

Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Physikalisches Institut  
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik



Schriftliche Hausarbeit für die erste Staatsprüfung  
für das Lehramt am Gymnasium

Thema:

**Vergleichende Analyse  
der Gestaltung und Sachstruktur  
von Gymnasialschulbüchern der 7. Jahrgangsstufe  
im Teilbereich der Mechanik**

Betreuer: Dr. Thomas Wilhelm

Prüfer: Prof. Dr. Thomas Trefzger

Eingereicht von: Steffen Kneisel

Eingereicht am: 15.07.2010



„Unserer Didaktik A und O soll sein:

Eine Weise zu erforschen und zu erfinden, nach welcher die Lehrenden weniger lehren, die Lernenden aber mehr lernen; die Schulen weniger geräuschvolles Treiben, Überdruß, vergebliche Arbeit, aber mehr Muße, Lust und Freude und gründlichen Fortschritt zeigen.“

**J. A. COMENIUS**  
**DIE GROÖE UNTERRICHTSLEHRE**  
**AMSTERDAM, 1657**



**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1) EINLEITUNG .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>2) DAS SCHULBUCH ALLGEMEIN .....</b>	<b>- 9 -</b>
a) Hat das Schulbuch noch eine Zukunft? .....	- 9 -
b) Herausforderung „Schulbuch“ .....	- 13 -
c) Multifunktionalität .....	- 16 -
d) Schulbuchkritik .....	- 22 -
<b>3) LEHRPLANVORGABEN .....</b>	<b>- 25 -</b>
a) Schulfach „Natur und Technik“ .....	- 25 -
b) Kräfte in der Natur und Technik .....	- 27 -
c) Newton'sche Mechanik in der Sekundarstufe I.....	- 28 -
<b>4) VORBEMERKUNGEN .....</b>	<b>- 30 -</b>
a) Allgemeine Überlegungen.....	- 30 -
b) Vorstellung der Werke .....	- 33 -
<b>5) GESTALTERISCHE ASPEKTE.....</b>	<b>- 42 -</b>
a) Allgemeines zu Strukturelementen .....	- 42 -
b) Strukturelement „Leiteinrichtungen“ .....	- 44 -
i) Allgemeine Überlegungen.....	- 44 -
ii) Analyse der Werke .....	- 46 -
c) Strukturelement „Text“ .....	- 53 -
i) Allgemeine Überlegungen.....	- 53 -
ii) Analyse der Werke .....	- 58 -
d) Strukturelement „Abbildungen“.....	- 65 -
i) Allgemeine Überlegungen.....	- 65 -
ii) Analyse der Werke .....	- 75 -
e) Strukturelement „Tabellen“.....	- 94 -
i) Allgemeine Überlegungen.....	- 94 -
ii) Analyse der Werke .....	- 97 -
f) Strukturelement „Merkstoff“.....	- 103 -
i) Allgemeine Überlegungen.....	- 103 -
ii) Analyse der Werke .....	- 106 -
g) Strukturelement „Experimentieranleitungen“ .....	- 119 -
i) Allgemeine Überlegungen.....	- 119 -
ii) Analyse der Werke .....	- 123 -
h) Strukturelement „Aufgaben“ .....	- 138 -
i) Allgemeine Überlegungen.....	- 138 -
ii) Analyse der Werke .....	- 145 -

---

<b>6)</b>	<b>SCHÜLERVORSTELLUNGEN UND SACHSTRUKTUREN.....</b>	<b>- 170 -</b>
	a) Generelle Aspekte zu Schülervorstellungen.....	- 170 -
	b) Schülervorstellungen zur Mechanik.....	- 173 -
	i) Schülervorstellungen zum Begriff „Geschwindigkeit“.....	- 174 -
	ii) Schülervorstellungen zum Begriff „Beschleunigung“.....	- 175 -
	iii) Schülervorstellungen zum Begriff „Kraft“.....	- 177 -
	c) Generelle Aspekte zur Sachstruktur.....	- 180 -
	d) Sachstrukturen in der Mechanik.....	- 183 -
	e) Analyse der Werke.....	- 194 -
<b>7)</b>	<b>FAZIT UND AUSBLICK .....</b>	<b>- 237 -</b>
<b>8)</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>- 239 -</b>
	a) Schriftliche Quellen und Autorenwerke.....	- 239 -
	b) Internetquellen.....	- 243 -
	<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>- 247 -</b>
	<b>SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG .....</b>	<b>- 249 -</b>

## 1) EINLEITUNG

Da der Fokus der universitären Ausbildung nach wie vor auf der Lehre fachwissenschaftlicher Kompetenzen liegt, jedoch insbesondere auch die Vermittlung und didaktische Aufbereitung physikalischer Themen im Mittelpunkt meines späteren Berufs stehen wird, war es mir ein Anliegen, mich mit dem Thema „Schulbuch“ mit einer Materie zu beschäftigen, die für meine zukünftige Tätigkeit von großer Wichtigkeit ist. Die Notwendigkeit einer Analyse von Schulbüchern liegt dabei vor allem darin begründet, dass dem Medium „Schulbuch“ meines Erachtens im Rahmen des Lehramtstudiums nahezu keine Beachtung geschenkt wird, obwohl doch gerade die zukünftige Tätigkeit als Lehrer verlangt, Qualitätskriterien für die Auswahl der Schulbücher zu entwickeln. Tagtäglich werde ich bei der Vorbereitung des Unterrichts vor der Herausforderung stehen, unter Verwendung verschiedener Lehrbücher einen Lerninhalt so zu elementarisieren bzw. didaktisch und methodisch aufzubereiten, dass er von den Schülern vor dem Hintergrund der jeweiligen spezifischen Aneignungsvoraussetzungen verstanden und in die eigenen Denkstrukturen integriert werden kann. Das Schulbuch spielt dabei eine wesentliche Rolle, da es neben anderen Unterrichtsmedien den Unterrichtsgegenstand vertritt bzw. ergänzt. Jedoch kämpft es seit einigen Jahren um seine Daseinsberechtigung, weil die neuen Kommunikations- und Informationsmedien wie Computersoftware und Internet es immer mehr in Legitimationszwänge bringen.

Aus diesem Grund setzt sich der erste Teil dieser Arbeit mit dem Schulbuch im Allgemeinen auseinander und geht dabei unter anderem der Frage nach, ob für das klassische Schulbuch überhaupt noch eine Chance besteht, in diesem Verbund neuer Bildungsmedien zu überleben. In dieser Hinsicht soll zudem verdeutlicht werden, vor welche „Herkulesaufgabe“ die Verlage nicht nur durch diese Medienvielfalt, sondern insbesondere auch durch die strengen Richtlinien gestellt werden. Grundsätzlich gilt, dass ein Schulbuch immer dem neuesten Stand einer Wissenschaft zu entsprechen hat. Dies führt gerade in Zeiten stürmischer wissenschaftlicher Entwicklungen und tief greifender Reformen auf dem Gebiet der Erziehung und des Unterrichts nicht selten zu einem erheblichen Anpassungsdruck, der sich insbesondere in den kurzen Entwicklungsspannen der Schulbuchproduktion bemerkbar macht. Dieser Zeitdruck wird noch verschärft durch eine meines Erachtens vorschnelle und unter dem Öffentlichkeitsdruck teilweise unvermeidliche Aufnahme neuer Vorgaben in die Lehrpläne, auf deren Grundlage die Schulbuchautoren ihre Werke aufbauen müssen. Der Eindruck, dass die Lehrpläne situationsabhängiger geworden sind und schneller veralten, macht es in dieser Hinsicht zunehmend schwieriger, neue wissenschaftliche Vorstellungen didaktisch angemessen umzusetzen.

Das nächste Kapitel gibt deshalb zunächst einen allgemeinen Überblick über die Lehrplangvorgaben des Faches „Natur und Technik“ in Bayern, bevor die Forderungen für die Mechanik der 7. Jahrgangsstufe ins Zentrum der Betrachtungen gestellt werden. Insbesondere die grundlegenden Änderungen infolge der Umstellung auf das achtjährige Gymnasium und de-

ren Auswirkungen auf die Lehrpläne der Mechanik der 9. bzw. 10. Jahrgangsstufe sollen in diesem Zusammenhang verdeutlicht werden.

