE führt das elektrische Potenzial ein. Dafür wird das Elektronengasmodell, ein Unterrichtsansatz, der auf der Analogie zwischen elektrischem Potenzial und Luftdruck bzw. dem sogenannten „elektrischen Druck“ basiert<sup>16</sup>. Zunächst wird erklärt, dass eine Luftströmung nur aufgrund von Luftdruckunterschieden zustande kommen kann. Nachdem die SchülerInnen mit den Begriffen „Normaldruck“, „Überdruck“ und „Unterdruck“ im Kontext der Luftströmung vertraut sind, werden diese auf elektrische Leiter übertragen. So wird der elektrische Druck, der für das elektrische Potenzial steht, eingeführt (BURDE, S. 7).

---

<sup>16</sup> Das Modell wird in Burde & Wiesner (2014) gründlich beschrieben.

Erst anhand der übertragenen Begriffe führt dann BURDE die elektrische Spannung ein. Nach seiner Definition gibt die elektrische Spannung „den Unterschied des elektrischen Drucks zwischen zwei Punkten im Stromkreis an“ (Hervorhebung im Original, S. 9). Die Definition ist insofern angemessen, als sie eine valide Analogie darstellt, die näher an die physikalische Definition der Spannung kommt als die der anderen Schulbücher. Positiv hierbei ist auch die Hervorhebung des Worts „Unterschied“ in der Definition, die den Differenzcharakter der Spannung betont und somit eine bessere Verknüpfung zwischen dem Formelzeichen  $U$  und seiner physikalischen Bedeutung unterstützt. Gerade die Assoziation von physikalischen Zusammenhängen mit abstrakten, symbolisch-algebraischen Elementen gilt als typische Schwierigkeit im Physikunterricht (vgl. Janßen & Pospiech 2015).

Bei DORN BADER wird die Spannung erst im Band 2 definiert, obwohl sie schon im Band 1 als eine Größe, die für den Schaltkreis wichtig ist, erwähnt wird. Am Beispiel des Betriebs einer Glühlampe soll nämlich die Nennspannung für „die Spannung, die man für den normalen Betrieb der Lampe braucht“ (Bd. 1, S. 113) stehen. Zusätzlich wird darauf hingewiesen, dass der ordentliche Betrieb der Glühlampe weder bei zu hoher noch bei zu niedriger Spannung erfolgen kann. Im Band 2 wird dann auf die Ladungstrennung eingegangen, woraus sich eine genauere Definition der elektrischen Spannung ergibt:

*„Wenn entgegengesetzte Ladungen unter Aufwand von Energie getrennt werden, besteht elektrische Spannung. Bei geschlossenem Stromkreis sorgt die elektrische Spannung für den Antrieb der Elektronen. Dabei wird Energie gewandelt und wieder abgegeben.“*  
(DORN BADER Bd. 2, S. 62)

Als Differenzgröße erscheint die Spannung, wie schon erwähnt, nur bei BURDE. Immerhin ist die Definition im DORN BADER Buch angemessen, da sie richtigerweise auf den Zusammenhang zwischen Spannung und Ladungstrennung hinweist und die Spannung nicht mit dem Antrieb der Elektronen gleichsetzt, sondern sie als dessen Ursache bezeichnet.

Im DUDEN wird erklärt, dass Elektronen nur aufgrund von Kraftwirkungen, die durch den Anschluss eines Leiters an eine elektrische Quelle verursacht werden, sich im Leiter bewegen können. Dementsprechend können unterschiedliche elektrische Quellen den elektrischen Strom unterschiedlich stark antreiben. Die darauf aufbauende Definition der Spannung lautet: „Die elektrische Spannung gibt an, wie stark der Antrieb des elektrischen Stromes ist“ (DUDEN, S. 320). Hier wird die Spannung offenbar als Merkmal des Stromes dargestellt.

Auch bei IMPULSE wird die Spannung zunächst als Nennspannung eingeführt (vgl. S. 143) und später über ihre Beeinflussung des Stroms definiert: „Die elektrische Spannung ist ein

Kennzeichen einer elektrischen Quelle. Die elektrische Spannung bestimmt, zusammen mit dem angeschlossenen Gerät, die Stromstärke im Stromkreis“ (IMPULSE, S. 163). Als positiv zu bezeichnen ist die Tatsache, dass das angeschlossene Gerät mit einbezogen wird. Schließlich ist der Widerstand ebenso wichtig für die Bestimmung der Stromstärke wie die Spannung, was in den anderen Büchern (bis auf BURDE, vgl. S. 14 und S. 38) bis zur Einführung des Ohm'schen Gesetzes vernachlässigt wird. Dennoch wird die Bezeichnung als „Kennzeichen“ der Spannung nicht gerecht. Aus dieser Definition kann nicht wirklich abgeleitet werden, dass die Spannung eine eigenständige physikalische Größe ist.

Im UNIVERSUM ähnelt das gewählte Vorgehen dem von DORN BADER, wobei die Spannung im Band 1 nicht als Nennspannung, sondern als eine Art Kenngröße des jeweiligen Geräts, das betrieben werden soll, erscheint: „Ein elektrisches Gerät benötigt eine passende elektrische Quelle. Die Spannungsangaben von Gerät und Quelle müssen so gut wie möglich übereinstimmen“ (UNIVERSUM Bd. 1, S. 209). Im Band 2 wird dann die Ladungstrennung behandelt und damit eine Definition der Spannung herbeigeführt: „Zur Erzeugung einer Spannung müssen Ladungen getrennt werden. Die Spannung ist ein Maß für gespeicherte elektrische Energie“ (UNIVERSUM Bd. 2, S. 95). Die Kommentare zur Definition bei DORN BADER sollen auch für die ähnliche Definition bei UNIVERSUM gelten.

Gemeinsam haben alle Bücher außer BURDE, dass der Strom als zentrale Größe des elektrischen Stromkreises fungiert. Dies wird in unterschiedlicher Art gewährleistet, unter anderem dadurch, dass der Strom als Erstes eingeführt und zum Teil viel gründlicher behandelt wird als die Spannung. Die Reihenfolge, in der manche der Schlüsselbegriffe des einfachen Stromkreises in den Büchern bzw. im hessischen Lehrplan für die Sekundarstufe I auftreten, wird in Tab. 12 dargestellt:

| Burde                   | Dorn Bader              | Duden                   | Impulse                 | Universum               | Hessischer Lehrplan     |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Elektrisches Potenzial  | Parallelschaltung       | Leiter                  | Leiter                  | Leiter                  | Leiter                  |
| Elektrische Spannung    | Reihenschaltung         | Nichtleiter             | Nichtleiter             | Nichtleiter             | Nichtleiter             |
| Elektrische Stromstärke | Leiter                  | Elektrische Stromstärke | Elektrische Ladung      | Reihenschaltung         | Elektrische Stromstärke |
| Leiter                  | Nichtleiter             | Elektrische Spannung    | Elektrische Stromstärke | Parallelschaltung       | Elektrische Ladung      |
| Nichtleiter             | Elektrische Energie     | Reihenschaltung         | Elektrische Energie     | Elektrische Ladung      | Elektrische Spannung    |
| Elektrischer Widerstand | Elektrische Ladung      | Parallelschaltung       | Reihenschaltung         | Elektrische Spannung    | Elektrischer Widerstand |
| Elektrische Leistung    | Elektrische Spannung    | Elektrischer Widerstand | Parallelschaltung       | Elektrische Stromstärke | Ohm'sches Gesetz        |
| Parallelschaltung       | Elektrische Stromstärke | Ohm'sches Gesetz        | Elektrische Spannung    | Elektrische Energie     | Reihenschaltung         |
| Reihenschaltung         | Elektrischer Widerstand | Elektrische Energie     | Elektrischer Widerstand | Elektrischer Widerstand | Parallelschaltung       |
| Ohm'sches Gesetz        | Ohm'sches Gesetz        | Elektrische Arbeit      | Ohm'sches Gesetz        | Ohm'sches Gesetz        | Elektrische Energie     |
| Elektrische Energie     | Elektrische Leistung    | Elektrische Leistung    | Elektrische Leistung    | Elektrische Leistung    | Elektrische Leistung    |
| Elektrische Arbeit      | Elektrische Arbeit      | Elektrische Ladung      | Elektrische Arbeit      | Elektrische Arbeit      | Elektrische Arbeit      |
| Elektrische Ladung      | Elektrisches Potenzial  | Elektrisches Potenzial  | Elektrisches Potenzial  | Elektrisches Potenzial  | Elektrisches Potenzial  |

Tabelle 12: Ausgewählte Schlüsselbegriffe, in der zeitlichen Reihenfolge (von oben nach unten) wie sie in den Büchern erscheinen. Stark gefärbte Zellen zeigen die elektrische Spannung (gelb) bzw. die elektrische Stromstärke (grün). Begriffe in den orangenen Zellen werden nur marginal oder gar nicht behandelt.

Dass die Spannung, und nicht der Strom, eine zentrale Rolle bei Betrachtung von Stromkreisen spielen sollte, wurde schon in Kap. 2 dargelegt. Bei IMPULSE findet eine lange Auseinandersetzung mit Strom und Schaltungen statt, bevor die Spannung tatsächlich behandelt wird. Bei DORN BADER ist es ähnlich; obwohl der Begriff „Stromstärke“ als quantitative Größe nach der Spannung vorkommt, dominiert der Strom als qualitativer Begriff die vor der Spannung auftretenden Ausführungen und Band 1 als Ganzes. Dasselbe kann über das Vorgehen bei UNIVERSUM gesagt werden. Bei DUDEN ist dies weniger der Fall, aber trotzdem wird die Spannung als eine Art Nebenmerkmal des Stromes (nämlich sein Antrieb) beschrieben. Bei IMPULSE wird die Spannung als zweitrangige Größe, ein Kennzeichen einer elektrischen Quelle bezeichnet. Jedenfalls lassen diese Herangehensweisen und Begriffsdefinitionen die Spannung als sekundär erscheinen bzw. verstärken die unerwünschte Kopplung von Spannung und Strom, die wiederum andere problematische Schülervorstellungen unterstützt (vgl. Urban-Woldron & Hopf 2012). Auch die Tatsache, dass die inhaltlichen Vorgaben des hessischen

Lehrplans die „Potenzial-Problematik“ widerspiegeln, indem sie das Potenzial nicht als Inhalt der Sekundarstufe I vorsahen (vgl. Hessisches Ministerium 2010, S. 8 und S. 11), dürfte als problematisch betrachtet werden – zumal es logisch wäre, anzunehmen, dass sich die inhaltliche Gestaltung der hessischen Schulbücher (zumindest vor der Einführung des Kerncurriculums) an den Bestimmungen des Lehrplans orientierte.

Nun sollen die in den Büchern verwendeten Analogien untersucht werden. Diese sind bei BURDE als zentral zu bezeichnen. Schon erwähnt wurden die Analogie mit dem Luftdruck, die als Grundlage für die Vermittlung des Potenzial- bzw. des Spannungsbegriffs gilt. Eine weitere Analogie, die am Anfang des Buches bei der Veranschaulichung der mit dem Stromfluss einhergehenden Energieübertragung auftritt, aber nicht zuletzt für das Verständnis des elektrischen Stromes wichtig ist, ist der sogenannte starre Elektronenring (vgl. Abb. 18).

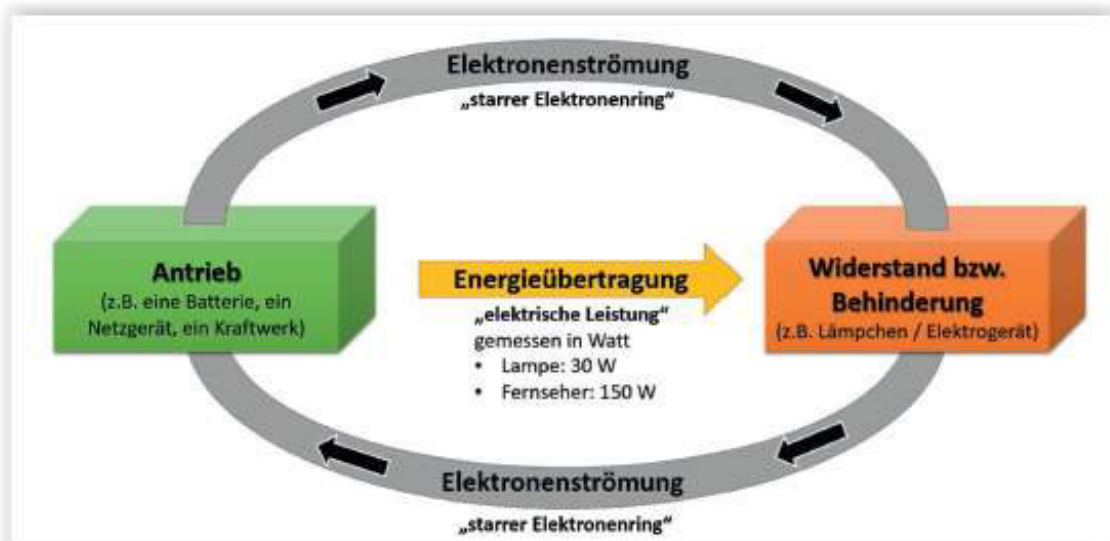


Abbildung 18: Der starre Elektronenring (BURDE, S. 2).

Der Elektronenring veranschaulicht aber nicht nur den Energietransport, sondern wirkt typischen Schülervorstellungen entgegen. Zum einen zeigt er, dass die strömenden Elektronen schon vor dem Anschluss an eine Spannungsquelle im Leiter vorhanden sind und nicht etwa aus der elektrischen Quelle, in der sie zunächst „gespeichert wurden“, im Kreis ausgesendet werden (s. *Stromaussendevorstellung* in Wilhelm & Hopf 2018, S. 121). Zum anderen zeigt er, dass der Strom in einem Stromkreis nicht verbraucht wird, denn die zirkuläre Bewegung der im Ring sässigen Elektronen überträgt Energie auf das Elektrogerät, ohne dass die Elektronen verbraucht werden müssen. Zusammen mit dem starren Elektronenring wird das Fahrradkettenmodell angesprochen, das ebenso gegen die Stromverbrauchsvorstellung wirkt. Die dazugehörige Analogie: Die Energieübertragung einer Fahrradkette erfolgt durch die zirkuläre Bewegung der Kettenglieder, verbraucht werden die Bauteile dabei nicht (BURDE, S. 2f.).

Im UNIVERSUM Buch werden unterschiedliche Elemente als Analogien für die Stromstärke benutzt. So wird über den Menschenstrom (Anzahl von SchülerInnen pro Sekunde, die in der Pause die Treppe hinab rennen) und den Wasserstrom (Kubikmeter Wasser pro Sekunde, die bei einem Fluss unter einer Brücke fließt) gesprochen und die Stromstärke im Allgemeinen wie folgt definiert (Bd. 2, S. 104):

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{geflossene Menge}}{\text{Zeitspanne}}$$

Diese Definition wird dann in die Elektrizitätslehre übertragen, sodass die elektrische Stromstärke als fließende Ladungsmenge  $\Delta Q$  pro Zeitspanne  $\Delta t$  definiert werden kann. Ein ähnliches Vorgehen gibt es bei DUDEN (S. 319) und IMPULSE (S. 152). Zusätzlich findet man bei UNIVERSUM das WassermodeLL zur Veranschaulichung der Spannung anhand eines Höhenunterschieds (UNIVERSUM Bd. 2, S. 111). Dabei gibt es zwei unterschiedlich gefüllte Glasgefäße, die durch einen Schlauch verbunden sind. In einem der Gefäße ist die Wassersäule erkennbar höher, sodass durch den Höhenunterschied Wasser dann von dem Gefäß mit der höheren Wassersäule ins andere Gefäß fließt. Die höhere Wassersäule wird als Analogie für den Minuspol mit Elektronenüberschuss dargestellt. Dabei steht die kleinere Wassersäule für den Pluspol und der Höhenunterschied für die Spannung.

Eine ziemlich allgegenwärtige Analogie für den Stromkreis ist die des Wasserkreislaufs. Sie erscheint in allen untersuchten Büchern, außer BURDE.<sup>17</sup> Am übersichtlichsten ist die Darstellung bei UNIVERSUM (s. Abb. 19):

---

<sup>17</sup> Vgl. DORN BADER Bd. 1, S. 96; DUDEN, S. 324; IMPULSE, S. 145.

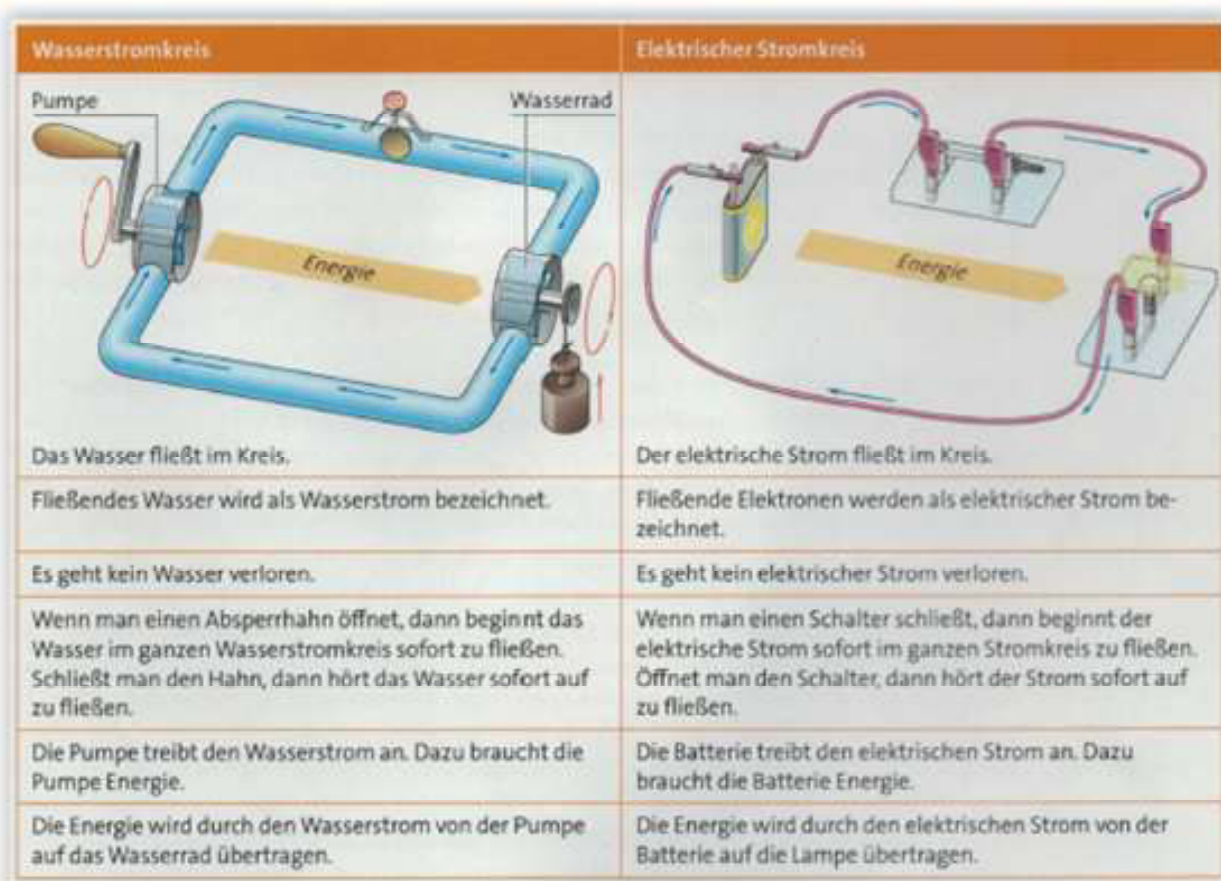


Abbildung 19: Analogie des Wasserstromkreises (UNIVERSUM Bd. 1, S. 213).

Wie man Abb. 19 entnehmen kann, bestehen durchaus mehrere Gemeinsamkeiten zwischen elektrischem Strom- und Wasserstromkreis, weshalb die Wasserkreislaufanalogie als eine der bekanntesten und am häufigsten verwendeten Analogien gilt (Burde & Wilhelm 2018, S. 100). Dennoch gibt es bei dieser Analogie Probleme, die man als Lehrkraft zu beachten hat. Das erste Problem ist, dass Analogien erst dann effektiv sein können, wenn die SchülerInnen mit dem Analogon vertraut sind, was bei der Wasserkreislaufanalogie nicht der Fall ist (ebd., S. 101). Die angesprochenen Gemeinsamkeiten werden als bekannt vorausgesetzt, aber im Gegensatz zu Elementen wie die Fahrradkette bei BURDE, dürfte ein solcher Wasserstromkreis kaum im Alltag der SchülerInnen vertreten sein. Auch muss damit gerechnet werden, dass SchülerInnen nicht ausreichend Wissen über Strömungen haben und mit dem Druckbegriff Schwierigkeiten haben (vgl. ebd. & Wodzinski 1999), die zu ungünstigen Schülervorstellungen über die Strömungen im Wasserkreislauf führen. Zudem ist eine sorgfältige Auseinandersetzung mit jeglicher sprachlichen Formulierung über Analogien nötig, damit die SchülerInnen das Gemeinte richtig verstehen. Beispielsweise kann die in Abb. 19 enthaltene Aussage, dass die Energie durch den Strom von der Batterie auf die Lampe übertragen wird, von Schülerseite falsch interpretiert werden. So können SchülerInnen unter dieser Aussage verstehen, dass die Energie

ein in der Batterie gespeicherter Stoff ist, der von den fließenden Elektronen zur Lampe gebracht wird (vgl. Kapitel 2.3.2 und Wilhelm 2018, S. 96ff.). Das Vorhandensein all dieser Probleme soll dennoch nicht heißen, dass die Analogie gar nicht im Unterricht benutzt werden sollte. Man sollte sich aber als Lehrkraft gut überlegen, welche Schwächen die Analogie aufweist und an welchen Stellen und mit welchen Ansätzen man sie ergänzen sollte oder gar ersetzen könnte. Burde & Wilhelm (2018) bieten eine tiefgründige Analyse der Wasserkreislaufanalogie sowie Alternativen für ihren Einsatz im Unterricht.