Im vierten Kapitel werden die sechs untersuchungsrelevanten Schulbücher unter praktischen bzw. handwerklichen Kriterien vorgestellt. Auf diese Merkmale wird zunächst unter allgemeinen Gesichtspunkten – das bedeutet unabhängig von den einzelnen Werken – eingegangen. Diese Vorgehensweise, nämlich vorab allumfassende Überlegungen zu den einzelnen Analysepunkten darzustellen und anschließend deren Umsetzung zunächst buchspezifisch und dann in Relation zu den Vergleichswerken zu überprüfen, zieht sich wie ein roter Faden durch diese Arbeit.

Die Struktur- oder Gestaltungselemente eines Lehrbuches sind zahlreich und bestimmen wesentlich die fachdidaktischen Möglichkeiten für dessen Nutzung sowohl im Unterricht als auch in der häuslichen Nachbereitung. Eine Schulbuchseite vereint auf wenig Raum oft viele verschiedene Informationen wie Überschriften, Texte und Aufgaben, Merksätze, grafische Darstellungen, Illustrationen oder Tabellen. Layout und Typographie stehen vor dem Problem, diese Elemente zu strukturieren und dadurch Orientierung und Konzentration von Schülerinnen und Schülern zu fördern. Eine gelungene inhaltliche und visuelle Gestaltung kann deshalb den Lernprozess der Schüler entscheidend positiv beeinflussen, was sich insbesondere in der Akzeptanz zum Ausdruck bringt, die die Lehrenden und Lernenden ihrem Schulbuch entgegenbringen. Aus diesem Grund bilden die gestalterischen Aspekte den ersten Schwerpunkt dieser Arbeit und werden aufgeteilt in einzelne Strukturelemente der Reihe nach ausführlich betrachtet.

Der zweite Schwerpunkt der Arbeit befasst sich anschließend eingehend mit dem Thema „Schülervorstellungen und Sachstrukturen.“ Eine gemeinsame Untersuchung muss aufgrund des unmittelbaren Zusammenhangs als sinnvoll erachtet werden, denn es hat sich herausgestellt, dass Lernschwierigkeiten insbesondere durch, für Schüler schwer verständliche, Lernangebote hervorgerufen werden bzw. durch geschickte Sachstrukturen vermieden werden können. Ausgehend von allgemeinen Überlegungen zu Fehlvorstellungen, insbesondere zu den mechanischen Grundbegriffen, soll dabei geprüft werden, welche Taktiken die einzelnen Schulbücher beim Umgang mit diesen heranziehen. Jeder Schulbuchautor kennt die Alltagsvorstellungen unterschiedlich gut, setzt verschiedene inhaltliche Schwerpunkte und bereitet den Stoff auf veränderte Art und Weise didaktisch auf, was sich oftmals auch in einer abgeänderten thematischen Reihenfolge bemerkbar macht. Deshalb stellt die Arbeit verschiedene Sachstrukturen zum Mechanikunterricht in Deutschland gegenüber und legt dabei ihren Fokus auf die 7. Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasiums. Die anschließende Analyse prüft, in welchen Gesichtspunkten sich diese Sachstrukturen in den einzelnen Schulbüchern widerspiegeln bzw. inwieweit diese Herangehensweise Fehlvorstellungen vermeidet oder gar unterstützt. In diesem Zusammenhang sollen auch die entsprechenden Vorgaben des Lehrplans immer wieder Berücksichtigung finden.

Zum Abschluss der Untersuchung (Kapitel sieben) soll ein Fazit die Arbeit abrunden und einen Ausblick auf weiterführende Untersuchungen vorlegen.

## 2) DAS SCHULBUCH ALLGEMEIN

### a) Hat das Schulbuch noch eine Zukunft?

Das Schulbuch ist historisch betrachtet einer der ältesten Medien überhaupt und wird deshalb seit jeher als „Leitmedium im Unterricht“<sup>1</sup> gesehen, als „die wichtigste Quelle systematischen Lernens in der Schule.“<sup>2</sup> Das sieht man, insbesondere in humanistischen und sprachlichen Fächern, gerade zu Beginn des Schuljahres, an dem „der Lehrer sich nur mühsam über die buchlose Durststrecke schleppt und den Tag herbeisehnt, an dem der Klassensatz endlich eintrifft.“<sup>3</sup> Sowohl für Lehrer, als auch für Schüler, aber auch für Verlage stellt das klassische Lehrbuch „ein kulturelles Selbstverständnis unserer Gesellschaft“<sup>4</sup> dar. Dazu kommt eine „starke Autoritätsgläubigkeit gegenüber dem gedruckten Wort und [...] die verbreitete automatische Assoziation ‚Buch‘ auf der einen Seite mit ‚Bildung‘ und ‚Intelligenz‘ auf der anderen Seite.“<sup>5</sup> Psychologisch aufgewertet wird das Lehrbuch auch dadurch, dass ein Teil der Schüler aufgrund „passiv-rezeptiver Freizeitgestaltung“<sup>6</sup> lediglich in der Schule mit dem Medium Buch in Kontakt kommen.

Seine einzigartige Stellung veränderte sich zunehmend durch eine Verschiebung des klassischen, lehrbuchorientierten Zentralunterrichts hin zu einem Experimentalunterricht, basierend auf der Konversation zwischen Lehrer und Schülern. Der Versuch, als „selbstkräftige Offenbarung des Naturlebens“<sup>7</sup> entwickelte sich zum zentralen impulsiven Ereignis des Unterrichts, während dem Schulbuch lediglich die „dienende, ergänzende Rolle“<sup>8</sup> blieb. Dem Experiment gelingt in lebendiger Art und Weise das, was die Hauptaufgabe der Schulbuchautoren sein sollte, „nämlich das Buch für den Schüler zum Gesprächspartner zu machen und Neugier, Staunen, Begeisterung, Beziehung zum Leben, Spaß und Spannung bei ihm zu wecken [...]“<sup>9</sup>. Während Buchtexte eine „zweifach verschlüsselte Wirklichkeit darstellen“<sup>10</sup>, denn die versprachlichte Realität offenbart sich zusätzlich als geschriebener Text, nutzt der Lehrer mithilfe des Experiments bzw. des mündlichen Unterrichts die direkteste Quelle für viele Lernvollzüge aus. Jedoch ist deren Wiedervergegenwärtigung anhand von Texten von ungemeiner Bedeutung, weil erst durch die sprachliche Verarbeitung der Lernprozess in sich abgeschlos-

---

<sup>1</sup> [www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/](http://www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/)

<sup>2</sup> [Bleichroth, Fachdidaktik Physik, 1999, S. 340]

<sup>3</sup> [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 7]

<sup>4</sup> [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>5</sup> [Stein, Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, 1978, S. 15]

<sup>6</sup> [Stein, Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, 1978, S. 15]

<sup>7</sup> Grüger zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 13]

<sup>8</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 13]

<sup>9</sup> [Vester, Denken-Lernen-Vergessen, 1975, S. 188]

<sup>10</sup> [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 7]

sen ist. Des Weiteren muss gerade im Laufe der Unter- bzw. Mittelstufe das Lernen ausgehend von unmittelbaren hin zu mittelbaren Erfahrungen immer mehr abgekürzt werden, weil die Gelehrsamkeit aus Texten in einer Schrift- und Textkultur unerlässlich ist. Im Gegensatz zur mündlichen Rede werden durch Schulbuchtexte nicht nur die gesamten Informationen gleichzeitig dargestellt, sondern auch abstrakte Ideen oder komplizierte Begriffe präsentiert, die sich lediglich niedergeschrieben erklären lassen und nur so den Schülern ständig verfügbar bleiben.<sup>11</sup> Über den konkreten Unterrichtsgegenstand hinausgehend eignen sich Schüler auf diese Weise Lesekompetenz an, eine „Schlüsselqualifikation der modernen Kommunikationsgesellschaft.“<sup>12</sup>

Jedoch konkurriert das klassische Schulbuch in der heutigen Zeit immer mehr mit den modernen Medien, nach Heimann, „eigene Strukturelemente des Unterrichts“<sup>13</sup>, wie Internet, Beamer, Video etc., die „nicht nur Hilfsmittel der methodischen Gestaltung des Unterrichts bzw. des Lernvollzuges sind, sondern Ziel und Inhaltsträger.“<sup>14</sup> Um diese audiovisuellen Lehrmittel mit einzubeziehen, reagierten die Verlage mit so genannten „Bildungspaketen“, die neben Lehrerfortbildungen über Software auch multimediale Zusatzmaterialien über ihre Internet-Plattformen mit einschließen<sup>15</sup>, um „die Zukunft des traditionellen Schulbuches im Kontext eines modernen Medienverbundes zu sichern.“<sup>16</sup> Kahlert erkennt die Wichtigkeit digitaler Medien für einen anspruchsvollen, abwechslungsreichen und vor allem zeitgemäßen Unterricht, kritisiert aber auch, dass sie „keiner systematischen Qualitätsprüfung unterliegen“ und den Lehrer, aufgrund der fehlenden „Handlungssicherheit angreifbar machen“.<sup>17</sup> Außerdem ist das Schulbuch „weder an Ort noch an Zeit gebunden [...] und weist zudem keinerlei Störanfälligkeit auf.“<sup>18</sup>

Aus diesem Grund ist das klassische Lehrbuch keineswegs ein „Auslaufmodell“<sup>19</sup>, was auch die Zahlen belegen: Trotz aller Werbung der Verlage für elektronische Medien erzielen die Verlage mit dem klassischen Schulbuch 95 Prozent ihrer Umsätze.<sup>20</sup> Dennoch konstatiert der Verband der Schulbuch und Bildungsmedienverlage (VdS/Bildungsmedien) eine Abnahme der staatlichen Ausgaben von knapp 400 Millionen Euro im Jahr 1991 auf 224 Millionen im Jahr 2007<sup>21</sup>, sowie einen deutlichen Umsatzrückgang mit Schulbüchern im Jahr 2008 mit einem Spitzenwert von 19 Prozent in Bayern.<sup>22</sup> Diepgrond erklärt diesen Rückgang damit,

---

<sup>11</sup> Vgl. [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 30]

<sup>12</sup> [Beerenwinkel/Gräsel, Texte im Chemieunterricht, 2005, S. 21]

<sup>13</sup> [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 7]

<sup>14</sup> [Klafki, 1976, S.78] zitiert nach [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 14]

<sup>15</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>16</sup> [Mikelskis, Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik, 2006, S. 201]

<sup>17</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>18</sup> [Schiller, Mit dem Schulbuch arbeiten, 2005, S. 201]

<sup>19</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>20</sup> Vgl. [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>21</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>22</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/](http://www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/)

„dass das Thema Schulbuch für die öffentliche Hand erst an relativ später Stelle steht.“<sup>23</sup> Für die Anschaffung neuer Lehrwerke wurden im Schnitt für das Schuljahr 2008 lediglich 38 Euro pro Schüler ausgegeben<sup>24</sup>, was unzureichend ist für die reformpolitischen Ziele, wie den Umstieg von G-9 auf G-8, der auch durch neue Schulbücher erleichtert werden soll. Von den Verlagen wird also ein hohes Innovationsengagement mit einer hohen Bildungsqualität erwartet, die Regierung investiert aber nicht explizit in die Modernisierung der Bildungsmedien. Haß forderte deshalb auf einer Tagung des Georg-Eckert-Instituts für internationale Schulbuchforschung, dass mehr über „den Wirkungsgrad des in vielen Fächern sehr, sehr viel genutzten Schulbuches“<sup>25</sup> gesprochen wird. Derzeit werden Schulbücher aufgrund des unzureichenden Schulbuchetats im Schnitt acht Jahre eingesetzt. Diepgrond macht deutlich, dass mit maroden, abgenutzten Büchern kein moderner Unterricht und auch keine erstklassige und zukunftsfähige Bildung möglich sind, und fordert deshalb „eine Abwrackprämie für veraltete Schulbücher.“<sup>26</sup> Dabei spielt die Aktualität der dargebotenen Informationen für Schüler eine große Rolle, denn aktuelle Schulbuchinhalte stellen einen augenblicklichen Bezug zur eigenen Lebenssituation der Schüler her und werden dadurch besser verinnerlicht.

Bei einer Zusammenkunft von 50 Bildungsexperten im September 2008 war man sich einig, dass das Schulbuch „als elementarer Teil der Schulkultur“<sup>27</sup> aufgefasst werden muss und noch effizienter und gezielter im Unterricht genutzt werden muss. Das kann nach Lässig, Chefin des Georg-Eckert-Instituts nur erreicht werden, wenn man das Schulbuch gezielt in die Lehrerbildung an den Universitäten eingliedert, so dass die angehenden Lehrer lernen, Qualitätskriterien für die Auswahl der Schulbücher zu entwickeln. Denn in der theoretischen Diskussion findet das Medium Schulbuch trotz seiner enormen Bedeutung in der Unterrichtspraxis nicht die nötige Wertschätzung und bestenfalls Randthemen, wie etwa die Debatte um die Lernmittelfreiheit oder gesetzliche Fragen der Vervielfältigung, tauchen auf<sup>28</sup>: „Die Erziehungswissenschaften, wie auch die Fachdidaktiken haben das Schulbuch seit Jahrzehnten sträflich vernachlässigt“<sup>29</sup>, beklagt sich Kahlert und spricht in diesem Zusammenhang vom „Aschenputtelmedium (...) mit geringem Ansehen und starkem schulpraktischem Bezug, das den Erziehungswissenschaftlern offenbar nicht sexy genug ist.“<sup>30</sup> Diese These wird dadurch bestätigt, dass man bei genauer Analyse der beiden renommierten Zeitschriften „Pädagogik“ und „Erziehungswissenschaften“ in den letzten zwölf Jahren keinen einzigen Artikel zur Schulbuchforschung findet.<sup>31</sup> Auch viele schulpädagogische Lexika weichen dem Thema

---

<sup>23</sup> [www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/](http://www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/)

<sup>24</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/](http://www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/)

<sup>25</sup> [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>26</sup> [www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/](http://www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/)

<sup>27</sup> [www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/](http://www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/)

<sup>28</sup> Vgl. [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 7]

<sup>29</sup> [www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/](http://www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/)

<sup>30</sup> [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>31</sup> Vgl. [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

„Schulbuch“ gezielt aus. Beispielsweise das „Handwörterbuch der Schulpädagogik“ von Nicklis schenkt dem Schulbuch keine einzige Seite, während das programmierte Lernen und andere Medien über mehrere Seiten ausführlich beschrieben werden. Lediglich eine Aufzählung der Schulbucharten liefert uns das „Lexikon der Schulpädagogik“ von Odenbach, und Achersleben erwähnt in seinem „Handlexikon der Schulpädagogik“ das Lehrbuch nur einmal beiläufig. Ähnlich widmen die großen Lehrbücher zur Physikdidaktik nur einen ganz geringen Teil ihres Gesamtumfangs der Schulbuchforschung.

Nicht zu übersehen und durchaus verständlich ist deshalb, dass es den Autoren dann nicht gelingt, den unterschiedlichen Perspektiven des Themas „Schulbuch“ gerecht zu werden, weshalb sie sich auf einzelne Aspekte beschränken und folglich ein lückenreiches Bild liefern:<sup>32</sup> „Solche Knappheit kontrastiert seltsam zur Bedeutung des Schulbuches [...] als der eigentlichen Großmacht der Schule.“<sup>33</sup> Um dem entgegenzuwirken, spricht sich Merzyn für eine Arbeitsteilung auf die einzelnen Unterrichtsfächer aus, um im Folgenden die fachdidaktischen Beobachtungen fächerübergreifend für eine sinnvolle Schulbuchforschung zu nutzen.<sup>34</sup> Diese beinhaltet nach Stach eine Abkehr von einer „bloßen Revision der Schulbuchinhalte“, hin zu einer „Intensivierung der Rezeptions- und Wirkungsforschung unter Einbeziehung der Schulbuchadressaten.“<sup>35</sup> Hacker geht sogar noch einen Schritt weiter und zielt darauf ab, „die ideologiekritische und fachliche Perspektive durch eine mediendidaktische Diskussion zu ergänzen“<sup>36</sup>, um so einerseits einen gemeinsamen Bezugsrahmen für Autor und Lehrer zu schaffen und andererseits das Schulbuch zu einem essentiellen Bestandteil einer „breit angelegten Medienerziehung“<sup>37</sup> zu machen.