Fazit: Die Vermittlung des elektrischen Potenzials wird in den untersuchten Büchern vernachlässigt; dabei stellt BURDE die einzige Ausnahme dar. In den anderen vier Büchern fungiert der Strom als zentrales Element des Stromkreises. Dass die Spannung auf ein Merkmal des Stromes (wie bei DUDEN) oder ein Kennzeichen von elektrischen Quellen oder Geräten (DORN BADER, IMPULSE und UNIVERSUM) reduziert wird, um erst spät oder gar nicht als eigenständige physikalische Größe – die den elektrischen Strom ja verursacht – ist problematisch. Die zur Vermittlung von Strom und Spannung verwendeten Analogien sind besonders bei BURDE hilfreich (vor allem die Luftdruck-Potenzial-Analogie und der starre Elektronenring). Die häufig vorkommende Wasserkreislaufanalogie muss mit Vorsicht benutzt werden, denn sie beruht zum einen auf Alltagserfahrungen, die SchülerInnen nicht unbedingt haben, zum anderen auf Konzepten, die SchülerInnen oft nicht beherrschen (Druck und Strömungen).

### 5.1.2. Teilaspekt: Schülervorstellungen

Auf das Thema Schülervorstellungen gehen die Bücher unterschiedlich stark ein. Am stärksten vertreten ist die Fehlvorstellung des Energie- bzw. Stromverbrauchs, die in allen Büchern behandelt wird.<sup>18</sup>

BURDE gehört zu den Büchern, die die meisten Schülervorstellungen thematisieren (++). Sehr gelungen ist der Abschnitt *Vorsicht*, unter dem nicht nur Begriffe und Konzepte präzisiert, sondern auch Schülervorstellungen aufgegriffen werden (s. Abb. 20):

---

<sup>18</sup> Vgl. beispielsweise BURDE, S. 2; DORN BADER Bd. 1, S. 96.

**Vorsicht**



- Die Elektronen des „starrten Elektronenrings“ befinden sich schon im Leiter, bevor die Batterie angeschlossen wird. Grund: Sie sind ein fester Bestandteil von Metallen (genauso wie eine Fahrradkette aus Kettengliedern besteht).
- Eine Batterie „speichert“ keine zusätzlichen Elektronen (wie z.B. Öl in einem Fass gelagert wird), sondern treibt nur den „starrten Elektronenring“ an.
- Genauso wie bei der Fahrradkette alle Kettenglieder im Kreislauf verbleiben, gehen auch im Stromkreis keine Elektronen verloren.
- So wie die Fahrradkette selbst keine Energie besitzt, sondern nur überträgt, besitzt auch der „starre Elektronenring“ selbst keine Energie.

Abbildung 20: Unter *Vorsicht* werden Schülervorstellungen und schwierige Begriffe thematisiert (BURDE, S. 3).

Zusätzlich zu den in Abb. 20 dargestellten, wird bei BURDE auf viele andere Schülervorstellungen eingegangen. Zum Beispiel auf die Vorstellung, dass die Spannung von der Leiterlänge abhängt (S. 8) oder dass man die Spannung an einem einzigen Punkt im Stromkreis (und nicht nur zwischen zwei Punkten) bestimmen kann (S. 10). Auch Fehlbegriffe wie „Stromquelle“ (S. 15; s. auch Wilhelm & Hopf 2018, S. 122) werden hinterfragt und auf ihre fachliche Richtigkeit geprüft (++).

Bei DORN BADER wird vor allem im Band 1 auf Schülervorstellungen eingegangen. Die dafür vorgesehenen Einschübe sind aber allzu häufig auf die Vorstellungen von Erzeugung oder Verbrauch von Energie bzw. Strom bezogen, andere problematische Schülervorstellungen kommen zu kurz (o). Die ausgewählten Schülervorstellungen erscheinen in Form von Texten und Bildern (teilweise unter den Abschnitten *Kompetenzen* oder *Vertiefungen*, s. Bd. 2, S. 57), die sich über eine bis zwei Seiten erstrecken und die jeweilige Problematik gründlich behandeln. Sehr positiv ist die Herangehensweise, zunächst theoretische Erklärungen zu liefern, die dann mit Versuchsbeispielen untermauert werden, wie am Beispiel der Energieumwandlungskette (s. Abb. 21).



Abbildung 21: Dynamo als Energiewandler (DORN BADER Bd. 1, S. 125).

Auf problematische Fachbegriffe wird in beiden Bänden kaum eingegangen. Hinzu kommt als

Mangel die Verwendung mancher fehlerhaften Begriffe (-), etwa bei der Definition von Netzgeräten als „Stromquellen“, die Elektronen pumpen (Bd. 2, S. 59), oder bei der leider verbreiteten Aussage, dass die Spannung (und nicht das Potenzial) an einem Widerstand abfällt (ebd., S. 93; vgl. Wilhelm & Hopf 2018, S. 120). Sowohl die Thematisierung von mehr Schülervorstellungen wie ein sorgfältigerer Umgang mit den Fachbegriffen wären bei DORN BADER wünschenswert.

Bei DUDEN spielen Schülervorstellungen kaum eine Rolle (-). Nur mit der Vorstellung des Strom- bzw. Energieverbrauchs wird offen umgegangen, andere Beispiele bleiben unerwähnt. Es werden keine problematischen Fachbegriffe im Buch benutzt; allerdings kommt der Begriff „elektrische Verbraucher“ bei der Einführung in den elektrischen Stromkreis vor (S. 316) und wird mehrfach verwendet, bis erst viel später auf den durch „Verbraucher“ eben nicht stattfindenden Energieverbrauch eingegangen wird (S. 348). Was die Fachbegriffe angeht, muss bemerkt werden, dass man bei DUDEN oft den Eindruck hat, kein Lehrbuch, sondern eher ein Nachschlagewerk zu lesen. Bestimmte Inhalte sind zwar vorhanden, werden aber nicht unter Berücksichtigung didaktischer Faktoren präsentiert. Dies führt zu Schwierigkeiten bei der Begriffsbildung, gerade wenn es sich um Fehlbegriffe handelt (-). So wird beispielsweise bzgl. der Spannungsmessung nur beiläufig erwähnt, dass eine Spannung immer zwischen zwei Punkten anliegt, weswegen Spannungsmesser parallel zu schalten sind (vgl. S. 321). Warum die Messung der Spannung anders als die kurz davor eingeführte Messung der Stromstärke ist (vgl. S. 319), bleibt unklar. Bedenkt man, dass es sich hierbei um eine der bedeutsamsten Schüler-schwierigkeiten mit dem Spannungsbegriff handelt (nämlich der Zweipunktebezug einer Differenzgröße), erkennt man an dieser Stelle sofort den Bedarf einer umfangreicheren Betrachtung des Themas. Schließlich ist, wie im Kapitel 2 gezeigt wurde, die alleinige Darbietung einer Erklärung noch lange nicht mit dem erfolgreichen Verstehen seitens der SchülerInnen gleichzusetzen.

Bei IMPULSE finden Schülervorstellungen deutlich mehr Berücksichtigung (+). Es werden im Buch viele Beispiele verwendet, um bestimmten Schülervorstellungen vorzubeugen. Nach der Einführung der Spannungsmessung wird z.B. auf die Schaltung zweier elektrischer Quellen gleicher Spannung eingegangen und erklärt, wie sich die Einzelspannungen bei unterschiedlichen Schaltkombinationen addieren (S. 164). Auch der korrekten Erfassung des Gesamtwiderstands in einem Stromkreis wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Zudem ist eine verhältnismäßig umfassende Betrachtung unterschiedlicher Schaltungen mit Widerständen, die sogar hilfreiche Hinweise zur Summe von Kehrwerten enthält, vorhanden (S. 169-174). Der damit

gemeinte Abschnitt ermöglicht das Aufgreifen verschiedener Schülervorstellungen und geht explizit auf die wichtigsten von ihnen ein, z.B. die Vorstellung, dass die Stromstärke unabhängig vom Widerstand ist (vgl. Wilhelm & Hopf 2018, S. 126). Fehlerhafte Begriffe kommen nicht vor und die meisten Formulierungen und Definitionen sind fachlich korrekt. Wichtige schwierige Begriffe wie der Stromverbrauch werden angesprochen (+). Dennoch sind einzelne nicht ganz hilfreiche Formulierungen wie die in Abb. 22 enthaltenen zu finden. Das Bild im Buch zeigt eine Parallelschaltung, also einen Stromkreis mit Verzweigungen. Gleichzeitig wird behauptet, dass jedes Gerät bei der Parallelschaltung seinen eigenen Stromkreis hat. Dabei wird vernachlässigt, dass genau die Fähigkeit, sich Stromkreise als Systeme, bei denen eine Änderung an einer Stelle Auswirkungen auf alle anderen Stellen des Stromkreises haben kann, für die Analyse von Stromkreisen unerlässlich, bei den SchülerInnen jedoch selten vorhanden ist (vgl. Wilhelm & Hopf 2018). Daher kann es aus didaktischer Perspektive nicht besonders sinnvoll sein, an dieser Stelle auf die Unabhängigkeit einzelner Geräte hinzuweisen und damit ggf. lokales Denken zu begünstigen.



Abbildung 22: Parallelschaltung mit ungünstiger Formulierung (IMPULSE, S. 156).

Bei UNIVERSUM findet man, ähnlich wie bei IMPULSE, mehrere Schülervorstellungen, die anhand von Beispielen angesprochen werden (+). Diese befinden sich hauptsächlich im Band 2. Dort wird beispielsweise der zunächst im Band 1 eingeführte elektrische Strom in sehr gelungener Weise präzisiert, womit multiple Schülervorstellungen potenziell verhindert werden können (UNIVERSUM Bd. 2, S. 100ff.). Dafür wird als Erstes ein Versuchsbeispiel mit einem Elektroskop und einer Edison-Röhre gezeigt (s. Abb. 23).

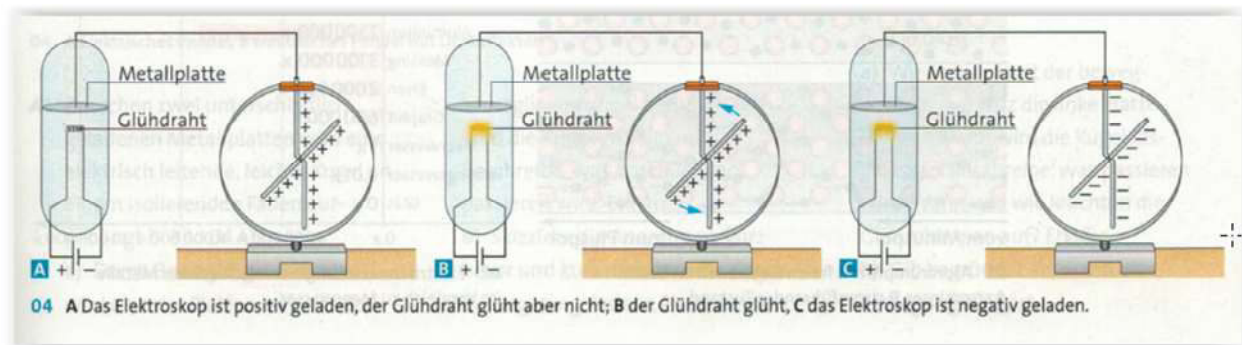


Abbildung 23: Versuch mit Elektroskop und Edison-Röhre (UNIVERSUM Bd. 2, S. 101).

Die Metallplatte der Edison-Röhre wird mit einem positiv geladenen Elektroskop verbunden und der Glühdraht der Röhre an ein Netzgerät geschaltet. Wenn der Draht glüht, verlassen ihn Elektronen, die über die Leitung zum Elektroskop hinfließen und die positiven Ladungen neutralisieren; dadurch ergibt sich ein Ausschlag des Elektroskops. Lädt man das Elektroskop negativ auf, sieht man keinen Ausschlag. Dieses Beispiel veranschaulicht, dass nur negative Ladung beim elektrischen Strom fließt und wirkt damit gegen die Vorstellung des sogenannten *Zwei-Stoff-Verbrauchsmodells*, demnach der Stromfluss an einem Gerät aus zwei Teilströmen, einem Minus- und einem Plusstrom, die am Gerät zusammenkommen, besteht (vgl. Wilhelm & Hopf 2018, S. 117f.). Ein weiteres gelungenes Beispiel ist die Problematik der Energiespeicherung mit Akkus. Wie schon erwähnt, gehört die Vorstellung, dass eine Batterie Elektronen speichert, zu den typischen Schülervorstellungen im Physikunterricht. Da die Spannung bei UNIVERSUM mit dem Begriff der Ladungstrennung verknüpft wird<sup>19</sup>, lässt sich der richtige Zusammenhang leicht klären. So wird erklärt, dass ein Akku mit der Aufschrift 1000 mAh (die 3600 C entspricht) keine Ladungsmenge von 3600 C gespeichert hat, sondern so viel Energie, „dass er eine Ladungsmenge von 3600 C durch ein elektrisches Gerät pumpen kann“ (S. 105).

**Fazit:** Schülervorstellungen finden vor allem bei BURDE Berücksichtigung. Auch Fehlbegriffe werden mehrfach thematisiert und offen hinterfragt. Auch IMPULSE und UNIVERSUM gehen auf wichtige Vorstellungen und problematische Begriffe ein. DORN BADER geht wiederholt auf die Schülervorstellung des Energie- bzw. Stromverbrauchs ein, andere Vorstellungen bleiben unerwähnt; zudem werden teilweise Fehlbegriffe benutzt, die in der Literatur längst als problematisch gelten. Im DUDEN Buch spielen Schülervorstellungen kaum eine Rolle.

<sup>19</sup> Die elektrische Spannung wird definiert als ein Maß für die Energiemenge, die bei der Ladungstrennung gespeichert wird (vgl. Tab.2 und UNIVERSUM Bd. 2, S. 95).

### 5.1.3. Teilaspekt: Gefahren des Stroms und technische Anwendungen

Die sicherheitsbezogenen Aspekte der Elektrizitätslehre werden bei BURDE eher wenig angesprochen (-). Bei der Einführung der Spannung wird zwar erwähnt, dass Spannungen oberhalb von 24 V für den Menschen lebensgefährlich sein können (S. 10), das Thema wird aber nicht weiter ausgeführt. Erneut werden Gefahren des Stroms dann aufgegriffen, wenn der elektrische Widerstand behandelt und über den Einsatz von Isolatoren gesprochen wird. Dann kommen in den Übungsaufgaben Elemente wie die Isolatoren bei Hochspannungsleitungen und die Isolierung von Kabeln im Haushalt vor (S. 22). Die Anzahl von Anwendungen ist moderat (o). Die meisten von ihnen erscheinen bei den Aufgabenstellungen, etwa die Halogenlampen (S. 28) oder Haushaltsgeräte wie Kochplatte und Staubsauger (S. 23). Als Leser des Buches wünscht man sich auf der Seite durchaus mehr Anwendungen. Auf der anderen Seite mussbeachtet werden, dass in diesem Unterrichtsansatz viel Zeit dafür aufgebracht wird, konzeptuelle Elemente zu erarbeiten, die wiederum für das Verstehen technischer Anwendungen erforderlich sind. Wenn SchülerInnen physikalische Zusammenhänge vertiefter betrachten und besser verstehen, kann man erwarten, dass ihr Wissen auf Anwendungen besser übertragbar wird (vgl. Kircher 2009a, S. 187-190). Eine breitere Palette von Anwendungen wäre in einer längeren Auflage des Buches empfehlenswert, jedoch nicht auf Kosten der gründlichen Aufarbeitung physikalischer Zusammenhänge.

Der DORN BADER beinhaltet mehrere kleine Einschübe zu den Gefahren des Stromkreises (+), die meisten von ihnen im Band 1.

Dieser enthält beispielsweise eine Liste mit grundlegenden Sicherheitsregeln (s. Abb. 24). Zudem wird das Thema an manchen Stellen umfassender behandelt und erhält in beiden Bänden ein ganzes Unterkapitel. Im Band 1 wird im Unterkapitel *Sicherer Umgang mit Elektrizität* (S. 114-117) über Sicherungen und die Leitfähigkeit des menschlichen Körpers gesprochen. Im

- 
- Berühre nie die Pole einer Steckdose – auch nicht nur einen!
  - Kleinkinder sollen durch Kindersicherungen in den Steckdosen geschützt werden.
  - Repariere keine elektrischen Haushaltsgeräte, überlasse dies Fachleuten.
  - Wechsle nie eine Glühlampe aus, überlasse dies deinen Eltern.
  - Benutze keine Geräte mit defekten Leitungen.
  - Ziehe Netzleitungen nicht am Kabel, sondern am Stecker aus der Steckdose.
  - Benutze keine elektrischen Geräte im Bad.
  - Hantiere mit elektrischen Geräten nicht mit feuchten Händen oder auf feuchtem Boden.
  - Halte dich von Hochspannungsleitungen fern.
  - Klettere nie auf Loks oder Straßenbahnen.

Abbildung 24: Sicherheitsregeln (Dorn Bader Bd. 1, S. 97).

Band 2 werden im Unterkapitel *Schutzmaßnahmen* (S. 96-99) u.a. Schutzleiter und Fehlerstromschalterschalter behandelt. Auch Anwendungen sind gut vertreten (+), vor allem in den Bereichen Hausinstallationen und Haushaltsgeräte (*Elektrische Geräte im Haushalt*, s. Bd. 1, S. 118). Besonders positiv ist die Tatsache, dass viele der vorhandenen Anwendungen nicht nur gründlich erklärt werden, sondern auch mit einfachen Mitteln nachgebaut oder simuliert werden können. So wird es SchülerInnen z.B. ermöglicht, einen elektronischen Fieberthermometer nachzubauen (Bd. 2, S. 84).

Im DUDEN Buch werden wesentliche Gefahren und Sicherheitselemente des Stromkreises behandelt (+). Es werden Schutzelemente wie die Isolierung von Kabeln und der Schukostecker präsentiert (vgl. S. 326f.), dazu kommen auch unterschiedliche Sicherungen und ihr Einsatz in Hausinstallationen (vgl. S. 328). Zudem wird über den Menschen als Leiter gesprochen (S. 316) und eine Liste mit Sicherheitsregeln präsentiert (s. Abb. 25). Dabei wird gleichzeitig auf die Gefahren von Strom und Spannung eingegangen und es werden für beide physikalische Größen Orientierungswerte (d.h. ab welchem Wert die Stromstärke bzw. die Spannung lebensgefährlich ist) gezeigt. Diese Herangehensweise lässt sich nur bei DUDEN finden. In den anderen Büchern wird beim Thema Sicherheit entweder auf Strom oder auf die Spannung fokussiert. Technische Anwendungen sind reichlich vorhanden (++).

Meistens fangen die Unterkapitel schon mit einigen Beispielen an, etwa mit der Lautstärkeregelung eines Radios beim Thema Widerstand oder Bohrmaschinen und Lampen beim Thema Leistung (S. 335 bzw. S. 347), dann kommen in den Aufgaben stets weitere Anwendungen vor. Der Abschnitt *Physik in Natur und Technik* enthält weitere Beispiele, die anhand von



Abbildung 25: Sicherheitsregeln (DUDEN, S. 315).

exemplarischen Versuchsauswertungen aufgegriffen werden. Das Unterkapitel 5.3 (*elektrische Energie, Arbeit und Leistung*) hebt sich von den anderen durch eine hohe Anzahl von Anwendungen, die auch besonders alltagsnah sind, hervor.

Etwa gleich viele sicherheitsbezogene Elemente wie bei DUDEN kommen bei IMPULSE vor (+). Überall im Buch sind rote Kästchen mit kürzeren Sicherheitshinweisen (s. Abb. 26) zu finden, die meistens neben einem Erklärtext oder gleich danach positioniert sind. Manchmal wiederholen sich dabei bestimmte Informationen, was allerdings nicht unbedingt als Redundanz angesehen werden muss. Es handelt sich ja um lebensgefährdende

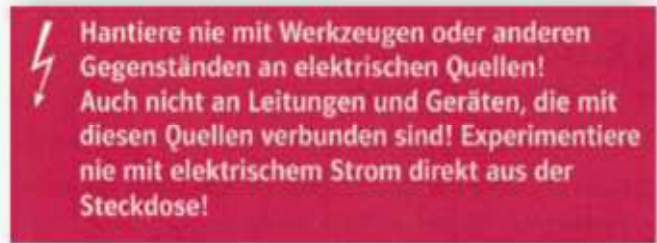


Abbildung 26: Sicherheitskästchen (IMPULSE S. 143).