Auch fehlt den Wissenschaftlern jeglicher Anreiz für eine aktive Mitarbeit am Schulbuch. Sie beschäftigen sich stattdessen mit Publikationen in fachlich spezialisierten Zeitschriften, die an den Universitäten große Anerkennung finden<sup>38</sup>, während ein herausragender Schulbuchautor mit dieser Publikation derzeit absolut keine Chance auf eine Professur hat, geschweige denn auf finanzielle Unterstützung.<sup>39</sup> Jedoch nicht nur an den Universitäten werden den Schulbuchautoren Steine in den Weg gelegt, auch der redaktionelle Aufwand und die Entstehungsbedingungen bis hin zum fertigen Schulbuch weisen deutliche Unterschiede zur Belletristik- und Sachbuchproduktion auf und schrecken so manchen Verfasser ab.

---

<sup>32</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 39]

<sup>33</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 39]

<sup>34</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 42]

<sup>35</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 42]

<sup>36</sup> [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 13]

<sup>37</sup> [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 30]

<sup>38</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/](http://www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/)

<sup>39</sup> Vgl. [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

## b) Herausforderung „Schulbuch“

In Deutschland entstehen Jahr für Jahr mehr als 4.000 neue Schulbücher, so dass zu Beginn des Jahres 2009 ungefähr 45.000 Schulbuchtitel auf dem Markt angeboten werden. Der Umsatz der Bildungsverlage lag 2007 bei rund 500 Millionen Euro, wobei circa 350 Millionen Euro auf Schulbücher und Bildungssoftware für den so genannten „Vormittagsmarkt“, 52,5 Millionen Euro auf Lernhilfen und Software im so genannten „Nachmittagsmarkt“ und 80 Millionen auf Lernmedien im Erwachsenenbereich bzw. der beruflichen Fortbildung entfallen.<sup>40</sup> Im Jahr 2008 fiel der Absatz mit Lehrbüchern und Bildungssoftware in den allgemeinen und berufsbildenden Schulen um sieben Prozent, von 350 auf 325 Millionen Euro. Die Grundform fordert deshalb durch staatliche Investitionen die Lehr- und Lernmittel zu modernisieren, um so den Markt wieder anzukurbeln.<sup>41</sup> Überschlagsrechnungen zeigen jedoch, dass an den Schulen die Ausgaben für Physik-Schulbücher ähnlich hoch ausfallen wie für alle anderen Physiklehrmittel zusammen<sup>42</sup>, was gerade in Anbetracht leerer öffentlicher Kassen zu kritischen Diskussionen führt.

Dem daraus resultierenden Vorwurf überteuerter Schulbücher muss widersprochen werden, wenn man Ausstattung und Aufwand berücksichtigt, die hinter einem Titel stehen: „Das Schulbuch ist eingebunden in einen komplexen Wirkungszusammenhang von Vorgaben und Zielen aller Art.“<sup>43</sup> Produktion und Vertrieb von Schulbüchern unterliegen speziellen Marktmechanismen, die für Autoren einschränkende Schreibbedingungen mit sich bringen und folglich „ein für wissenschaftliche Diskussionen wenig attraktives Feld“<sup>44</sup> sind. So legen die von den Kultusministerien der Bundesländer festgelegten Lehrpläne und nicht die Verlage die Themen und Lernziele eines Schulbuches fest und stellen für die Autoren einen „unumstößlichen Maßstab“<sup>45</sup> dar. So kann es durchaus sein, dass aufgrund der gravierenden Unterschiede der Lehrpläne der einzelnen Bundesländer ein Verlag theoretisch bis zu 16 Landesausgaben eines Titels erstellen muss, mit entsprechend niedrigeren Auflagen als bei einer bundesweiten Ausgabe. Um Kosten deckender zu arbeiten, müssen in Anbetracht der zahlreichen Fächer und der bundeslandspezifischen Schularten vergleichende Gegenüberstellungen der Lehrpläne erstellt werden. Jedoch hat sich hierbei die Zahl der Parallelausgaben für unterschiedliche Bundesländer in den letzten Jahren deutlich erhöht, „eine Reaktion auf eine wesentlich strengere Zulassungspraxis der einzelnen Kultusministerien.“<sup>46</sup> Denn die Einhaltung der Lehrplangvorgaben wird mithilfe eines so genannten „Einreich- oder Genehmigungsverfahren“ kontrol-

---

<sup>40</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>41</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/](http://www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/)

<sup>42</sup> Vgl. [Bleichroth, Fachdidaktik Physik, 1999, S. 340]

<sup>43</sup> [Mikelskis, Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik, 2006, S. 199]

<sup>44</sup> [Hacker, Das Schulbuch, S. 8]

<sup>45</sup> [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/)

<sup>46</sup> [Bleichroth, Fachdidaktik Physik, 1999, S. 341]

liert, welches damit beginnt, dass ca. ein Jahr vor der voraussichtlichen Veröffentlichung das Werk bis zu einem bestimmten Stichtag beim Kultusministerium eingereicht werden muss. Im Anschluss prüfen zwei bis drei Gutachter über mehrere Monate nicht nur die Lehrplankonformität, sondern auch die Tauglichkeit des Lehrbuchs für den Unterricht, wobei auch Aspekte des Grundgesetzes, wie z.B. die Gleichstellung der Geschlechter, miteinbezogen werden, sowie natürlich die sachliche Richtigkeit.<sup>47</sup> Nach Kahlert stellt diese Genehmigung für viele Autoren eine unzumutbare Kontrolle dar, während er der Überzeugung ist, dass sie den Lehrern in ihrer Vorgehensweise Halt gibt, da diese so nur gesichertes Wissen vermitteln, welches in unserer Gesellschaft als wichtig auslegt wird.<sup>48</sup> Genehmigungen werden lediglich für maximal fünf Jahre erteilt, dann muss ein neuer Antrag gestellt werden. Dies hat Verlagsausgaben von weit über 200.000 Euro für rund 1.000 Schulbücher pro Jahr zur Folge. Dazu kommen noch verlagsinterne Personalkosten, Druckkosten für Einreichexemplare, sowie Porto- und Handlingkosten der Auslieferung.

Kosten und Zeit verursacht auch der redaktionelle Aufwand zur Herstellung eines Schulbuches, der von dem ersten Vorhaben bis zur letztendlichen Erscheinung des Titels sich bis zu drei Jahre hinziehen kann.<sup>49</sup> Dadurch dass es keine vorgefertigten Manuskripte gibt, „ist das Schulbuch das Produkt einer sehr anspruchsvollen fachdidaktischen Entwicklungsleistung.“<sup>50</sup> Um ein Schulbuch, beispielsweise im Fach Physik auszuarbeiten, braucht man das Wissen über die die ganze fachliche Bandbreite aller Jahrgangsstufen, welches didaktisch sinnvoll und vor allem zielgruppengerecht formuliert, aber auch für die Schüler interessant gestaltet werden muss. Dabei darf jedoch keinesfalls die wissenschaftliche Zuverlässigkeit vernachlässigt werden, denn gerade die in den unteren Jahrgangsstufen so wichtigen Elementarisierungen dürfen den nötigen Wissensstand der Schüler nicht beeinträchtigen. Auch wissenschaftliche Arbeitsweisen, wie zum Beispiel die ordnungsgemäße und sichere Durchführung eines Experiments, müssen bei der Ausarbeitung berücksichtigt werden.<sup>51</sup> Um also diese „komplexe Herausforderung“<sup>52</sup> Schulbuch zu meistern, kommt es auf das Zusammenspiel von Wissenschaftlern aus dem Hochschulbetrieb mit Lehrerinnen und Lehrern aus der Praxis und den „Realisten“<sup>53</sup> aus den Verlagen an. Kahlert findet es „immer wieder lehrreich, wie manche Ideen, die an den Unis etwas fernab von der Realität des Klassenzimmers entwickelt werden, dann modifiziert werden müssen.“<sup>54</sup> Der größte Anteil dieses Teams rekrutiert aus der Reihe der Lehrer, was natürlich pädagogisch sehr wertvoll ist, da so direkt die Erfahrungen des Unterrichts mit einfließen können. Jedoch finden sich auf diese Weise nur sehr langsam neue

---

<sup>47</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/)

<sup>48</sup> Vgl. [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>49</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/)

<sup>50</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>51</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 258]

<sup>52</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>53</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

<sup>54</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/)

didaktische Ideen in Schulbüchern wieder, da vieles so festgehalten wird, wie es den Lehrer vor langer Zeit vermittelt wurde. Für die Verlage liegt ein bedeutender Vorteil darin, dass die Lehrer nur nebenberuflich am Projekt „Schulbuch“ beteiligt sind, was sich deutlich im verhältnismäßig niedrigen Gehalt niederschlägt. Die Honorare sind dabei meist an die Höhe der Umsätze gebunden, so dass der Lehrer einer möglichst hohen Auflage seiner Schulbücher wohlwollend gegenübersteht.<sup>55</sup>

Neben den bereits erwähnten Anforderungen, die ein Schulbuch erfüllen muss, ist auch die Haltbarkeit zu nennen: Dabei ist Fadenheftung mittlerweile selbstverständlich und auch Papier und Einband müssen dem meist nicht gerade pfleglichen Umgang der Schüler mit ihren Lehrbüchern über Jahre Stand halten.

Des Weiteren wird ein Schulbuch heutzutage nur noch akzeptiert, wenn entsprechende Begleitmaterialien, d.h. umfassende und arbeitsintensive Hilfestellungen, sowie Software und Kopiervorlagen etc. zusätzlich hergestellt werden. Diese werden deshalb gleichzeitig mit dem eigentlichen Buch entwickelt und durch dessen Verkauf mitfinanziert.<sup>56</sup>

Nach der Genehmigung durch das Kultusministerium findet sich das Buch in der Schulbuchliste des jeweiligen Bundeslandes wieder und muss als weitere Hürde von den betreffenden Schulen ausgewählt werden. Denn das Schulbuchgeschäft wird zwar über den Buchhandel abgewickelt, aber die endgültige Einführungsentscheidung wird an den Schulen selbst getroffen. Dazu entsenden die Verlage so genannte Schulberater, die sich im Gegensatz zu den üblichen Handelsvertretern nicht um Bestellungen kümmern, sondern um Vorstellung der neuen Titel, Unterstützung der Lehrkräfte bei der Auswahl, sowie Organisation von Informationsveranstaltungen. Während Publikumsverlage lediglich höchstens zehn Handelsvertreter beschäftigen, bereisen beispielsweise für den Cornelson Verlag über 70 Berater die Schulen im Bundesgebiet.<sup>57</sup> Inbegriffen an der schulinternen Entscheidung sind vielerorts die Eltern und die Schüler, aber den letztendlichen Ausschlag gibt die Meinung der Lehrer.<sup>58</sup> Dies hat nach Starauschek zur Folge, dass die Interessen der Lehrer denen der eigentlichen Adressaten des Schulbuches, nämlich der Schüler, übergeordnet werden: „Ein sich selbst stabilisierender Regelkreis ist in Gang gesetzt: Schulbuchverlage müssen aus ökonomischen Gründen Schulbücher verkaufen und erfüllen die Erwartungen der Lehrerinnen und Lehrer; die Lehrerinnen und Lehrer können behaupten, es gäbe keine Alternativen zu den gängigen Schulbüchern.“<sup>59</sup>

Aufgrund der landestypischen Titel lohnt es sich für Schulbuchverlage kaum, wie bei der Belletristik- oder Sachbuchvermarktung, bundesweite Anzeigen in renommierten Zeitungen oder Zeitschriften zu schalten. Stattdessen werden jährlich für jede Schulart und jedes Fach Gesamtkataloge in Millionenaufgabe direkt an die Entscheidungsträger, sprich die Schulen bzw.

---

<sup>55</sup> Vgl. [Stein, Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, 1978, S. 18]

<sup>56</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/)

<sup>57</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/)

<sup>58</sup> Vgl. [Bleichroth, Fachdidaktik Physik, 1999, S. 344]

<sup>59</sup> [Starauschek, Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher, 2003, S. 144]

Lehrkräfte, verschickt. Daneben wird Einzelwerbung für Neuheiten, sowohl vom Inhalt als auch von der Organisation her, nach Bundesländern aufbereitet und versandt.

Eine weitere Einschränkung diesbezüglich ist, dass Schulbuchverlage gesetzmäßig genötigt sind, einen Titel, selbst wenn er auf dem Markt mehr oder weniger abgeschrieben ist, über eine festgelegte Zeit im Sortiment zu halten und bei entsprechender Anfrage zu liefern.<sup>60</sup>

Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Risikofaktor für die Verlage stellt die Auflagenplanung dar. Aufgrund der Konkurrenz von rund 70 Bildungsverlagen können zwar Prognosen über Marktentwicklung und –anteile abgegeben werden, sie sind jedoch sehr schwer einzuschätzen, da garantierte Abnahmen nicht zugesichert werden können. Aus diesem Grund stellen zwar die Schülerzahlen eine Planungsgrundlage dar, jedoch meist nur von theoretischer Natur. Als Planungshemmnis stellt sich auch die Ausleihdauer heraus, die sich zwischen acht und zehn Jahren bewegt. Die Entscheidung einer bestimmten Schule für ein Konkurrenzprodukt, schließt den Markt dort also sofort für mehrere Jahre.<sup>61</sup>

Angesichts des starken Wettbewerbs unter den Verlagen und der „ökonomisch bedingten Konzentrationstendenzen auf immer weniger Anbieter“<sup>62</sup> kann es sich keine Redaktion mehr leisten, Inhalt, Form, Aufmachung oder Struktur zu vernachlässigen, was zur Folge hat, dass die Titel viele Berührungspunkte aufweisen. Die Ansicht des französischen Schriftstellers und Moralisten Chamfort aus dem Jahr 1776 muss deshalb als endgültig überholt angesehen werden: „Die meisten Schulbücher von heute sehen so aus, als wenn sie an einem Tage verfasst worden wären und zwar aus den Büchern, die am Tage zuvor gelesen worden sind.“<sup>63</sup>

### c) **Multifunktionalität**

Bei den Funktionen, die ein Physikschulbuch oder allgemein ein Schulbuch erfüllen sollte, ergibt sich bei wichtigen Fachdidaktikern älterer Tage ein sehr widersprüchliches Bild. Pietzker sprach sich dafür aus, dass der Schüler „seine ganze Kenntnis aus dem lebendigen Unterricht selbst schöpfe“<sup>64</sup>, sah jedoch einen Sinn des Lehrbuchs in der häuslichen Wiederholung, allerdings nur von „Dingen, die in festen Formen einzuprägen sind“, womit er wichtige Definitionen, Zahlenwerte und mathematische Folgerungen meinte. Während Norrenberg einen Schritt weiterging und sich lediglich eine „knappe, das Lehrbuch ersetzende Zusammenstellung der eine feste Einprägung erfordernden positiven Kenntnisse ohne alles methodische Beiwerk“<sup>65</sup> wünschte, sah Poske darin die Gefahr, dass das Buch sehr schnell an Glaubwürdigkeit verlieren würde, wenn es nicht eng an den Lehrervortrag gekoppelt wäre. Außerdem

---

<sup>60</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/)

<sup>61</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/)

<sup>62</sup> [Mikelskis, Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik, 2006, S. 199]

<sup>63</sup> [Schiller, Mit dem Schulbuch arbeiten, 2005, S. 199]

<sup>64</sup> [Pietzker, 1896, S. 9] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 14]

<sup>65</sup> [Norrenberg, 1903, S. 545] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 14]

glaubte er, dass durch einen solchen „Leitfaden“ die besseren Schüler bevorzugt würden, da nur sie ohne die nötigen Erklärungen auskämen: „Vor allem aber hängt an ihm der Fluch des Abstrakten, der nur reiferen Köpfen nichts anhaben kann.“<sup>66</sup> In der jüngeren Vergangenheit sah der Fachdidaktiker Töpfer-Bruhn die entscheidende Aufgabe des Schulbuches in der praktischen Verwendung im Unterricht als wissenschaftliches Werk<sup>67</sup>, während Haspas im gleichen Jahr die eigenständige Arbeit mit dem Lehrbuch hervorhob.<sup>68</sup> Diese größtenteils gegensätzlichen Standpunkte hängen damit zusammen, dass die Autoren zumeist eine spezielle Funktion des Schulbuchs als wichtig erachteten und diese natürlich in den Vordergrund ihrer Untersuchungen stellten.