Dinge des Haushalts (z.B. der gefährliche Strom aus der Steckdose), deren sich die SchülerInnen im Physikunterricht wirklich bewusst machen sollen. Daher können Wiederholungen sinnvoll sein. Neben allgemeinen Hinweisen auf Gefahren des elektrischen Stromes (S. 142f.) werden auch an unterschiedlichen Stellen spezifische Anmerkungen zu Gefahren und Sicherheit gemacht. Darunter erscheinen Themen wie der elektrische Strom beim Menschen (S. 146f.), Blitze und Gewitter (S. 150), Sicherungen (S. 157) und mehrere Sicherheitselemente der Haushaltsinstallation (vgl. Abschnitt *Die elektrische Anlage im Haus*, S. 160f.). Das Buch enthält sehr viele technische Anwendungen und beispielhafte Alltagssituationen, in denen die Physik eine Rolle spielt (++). Sehr gelungen ist die vielfältige Einbettung physikalischer Inhalte in alltagsnahen, sinnstiftenden Kontexten, etwa im Fall der Leitfähigkeit von Flüssigkeiten. Diese wird anhand eines Fallbeispiels behandelt (s. Abb. 27). Dabei geht es um einen eindrucksvollen Bericht über den Tod zweier Kinder, die elektrische Geräte in einer Badewanne benutzten. Im Zusammenhang mit dem Text experimentieren SchülerInnen mit unterschiedlichen Flüssigkeiten, einschließlich Mineral- und destilliertes Wasser, und lernen nicht nur, wie sich das Leitverhalten dieser Substanzen unterscheidet, sondern auch welche Gefahr solche scheinbar banalen Alltagssituationen darstellen können.



Abbildung 27: Bericht über Todesfall durch die Benutzung elektrischer Geräte im Wasser (IMPULSE, S. 147).

Auch bei UNIVERSUM findet man die relevantesten Inhalte zu Gefahren und Sicherheit (++), die meisten von ihnen im ersten Band. Im Band 1 werden im Zusammenhang mit der Spannung zunächst einige allgemeinen Gefahrenhinweise vermittelt (S. 209). Im Abschnitt *Leiter und Nichtleiter* wird dann auf die Leitfähigkeit von Luft, Wasser und Mensch eingegangen (S. 216f.). Dabei wird, wie auch sonst im Buch, der Alltagsbezug erfolgreich hergestellt. Es wird auf Gewitterblitze und die Stromleitung im Körper (erwähnt werden hierbei nicht nur die Salzwasser im Körper, sondern auch Blut, Schweiß und Urin als leitende Elemente) sowie auf eine spannende Anwendung, nämlich den Lügendetektor, bei den Versuchsaufgaben eingegangen. In einem separaten Abschnitt werden auf das Experimentieren bezogene, etwas detailliertere Sicherheitsregeln behandelt (219); auch Sicherungen werden vorgestellt (S. 227 und S. 229). Im Band 2 wird die Elektroinstallation im Haus unter die Lupe genommen, wobei einige Inhalte wie die Gefahr an der Steckdose wiederholt und andere Sicherheitselemente wie der Schuko-stecker und der FI-Schalter präsentiert werden (Bd. 2, S. 128f.). Es gibt relativ viele technische Anwendungen (+), die häufig als Eingangspunkte für die jeweiligen Kapitel gelten (dies wird im Kapitel 5.2.1 näher beleuchtet) oder auch unter bestimmten Abschnitten bzw. bei den Aufgaben vorkommen. Beispielsweise wird unter *Blickpunkt* über das Lackieren von Fahrzeugen (S. 98), bei den Aufgaben des Kapitels über den Laserdrucker (S. 93) gesprochen.

Fazit: Am häufigsten werden Sicherheitsbezogene Aspekte bei UNIVERSUM behandelt. Diese gehören zu den Kernthemen aller Bücher, bis auf das BURDE Buch. Insgesamt ist in allen Büchern die Bemühung erkennbar, möglichst viele Anwendungen aus Natur und Technik zu behandeln, was in den DUDEN und IMPULSE Büchern am besten gelingt. Trotzdem könnte man sich beispielsweise bei BURDE einige zusätzlichen Anwendungen wünschen.

## 5.2. Texte und Sprache

### 5.2.1. Qualitative Analyse der Texte

Alle Bücher beinhalten Einstiegstexte. Bei BURDE haben diese Texte einen sehr sachlichen Charakter, wirken jedoch nicht von SchülerInnen distanziert (++). Oft werden im Text SchülerInnen mit einbezogen, indem z.B. typische, fehlerhafte Schülerdenkmuster thematisiert und die SchülerInnen im Text direkt angesprochen werden (s. Abb. 28):

Diese Denkweise widerspricht oftmals der eigenen Intuition, den Stromkreis aus Sicht des elektrischen Stroms analysieren zu wollen. Überprüfe bei der Analyse von Stromkreisen deshalb immer dein eigenes Denken: Folgst du gerade dem falschen aber „intuitiven Gedankengang“ oder verwendest du die korrekte Modellvorstellung (siehe Darstellung unten)?

Abbildung 28: Ansprache der Modellvorstellung im Text (BURDE, S. 25).

Oft fangen Einstiegstexte auch mit physikalischen Fragestellungen an, etwa warum manche Materialien besser Strom leiten als andere, bei der Einführung des elektrischen Widerstands (S. 19). Die Texte orientieren sich an den Schülerinteressen und gerade die direkte Ansprache wird so eingesetzt, dass SchülerInnen sich von diesen Texten angesprochen fühlen würden. Unbekannte Bauteile kommen in der Regel nicht vor. Wenn neue Begriffe auftreten, werden diese hervorgehoben. Sie meistens unterstrichen oder fett, teilweise farbig geschrieben. Die Erklärungen sind sehr verständlich (++). Bilder veranschaulichen viele Erklärungen und sind dabei äußerst hilfreich (++), z.B. wenn es um das Erkennen von Parallelschaltungen, die nicht wirklich parallel abgebildet werden, geht (s. Abb. 29). Diese ist im Übrigen eine typische Schwierigkeit beim Umgang mit Schaltplänen (vgl. Wilhelm & Hopf 2018).

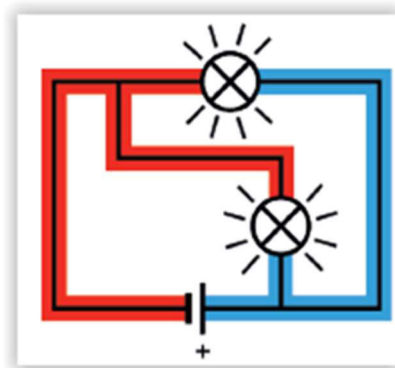


Abbildung 29: Parallelschaltung (BURDE, S. 25).

Bei DORN BADER gibt es am Anfang eines Kapitels zunächst eine Seite mit Aufgaben, die eine Vorahnung der im Kapitel zu behandelnden Themen ermöglichen (+). Den Aufgaben folgt

dann ein Einstiegstext, der häufig mit der Betrachtung eines Versuchs oder eines Alltagsbeispiels anfängt. Diese Texte sind meistens kurz und prägnant und die Beispiele alltagsnah; im Band 2 werden sie auch etwas informativer und enthalten lesenswerte geschichtliche Einschübe (z.B. *Bernstein und Elektrizität* im Bd. 2, S. 53). Die Texte wirken sehr motivierend, jedoch hat man an manchen Stellen den Eindruck, dass das Lesen besonders viel Konzentration erfordert. Die Ursache hierfür ist die dichte Bebilderung des Buches (mehr hierzu im Kapitel 5.3.2.), die bei den Einstiegstexten besonders auffällt. Manche Seiten enthalten zu viele Bilder und Farben, die einen beim Leseprozess stören können. Man könnte wohl sagen, dass diese Bilder als ausblende Nebenreize dastehen. Das doppelseitige Format (Aufgaben auf der linken Seite, Einstiegstext auf der rechten, s. Bd. 2, S. 88f.) zeigt sich hierbei noch problematischer, denn die Bilder springen durch das periphere Sehen noch deutlicher ins Auge. Die Einstiegstexte führen nur wenige neue Begriffe ein. Diese werden fett geschrieben und sofort erklärt (+). Hierbei muss auch den Vorteilen einer dichten Bebilderung Rechnung getragen werden, denn die Bilder bei DORN BADER veranschaulichen unter anderem viele Versuchsbeispiele und physikalische Zusammenhänge und sind somit für das Verstehen bestimmter Textinhalte sehr hilfreich (++).

Die Kapitel im DUDEN Buch fangen immer mit drei kurzen Texten an, die auf einer Seite verteilt sind. Diese sollen den SchülerInnen einen Einblick in die Kapitelthemen geben und ihr Interesse wecken, indem Fragen über die physikalischen Hintergründe bestimmter Naturphänomene oder Anwendungen gestellt werden (s. Abb. 30).



Abbildung 30: Einstiegstext über die Weihnachtslichter (DUDEN, S. 314).

Die ausgewählten Beispiele sind meistens alltagsnah und die Fragestellungen regen zum Nachdenken an (++). So kann durchaus gesagt werden, dass ein positiver Motivationsfaktor an den Texten erkennbar ist. Gelegentlich kommen neue Fachbegriffe oder Bauteile vor, die fett hervorgehoben und teilweise erklärt werden. Wenn dies nicht der Fall ist, lassen sich die meisten Begriffe aus dem Kontext leicht erschließen (+). Die Bilder sind meistens bei der Veranschaulichung von Texten hilfreich, wobei dies manchen Bildern (z.B. durch den Verlust von wichtigen Details, vgl. Kapitel 5.3.2.) nicht ganz gelingt (+).

Im IMPULSE Buch fangen die Kapitel bzw. auch die Unterkapitel mit Versuchsaufgaben an, die als experimenteller Einstieg in das jeweilige Thema gedacht sind (++). Meisten gelingt es den Einstiegstexten, einen geschmeidigen Übergang vom Versuch zum Text zu gewährleisten (vgl. hierzu S. 151, S. 153, S. 155 und S. 163). Die Texte beinhalten viele Anwendungen, die den Alltagsbezug erfolgreich herstellen und für die SchülerInnen motivierend sein dürften. Beispielsweise wird bei der Einführung von Stromkreisen über Handys, Toaster und andere Haushaltsgeräte gesprochen (S. 142f.), bei den UND- und ODER-Schaltungen von der Wohnungsklingel (S. 159). Es kommen manchmal neue Bauteile vor, die immer kurz und verständlich erklärt werden. Gleiches gilt für Fachbegriffe, die als Hervorhebung in fetter Schrift erscheinen und ebenso gut erklärt werden (+). Das Verstehen von Textinhalten wird sehr häufig durch Schemata, Zeichnungen und sonstige Bilder gut unterstützt (++).

Bei UNIVERSUM fängt jedes Kapitel mit einem großen Bild an, auf dem eine Alltagssituation zu sehen ist, die über eine physikalische Fragestellung mit den Themen des jeweiligen Kapitels verknüpft werden kann. Im Buch wird auch durchgängig das sogenannte 3+1-Konzept verwendet: Es werden immer drei Informationsseiten präsentiert, die von einer Materialseite mit Übungen und Versuchen gefolgt werden. Die Einstiegstexte sind sehr gelungen und gewiss als motivierend zu bezeichnen (++). Zum einen handelt es sich um kurze und verständliche, dennoch informative Texte, die durch eine meistens gut formulierte und interessante Fragestellung einen sanften Übergang vom Einführungsbild zum Text ermöglicht. Zum anderen zeigen diese Bilder häufig Inhalte, die auf den Leser tendenziell positiv wirken sollen. Sie zeigen unter anderem interessante physikalische Vorgänge (wie bei den elektrisch geladenen Haaren auf S. 94), Alltagsbeispiele aus der Technik (wie bei der Mehrfachsteckdose auf S. 122) oder auch ebenso alltagsbezogene, jedoch eindrucksvollere Szenarien (wie die Autoscooter auf Abb. 31).



Abbildung 31: Fahrspaß auf der Kirmes (UNIVERSUM Bd. 2, S. 100).

Unbekannte Bauteile kommen eher selten in den Einstiegstexten vor. Sind sie doch vorhanden, wird das Wesentliche über sie erklärt, fast immer anhand von schematischen Zeichnungen. Neue Fachbegriffe werden teilweise fett hervorgehoben (+), insbesondere wenn im gleichen Text eine präzisere Definition eingeführt werden soll (z.B. die elektrische Spannung, s. Bd. 2, S. 95). Textinhalte werden häufig anhand von Bildern verdeutlicht, insbesondere durch die im Buch sehr konsistente und übersichtliche Abbildung von Schaltungen (++).

Fazit: Alle Bücher haben Einstiegstexte, gestalten den Einstieg in ein Kapitel jedoch sehr unterschiedlich. Auf jeden Fall kann man festhalten, dass alle Einstiegstexte durch ihre thematische Orientierung und ästhetische Gestaltung als schülermotivierend gelten. Sowohl in den Einstiegstexten als auch in anderen Texten ist in jedem Buch eine gewisse Vorsicht mit neuen Begriffen erkennbar. Dabei ist der Umgang mit neuen Begriffen besonders bei BURDE als schülergerecht zu bezeichnen. Auch die Veranschaulichung von Texten durch Bilder ist in allen Büchern präsent.

### 5.2.2. Quantitative Analyse der Texte

Für die quantitative Analyse wurde als Erstes die absolute Anzahl von Wörtern in jedem Text bestimmt. Die Texte mit der höchsten Wörteranzahl waren in DUDEN (179 Wörter) und BURDE (176 Wörter) zu finden, gefolgt von UNIVERSUM (152 Wörter), DORN BADER (142) und IMPULSE (103 Wörter).

Eine genauere Betrachtung der Texte anhand der WSTF (Wienersachtextformel) erfordert eine Untersuchung der im Text vorhandenen Anzahl von Mehrsilbern MS und der Satzlänge SL (d.h. der durchschnittlichen Anzahl von Wörtern pro Satz). Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in Abb. 32 graphisch dargestellt:

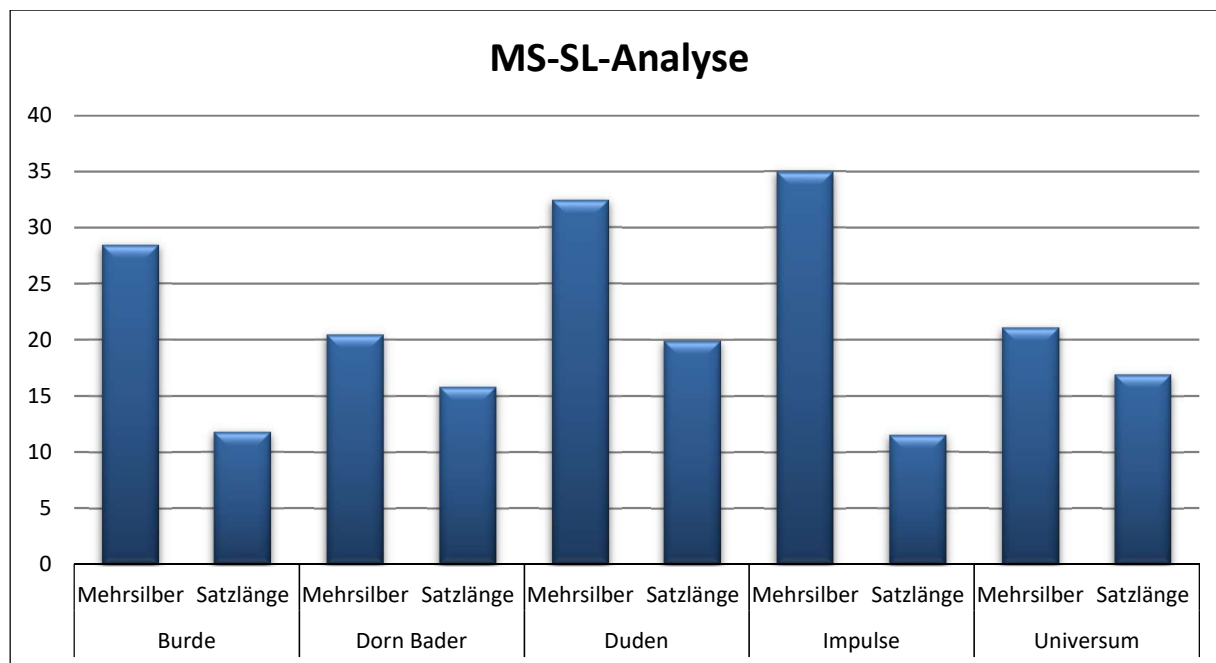


Abbildung 32: Ergebnisse der MS-SL-Analyse.

Aus den Ergebnissen der MS-SL-Analyse konnte mit der WSTF den Schwierigkeitsgrad des jeweiligen Texts bestimmt werden (s. Tab. 13):

| Schwierigkeitsgrad nach der WSTF |            |       |         |           |
|----------------------------------|------------|-------|---------|-----------|
| Burde                            | Dorn Bader | Duden | Impulse | Universum |
| 9,1                              | 8,0        | 12,3  | 10,8    | 8,4       |

Tabelle 13: Schwierigkeitsgrad der untersuchten Texte nach der Wienersachtextformel.

Nun bleibt die Frage, ob der mit der WSTF bestimmte Schwierigkeitsgrad des jeweiligen Textes mit der subjektiven Wahrnehmung dessen beim Lesen übereinstimmt.

Für BURDE (Schwierigkeitsgrad = 9,1) kann man diese Frage bejahen. Der Text ist, im Vergleich mit den anderen, tatsächlich als mittelschwer einzustufen. Die Satzlänge liegt im niedrigen Bereich (SL = 11,7), die Anzahl an Mehrsilbern eher im mittleren (MS = 28,4). Die Sätze sind kurz und einfach, jedoch wird die Leseflüssigkeit des Textes durch das mehrfache Auftreten längerer Mehrsilber leicht reduziert. Dabei ist zu beachten, dass die meisten Mehrsilber häufig im Buch vorkommen und für die SchülerInnen verständlich sein sollten, sodass sie tendenziell zwar das flüssige Lesen, aber nicht das Verstehen beeinträchtigen. Mathematische Elemente werden erst nach der konzeptuellen Erklärung des elektrischen Widerstands verwendet.

Bei DORN BADER (Schwierigkeitsgrad = 8,0) kann man ebenso von einer Übereinstimmung sprechen, aber mit Vorbehalten. Mit relativ einfachen Sätzen und wenigen Mehrsilbern (MS = 20,4 und SL = 15,8), wirkt der Text zunächst einmal sehr leserlich. Allerdings enthält dieser einen beträchtlichen Anteil nicht-textueller Elemente wie Formeln, Einheiten und Zahlen, was in den meisten Texten des zweiten Bandes zu finden ist. Der Text ist ein sehr repräsentatives Beispiel für den im Band 2 etwas abrupt stattfindenden Niveausprung in der Mathematisierung und wird, in einer Klasse, die mit der Mathematik weniger vertraut ist, vermutlich schwieriger zu lesen sein als das Ergebnis der WSTF vorhersagt.

Das Ergebnis von DUDEN (Schwierigkeitsgrad = 12,3) kann mit einer subjektiven Analyse des Texts nicht bestätigt werden. Der DUDEN liegt weit vorne bei der Satzlänge (SL = 19,9) und hat die zweithöchste Anzahl von Mehrsilbern unter den analysierten Schulbüchern (MS = 32,4). Tatsächlich kann behauptet werden, dass einige Sätze des Textes zu lang sind und durchaus kürzer geschrieben werden könnten. Dennoch muss die erhöhte Anzahl von Mehrsilbern, der bei der Analyse mit der WSTF Rechnung getragen wird, etwas genauer beleuchtet werden. Der hohe Wert für MS ist der Tatsache geschuldet, dass gewisse Mehrsilber im Text häufig wiederholt werden. Jedoch handelt es sich dabei um Wörter, die in den Kapiteln zur Elektrizitätslehre zu den am häufigsten vorkommenden Begriffen gehören (etwa die Begriffe „elektrisch“, „Stromstärke“ oder „Widerstand“) und den SchülerInnen vertraut sein dürften. Das Ohm'sche Gesetz wird sogar vor der Definition des elektrischen Widerstands eingeführt, aber die damit einhergehende Verwendung der Mathematik wirkt gar nicht überfordernd, wie es bei DORN BADER der Fall ist. Somit liefert das numerische Ergebnis der WSTF ein zu hohes Niveau, das dem subjektiven Lesen nicht entspricht. Der Schwierigkeitsgrad des DUDEN-Textes ist mit dem von IMPULSE vergleichbar.