Jedoch haben sich angesichts zunehmender Belastung infolge schulischer Reformen in der Nach-PISA-Zeit die Anforderungen an ein Schulbuch deutlich erhöht, was sich im hohen Innovationsengagement und vor allem der hohen Qualität äußert. Außerdem spiegeln sich darin die vielfältigen Aufgaben wieder, sowohl für Schüler als auch für Lehrer. Allerdings reicht der enorme Einfluss des Schulbuches auch über die Schule hinaus und gelangt insbesondere zu den Eltern und damit zur breiten Öffentlichkeit und wird so für viele zum „Indikator gesellschaftlicher Veränderungsprozesse.“<sup>69</sup>

Allein für die Schüler lassen sich nach Merzyn mehrere unterschiedliche Funktionen des Schulbuches angeben, jedoch keine systematische Vollständigkeit erzielen, weil dies schlichtweg nicht möglich ist.<sup>70</sup> Da ist zunächst die Informationsfunktion zu nennen, was bedeutet, die Schüler sachbuchähnlich in fachlich korrekter Form über den Unterrichtsstoff aufzuklären. Dabei stellt das Buch nicht nur eine Quelle zur Wiederholung des Unterrichtsmaterials, sondern auch ein „Kompendium der Physik“<sup>71</sup> dar, aus dem man, falls nötig, Angaben beziehen kann. Gerade den Schülern, die den Unterricht versäumt haben oder etwas nicht verstanden haben, bietet das Schulbuch eine inhaltlich exakt auf den Lehrplan abgestimmte und somit sichere Quelle, zumeist mit direktem Bezug zur Unterrichtsstunde. Ein äußerst wichtiger Faktor in diesem Zusammenhang ist auch, dass die Schüler dadurch die Fachsprache kennen lernen, die wie wir später noch sehen werden, sich deutlich von ihrer Alltagssprache unterscheidet, aber elementar für ihr Verständnis ist.

Eng verbunden damit, ist die so genannte Repräsentationsfunktion. Das Buch steht für das Unterrichtsfach und bietet den Schülern schon vor der ersten Unterrichtsstunde einen Einblick über die Themen, Fragestellungen, Methoden etc., die sie in den kommenden Wochen erwartet. Aber auch während der Schulzeit gibt es ihnen Lernsicherheit, wenn sie einen Fortschritt im Buch feststellen können.

---

<sup>66</sup> [Poske, 1904, S. 46] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 15]

<sup>67</sup> [Töpfer, 1976] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 15f]

<sup>68</sup> [Haspas, 1976] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 15]

<sup>69</sup> [www.hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/termine/id=2462](http://www.hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/termine/id=2462)

<sup>70</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 25]

<sup>71</sup> [Mikelskis, Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik, 2006, S. 201]

Mit der Repräsentation des Faches geht seine Strukturierung einher. Gliederung, typographische Hilfen, sowie das Inhaltsverzeichnis als Wegweiser tragen dabei genauso zur schnellen Orientierung bei wie ein gutes Register, das insbesondere beim schnellen Nachschlagen anhand von Schlagworten sehr vorteilhaft sein kann. Die Bezeichnung „methodisch aufbereitetes Sachbuch“<sup>72</sup>, die auf Merzyn zurückgeht, weist darauf hin, dass auch die einzelnen Textabschnitte nicht einfallslos mit Ergebnissen und Gesetzmäßigkeiten aneinandergereiht werden, sondern strukturiert im Stile einer Unterrichtseinheit wiedergegeben werden. Dabei steuern Zusammenfassungen, insbesondere Merksätze, den Lernprozess auf das Wesentliche, was für Schüler den behandelten Stoff einprägsamer macht. Der Grund liegt in der Art und Weise der Wissensaufnahme und Aufbewahrung von Informationen durch das menschliche Gehirn, die Bruner wie folgt beschreibt: „Vielleicht das Grundlegendste, was man nach einem Jahrhundert intensiver Forschung über das menschliche Gedächtnis sagen kann, ist, dass Einzelheiten schnell wieder vergessen werden, wenn sie nicht in eine strukturierte Form gebracht worden sind. Detailliertes Material wird im Gedächtnis unter Anwendung vereinfachter Darstellungsweisen aufbewahrt.“<sup>73</sup>

Die methodische Aufbereitung zielt auf eine weitere Funktion des Schulbuchs für den Nachwuchs ab, nämlich die Motivierungsfunktion. Durch verständliche Texte und anregende graphische Darstellungen soll das Stoffgebiet für die Schüler interessant gestaltet sein und sie dazu ermuntern, von sich aus im Buch zu schmökern, am besten auch über den Unterrichtsstoff hinaus: „Ein solches Buch könnte einem Reiseführer gleichen, der auch Geschichten zu erzählen weiß und illustrierte Landkarten enthält, die Schönes, Geheimnisvolles und Überraschendes versprechen. Man braucht nur die Reiseberichte der letzten Jahrhunderte zu lesen oder sich Landkarten der früheren Entdeckungen anzuschauen. Derartige Darstellungen regen das Vorstellungsvermögen und das Denken weitaus mehr an als Ergebnislisten, Begriffsdefinitionen und Gesetzestexte mit vereinzelt Anwendungsbeispielen.“<sup>74</sup>

Als Hauptaufgabe des Lehrbuches für den Schüler wird seit jeher die Arbeits- und Übungsfunktion gesehen. Den Schülern sollte durch ein ausreichendes Angebot von Arbeitsmaterial die Möglichkeit gegeben werden, sich Wissen zu erarbeiten. Sei es zur Vorbereitung auf eine schriftliche oder mündliche Prüfung oder lediglich zur Übung bzw. Vertiefung des Unterrichtsstoffes. Dazu gehören neben einem vielseitigen Aufgabenangebot auch Experimentier- und Projektanleitungen.<sup>75</sup> Um eine eigenständige Versuchsdurchführung zu gewährleisten, sollte das Buch einen Großteil an Schülerexperimenten beinhalten, aber auch Demonstrationsversuche, die nur vom Lehrer durchgeführt werden sollten und auf deren Schwierigkeit bzw. Gefährlichkeit eindringlich hingewiesen werden sollte. In Hinblick auf den Alltagsbezug des Physikunterrichts nehmen Freihandversuche eine wichtige Stellung ein, weil sie Schüler

---

<sup>72</sup> [Merzyn, 1987] zitiert nach [Bleichroth,, Fachdidaktik Physik, 1999, S. 342]

<sup>73</sup> [Bruner, Der Prozess der Erziehung, 1970, S. 37]

<sup>74</sup> [Mikelskis, Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik, 2006, S. 202]

<sup>75</sup> Vgl. [Mikelskis, Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik, 2006, S. 197f]

dazu zwingen, Dinge, die ihnen in ihrem alltäglichen Leben begegnen, physikalisch zu hinterfragen.