Bei IMPULSE verträgt sich das subjektive Leseerlebnis mit dem Ergebnis der WSTF (Schwierigkeitsgrad = 10,8) gut. Die Satzlänge wird kurzgehalten (SL = 11,4), dafür ist aber die Anzahl von Mehrsilbern sehr hoch (MS = 35,0). Man muss zum einen die Tatsache berücksichtigen, dass auch hier das Vorkommen längerer Mehrsilber, die jedoch den SchülerInnen vertraut sind, eher gegen höhere Ansprüche beim Lesen spricht. Auf der anderen Seite enthält der Text eine Fülle nicht-textueller Elemente, die die Lektüre etwas erschweren. Kaum wird der elektrische Widerstand definiert, schon wird das Ohm'sche Gesetz eingeführt. Es werden mathematische Zeichen, Wertetabellen und Gleichungen verwendet, sodass die Erklärung des elektrischen Widerstands mathematisch anspruchsvoller wirkt. Diese erfordert gleichzeitig das konzeptuelle

Verstehen („was ist der Widerstand?“) und das Erkennen numerischer Zusammenhänge einschließlich Proportionalitätsverhältnisse. Insgesamt handelt es sich also um einen vergleichsweise schwierigeren Text.

Auch bei UNIVERSUM weicht das Ergebnis mit der WSTF (Schwierigkeitsgrade = 8,4) von subjektiven Eindrücken nicht ab. Einfacher Wortschatz und kurze Sätze (SL = 16,9) kennzeichnen den Text. Die Mehrsilber (MS = 21,1) sind häufig vertraute Begriffe aus der Physik oder dem Alltag, etwa „Steckdose“ oder „Kaffeemaschine“. Auch gestalterische Aspekte wirken sich positiv auf das Lesen, wie zum Beispiel die Abgrenzung bestimmter Absätze durch Leerzeilen. Dadurch können thematisch zusammenhängende Absätze separat verarbeitet werden und der Text wird übersichtlicher. In diesem Text spielen mathematische Elemente zwar eine Rolle, werden aber wie bei DUDEN geschickt verwendet und erschweren den Leseprozess nicht. Wie bei BURDE wird zuerst vermittelt, was der elektrische Widerstand prinzipiell ist. Erst danach werden mathematische Aspekte betrachtet und Rechenaufgaben gestellt.

Fazit: Der Schwierigkeitsgrad der Texte der untersuchten Bücher variiert vor allem mit Bezug auf die rein quantitative Analyse. Nach der Wiener Sachtextformel sind die Texte bei DUDEN am schwierigsten (Schwierigkeitsgrad 12,3) und die Texte bei DORN BADER am einfachsten (Schwierigkeitsgrad 8,0). Werden andere qualitative Merkmale der Texte betrachtet, relativieren sich die Ergebnisse. Zusammenfassend kann man behaupten, dass der Schwierigkeitsgrad der Texte (subjektiv gesehen) zwischen 8,4 und 11,0 liegt und die Texte somit für SchülerInnen der Sekundarstufe I als leicht anspruchsvoll bis sehr anspruchsvoll zu bezeichnen sind.

## **5.3. Bilder**

### **5.3.1. Quantitative Analyse der Bilder**

Die Anzahl von Bildern in den Büchern variiert. Wie man vielleicht vermuten mag, liegen die zweibändigen Bücher weit vorne: Im DORN BADER Buch gibt es 327 Bilder, im UNIVERSUM gibt es 212. Das DUDEN Buch weist eine hohe Anzahl von 173 Bildern auf. Bei BURDE sind 144 Bilder vorhanden, bei IMPULSE sind es 120.

Diese Unterschiede lassen sich aber ein Stück weit relativieren, wenn man sich die Verteilung der Bilder in den einzelnen Büchern anschaut. Das DORN BADER Buch gilt mit 3,9 Bilder pro Seite und ein von den Bildern belegter Flächenanteil von 23,0 % immer noch als das am stärksten bebilderte Buch, wird aber nun von IMPULSE gefolgt: Das Buch enthält 3,4 Bilder pro Seite, die einen Flächenanteil von 16,7 % einnehmen. Im BURDE Buch gibt es nur 3,3 Bilder pro Seite, deren Flächenanteil 20,0 % beträgt. Auch im UNIVERSUM gibt es 3,3 Bilder

pro Seite, der Flächenanteil liegt aber bei 18,3 %. Im DUDEN Buch sind 3,2 Bilder pro Seite vorhanden, die den kleinsten Flächenanteil von 15,4 % belegen.

Bezüglich der jeweiligen Zusammensetzung der Bilder unterscheiden sich die Bücher signifikant. Bei BURDE dominieren mit einem Anteil von 63 % die Schaltbilder (vgl. Abb. 33). Sowohl bei den Aufgaben wie bei Erklärtexten erscheinen im Buch unzählige Schaltbilder in unterschiedlicher Darstellung bzw. zu unterschiedlichen Zwecken. Dies entspricht dem mit dem Buch verknüpften Unterrichtsansatz, der unter anderem ein besseres Verstehen der Vorgänge im Stromkreis fördern soll. Der Anteil von Zeichnungen ist hoch (30 %), Quasi-Schaltungen (4 %) und Fotos (3 %) sind selten vorhanden. Graphen kommen nicht vor (0 %), sodass einige typische Inhalte wie die Kennlinien von Lampen entfallen.

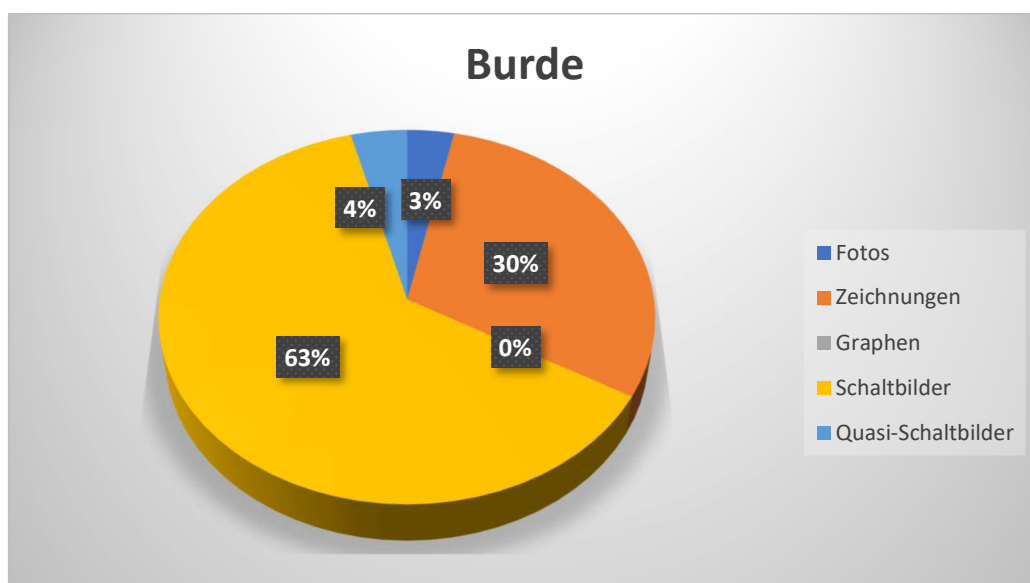


Abbildung 33: Anteil der unterschiedlichen Bildtypen bei BURDE.

Bei DORN BADER sind mit einem Anteil von 50 % vor allem Fotos stark vertreten (vgl. Abb. 34). Die allermeisten Beispiele von Versuchen oder technischen Anwendungen werden mithilfe solcher Fotos dargestellt. Das Verhältnis von Zeichnungen (21 %) und Schaltbilder (22 %) ist ausgewogen. Sie werden durchgängig verwendet, wobei Schaltungen etwas häufiger bei den Aufgabenstellungen vorkommen. Die vorhandenen Quasi-Schaltbilder (5 %) erscheinen größtenteils bei den Aufgabenstellungen und Exkursen. Die wenigen Graphen (2 %) kommen nur im Band 2 vor.

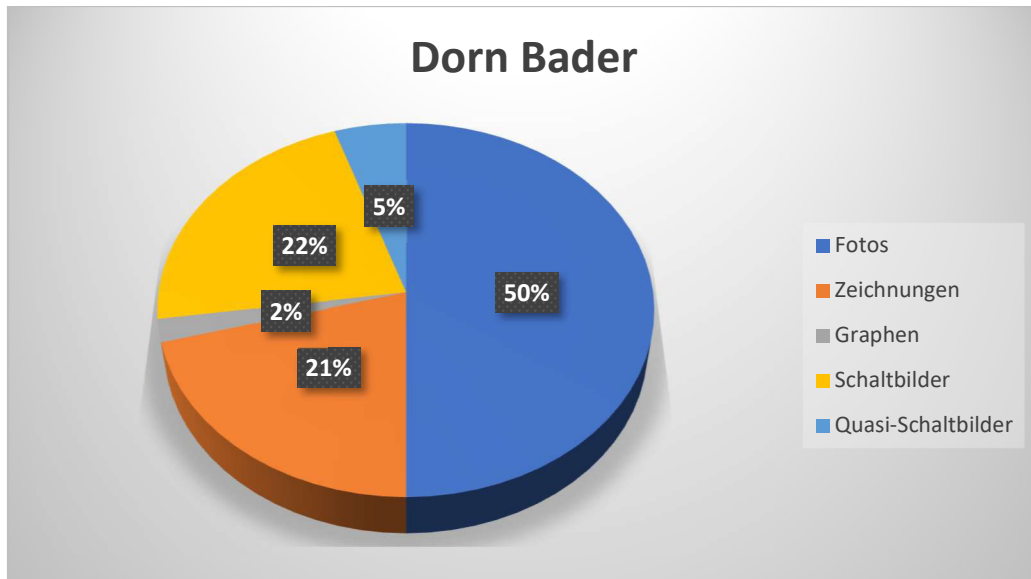


Abbildung 34: Anteil der unterschiedlichen Bildtypen bei DORN BADER.

Fotos haben auch im DUDEN Buch den größten Anteil, der nämlich 51 % beträgt (vgl. Abb. 35). Auch bei DUDEN zeigen Fotos viele technische Anwendungen und Versuchen. Dazu werden sie häufig eingesetzt, um die Details kleinerer Bauteile sichtbar zu machen. Schaltbilder haben den zweitgrößten Anteil (32 %) an den Bildern und kommen, im Gegensatz zu DORN BADER, häufiger in den Erklärtexten als in den Aufgaben vor. Das Buch weist den kleinsten Anteil von Zeichnungen auf (10 %). Quasi-Schaltbilder (4 %) und Graphen (3 %) sind kaum vorhanden.

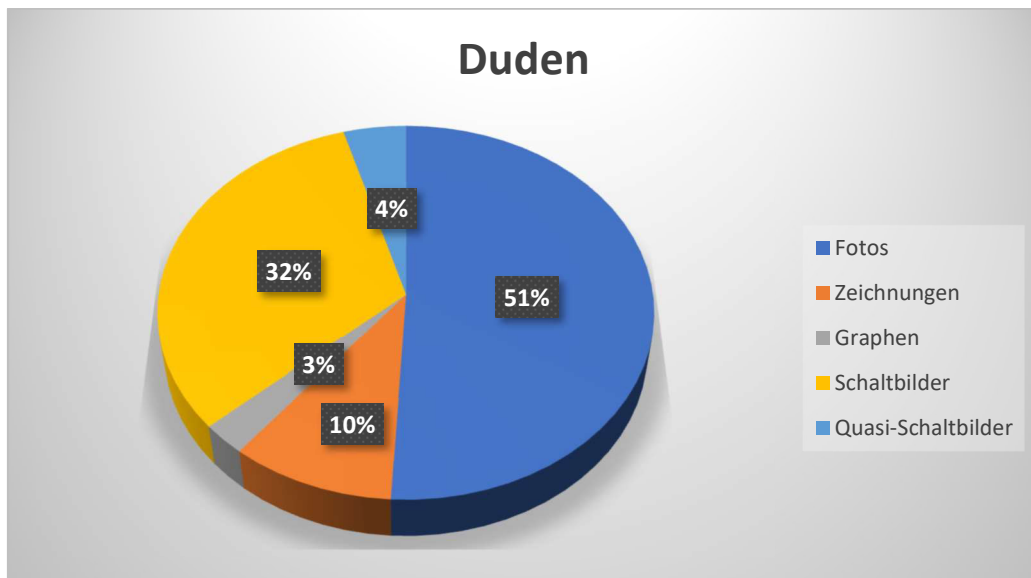


Abbildung 35: Anteil der unterschiedlichen Bildtypen bei DUDEN.

Bei IMPULSE bestehen die Bilder hauptsächlich aus Zeichnungen, deren Anteil an den vorhandenen Bildern 48 % beträgt (vgl. Abb. 36). Tatsächlich springen einem beim Durchblättern des Buches relativ schnell die vielen Zeichnungen ins Auge. Sie kommen überall im Buch vor

und sind als Ersatz für typischerweise auf Fotos dargestellten Versuchsaufbauten besonders gelungen. Auch gut vertreten sind Fotos (24 %) und Schaltbilder (22 %). Quasi-Schaltbilder (5 %) kommen selten vor, Graphen (1 %) ebenso.

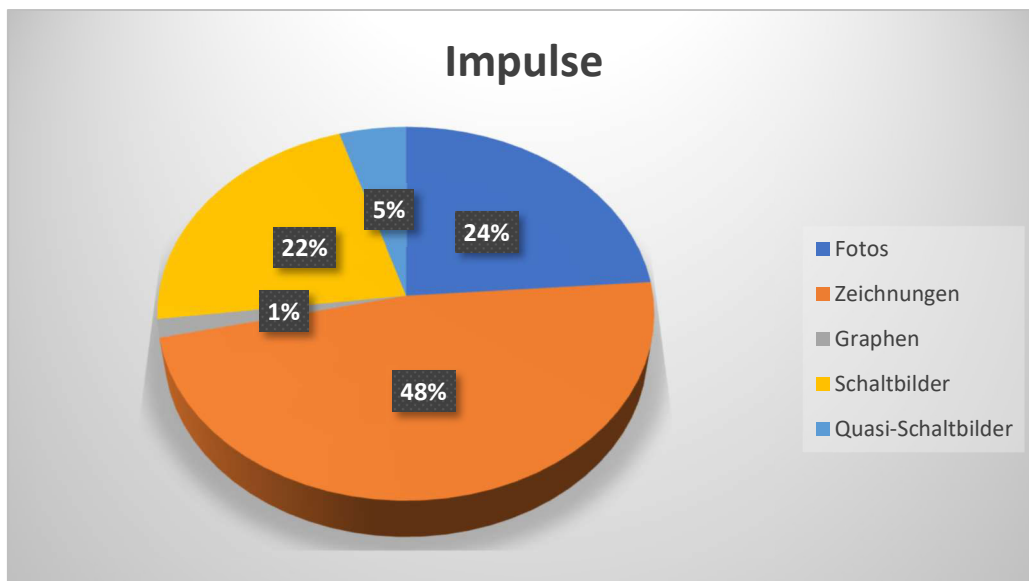


Abbildung 36: Anteil der unterschiedlichen Bildtypen bei IMPULSE.

Im UNIVERSUM Buch sind ebenso die Zeichnungen, die mit einem Anteil von 48 % den am häufigsten verwendeten Bildtyp darstellen (vgl. Abb. 37). Ähnlich wie bei IMPULSE sind Zeichnungen im Buch allgegenwärtig. Sie sind auch an vielen Stellen für die Veranschaulichung von Versuchsaufbauten und Schaltungen besser geeignet als Fotos, die immerhin einen großen Anteil (29 %) der Bilder darstellen. Insgesamt haben Schaltbilder einen Anteil von 20 %, dabei befinden sich im Band 2 doppelt so viele Schaltbilder wie im Band 1. Es kommen einige Graphen vor (4 %), jedoch nur im Band 2.

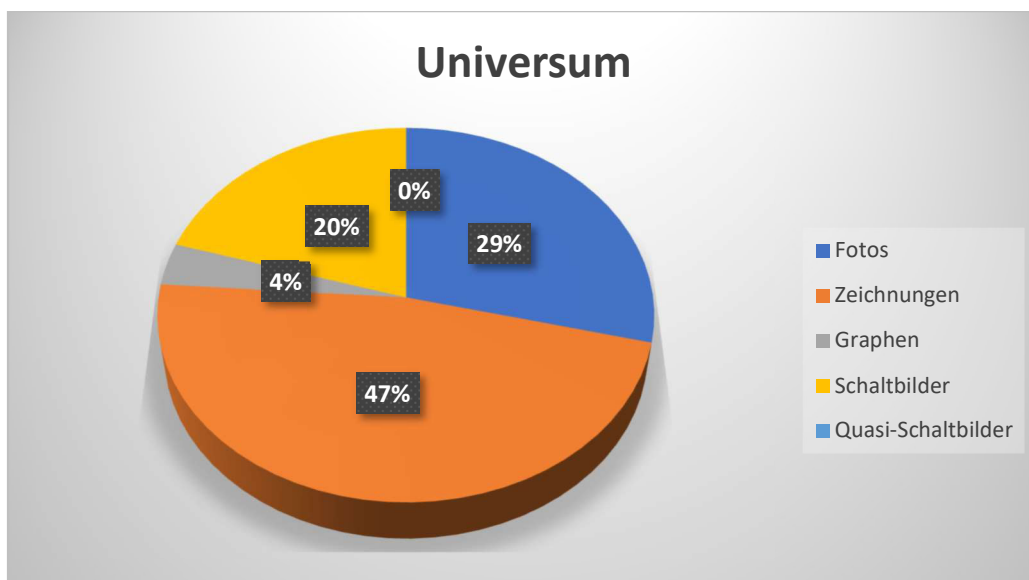


Abbildung 37: Anteil der unterschiedlichen Bildtypen bei UNIVERSUM.

Fazit: Die am häufigsten vertretenen Bildtypen sind von Buch zu Buch verschieden und eindeutig festlegbar. DORN BADER und DUDEN beinhalten vor allem Fotos, BURDE vor allem Schaltbilder. Bei IMPULSE und UNIVERSUM gibt es hauptsächlich Zeichnungen. In keinem der Bücher sind die Verhältnisse zwischen den unterschiedlichen Bildtypen gleichmäßig. Daraus kann man schließen, dass die jeweiligen Buchautoren bestimmte Darstellungsarten bevorzugen.

### 5.3.2. Qualitative Analyse der Bilder

Bei BURDE haben Bilder keine Unterschriften und werden auch nicht nummeriert. Dafür werden sie aber stets passend positioniert, sodass es immer klar ist, von welchem Bild im Text gerade gesprochen wird. Die Bilder werden stets im Text kommentiert oder erklärt. Sie sind meistens auch besonders groß, was durch die großzügigen Seitenmaßen des Buches begünstigt wird. Somit kann alles Relevante sehr gut gesehen und von Irrelevantem getrennt werden (++). Interessanterweise wirkt das Buch durch die farbigen Schaltungen relativ bunt und lebendig – auch wenn Farben außer rot, blau und gelb eher selten vorkommen, die Schrift fast immer schwarz bleibt und die Buchseiten komplett weiß sind.

Bei der Prävention von *cognitive overload* schneidet das BURDE Buch besser als alle anderen ab. Es wurde mit großer Sorgfalt versucht, Farben und sonstige Hervorhebungen so zu benutzen, dass relevante Inhalte die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und unwichtige Elemente ausgeblendet werden (++). Abb. 38 zeigt ein gutes Beispiel. Die äußerlichen Merkmale der Tischlampe bzw. der Mehrfachsteckdose treten durch die nicht sehr detailreiche, monoton gefärbte Zeichnung in den Hintergrund. Die wichtigen Elemente, die die für den Betrieb der Tischlampe benötigte elektrische Druckdifferenz veranschaulichen sollen – die leitenden Kabel, an denen ein elektrischer Überdruck (rot) bzw. ein elektrischer Unterdruck (blau) herrscht – werden durch ihre jeweiligen Farben deutlich hervorgehoben.

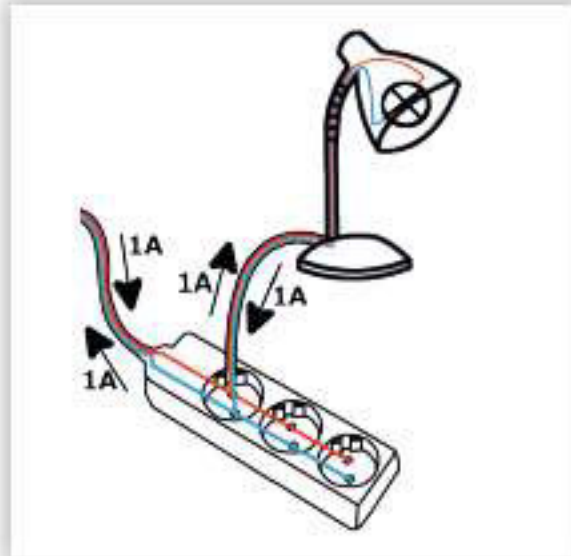


Abbildung 38: Bild einer Aufgabe mit Tischlampe und Mehrfachsteckdose (BURDE, S. 29).