Physik-Schulbücher werden im Unterricht insgesamt verhältnismäßig wenig genutzt, wenn dann hauptsächlich als Aufgabensammlung. Das Lehrbuch sollte deshalb Aufgaben bieten, die in Einzelarbeit bewältigt werden, aber auch welche, die in Partner- oder Gruppenarbeit gemeinsam gelöst werden. Auch Musteraufgaben sollten den Schülern auf ausführliche und auch nachvollziehbare Art und Weise vorgeführt werden. Die Aufgabensammlung muss den Schülern Wahlmöglichkeiten liefern, sowohl vom Anspruchsniveau, als auch von der Methodik, mit der die Aufgaben zu erledigen sind<sup>76</sup>.

Diese Individualisierungs- und Differenzierungsfunktion des Schulbuches sollte jedoch nicht nur durch das Aufgaben- bzw. Versuchsangebot, sondern auch durch die informierenden Strukturelemente gesichert sein. Dem Schüler sollte die Möglichkeit gegeben werden, sich eigenständig mit dem Buch zu beschäftigen und dabei mit der Zeit sein eigenes Lernkonzept zu finden. Unterschiedliche Interessen, Begabungen und Lerngewohnheiten sollten durch das Lehrbuch gefördert werden, um dadurch einen Teil zur individuellen Entwicklung des Schülers beizutragen.

Als „Selbstbildungsmittel“<sup>77</sup> sollte das Schulbuch durch zusätzliche vertiefende Texte den Schülern Gelegenheit geben, sich über den eigentlichen Unterrichtsstoff hinaus zu informieren. Hinweise auf weiterführende Literatur spielen dabei eine wichtige Rolle, mit dem Ziel auch außerhalb des eigentlichen Lernbuchs „die Fähigkeit zum angemessenen Umgang mit Literatur, und damit einer unserer wichtigsten Kulturtechniken zu schulen.“<sup>78</sup> Dadurch können die Schüler grundlegende Arbeitstechniken autonom erlernen, um gerüstet zu sein für das spätere Berufsleben. Bedingt durch den andauernden Wandel unserer Lebensumstände und die steigende Verwissenschaftlichung fast aller Tätigkeiten ist das eigenständige Erarbeiten eines Sachverhalts zu einer Grundvoraussetzung der modernen Gesellschaft geworden. „Arbeitstechnikfunktion“ nennt Merzlyn diese wesentliche Pflicht des Schulbuches, die in Vergleich zu den anderen genannten Funktionen keinen Bezug zu bestimmten Strukturelementen aufweist und deshalb in der fachdidaktischen Diskussion sehr oft in Vergessenheit gerät.<sup>79</sup>

„Obwohl Physikschulbücher primär für Schüler gedacht sind, werden sie am intensivsten von den Lehrern bei der Unterrichtsvorbereitung genutzt.“<sup>80</sup> Dabei nehmen sich die Lehrer zu meist nicht nur das an ihrer Schule eingeführte Buch zur Orientierungshilfe, sondern lassen sich von den Vorschlägen verschiedener Autoren inspirieren, um Anregungen zum eigenen Unterrichtsentwurf zu verarbeiten. Der Schulbuchforscher Bodo von Borries empfiehlt den Lehrern, angesichts der zunehmenden Belastung durch höhere Pflichtstundenzahlen und grö-

---

<sup>76</sup> Vgl. [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/),

<sup>77</sup> [Bleichroth,, Fachdidaktik Physik, 1999, S. 342]

<sup>78</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 258]

<sup>79</sup> Vgl. [Merzlyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 26]

<sup>80</sup> [Merzlyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 236]

Bere Klassen, das für sie beste Schulbuch zu benutzen und zwei weitere in der Hinterhand zu haben. „Damit kann man eine beträchtliche Quote des Unterrichts absolvieren.“<sup>81</sup>

Diese „mannigfaltige Arbeiterleichterung“<sup>82</sup> ist nur deshalb möglich, weil das Buch durch seine strukturierte Art der Stoffdarbietung ähnlich wie eine Unterrichtsstunde gegliedert ist und sich deshalb deutlich von populärwissenschaftlichen Büchern und Hochschullehrbüchern unterscheidet: Motivation und Problemstellung zu Beginn, Versuchsanleitung und -auswertung im Anschluss, dann Ergebnis, d.h. Problemlösung und abschließend Anwendungen und Übungen zur Vertiefung. Daneben wird verdeutlicht, wie der Unterrichtsgegenstand aufbereitet, elementarisiert und in Merksätzen festgehalten wird. Das reichhaltige Angebot an Anwendungsbezügen, Beispielen, Abbildungen, Experimenten, Arbeitsaufträgen und Übungsmaterial ermöglicht dem Lehrer eine Auswahl, individuell auf sein Unterrichtskonzept abgestimmt.<sup>83</sup>

Daneben ist das Buch, sichergestellt durch das Kultusministerium, sehr stark an den Lehrplan gebunden, so dass viele, unter anderem Lässig, sogar vom Schulbuch als „heimlichen Lehrplan“<sup>84</sup> sprechen. Denn Lehrer unterrichten nach dem 'Vorbild' Buch und versuchen das statt des Lehrplans umzusetzen. Deshalb ist wichtig, dass sie gesichertes Wissen über neuartige oder veränderte Lehrplaninhalte erhalten, denn Veränderungen im Unterricht erreicht man am besten durch neue überarbeitete Bücher. Merzyn spricht in diesem Zusammenhang von der Fortbildungs- und Reformfunktion. Beispielsweise im Bereich Kernphysik muss ein Lehrer, während seiner 30-40 jähriger Berufstätigkeit immer wieder fortgebildet werden, um „up to date“ zu bleiben und aufkommenden Schülerfragen Paroli bieten zu können. Auch bezüglich neuer Vorschriften, beispielsweise zum Strahlenschutz oder zur Handhabung von Gefahrstoffen, müssen die Lehrer informiert werden.

Nur ein geringer Teil der Lehrkräfte nimmt Kurse zur Fortbildung oder fachdidaktische Zeitschriften in Anspruch, so dass das Lehrbuch ihnen helfen sollte, zeitgemäßes unangreifbares Wissen zu verbreiten, wie Kahlert betont: „Nicht jeder Lehrer ist ein Held. Mit Hilfe des Schulbuchs kann er dagegen halten, und sagen: Das ist in unserer Gesellschaft so gewollt.“<sup>85</sup> Deshalb spiegelt das Schulbuch komprimiert die Kenntnisse wieder, die eine Gesellschaft als relevant erachtet und gibt Auskunft über deren jeweils geltenden Normen, Werte, Leitbilder und Denkweisen. Durch diese Repräsentationsfunktion für die Öffentlichkeit wird das Lehrbuch zum „Produkt und Faktor gesellschaftlicher Prozesse“<sup>86</sup> und so zum „Politicum“<sup>87</sup>: „Gesellschaftliche Systeme [...], in denen sich der größte Teil der Bevölkerung durch politische Ohnmacht und politische Apathie auszeichnet, werden dadurch gekennzeichnet, dass der Staat

---

<sup>81</sup> [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>82</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 28]

<sup>83</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 28]

<sup>84</sup> [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>85</sup> [www.fr-online.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fr-online.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html)

<sup>86</sup> [Stein, Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, 1978, S. 8]

<sup>87</sup> [Stein, 1985] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 31]

zu seiner Selbsterhaltung und Bestätigung verschiedener Legimitationsmedien bedarf. [...] In Staaten mit öffentlichen Schulsystemen ist das Schulbuch bedeutendster medialer Repräsentant solcher Legimitationsmedien.“<sup>88</sup> Zu dieser breiten Öffentlichkeit gehören insbesondere auch die Eltern der Schüler, für die das Lehrbuch Transparenz in der Hinsicht schafft, dass es ihnen ein ausführliches Bild vom Unterrichtsgeschehen bietet und ihnen so verdeutlicht, wie Anspruchsniveau und Wissensstand ihrer Sprösslinge im Einklang stehen. Es verschafft ihnen die Möglichkeit, den Unterrichtsstoff nachzulesen und ihr Kind bei jeglicher Vor- und Nachbereitung zu unterstützen. Aufgrund der einfachen Zugänglichkeit und der detaillierten Stoffdarbietung repräsentiert das Schulbuch auch in dieser Hinsicht die Materie deutlich besser als andere Hilfsmittel, wie beispielsweise der Lehrplan.