Die Inhalte der Bilder umfassen vor allem Alltagsgeräten und Bilder schematischer Art (z.B. Diagramme und physikalische Modelle). Viele Bilder treten bei den Aufgaben auf, oft mit der Funktion, eine Betrachtung von Alltagsgeräten (z.B. Glühlampe, Tischlampe und Taschenlampe) und -situationen (vgl. Abb. 39) aus physikalischer Sicht zu betrachten. Es werden einige Alltagsgeräte wie der Föhn dargestellt, der Fokus scheint aber hauptsächlich auf reine Schaltbilder und Lampen zu liegen. Eine thematische Schülerorientierung ist daher bei den Bildern nur mäßig erkennbar. Dennoch sind die ausgewählten Bilder als Ergänzung zu den Texten gut; insbesondere beim Verstehen von Schaltungen und Schaltbildern sind sie hilfreich (o).

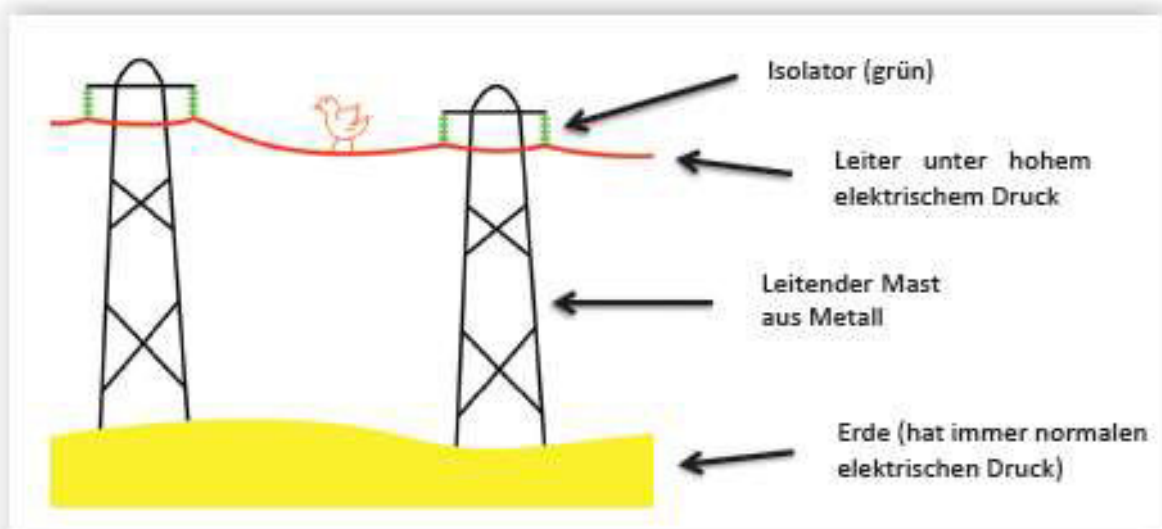


Abbildung 39: Bild einer Aufgabe mit Strommast (BURDE, S. 22).

Bei DORN BADER hat jedes Bild eine Unterschrift, außer wenn es sich um die Bilder handelt, die Aufgabenstellungen illustrieren (vgl. Bd. 2, S. 72). Die Bilder werden in zwei Kategorien

geteilt: V für Versuchsbilder und B für alle anderen Bildtypen. Bilder werden mit farbigen Kästchen im Text referenziert, wodurch ihre Zuordnung zu den jeweiligen Textstellen sehr einfach wird. Zu kleine Bilder stören bei manchen Versuchen, sind jedoch meistens nicht problematisch. Insgesamt ist die Qualität der Bilder gut (+). Bei den Fotos allerdings ist sie nur mittelmäßig, da viele Fotos eine für heutige Standards zu niedrige Auflösung haben oder etwas dunkel sind.

Wie schon erwähnt, enthalten einige Seiten im Buch zu viele Farben, Bilder, Tabellen u.Ä. und neigen dadurch in der Tat zu einer gewissen Informationsüberflutung (-). Auf der anderen Seite wirken der vielfältige Einsatz von Bildern und die mit ihnen verknüpften Zusatzinformationen oft unterstützend. Ein Beispiel dafür ist die geschickte und mehrfach auftretende Gegenüberstellung von Schaltungen in Fotos und Schaltbildern, wie Abb. 40 zeigt. Die Fotos bieten eine Visualisierung von physikalischen Vorgängen, während die Schaltbilder einen analytischen Blick auf die dahintersteckenden Prozesse im Stromkreis ermöglichen. So können SchülerInnen ihre Aufmerksamkeit auf bestimmte Merkmale des jeweiligen Bilds und ihre kognitiven Ressourcen somit effizienter nutzen.

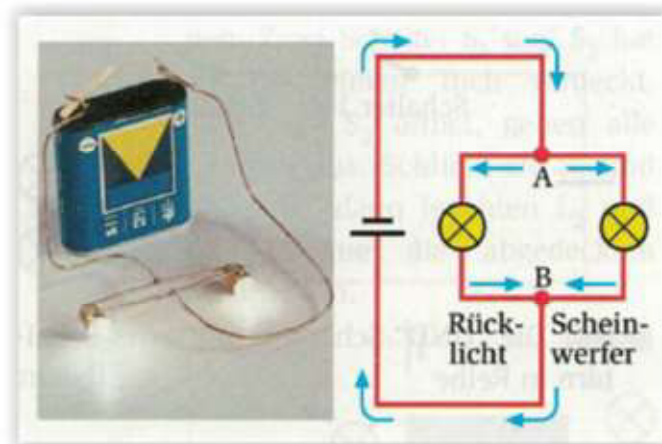


Abbildung 40: Parallelschaltung als Foto und Zeichnung (DORN BADER Bd. 1, S. 101).

Der Inhalt der Bilder ist sehr vielfältig und stark an Schülerinteressen und Alltag orientiert (++). Sehr viele technische Anwendungen und jede Sorte Haushaltsgeräte werden abgebildet (sogar mit Elektrizität betriebene Spielzeuge). Wie schon auf Abb. 21 im Kapitel 5.1.2 zu sehen war, zeigen die Bilder zudem noch Fotos von Versuchen, die von SchülerInnen durchgeführt wurden. Solche Bilder dürften im Klassenzimmer motivierend wirken. Viele Erklärungen werden anhand von Bildern veranschaulicht. Physikalische Vorgänge werden schematisch dargestellt und verständlich gemacht.

Im DUDEN Buch werden Bilder nummeriert und haben Unterschriften dazu. Wie bei DORN BADER sind die Bilder, die Aufgaben begleiten, nicht nummeriert. Im Text werden Bilder in der Regel erwähnt und erklärt. In einzelnen Fällen wird auf Bilder kein Bezug im Text genommen, die Zuordnung von Text und Bild bleibt jedoch eindeutig (vgl. DUDEN, S. 320, Abb. 1; S. 337, Abb. 2). Die Qualität der Bilder schwankt, insbesondere bei den Fotos (-). Damit ist nicht nur die Auflösung gemeint. An mehreren Stellen findet man Bilder, die viel zu klein sind oder einen zu starken Farbenkontrast haben. Dadurch gehen leider wichtige Details verloren. Zum Beispiel wird auf die Spannungs- und Leistungsangaben auf dem Typenschild eines elektrischen geräts gesprochen, wenn das (als Beispiel gedachte) Schild auf dem Foto kaum lesbar ist (s. Abb. 41).<sup>20</sup>



Abbildung 41: Typenschild einer Küchenmaschine. Wichtige Angaben sind kaum lesbar (DUDEN, S. 350).

So sind Bilder, die zu viele Informationen beinhalten, im Buch eher selten zu finden. Bilder, bei denen ein unerwünschter Informationsverlust erfolgt, kommen jedoch durch diese Qualitätsmängel mehrfach vor (o).

Inhaltlich wirkt das DUDEN Buch sehr klassisch, was bei den Bildern nicht anders ist. Die im Buch enthaltenen Bilder zeigen viele Anwendungen, die typisch für den Unterricht sind. Etablierte Alltagsbeispiele wie Batterien, Akkus, unterschiedliche Lampen u.Ä. sind vorhanden, es

<sup>20</sup> Dabei muss angemerkt werden, dass das Foto im Buch noch um einiges kleiner ist als hier dargestellt (und somit noch schlechter zu erfassen ist).

fehlen aber innovativere Beispiele, die für SchülerInnen noch interessanter sein könnten als das Standardrepertoire (-). Außerdem kommen manche Fotos sehr veraltet vor, vor allem durch unzeitgemäße Technik wie Kassetten- (S. 332) und VHS-Rekorder (S. 335). Selbstverständlich dürfen auch ältere Beispiele aus der Technik in einem modernen Lehrbuch vorkommen. Diese sollten aber als solche gekennzeichnet werden und nicht (wie in den obengenannten Beispielen) da eingesetzt werden, wo sie der Herstellung eines Alltagsbezugs dienen sollen. Schließlich gehören solche Geräte eben nicht mehr zum Alltag der SchülerInnen.

Bei IMPULSE werden Bilder nummeriert und haben meistens Unterschriften. Zudem werden Bilder im Text zitiert und in der Regel erklärt. Die gelieferten Erklärungen, sind manchmal zu kurz und nicht ausreichend, um die abgebildeten Inhalte verständlich zu machen. Allerdings zählt zu einer der Stärken dieses Buches, dass die meisten Bilder sehr übersichtlich und selbst-erklärend sind.

Die Qualität der Bilder ist gut bis sehr gut, vor allem bei den sehr gelungenen Zeichnungen. Die Auflösung von Fotos variiert leicht, ist aber im Regelfall als gut zu bezeichnen (+). Bei etwas dunkleren Fotos (s. abgebildeter Sicherungskasten, S. 160) gehen Details verloren. Was bei den abgebildeten Schaltungen besonders positiv auffällt ist, dass auf die klassischen Kabel-farben blau und rot für Minus- und Pluspol verzichtet wurde. Diese Farben werden durchaus verwendet, um Minus- und Plusladung (z.B. bei Modellierungen des Elektronenflusses) zu cha-rakterisieren; bei den aufgebauten Schaltungen ist allerdings eine einzige Kabelfarbe die Regel, wie von Wilhelm & Hopf (2018, S. 129) empfohlen (vgl. Abb. 42).

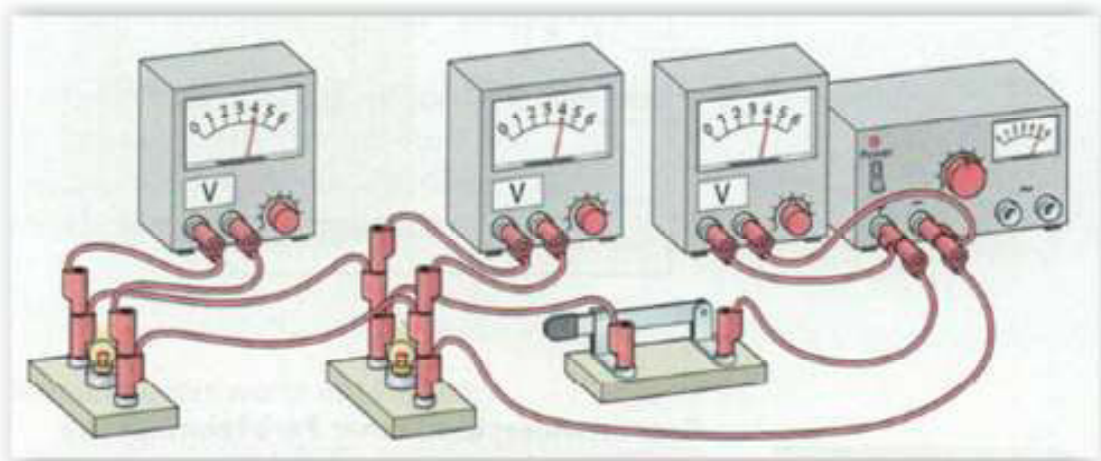


Abbildung 42: Zeichnung eines Versuchs zum Thema Parallelschaltung. Alle Kabel haben die gleiche Farbe (IMPULSE, S. 173).

Irrelevante Informationen sind bei den Bildern eher selten zu finden (+). Das Verstehen von Textinhalten und physikalischen Zusammenhängen wird in der Regel durch schlichte Bilder, die das Wesentliche mit zusätzlichen Beschriftungen oder Farben hervorheben, gut unterstützt.

Bei den Fotos wird zweckmäßig der Zoom benutzt, um Unwichtiges auszublenken. Zusätzlich weisen die Fotos oft einen neutralen, schattierten Hintergrund auf, der eine Fokussierung der Aufmerksamkeit auf (hellere) relevante Inhalte ermöglichen.

Die Inhalte der Bilder sind eine Mischung aus standardisierten und etwas innovativeren Inhalten. Das Schülerinteresse wird vor allem bei den Exkursen bedient. Diese zeigen beispielsweise zeitgemäße Technologien zur Energiegewinnung oder kreative Versuchsaufbauten, während der Inhalt von Bildern an anderen Stellen eher den traditionellen Standards entspricht (d.h. Batterien, Akkus, Lampen und das eine oder andere Haushaltsgerät). Besonders interessante Anwendungen kommen bei den Bildern selten vor (o).

Im UNIVERSUM Buch werden Bilder nummeriert und erhalten Unterschriften. Im Text wird stets auf die dazugehörigen Bilder eingegangen. Diese sind nicht so häufig selbsterklärend, werden allerdings bei Bedarf verständlich erklärt. Die Qualität der Bilder ist in beiden Bänden konsistent und sehr gut. Die Zeichnungen haben eine ähnliche Qualität wie bei IMPULSE, die Fotos sind deutlich besser. Sie sind meistens größer und haben sogar die höchste Auflösung aller Bücher (++). Zudem wirken viele der Fotos z.B. durch genau passende Hintergründe sowie Licht- und Schattenverhältnisse sehr professionell (s. Abb. 43). Auch bei UNIVERSUM wird die blau-rote Farbkombination für Minus und Plus durch monochrome Varianten ersetzt. Dabei wird gelegentlich eine Kabelfarbe für die Reihenschaltung und eine andere für die parallel geschalteten Geräte benutzt.

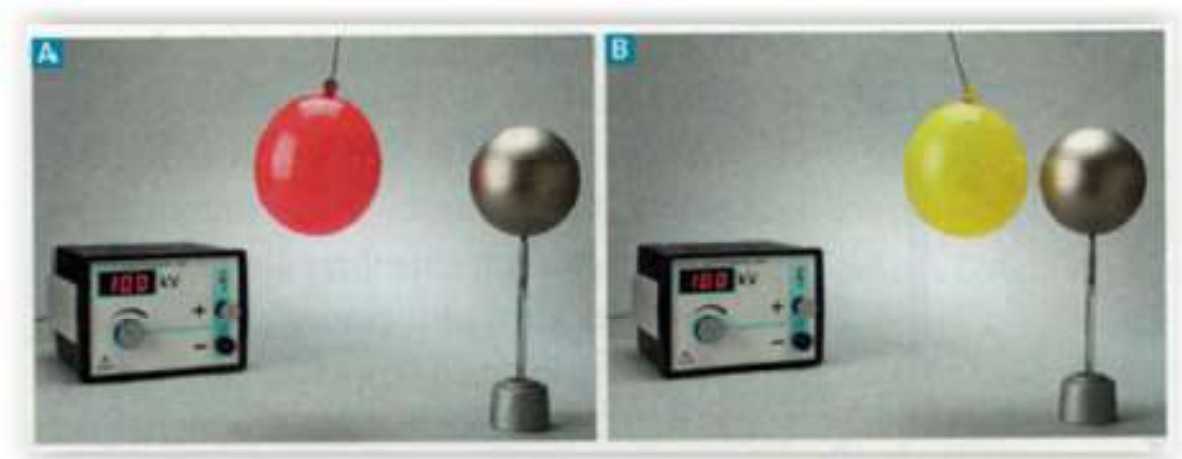


Abbildung 43: Hochqualitatives Bild eines Versuches zur abstoßenden bzw. anziehenden Wirkung von Ladungen (UNIVERSUM Bd. 2, S. 91).

Die Bilder im UNIVERSUM Buch sind nicht nur ästhetisch sehr gelungen, sie sind auch durch Strukturiertheit und Klarheit gekennzeichnet und enthalten praktisch nie Elemente, die überflüssig sind (++). Wie das bei den Fotos realisiert wird, zeigt schon Abb. 43. Das gelingt auch bei den anderen Bildtypen, und zwar auch dann, wenn ein einzelnes Bild viele Elemente beinhaltet (s.

Abb. 44). Man sieht beispielsweise, dass es zwischen einzelnen Bauteilen ausreichenden Abstand gibt, sodass diese nicht angehäuft zu sein scheinen und jedes Bauteil (Batterie, Stromstärkemesser 1, Lampe 1, Lampe 2, usw.) unverkennbar bleibt. Auch eine zusätzliche Beschriftung der jeweiligen Ströme und Lampen ist vorhanden. Diese hilft dem Leser, die Elemente der abgebildeten Schaltung dem auf der gleichen Seite vorhandenen Schaltbild zuzuordnen. Diese Herangehensweise findet man an vielen Stellen des Buchs.

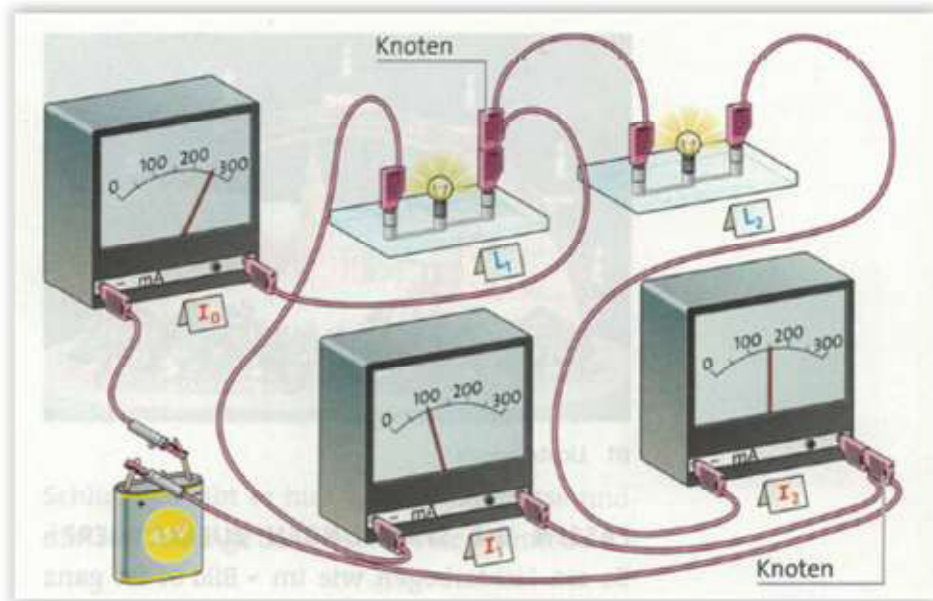


Abbildung 44. Versuch zur Parallelschaltung. Die auf Klarheit fokussierte Bildgestaltung ist sehr gelungen (UNIVERSUM Bd. 2, S. 123).

Inhaltlich sind die Bilder bei UNIVERSUM sehr divers. Wie schon erwähnt, sind vor allem die Bilder am Anfang der Kapitel sehr gut und die Beispiele für technische Anwendungen ziemlich alltagsnah. Alle möglichen Haushaltsinstallationen und -geräte, vom Computer bis hin zum Staubsauger, sind bildlich repräsentiert und spiegeln die im Alltag der SchülerInnen heute existierende Technik wieder. Dazu kommen Versuchsaufbauten, die deutlich über die klassischen Motiven hinausgehen (vgl. Bd. 1, S. 217; Bd. 2, S. 93) und die Auswahl der Bilder abrunden (++).

Fazit: Was die Gliederung und das Referenzieren betrifft, ist der Umgang mit Bildern in allen Büchern insgesamt angemessen. Die Qualität der Bilder variiert. BURDE und UNIVERSUM haben offensichtlich die beste Bildqualität und schneiden auch beim Thema *cognitive overload* am besten ab. Das DORN BADER Buch gilt hingegen als überbebildert und kann dadurch zu Störungen des Leseprozesses führen. Inhaltlich sind vor allem die Bilder bei DORN BADER und UNIVERSUM schülerorientiert und alltagsnah. Im DUDEN Buch sind manche der ver-

wendeten Bilder wenig sinnvoll, da sie veraltete und alltagsfremde Beispiele der Technik abbilden. Dabei werden solche Anwendungen nicht mit Hinblick auf die Geschichte der Technik o.Ä. im Buch eingesetzt.

## 5.4. Aufgaben

### 5.4.1. Quantitative Analyse der Aufgaben

Mit insgesamt 179 Aufgaben hat DORN BADER die höchste Anzahl von Aufgaben aller fünf Bücher. Im DUDEN Buch findet man 141 Aufgaben, im UNIVERSUM Buch sind es 122. Bei IMPULSE gibt es 116 Aufgaben und bei BURDE 76.

Diese Verhältnisse ändern sich, wenn man die durchschnittliche Anzahl von Aufgaben pro Seite ausrechnet. IMPULSE liegt dann mit 3,1 Aufgaben pro Seite weit vorne, gefolgt von DUDEN mit 2,6 und UNIVERSUM mit 2,1. Bei DORN BADER kommen auf eine Seite 1,9 Aufgaben, bei BURDE 1,7.

Die meisten Aufgaben bei BURDE gehören zur Kategorie Verständnisfrage (51 %, vgl. Abb. 45). Diese ist im Übrigen in fast allen Büchern die am häufigsten vorkommende Kategorie. 25 % der Aufgaben sind der Kategorie Skizzieren/Modellieren zuzuordnen; diese Kategorie ist bei keinem der anderen Bücher so stark vertreten. Als Nächstes kommen die Rechenaufgaben (21 %) die vor allem nach der ersten Buchhälfte vorkommen. Experimentieraufgaben (0 %) sowie Projekte/Präsentationen (0 %) sind nicht dabei.

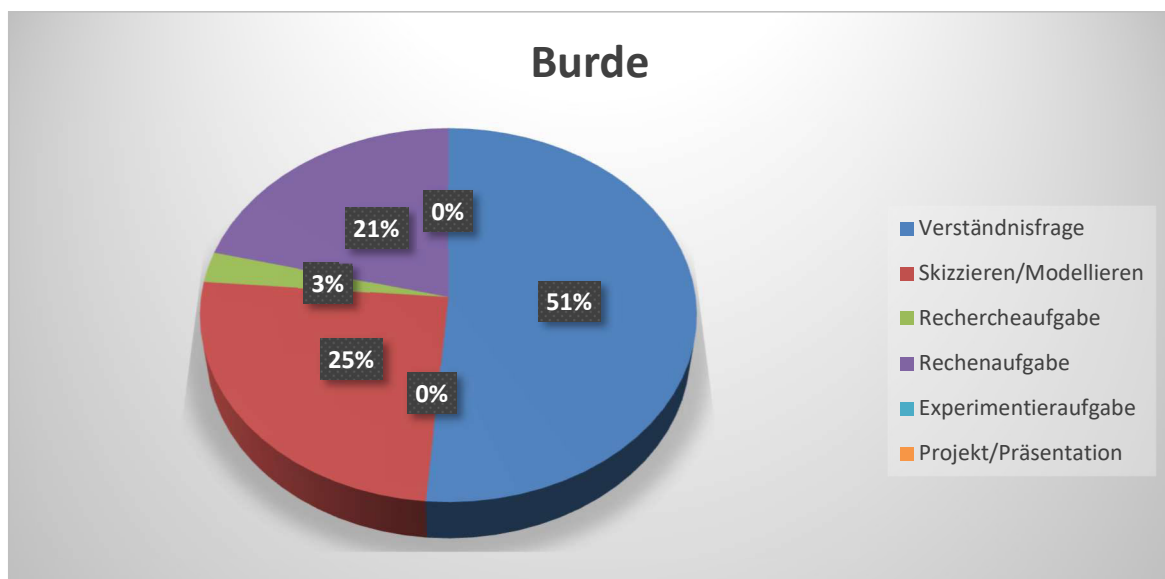


Abbildung 45: Anteil der unterschiedlichen Aufgabentypen bei BURDE.

Bei DORN BADER kommen nach den Verständnisfragen (36 %) die Rechenaufgaben (15 %) vor (vgl. Abb. 46). Diese erscheinen vor allem im Band 2, der, wie schon im Kapitel 5.2.2.

erwähnt, von einer erhöhten Mathematisierung geprägt ist. Danach kommt die Kategorie Skizzieren/Modellieren (14 %), gefolgt von Rechercheaufgaben (13 %), deren Anteil hier höher als in den anderen Büchern ist. Auch in der Kategorie Projekt/Präsentation (13 %) liegt DORN BADER im Vergleich vorne. Experimentieraufgaben (9 %) machen den geringsten Anteil aus. Offensichtlich weist DORN BADER die ausgeglichene Verteilung von Aufgabentypen auf.

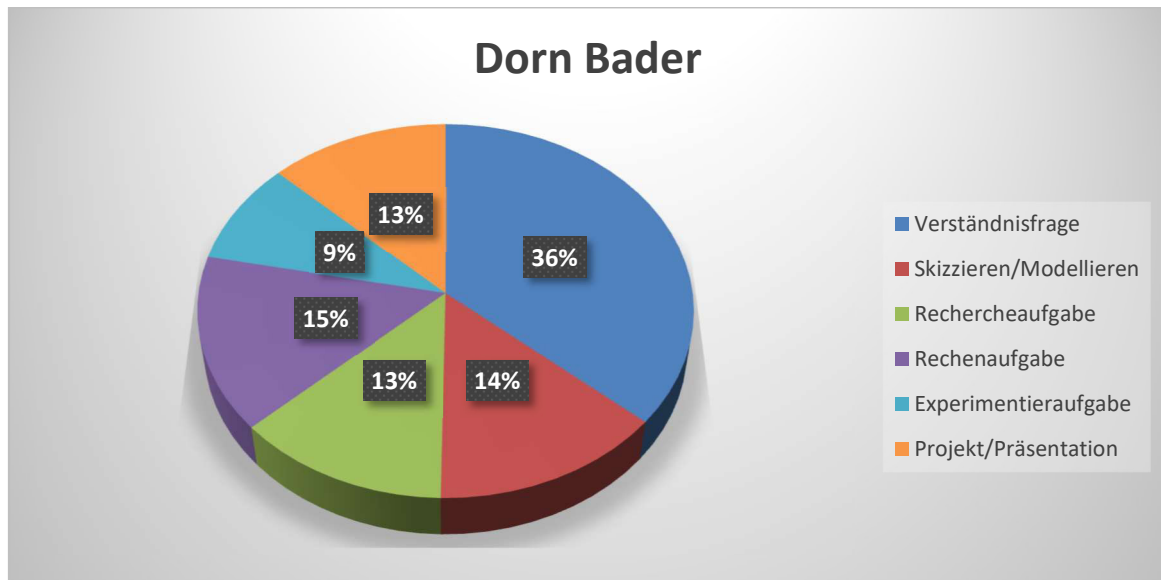


Abbildung 46: Anteil der unterschiedlichen Aufgabentypen bei DORN BADER.

Im DUDEN Buch sind Verständnisfragen (42 %) und Rechenaufgaben (27 %) am häufigsten zu finden (vgl. Abb. 47). Die Rechenaufgaben haben auch bei DUDEN den höchsten Anteil unter den ausgewählten Büchern. Dann folgen Experimentieraufgaben (17 %) und Rechercheaufgaben (7 %). Den geringsten Anteil an den Gesamtaufgaben hat die Kategorie Projekt/Präsentation (1 %).

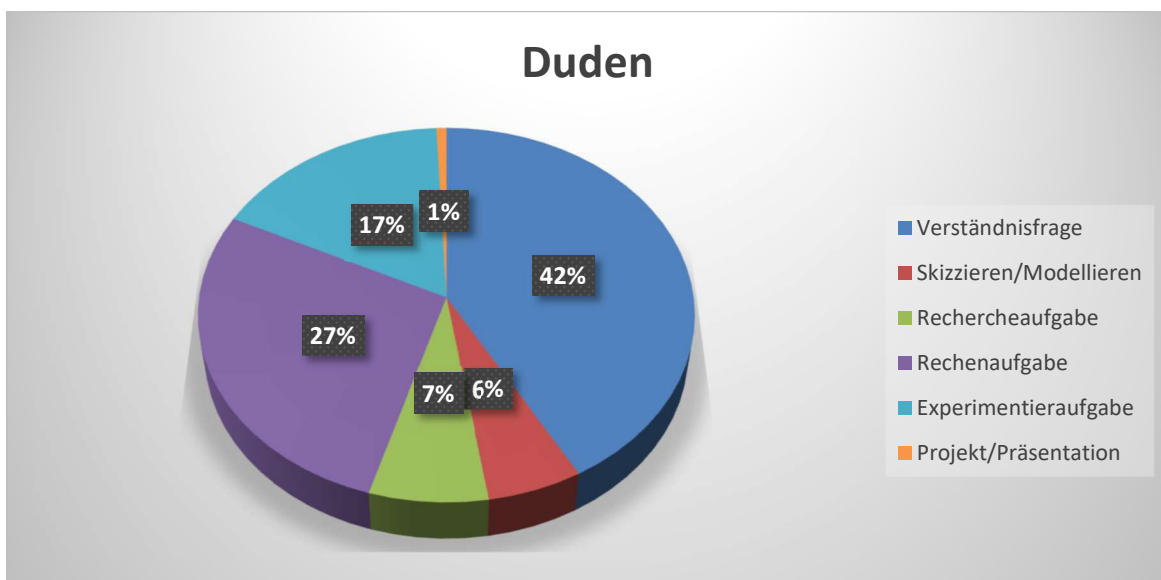


Abbildung 47: Anteil der unterschiedlichen Aufgabentypen bei DUDEN.

Im IMPULSE Buch sind vor allem Experimentieraufgaben (38 %, vgl. Abb. 48) vorhanden. Nur in diesem Buch ist ihr Anteil so hoch. Danach kommen Verständnisfragen (30 %) und Skizzieren/Modellieren (15 %). Gleich häufig kommen Aufgaben der Kategorien Rechercheaufgabe (7 %) und Rechenaufgabe (7%) vor. Auch bei IMPULSE sind Projekte/Präsentationen (3 %) selten zu finden.

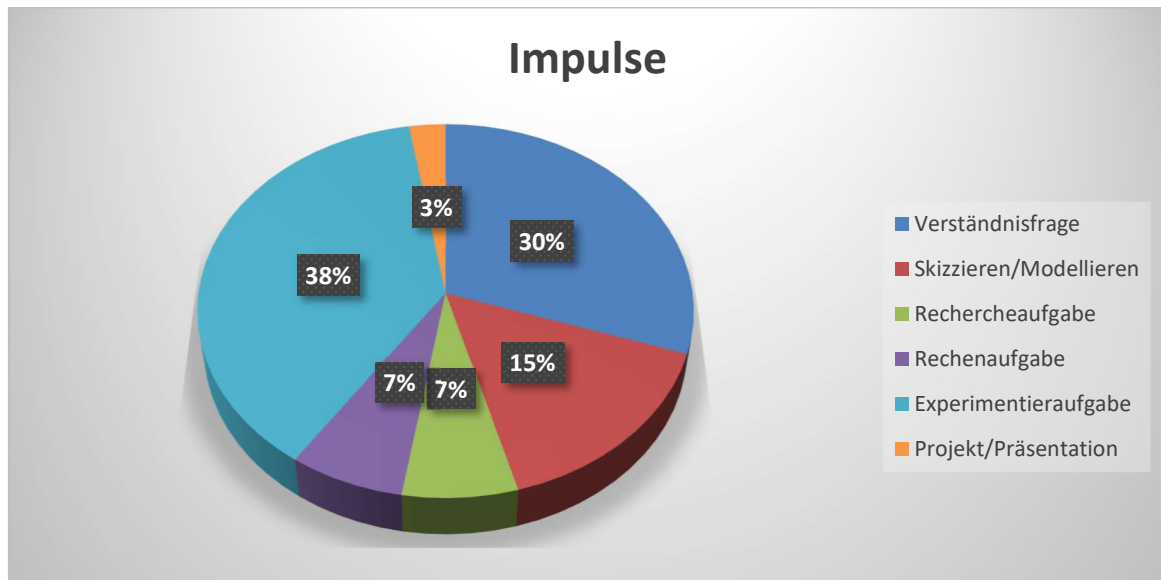


Abbildung 48: Anteil der unterschiedlichen Aufgabentypen bei IMPULSE.

Bei UNIVERSUM ergab sich erneut ein hoher Anteil von Verständnisfragen (44 %, vgl. Abb. 49). Nahezu gleichmäßig verteilt kommen Aufgaben aus den Kategorien Experimentieraufgaben (18 %), Rechenaufgaben (17 %) und Skizzieren/Modellieren (16 %) vor. Rechercheaufgaben (5 %) sind deutlich seltener. Gar nicht repräsentiert ist die Kategorie Projekt/Präsentationen (0 %).

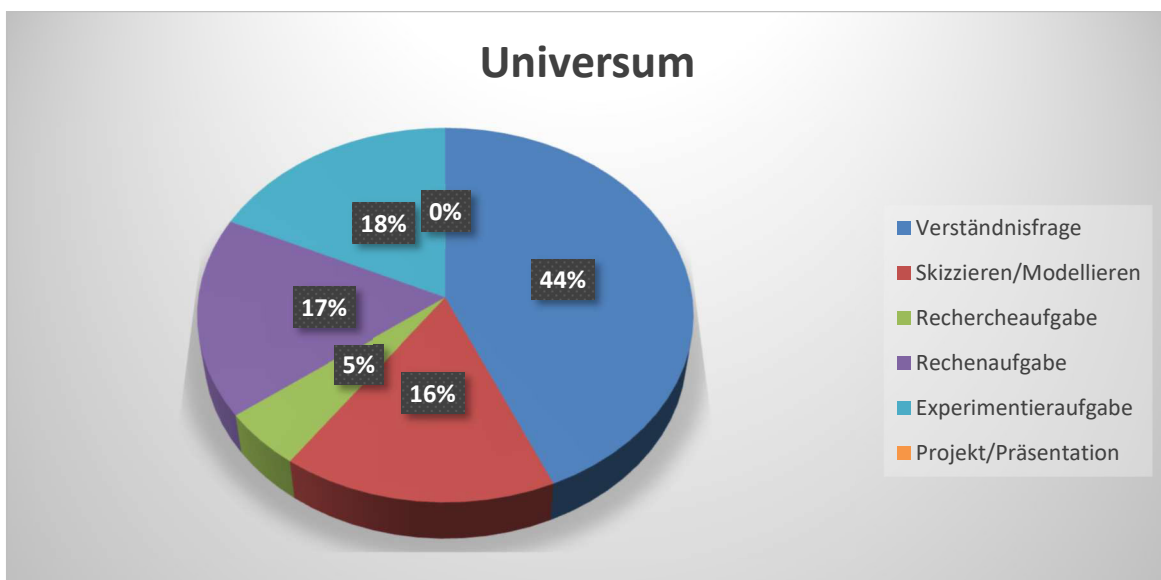


Abbildung 49: Anteil der unterschiedlichen Aufgabentypen bei UNIVERSUM.

Für die durchschnittliche Länge der Aufgabenstellungen wurden folgende Ergebnisse festgestellt (s. Tab. 14):

| Länge der Aufgabenstellungen |            |       |         |           |
|------------------------------|------------|-------|---------|-----------|
| Burde                        | Dorn Bader | Duden | Impulse | Universum |
| 32,1                         | 28,9       | 28,7  | 27,9    | 24,2      |

Tabelle 14: Durchschnittliche Länge der Aufgabenstellungen (Wörter pro Aufgabenstellung).

Aus diesen Werten ergibt sich ein Mittelwert von 28,4 Wörtern pro Aufgabenstellung.

Es wurde schon erwähnt, dass längere Sätze für den Leser schwieriger zu verarbeiten sind, weswegen man vielleicht vermuten könnte, dass die Länge der Aufgabenstellungen negativ mit ihrer Verständlichkeit korreliert. Es wird sich bei der qualitativen Analyse zeigen, dass dies keine akkurate Einschätzung darstellt.

Fazit: Die Verteilung der Aufgaben ist in den analysierten Büchern sehr heterogen. Einerseits kann man behaupten, dass Verständnisfragen in den Büchern (außer bei IMPULSE) überrepräsentiert sind. Zudem enthalten die Bücher sehr wenige Aufgaben, die der Kategorie Projekt/Präsentation zugeordnet werden könnten. Andererseits sind die Verhältnisse zwischen den anderen Aufgabentypen nur bei DORN BADER einigermaßen gleichmäßig. Es lässt sich jedenfalls sagen, dass die Bücher hinsichtlich der Aufgabentypen unterschiedliche Fokussierungen aufweisen. Eine vielfältigere und gleichmäßigere Auswahl von Aufgabentypen wäre begrüßenswert. Die Länge der Aufgabenstellungen sieht jedoch etwas homogener aus, wobei BURDE und UNIVERSUM von der durchschnittlichen Länge (28,4 Wörter pro Aufgabenstellung) stark abweichen.

#### 5.4.2. Qualitative Analyse der Aufgaben

Auf das Thema Schülervorstellungen gehen die Bücher unterschiedlich stark ein. Am meisten Die Aufgabenstellungen sind bei BURDE sehr verständlich (++). Der verwendete Wortschatz ist einfach und es werden auch kaum unbekannte Termini benutzt. Es gibt durchaus längere Aufgabenstellungen, die jedoch keine komplizierte Satzstruktur aufweisen. Abb. 50 zeigt ein Beispiel dafür. Man erkennt, dass es sich um eine lange Aufgabenstellung handelt, die aber aus mehreren einfachen Sätzen besteht. Diese enthalten je einen einzelnen Arbeitshinweis und werden sehr deutlich formuliert.

② Betrachte die unten dargestellten Schaltpläne und zeichne die elektrischen Drücke ein. Überlege dir dann, welche Lämpchen in Folge der an ihnen anliegenden elektrischen Druckunterschiede leuchten und welche nicht. Zeichne hierzu Lichtstrahlen bei den entsprechenden Lämpchen ein. (Es handelt sich in allen vier Fällen um „starke“ Batterien!)

Abbildung 50: Aufgabenbeispiel mit deutlich formulierten Sätzen (BURDE S. 16).

Die meisten Aufgaben enthalten Operatoren und werden in direkter Ansprache formuliert. Viele Aufgaben beginnen, wie im o.g. Beispiel, mit einem Operator oder Aktionsverb gleich am Satzanfang („begründe“, „erkläre“, „entscheide“ usw.). Lösungen zu den Aufgaben bietet das Buch nicht, Beispielrechnungen kommen selten vor. Sogenannte Heimversuche gibt es bei BURDE auch nicht.

Die Aufgaben im Buch gelten ohne Zweifel als lernförderlich und dienen vor allem der Vertiefung (++). Obwohl die meisten Aufgaben als Verständnisfragen bezeichnet werden, handelt es sich meistens nicht um bloße Wissensabfragen. Es sind häufiger Fragen, die SchülerInnen zum Nachdenken anregen und keine trivialen Antworten verlangen (s. Aufgabe 5, BURDE S. 3). Auch müssen SchülerInnen bei manchen Fragen selbständig versuchen, die Probleme von Modellen und Schülervorstellungen aufzugreifen (s. Aufgabe 6, S. 3; Aufgabe 4, S. 17). Ferner zeichnet sich das Buch durch eine intensive Arbeit mit Schaltungen und Schaltbildern aus, die durch die überdurchschnittlich häufig vorkommenden Aufgaben im Bereich Skizzieren/Modellieren erkennbar wird (s. Aufgabe 8, S. 18; Aufgabe 2, S. 27). Man kann guten Gewissens annehmen, dass der Umgang mit Schaltbildern und das Schülerverständnis über die physikalischen Vorgänge in Stromkreisen mit diesem Buch am besten unterstützt werden. Erste Forschungsergebnisse scheinen diese Annahme zu bestätigen (vgl. Burde & Wilhelm 2017).

Auch bei DORN BADER kann von einer einfachen und verständlichen Formulierung der Aufgabenstellungen die Rede sein (+). Selbst die Tatsache, dass die Aufgaben ein sehr breites Spektrum der Technik abdecken, mit Beispielen aus allen möglichen Anwendungsbereichen, stellt kein Verständnisproblem dar. Vermehrt werden Anwendungen, die in einer Aufgabenstellung erwähnt werden, aber den SchülerInnen nicht so geläufig sein mögen, schon in den Texten davor vermittelt. Ist das nicht der Fall, findet man stattdessen ein veranschaulichendes Bild neben der Aufgabenstellung. Die Formulierung der Aufgaben weist häufig eine Struktur mit W-Fragen (d.h. Fragen mit „warum“, „was“, „wie“ u.Ä.) oder direkter Ansprache auf. Es

werden typische Operatoren benutzt, insbesondere im Zusammenhang mit den Aufgabenstellungen, die in direkter Ansprache formuliert werden. Ein Beispiel dafür liefert Abb. 51. Es gibt einige Beispielrechnungen, aber keine Musterlösungen zu den Aufgaben. Eine Ausnahme stellt der Abschnitt *Kennst du dich aus?* im Band 2 (vgl. Bd. 2, S. 102f.) dar. Hier werden im Sinne eines Selbstchecks einige Aufgaben mit Musterlösungen angeboten. Dabei sind nur die Endergebnisse, also keine rechnerischen Lösungswege vorhanden. Vereinzelt kommen unter den Aufgaben auch Heimversuche vor, die als solche gekennzeichnet werden (s. z.B. Aufgabe A3 im Bd. 1, S.106).



Abbildung 51: Beispielaufgabe mit Alltagsbezug (DORN BADER Bd. 1, S. 131).

Die Aufgaben sind durchaus lernförderlich (++). Ihre Vielfalt und der starke Alltagsbezug sind dabei sehr motivierend. Die Verteilung von Aufgaben auf unterschiedliche Abschnitte, die verschiedene Zwecke verfolgen, machen die vertiefenden Lernprozesse, die mit den Aufgaben einhergehen, auch strukturierter. So findet man unter *Mach's selbst* ziemlich alle Aufgabentypen, vor allem Versuche. Unter *Methode* werden fachspezifische Kompetenzen (etwa das Modelldenken, vgl. Bd. 1, S. 122) vermittelt. *Projekt* beinhaltet umfangreichere Aufgaben, einschließlich Gruppen- und eben Projektaufgaben, mit vielen spannenden Anwendungen und hohem Spaßfaktor, etwa bei einer simulierten kriminaltechnischen Untersuchung (s. Bd. 1, S. 110) oder dem Nachbauen einer Brücke mit Beleuchtung (S. 105). *Anstoß* bietet meistens Aufgaben, die der Übung in Form von Denk- und Rechercheaufgaben dienen. Insgesamt sind die Aufgaben bei DORN BADER sehr schülerorientiert und vermutlich auch lerneffektiv.

Im DUDEN Buch sind Aufgabenstellungen im Regelfall verständlich (o). Die Satzstruktur und der Wortschatz sind angemessen. Da die Aufgaben aus vielen unterschiedlichen Bereichen kommen, müsste manchmal der eine oder andere Fachbegriff vermittelt werden, was leider nicht immer erfolgt. Manchmal gelingt es, einen neuen Begriff anhand von Bildern zu illustrieren, wie am Beispiel der sogenannten Sprachkapseln (s. Abb. 52). Irritierend wirkt aber der exzessive Gebrauch von Ausrufezeichen, der teilweise auch seltsam und oft sinnlos erscheint (vgl. Aufgabe 19, S. 344). Bei den Formulierungen kommen die direkte Ansprache und Operatoren häufig vor. Üblicher ist dennoch das Format wie auf Abb. 52 zu sehen ist: Es werden einige Sätze zur Kontextualisierung geschrieben und anschließend eine W-Frage gestellt. Es

gibt einige Rechenbeispiele, die als Training für kommende Aufgaben gelten, Musterlösungen gibt es nicht. Unter den Experimentieraufgaben gibt es manche Heimversuchsvorschläge.



Abbildung 52: Beispielaufgabe mit typischer Formulierung mittels W-Fragen (DUDEN, S. 344).

Die Aufgaben unterstützen zwar das Lernen, aber eher als Übungen. Das Buch hat viele Aufgaben, die thematisch sogar vielfältig sind, aber das Anforderungsniveau bleibt meistens niedrig (-). Die meisten Aufgaben, die das Buch beinhaltet, sind einfach lösbar und können entweder dem Anforderungsbereich I oder II zugeordnet werden (vgl. Hessisches Kultusministerium 2018). Dabei gibt es doch einige Aufgaben, bei denen es sich beispielsweise um die vertiefte Untersuchung von Phänomenen oder die Planung von Versuchen handelt (s. Aufgabe 2, S. 330). Diese erfordern mehr Kreativität und Nachdenken seitens der SchülerInnen und ermöglichen gegebenenfalls kooperative Lernangelegenheiten. Allerdings kommen solche Aufgaben eher selten vor. Als positives Merkmal kann man noch die Fülle an Experimentieraufgaben erwähnen. Diese stellen oft einen Alltagsbezug her, z.B. indem SchülerInnen bei einer Aufgabe experimentell und rechnerisch herausfinden sollen, wie viel die zum Teekochen benötigte elektrische Energie anhand aktuell geltender Preise kostet (vgl. Aufgabe 24, S. 356).

IMPULSE hat die verständlichsten Aufgabenstellungen unter den ausgewählten Büchern (++). Sätze, die man in der Schriftsprache womöglich mit Nebensätzen verschachteln würde, werden geschickt in mehrere Hauptsätze zerlegt. Der Wortschatz ist sehr einfach und schwierige Begriffe kommen praktisch nie in den Aufgaben vor. Die direkte Ansprache und eine intensive

Nutzung von Operatoren sind die Regel. Wie bei BURDE, werden häufig genau diese Operatoren an den Satzanfang gestellt. Rechenbeispiele gibt es allgemein nicht, wobei das Buch genau zwei Beispiele für die Berechnung des Ersatzwiderstands enthält (s. IMPULSE S. 171 und S. 174). Es sind keine Musterlösungen vorhanden. Am Ende des Kapitels *Elektrizität im Alltag* findet man den Abschnitt *Heimversuche*, der einige Experimentieraufgaben für zu Hause beinhaltet.

Die Aufgaben bei IMPULSE leisten nur einen moderaten Beitrag zum Lernen (o). Vor allem die Strukturiertheit ist dabei als nicht ganz positiv zu betrachten. Die Aufgaben kommen nach etwa jedem zweiten Erklärtext sowie unter den verschiedenen Abschnitten (*Physik überall*, *Werkstatt* usw.) vor. An manchen Stellen scheinen die Aufgaben dem alleinigen Zweck zu dienen, die Inhalte, worüber es im vorherigen Text ging, unmittelbar abzufragen. Außerdem variiert der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben nicht aufbauend, sondern scheint eher zufallsbedingt zu sein. Dadurch entsteht nicht der Eindruck, dass von Text zu Text eine Begriffsbildung erzielt wird, die die Aufgaben unterstützen können. Es fehlt nämlich der rote Faden, den man innerhalb eines Buchkapitels erwartet und für das Lernen sinnvoll ist. Lau et al (2007, zit. nach Kauertz & Fischer 2009, S. 676) schlagen einen langsam, aber systematischen Anstieg der Aufgabenschwierigkeit vor. Laut Vygotsky komme es im Unterricht erst dann zu optimalen Lernprozessen, „wenn die Aufgabenschwierigkeit der Zone der proximalen Entwicklung entspricht“ (vgl. ebd.). Im positiven Sinne kann man dennoch bei der Auswahl an Aufgaben einen starken Alltagsbezug erkennen, wie man den in Abb. 53 dargestellten Beispielen entnehmen kann.

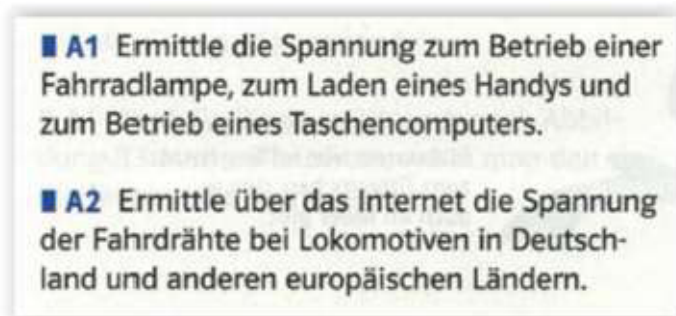


Abbildung 53: Beispielaufgabe mit Alltagsbezug (IMPULSE, S. 163).

Bei UNIVERSUM findet man die kürzesten Aufgabenstellungen. Diese sind zudem leicht zu verstehen und weisen stets einen einfachen Wortschatz auf (+). Im Band 2 kommen bei manchen Aufgabenstellungen neue Begriffe vor, die bildlich illustriert oder am Seitenrand erklärt werden. Die erhöhte Mathematisierung des zweiten Bandes ist nicht unbedingt hinderlich, fällt aber im Vergleich zu Band 1 stark auf. Praktisch alle Aufgabenstellungen werden in direkter Ansprache mit Operatoren oder ähnlichen Aktionsverben („überlege“, „notiere“, „gib an“ usw.) formuliert. Es gibt einige Beispielrechnungen, Musterlösungen gibt es nicht. Heimversuche werden nicht explizit vorgeschlagen,

jedoch könnten viele der vorhandenen Versuche von der Lehrkraft als solche empfohlen werden.

Die vorhandenen Aufgaben können als lernförderlich bezeichnet werden (+). Zwar sind unter den Rechenaufgaben sogenannte Einsetzaufgaben – die lediglich zum Üben von Rechenroutinen und nicht wirklich zum physikalischen Verständnis beitragen (vgl. Wilhelm 2005, S. 60) – keine Seltenheit, aber selbst diese werden meistens in einen Alltagskontext eingebettet, der die Aufgaben für SchülerInnen interessanter macht. Die schulbuchtypischen Berechnungen mit Lampen und (abstrakten) Widerständen werden häufig durch realitätsnähere Beispiele ersetzt (s. Abb. 54). Besonders gelungen sind auch die Modellieraufgaben, die verschiedenen Anforderungsniveaus gerecht werden und ebenso von einer motivierenden Kontextualisierung profitieren (vgl. *Knobelschaltungen*, Bd. 1, S. 225). Zu bemängeln ist nur die Abwesenheit von Projekt- und Präsentationsaufgaben.

**Material B • Wasserströme und Datenströme**

|                                                                                                               |                                                                                              |                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>B1</b> Die Wasserstromstärke des Rheins am Rheinfall beträgt etwa $370 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ .      | es dauern, bis das Stadion vom Rhein gefüllt wäre?                                           | <b>B2</b> Bei einem Glasfaseranschluss sei die Datenstromstärke für den Download aus dem Internet $200 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$ . |
| a) Wie viel Wasser fließt an einem Tag den Rheinfall hinunter?                                                | c) Durch eine Engstelle muss pro Sekunde genauso viel Wasser fließen wie davor und dahinter. | Berechne die Downloadzeit für eine MP4-Datei mit 400 MB [8 bit = 1 B (Byte)].                                                          |
| b) Das Volumen des Stadions auf Schalke (Gelsenkirchen) beträgt ca. $1820\,000 \text{ m}^3$ . Wie lange würde | Diskutiere die Fließgeschwindigkeit in, vor und hinter der Engstelle.                        |                                                                                                                                        |

Abbildung 54: Beispielaufgaben mit Alltagsbezug (UNIVERSUM Bd. 2, S. 109).

Fazit: Die Aufgabenstellungen werden in den meisten Büchern verständlich formuliert. Auch Operatoren und direkte Ansprache werden in allen Büchern verwendet. Beispielrechnungen kommen dagegen eher selten und Musterlösungen überhaupt nicht vor (der Selbstcheck-Abschnitt von IMPULSE stellt hierfür eine Ausnahme dar). Heimversuche kommen bei DORN BADER, DUDEN und IMPULSE vor, wobei sie nur bei Letzterem umfangreich vorhanden sind. Wie schon bei der Analyse dargelegt, wäre eine bessere Verfügbarkeit von Beispielrechnungen, Musterlösungen und Heimversuchen für die SchülerInnen von Vorteil.

## 6. Resümee

Da dies schon im Kapitel 5 durch die Fazits gewährleistet wird, soll an dieser Stelle auf eine Wiederholung einzelner Analyseergebnisse verzichtet werden. Stattdessen werden hier lediglich die zentralsten Erkenntnisse angesprochen, die anhand der Schulbuchanalyse gewonnen wurden.

Im didaktischen Bereich konnte festgestellt werden, dass die traditionellen Bücher zwar unterschiedlich mit den wichtigsten Inhalten und Begriffen des einfachen Stromkreises umgehen, im Wesentlichen aber ähnliche Schwächen, vor allem bzgl. der Vermittlung von Strom- und Spannung, aufweisen. Lediglich bei BURDE konnte sich der dominierende Strombegriff nicht durchsetzen. Das Thema Schülervorstellungen hingegen scheint an Bedeutsamkeit zu gewinnen, da es in den neueren Büchern eine erkennbar größere Rolle spielt. Dies entspricht der wachsenden Anzahl von Publikationen zum Thema und ist als sehr positiv zu betrachten.

Die textsprachlichen Aspekte sind in allen Büchern tendenziell zufriedenstellend. Die Einstiegstexte (und somit auch die Kapitelstruktur) werden sehr unterschiedlich gehandhabt, sind aber in jedem Buch motivierend und angemessen. Das Anforderungsniveau der in den Büchern enthaltene Sprache ist allerdings etwas höher als erwünscht. Das Ergebnis mag nicht besonders erfreulich sein, entspricht aber dem Stand der Literatur zu Sprache im Physikunterricht.

Bei den Bildern wurden in den Büchern verschiedene Schwerpunkte gefunden (jedes Buch bevorzugt anscheinend Bilder eines bestimmten Typs). Es hat sich auch gezeigt, dass die Bilder der neueren Bücher eine höhere Qualität aufweisen. Die Bildqualität – unter diesem Begriff sollen an diese Stelle mehrere qualitative Merkmale wie Auflösung, Größe usw. verstanden werden – kann einen Effekt auf die Wirksamkeit eines Bildes haben, weswegen es vor allem in den älteren Büchern zu einer verminderten Funktionalität der Bilder kommt. Was die Schülerorientierung bei der Auswahl von Inhalten angeht, besteht insgesamt Verbesserungsbedarf.

Die Aufgabenverhältnisse in den Büchern sind in der Regel nicht ausgewogen. Im Allgemeinen herrscht eine Fokussierung auf Verständnisfragen bzw. eine Vernachlässigung der Aufgaben im Bereich Projekt/Präsentation. Letztere eröffnen viele Möglichkeiten für weniger lehrerzentrierte Unterrichtsansätze, weswegen eine höhere Anzahl solcher Aufgaben wünschenswert wäre. Trotzdem gelten die meisten Aufgaben der untersuchten Bücher als sinnvoll und lernförderlich.

Es wurde schon angekündigt, dass hier keines der Bücher als mehr oder weniger geeignet für den Physikunterricht bezeichnet werden soll. Wie die Analyse zeigt, hat jedes der untersuchten

Bücher seine jeweiligen Stärken und Schwächen und lässt sich durch einen angemessenen Umgang seitens der Lehrkraft sinnvoll im Unterricht einsetzen.

Auch der für die Analyse entwickelte Kriterienkatalog ist sicherlich von Schwachstellen nicht frei. Dadurch, dass die Analyse einen allgemeinen Überblick der Schulbücher hinsichtlich multipler Merkmale liefern sollte, stellte die Konzipierung der Kriterien eine große Hürde dar. Es wurde versucht, Kriterien festzulegen, die möglichst viele unterschiedliche Merkmale der Bücher widerspiegeln. Dadurch musste mehrfach auf theoretische Vertiefungen oder bestimmte Kategorisierungen verzichtet werden, die den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden. Beispielsweise hätten die eigens konzipierten Definitionen von Bild- und Aufgabentypen weiter (oder vielleicht sogar weniger) ausdifferenziert werden können. Solche Entscheidungen mussten an mehreren Stellen getroffen werden und haben keinen absoluten Anspruch auf Angemessenheit.

Da es weitere wichtige Merkmale von Schulbüchern gibt, die in der vorliegenden Analyse nicht berücksichtigt werden konnten, wären weitere Untersuchungen derselben Bücher, die sowohl Lücken schließen als auch einzelne Fragen vertiefen könnten, zu begrüßen. Dabei würden sich einige Fragen des Kriterienkatalogs als Ausgangslage anbieten. Zum Beispiel könnte eine umfangreichere, möglicherweise auch empirisch fundierte Untersuchung der Schulbuchaufgaben zeigen, inwiefern diese das Lernen tatsächlich unterstützen. Auch eine genauere Untersuchung der vorhandenen Experimente würde eine sinnvolle Ergänzung darstellen, da sowohl die Auswahl wie der Einsatz von Experimenten in den Büchern recht unterschiedlich sind.

## 7. Literaturverzeichnis

### Analysierte Schulbücher

- BURDE: Burde, J.-P. (2018): *Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial*. Frankfurt am Main: Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität.
- DORN BADER: Dorn, F., & Bader, F. (2012): *Dorn / Bader Physik Gymnasium - Hessen*. H.-W. Oberholz (Hrsg.). Braunschweig: Schroedel.
- DUDEN: Gau, B.; Meyer, L. & Schmidt, G.-D. (2014); *Duden Physik. Gesamtband Sekundarstufe I*. Berlin: DUDEN PAETEC.
- IMPULSE: Bredthauer, W. et al. (2013): *Impulse Physik Sekundarstufe I. Schülerbuch*. Stuttgart: Klett.
- UNIVERSUM: Alboteanu-Schirner, A. et al. (2017): *Universum Physik. Ausgabe A: Band. 1. Schülerbuch*. Berlin: Cornelsen.

### Sonstige Literatur

- Ackermann, P. et al. (2017): *Fokus Physik SII Gesamtband*. Berlin: Cornelsen.
- Aprea, C. & Bayer, D. (2010): Instruktionale Qualität von grafischen Darstellungen in Lehrmitteln. Kriterien zu deren Evaluation. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, Heft 1, Jg. 28, S. 73-83.
- Ballstaedt, S.-P. (1997): *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Ballstaedt, S.-P. (2012): *Visualisieren. Bilder in wissenschaftlichen Texten*. Wien: Huter & Roth KG.
- Bamberger, R. (2000): *Erfolgreiche Leseerziehung in Theorie und Praxis: Mit besonderer Berücksichtigung des Projekts Leistungs- und Motivationssteigerung im Lesen und Lernen unter dem Motto Lese- und Lernolympiade*. Wien: Schneider Hohengehren.
- Burde, J.-P. (2018): *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Berlin: Logos. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.30819/4726> (08.04.2019).
- Burde, J.-P., Wilhelm, T. & Wiesner, H. (2014): Das Elektronengasmodell in der Sekundarstufe I. *Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Frankfurt 2014*. In: PhyDid-B. Online verfügbar unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/505/652> (08.04.2019).

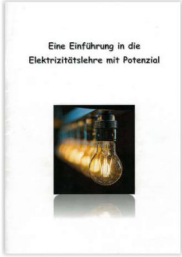
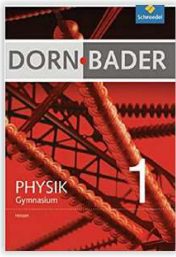
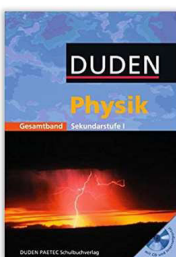
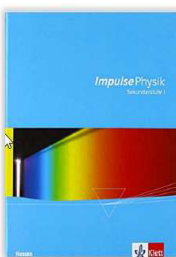
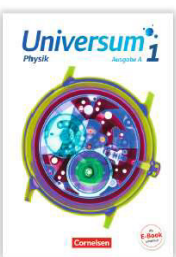
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2017): Ergebnisse einer empirischen Studie zum Elektronengasmodell. *Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Dresden 2017*. In: PhyDid-B. Online verfügbar unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/760/909> (08.04.2019).
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2018): Hilft die Wasserkreisanalogie? In: T. Wilhelm (Hrsg.), *Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen zu fachgerechten Elementarisierungen*. (S. 100-104). Seelze: Aulis.
- Duit, R. (2009): Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: E. Kircher, R. Girwicz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. (S. 605-630). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Duden Online Wörterbuch. (o. D.): *Kraft*. Online verfügbar unter [https://www.duden.de/rechtschreibung/Kraft\\_Energie\\_Staerke](https://www.duden.de/rechtschreibung/Kraft_Energie_Staerke) (08.04.2019).
- Fuchs, E., Niehaus, I. & Stoletzki, A. (2014): *Das Schulbuch in der Forschung. Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis*. Göttingen: V & R unipress.
- Grehn, J. & Krause, J. (2008): *Metzler Physik*. 4. Auflage. Braunschweig: Schroedel.
- Girwicz, R. (2009a): Medien im Physikunterricht. In: E. Kircher, R. Girwicz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. (S. 203-264). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Girwicz, R. (2009b): Neue Medien unter lernpsychologischen Aspekten. In: E. Kircher, R. Girwicz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. (S. 631-662). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hessisches Kultusministerium (2010): *Lehrplan Physik. Gymnasialer Bildungsgang Jahrgangsstufen 5 bis 13*. Online verfügbar unter <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/bildungsstandards-kerncurricula-und-lehrplaene/lehrplaene/gymnasium-9> (08.04.2019).
- Hessisches Kultusministerium (2014): *Bildungsstandards und Inhaltsfelder - Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I Gymnasium*. Online verfügbar unter <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/bildungsstandards-kerncurricula-und-lehrplaene/kerncurricula/sekundarstufe-i> (08.04.2019).
- Hessisches Kultusministerium (2018): *Operatoren in den Fächern Biologie, Chemie, Informatik, Mathematik und Physik. Landesabitur 2019*. Online verfügbar unter <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/schulwahl/schulformen/gymnasium/landesabitur/operatoren-allgemeinbildende-faecher> (08.04.2019).

- Hopf, M. & Wilhelm, T. (2018): Conceptual Change – Entwicklung physikalischer Vorstellungen. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 23-38). Berlin: Springer.
- Interkantonale Lehrmittelzentrale ilz (o. D.): *levanto*. <https://www.ilz.ch/cms/index.php/dienstleistungen/levanto> (08.04.2019).
- Janßen, W. & Pospiech, G. (2015): Versprachlichung von Formeln - Die Bedeutung von Formeln und ihre Vermittlung. *Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Online verfügbar unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/608> (08.04.2019).
- Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2009): Standards und Physikaufgaben. In: E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. (S. 663-688). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kircher, E. (2009a): Methoden im Physikunterricht. In: E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. (S. 149-202). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kircher, E. (2009b): Warum Physikunterricht? In: E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. (S. 15-82). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Meschede, D. (2010): *Gerthsen Physik*. 24. Auflage. Heidelberg: Springer.
- Schecker, H. & Duit, R. (2018): Schülervorstellungen und Physiklernen. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 1-21). Berlin: Springer.
- Scheller, P. (2010): *Verständlichkeit im Physikschulbuch. Kriterien und Ergebnisse einer interdisziplinären Analyse*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Schmitz, A. (2016): *Verständlichkeit von Sachtexten. Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern*. Wiesbaden: Springer.
- Smith, F. J. (9. Juli 1913): The Evolution of the Motion Picture. VI – Looking into the Future with Thomas Edison. *The New York Dramatic Mirror*, S. 24.
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012): Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 18, S. 201-227.
- v. Rhöneck, C. (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/ Chemie*, Heft 13, Jg. 34, S. 10-14.
- Widodo, A. & Duit, R. (2004): Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 10, S. 233-255.

- Wikipedia (o. D.): *Lesbarkeitsindex*. Verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Lesbarkeitsindex> (08.04.2019).
- Wilhelm, T. (2005): *Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung*. Berlin: Logos. Online verfügbar unter <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/3310> (08.04.2019).
- Wilhelm, T. (2018): Elektronen als Energieträger? In: T. Wilhelm (Hrsg.), *Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen zu fachgerechten Elementarisierungen*. (S. 96-99). Seelze: Aulis.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2018): Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 116-138). Berlin: Springer.
- Wilhelm, T. & Schecker, H. (2018): Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 39-61). Berlin: Springer.
- Wirthensohn, M. (2012): Praxisorientierte Lehrmittelevaluation mit *Levanto*. *Babylonia*, Heft 1, Jg. 7, S. 39-43. Online verfügbar unter <http://babylonia.ch/de/archiv/2012/nummer-1/praxisorientierte-lehrmittelevaluation-mit-levanto/> (08.04.2019).
- Wodzinski, R. (1999): Neuere Konzepte zur Behandlung des Drucks in der Sekundarstufe I. *Transkript eines Vortrags auf dem Erlanger Physik-Wochenende, 09.10.1999*. Online verfügbar unter <http://www.solstice.de/cms/upload/Vortrag/wodzinski/votra99.pdf> (08.04.2019).
- Wortschatz-Portal. (o. D.): *Atom*. Online verfügbar unter [https://corpora.uni-leipzig.de/de/res?corpusId=deu\\_newscrawl\\_2011&word=Atom](https://corpora.uni-leipzig.de/de/res?corpusId=deu_newscrawl_2011&word=Atom) (08.04.2019).

## Anhang

### Die ausgewählten Schulbücher

| Abkürzung                   | BURDE                                                                             | DORN BADER                                                                        | DUDEN                                                                             | IMPULSE                                                                             | UNIVERSUM                                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Name</b>                 | <i>Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial</i>                    | <i>Dorn / Bader Physik Gymnasium - Hessen</i>                                     | <i>Duden Physik. Gesamtband Sekundarstufe I</i>                                   | <i>Impulse Physik Sekundarstufe I</i>                                               | <i>Universum Physik. Ausgabe A</i>                                                  |
| <b>Cover</b>                |  |  |  |  |  |
| <b>Verlag</b>               | -                                                                                 | Schroedel                                                                         | DUDEN PAETEC                                                                      | Klett                                                                               | Cornelsen                                                                           |
| <b>Autoren</b>              | Burde, J.-P.                                                                      | Dorn, F., & Bader, F.                                                             | Gau, B.; Meyer, L. & Schmidt, G.-D.                                               | Bredthauer, W. et al.                                                               | Alborteanu-Schirner, A. et al.                                                      |
| <b>Preis</b>                | -                                                                                 | 24,50 € (Band 1)<br>33,95 € (Band 2)                                              | 39,50 €                                                                           | 33,95 €                                                                             | 19,99 € (Band 1)<br>28,99 € (Band 2)                                                |
| <b>Einband</b>              | Softcover                                                                         | Hardcover                                                                         | Hardcover                                                                         | Hardcover                                                                           | Hardcover                                                                           |
| <b>Gewicht</b>              | 262 g                                                                             | 580 g (Band 1)<br>766 g (Band 2)                                                  | 949 g                                                                             | 924 g                                                                               | 681 g (Band 1)<br>752 g (Band 2)                                                    |
| <b>Seitenzahl</b>           | 46                                                                                | 224 (Band 1)<br>328 (Band 2)                                                      | 496                                                                               | 385                                                                                 | 263 (Band 1)<br>305 (Band 2)                                                        |
| <b>Seitenzahl (Analyse)</b> | 46                                                                                | 40 (Band 1)<br>54 (Band 2)                                                        | 55                                                                                | 37                                                                                  | 26 (Band 1)<br>42 (Band 2)                                                          |
| <b>Maßen</b>                | 21 cm × 29,7 cm<br>= 624 cm <sup>2</sup>                                          | 19,7 cm × 26,7 cm<br>= 526 cm <sup>2</sup>                                        | 17,8 cm × 24,6 cm<br>= 438 cm <sup>2</sup>                                        | 20 cm × 26,4 cm<br>= 528 cm <sup>2</sup>                                            | 19,7 cm × 26,7 cm<br>= 526 cm <sup>2</sup>                                          |

## Tabellarische Ergebnisse der Schulbuchanalyse

| <b>1. Didaktische Merkmale und Sachstruktur</b> |                                                                                          |                    |                                                                                                            |                                                                                                          |                                                                                        |                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | <b>Kriterium</b>                                                                         | <b>Antwortvar.</b> | <b>Burde</b>                                                                                               | <b>Dorn Bader</b>                                                                                        | <b>Duden</b>                                                                           | <b>Impulse</b>                                                                                                                                                                     | <b>Universum</b>                                                                                                              |
| 1.1                                             | Wird das elektrische Potenzial eingeführt?                                               | J / N              | J                                                                                                          | N                                                                                                        | N                                                                                      | N                                                                                                                                                                                  | N                                                                                                                             |
| 1.2                                             | Wie wird die elektrische Spannung eingeführt?                                            | Text               | Elektrischer Druckunterschied führt zu Ladungsfluss                                                        | Nennspannung für Lampenbetrieb                                                                           | Kraftwirkungen auf Elektronen durch Leiteranschluss                                    | Nennspannung, die elektrische Quelle kennzeichnet                                                                                                                                  | Spannung ist Kenngröße eines elektrischen Geräts                                                                              |
| 1.3                                             | Wie wird die elektrische Spannung definiert?                                             | Text               | Elektrische Spannung gibt „den Unterschied des elektrischen Drucks zwischen zwei Punkten im Stromkreis an“ | „Wenn entgegengesetzte Ladungen unter Aufwand von Energie getrennt werden, besteht elektrische Spannung“ | „Die elektrische Spannung gibt an, wie stark der Antrieb des elektrischen Stromes ist“ | „Die elektrische Spannung ist ein Kennzeichen einer elektrischen Quelle. Die elektrische Spannung bestimmt, zusammen mit dem angeschlossenen Gerät, die Stromstärke im Stromkreis“ | „Zur Erzeugung einer Spannung müssen Ladungen getrennt werden. Die Spannung ist ein Maß für gespeicherte elektrische Energie“ |
| 1.4                                             | Kann man behaupten, dass der Strom als zentrale Größe des Stromkreises dargestellt wird? | J / N              | N                                                                                                          | J                                                                                                        | J                                                                                      | J                                                                                                                                                                                  | J                                                                                                                             |
| 1.5                                             | Welche Analogien werden verwendet, um Strom und Spannung zu vermitteln?                  | Text               | Luftdruck und Potenzial, starrer Elektronenring, Fahrradkettenmodell                                       | Wasserkreislauf                                                                                          | Wasser- und Menschenstromstärke, Wasserkreislauf                                       | Menschenstromstärke, Wasserkreislauf                                                                                                                                               | Menschen- und Wasserstromstärke, Höhenunterschied, Wasserkreislauf                                                            |
| 1.6                                             | Werden Schülervorstellungen aufgegriffen?                                                | -, o, +, ++        | ++ (viele Vorstellungen, auch extra Abschnitt dafür)                                                       | o (Fixierung auf Verbrauchsvorstellung)                                                                  | - (kaum ein Thema)                                                                     | + (viele Vorstellungen und Beispiele)                                                                                                                                              | + (wichtige Vorstellungen behandelt)                                                                                          |
| 1.7                                             | Werden ungünstige Begriffe verwendet oder sogar zu Lernzwecken thematisiert?             | -, o, +, ++        | ++ (viele Fehlbegriffe behandelt)                                                                          | - (teilweise fehlerhafte Begriffe benutzt)                                                               | - (kein didaktischer Umgang mit problematischen Begriffen)                             | + (korrekte Begriffe, einige wichtige Begriffe angesprochen)                                                                                                                       | + (korrekte Begriffe, wichtige Begriffe teilweise behandelt)                                                                  |

|     |                                                                                   |             |                             |                                              |                                                               |                                                         |                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1.8 | Wird auf die Gefahren bzw. die Sicherheit im Umgang mit Stromkreisen eingegangen? | -, o, +, ++ | - (kaum behandelt)          | + (wichtige Sachen vorhanden)                | + (Wichtiges angesprochen; Strom und Spannung gleich wichtig) | + (wichtige Elemente aufgegriffen; Sicherheitskästchen) | ++ (Relevantes angesprochen, sehr guter Alltagsbezug) |
| 1.9 | Wie intensiv wird auf Anwendungen in Natur und Technik eingegangen?               | -, o, +, ++ | o (nicht viele Anwendungen) | + (viele Anwendungen, v.a. aus dem Haushalt) | ++ (sehr viele Anwendungen)                                   | ++ (viele Anwendungen, sehr alltagsnah)                 | + (relativ viele Anwendungen, interessante Beispiele) |

| 2. Texte und Sprache |                                                                                  |             |                                                                                            |                                                                        |                                                                            |                                                                 |                                                                   |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                      | Kriterium                                                                        | Antwortvar. | Burde                                                                                      | Dorn Bader                                                             | Duden                                                                      | Impulse                                                         | Universum                                                         |
| 2.1                  | Fangen die Kapitel mit Einstiegstexten an? Wirken diese motivierend/attraktiv?   | -, o, +, ++ | ++ (sachlich, aber nicht distanziert; von physikalischen Fragestellungen ausgehende Texte) | + (motivierende Texte; zu viele Bilder/Farben führen zu Rausch-Effekt) | ++ (Startpunkt: physikalische Fragestellungen, die zum Nachdenken anregen) | ++ (Experimente als Kapiteleinstieg, sanfter Übergang zum Text) | ++ (großes Einstiegsbild führt zu physikalischen Fragestellungen) |
| 2.2                  | Kommen bei Einstiegstexten weniger bekannte Bauteile oder neue Fachbegriffe vor? | Text        | I.d.R. nicht                                                                               | Nur wenige                                                             | Gelegentlich                                                               | Gelegentlich                                                    | Eher selten                                                       |
| 2.3                  | Werden neue Fachbegriffe in den Texten hervorgehoben? Werden sie erklärt?        | -, o, +, ++ | ++ (fett/unterstrichen, teilweise färbig; sehr verständliche Erklärungen)                  | + (fett)                                                               | + (fett)                                                                   | + (fett)                                                        | + (fett)                                                          |
| 2.4                  | Werden Textinhalte anhand von Bildern veranschaulicht?                           | -, o, +, ++ | ++                                                                                         | ++                                                                     | o                                                                          | ++                                                              | +                                                                 |
| 2.5                  | Wie viele Wörter enthält jeder Text insgesamt?                                   | Wert        | 176                                                                                        | 142                                                                    | 179                                                                        | 142                                                             | 103                                                               |
| 2.6                  | Wie viele Wörter pro Satz (Satzlänge SL) gibt es im Durchschnitt?                | Wert        | 11,7                                                                                       | 15,8                                                                   | 19,9                                                                       | 11,4                                                            | 16,9                                                              |
| 2.7                  | Wie viele dieser Wörter haben drei oder mehr Silben (Mehrsilber MS)?             | Wert        | 28,4                                                                                       | 20,4                                                                   | 32,4                                                                       | 35,0                                                            | 21,1                                                              |
| 2.8                  | Für welche Jahrgangsstufe ist der Text nach der Wiener                           | Wert        | 9,1                                                                                        | 8,0                                                                    | 12,3                                                                       | 10,8                                                            | 8,4                                                               |

|     |                                                                             |      |                                                                  |                                                                              |                                                                                                        |                                                                                                                     |                                                    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|     | Sachtextformel (WSTF) angemessen?                                           |      |                                                                  |                                                                              |                                                                                                        |                                                                                                                     |                                                    |
| 2.9 | Entspricht der subjektive Eindruck beim Lesen den Ergebnissen WSTF-Analyse? | Text | Ja; erhöhte Anzahl von MS, die jedoch bekannte Wörter darstellen | Im Wesentlichen ja; mathematische Elemente könnten eine Leschürde darstellen | Nein; wiederholte MS im Text täuschen Ergebnis vor (Text ist in Wirklichkeit mit IMPULSE vergleichbar) | Ja; auch hier sind die vielen MS i.d.R. geläufige Wörter; mathematische Elemente könnten den Text leicht erschweren | Ja; mathematische Elemente stellen keine Hürde dar |

| 3. Bilder |                                                                                                                 |             |                                                                                                  |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                                                                   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | Kriterium                                                                                                       | Antwortvar. | Burde                                                                                            | Dorn Bader                                                                                        | Duden                                                                                             | Impulse                                                                                           | Universum                                                                                         |
| 3.1       | Wie viele Bilder gibt es insgesamt?                                                                             | Wert        | 144                                                                                              | 327                                                                                               | 173                                                                                               | 120                                                                                               | 212                                                                                               |
| 3.2       | Wie viele Bilder pro Seite gibt es (im Durchschnitt)?                                                           | Wert        | 3,3                                                                                              | 3,9                                                                                               | 3,2                                                                                               | 3,4                                                                                               | 3,3                                                                                               |
| 3.3       | Wie groß ist der Flächenanteil der Bilder (im Durchschnitt)?                                                    | Wert        | 20,0 %                                                                                           | 23,0 %                                                                                            | 15,4 %                                                                                            | 16,7 %                                                                                            | 18,3 %                                                                                            |
| 3.4       | Wie groß ist der Anteil der jeweiligen Bildtypen?                                                               | Wert        | Fotos: 3 %<br>Zeichnungen: 30 %<br>Graphen: 0 %<br>Schaltbilder: 63 %<br>Quasi-Schaltbilder: 4 % | Fotos: 50 %<br>Zeichnungen: 21 %<br>Graphen: 2 %<br>Schaltbilder: 22 %<br>Quasi-Schaltbilder: 5 % | Fotos: 51 %<br>Zeichnungen: 10 %<br>Graphen: 3 %<br>Schaltbilder: 32 %<br>Quasi-Schaltbilder: 4 % | Fotos: 24 %<br>Zeichnungen: 48 %<br>Graphen: 1 %<br>Schaltbilder: 22 %<br>Quasi-Schaltbilder: 5 % | Fotos: 29 %<br>Zeichnungen: 47 %<br>Graphen: 4 %<br>Schaltbilder: 20 %<br>Quasi-Schaltbilder: 0 % |
| 3.5       | Haben Bilder Über- oder Unterschriften? Werden sie nummeriert?                                                  | J / N       | J                                                                                                | J                                                                                                 | J                                                                                                 | J (in seltenen Fällen keine Unterschrift)                                                         | J                                                                                                 |
| 3.6       | Werden Bilder im Text erwähnt bzw. erklärt?                                                                     | J / N       | J                                                                                                | J                                                                                                 | J (meistens)                                                                                      | J                                                                                                 | J                                                                                                 |
| 3.7       | Entspricht die Größe bzw. die Qualität der Bilder den zu visualisierenden Inhalten?                             | -, o, +, ++ | ++ (ziemlich große Bilder, Qualität überzeugend)                                                 | o (gute Bildqualität, außer bei Fotos; manche Bilder zu klein)                                    | - (schwankende Qualität, v.a. bei Fotos; Details gehen oft verloren)                              | + (gute Bilder, v.a. Zeichnungen)                                                                 | ++ (im Allg. sehr gute Bilder; die beste Fotoauflösung)                                           |
| 3.8       | Wie oft beinhalten die Bilder irrelevante Informationen, die eher zum kognitiven <i>overload</i> führen können? | -, o, +, ++ | ++ (sehr geschicktes Nutzen von Hervorhebungen)                                                  | - (zu viele Bilder)                                                                               | o (Informationsverlust kommt eher vor)                                                            | + (unterschiedliche Hervorhebungsarten hilfreich)                                                 | ++ (deutlich trennbare Bildelemente, ggf. zusätzliche Beschriftungen)                             |

|     |                                                                                                                                                                       |             |                                                                     |                                                                                  |                                                         |                                                                              |                                                        |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 3.9 | Wie sind die Bilder inhaltlich einzuordnen? Orientieren sie sich am Interesse und Alltag der SchülerInnen, unterstützen sie das Verständnis von Texten und Konzepten? | -, o, +, ++ | o (Schülerorientierung nicht ganz vorhanden; Bilder sind hilfreich) | ++ (vielfältiger Inhalt, schülerorientiert; Bilder veranschaulichen Textinhalte) | - (zum Teil veraltete Technik; Bildmotive zu klassisch) | o (teilweise interessante, zeitgemäße Technik, dennoch zu klassische Motive) | ++ (sehr gelungene Auswahl, alltagsnah und vielfältig) |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|

| 4. Aufgaben |                                                                               |             |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | Kriterium                                                                     | Antwortvar. | Burde                                                                                                                                                         | Dorn Bader                                                                                                                                                      | Duden                                                                                                                                                         | Impulse                                                                                                                                                       | Universum                                                                                                                                                      |
| 4.1         | Wie viele Aufgaben gibt es insgesamt?                                         | Wert        | 76                                                                                                                                                            | 179                                                                                                                                                             | 141                                                                                                                                                           | 116                                                                                                                                                           | 122                                                                                                                                                            |
| 4.2         | Wie viele Aufgaben gibt es pro Seite (im Durchschnitt)?                       | Wert        | 1,7                                                                                                                                                           | 1,9                                                                                                                                                             | 2,6                                                                                                                                                           | 3,1                                                                                                                                                           | 2,1                                                                                                                                                            |
| 4.3         | Wie groß ist der Anteil der jeweiligen Aufgabentypen?                         | Wert        | Verständnisfrage: 51 %<br>Skizzieren/Modellieren: 25 %<br>Recheraufgabe: 3 %<br>Rechenaufgabe: 21 %<br>Experimentieraufgabe: 0 %<br>Projekt/Präsentation: 0 % | Verständnisfrage: 36 %<br>Skizzieren/Modellieren: 14 %<br>Recheraufgabe: 13 %<br>Rechenaufgabe: 15 %<br>Experimentieraufgabe: 9 %<br>Projekt/Präsentation: 13 % | Verständnisfrage: 42 %<br>Skizzieren/Modellieren: 6 %<br>Recheraufgabe: 7 %<br>Rechenaufgabe: 27 %<br>Experimentieraufgabe: 17 %<br>Projekt/Präsentation: 1 % | Verständnisfrage: 30 %<br>Skizzieren/Modellieren: 15 %<br>Recheraufgabe: 7 %<br>Rechenaufgabe: 7 %<br>Experimentieraufgabe: 38 %<br>Projekt/Präsentation: 3 % | Verständnisfrage: 44 %<br>Skizzieren/Modellieren: 16 %<br>Recheraufgabe: 5 %<br>Rechenaufgabe: 17 %<br>Experimentieraufgabe: 18 %<br>Projekt/Präsentation: 0 % |
| 4.4         | Wie lang sind die Aufgabenstellungen (Wörter/Aufgabe)?                        | Wert        | 32,1                                                                                                                                                          | 28,9                                                                                                                                                            | 28,7                                                                                                                                                          | 27,9                                                                                                                                                          | 24,2                                                                                                                                                           |
| 4.5         | Ist die sprachliche Formulierung der Aufgaben verständlich?                   | -, o, +, ++ | ++                                                                                                                                                            | +                                                                                                                                                               | o                                                                                                                                                             | ++ (am verständlichsten)                                                                                                                                      | +                                                                                                                                                              |
| 4.6         | Werden Operatoren und direkte Ansprache bei den Aufgabenstellungen verwendet? | J / N       | J                                                                                                                                                             | J                                                                                                                                                               | J (aber W-Fragen kommen häufiger vor)                                                                                                                         | J                                                                                                                                                             | J                                                                                                                                                              |

|     |                                                                                                                                   |             |                                     |                                                                      |                                                       |                                      |                                                        |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 4.7 | Sind Beispielrechnungen oder Musterlösungen vorhanden?                                                                            | J / N       | N (nur einzelne Beispielrechnungen) | J (nur Rechenbeispiele; Musterlösungen nur im Selbstcheck-Abschnitt) | J (nur Rechenbeispiele, Musterlösungen gibt es nicht) | N (nur einzelne Beispielrechnungen)  | J (nur Rechenbeispiele, Musterlösungen gibt es nicht)  |
| 4.8 | Gibt es unter den Versuchsaufgaben auch Versuchsvorschläge, die SchülerInnen außerhalb der Schule selbständig durchführen können? | J / N       | N                                   | J (aber nicht viele)                                                 | J (aber nicht viele)                                  | J (extra Abschnitt für Heimversuche) | N (viele Versuche sind aber als Heimversuche geeignet) |
| 4.9 | Sind die Aufgaben lernförderlich? Gelten sie eher als Übungen oder dienen sie auch der Vertiefung?                                | -, o, +, ++ | ++                                  | ++                                                                   | - (geringes Anforderungsniveau)                       | o (kein roter Faden erkennbar)       | +                                                      |