Betrachtet man die vielfältigen hier zusammengetragenen Funktionen des Schulbuches, stellt sich die Frage ob es dieser „Mehrdimensionalität als ‚Politicum‘, ‚Informatorium‘ und ‚Pädagogicum‘“<sup>89</sup> gerecht werden kann oder ob die unterschiedlichen Ansprüche es nicht vollends überfordern. Merzyn bezeichnet die Tatsache, dass die Lehrbücher sowohl von Schülern als auch von Lehrern genutzt werden, als „Spannungsverhältnis der Schulbücher“.<sup>90</sup>

Betrachtet man die Verlagsprospekte, fallen auf, dass die unterschiedlichen Redaktionen darauf abzielen, alle Aufgaben wahrzunehmen, um im Konkurrenzkampf mit anderen Verlagen zu bestehen. Dabei können sie jedoch keiner der Aufgaben ganz gerecht werden, denn dafür sind die einzelnen Funktionen zu widersprüchlich. Ein Schulbuch, das die Schüler motivieren soll, wäre ganz anders konzipiert als ein informierendes Sachbuch: Weniger Fachterminologie und Merksätze, dafür mehr spannende Texte, unterhaltende Alltagssituationen und Heimversuche. Heinze macht diesbezüglich deutlich, dass durch die Textsorte „Lehrbuch“ Grenzen gesetzt wurden: „Ein Lehrbuch ist kein Zeitschriftenartikel, kein „Was-ist-Was-Buch“ und auch keine unterhaltende Erzählung, denn es fordert exakte Darstellungen und muss seinem Gegenstand, der Physik als einer auf Korrektheit und Eindeutigkeit beruhenden Wissenschaft, gerecht werden. Dennoch soll es anregen, interessieren und veranschaulichen.“<sup>91</sup> Genauso würde ein Buch zur Wiederholung viel mehr Augenmerk auf knappe Formulierungen und fertige Ergebnisse legen, als ein Buch, welches auf das selbstständige Lernen spezialisiert ist.<sup>92</sup>

Auch der Lehrer muss erkennen, dass das Buch nicht all seine Wünsche gleichzeitig erfüllen kann. Er muss es selektiv nutzen und ausgehend vom Kenntnisstand der Schüler, seinem Unterrichtskonzept und seinen Vorstellungen über Gestaltungskomponenten und Ansprüche von Text und Bild, bestimmte Abschnitte des Lehrbuches für bestimmte Phasen des Unterrichts heranziehen.<sup>93</sup>

---

<sup>88</sup> [Stein, Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, 1978, S. 24f]

<sup>89</sup> [Stein, 2001] zitiert nach <http://hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/termine/id=2462>

<sup>90</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 33]

<sup>91</sup> [Heinze, Beiträge zur historischen und systematischen Schulbuchforschung, 2007, S. 337]

<sup>92</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 33]

<sup>93</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 259]

Das enorme zusätzliche Angebot der Verlage an Experimentieranleitungen und Praktikumsheften, Aufgabensammlungen, Repetitorien und Formelsammlungen sowie multimedialen Möglichkeiten weist deutlich auf die Bedürfnisse hin, die das Schulbuch nicht zu befriedigen vermag.<sup>94</sup> Hacker ist der festen Überzeugung, dass „das Nebeneinander der Funktionen zunehmend die Analyse und Handhabung der Lehrbücher erschwert“<sup>95</sup> und fordert ein „differenziertes Funktionsprofil, das die Gewichtung einzelner Funktionen erkennen lässt.“<sup>96</sup>

Auch die Konferenz zum Thema „Schulbuch“ im September 2008, zu der in Braunschweig 50 Bildungsexperten zusammentrafen, führte zu der Erkenntnis, dass „Qualitätsmerkmale von Schulbüchern und Bildungsmedien deutlicher als bisher gegenüber Lehrkräften, den Bildungsverantwortlichen in den Ländern und den Eltern herausgestellt werden müssen“<sup>97</sup>. Denn nur wenn die einzelnen Verlage unterschiedliche Schwerpunkte setzen und diese sich auch in Sprach- und Textgestaltung niederschlagen, entstehen ungleiche Schulbuchtypen.

Diese Vielfalt an Lehrbüchern ist essentiell, in Anbetracht der heterogenen Schülerschaft und unterschiedlichen Anforderungsprofilen und der Forderung nach einer individuellen Förderung der Schüler.<sup>98</sup> Kahlert bezeichnet das Schulbuch als „Lernkonserve“, die von allen Schülern einer Jahrgangsstufe genutzt wird und somit ein „Kompromissangebot“ ist, und vergleicht diesen Zustand mit dem Transportwesen: „U-Bahn und Straßenbahn sind nicht ideal auf das jeweils individuelle Bedürfnis zugeschnitten, aber ohne diese doch für eine große Zahl von Menschen ganz gut geeigneten Transportmittel bricht der Transport zusammen.“

## **d) Schulbuchkritik**

„Misstraut gelegentlich euren Schulbüchern! Sie sind nicht auf dem Berg Sinai entstanden, meistens nicht einmal auf verständige Art und Weise, sondern aus alten Schulbüchern, die aus alten Schulbüchern entstanden sind, die aus alten Schulbüchern entstanden sind, die aus alten Schulbüchern entstanden sind. Man nennt das Tradition. Aber es ist etwas ganz anderes.“<sup>99</sup>

Dieses ironisch-kritische Zitat Kästners aus dem Jahre 1970 hat seine Gültigkeit, trotz des großen Schulbuchmarktes, scheinbar noch immer nicht verloren, wie eine vom Bundesbildungsministerium beauftragte Studie aus dem Jahr 1997 deutlich zeigt: Diese kam zu dem Ergebnis, dass moderne wissenschaftliche Fragestellungen und neueste Technologien in Schulbüchern kaum Beachtung finden, woran insbesondere die Vorbereitung auf die berufliche Realität leidet.<sup>100</sup>

---

<sup>94</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 34]

<sup>95</sup> [Stein, Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, 1978, S. 11]

<sup>96</sup> [Stein, Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, 1978, S. 28]

<sup>97</sup> [www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/](http://www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/)

<sup>98</sup> [www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/](http://www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/)

<sup>99</sup> [Kästner, 1970] zitiert nach [www.dradio.de/dlf/sendungen/forumpisa/334758/](http://www.dradio.de/dlf/sendungen/forumpisa/334758/)

<sup>100</sup> Vgl. [www.diss.fu-berlin.de/diss](http://www.diss.fu-berlin.de/diss)

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass Schulbuchverlage ihre Werke zu sehr auf die Lehrer ausrichten, weil diese weitestgehend die Entscheidung über Schulbucheinführung bzw. -kauf tragen. Dies zeigt sich bei einigen Schulbüchern ganz speziell daran, dass ihre Vorworte an die Lehrer adressiert sind, obwohl man zugeben muss, dass deren Anzahl durch die Entwicklung von Lehrerbänden deutlich gesunken ist.<sup>101</sup> Jedoch muss man den Lehrkräften zu Gute halten, dass sie das Buch in der häuslichen Arbeit für deutlich besser geeignet halten als die Schüler und es so intensiver für die Unterrichtsvorbereitung nutzen, wie eine Studie von Merzyn ergab: „Dem recht positiven Schulbuchbild der Lehrer steht bei diesem Thema ein viel negativeres der Schüler gegenüber. Und wer wollte bestreiten, dass die Schüler bei diesem Komplex die kompetenteren Richter sind.“<sup>102</sup>

Hacker sieht das Hauptproblem des Schulbuches darin, dass dem Lehrer zu genau diktiert wird, welche Lernhandlungen zu welcher Unterrichtssituation vorgenommen werden sollen: „Mehr und mehr sind damit Lehrer an Vorgaben gebunden, büßen ihre gerühmte methodische Freiheit ein.“<sup>103</sup> Knoll geht sogar noch einen Schritt weiter und bezeichnet das Buch für manche Lehrer als „Hindernis, durch das sie sich im gewissen Sinne „gegängelt“ fühlen“<sup>104</sup> und rät diesen souverän zu bleiben und einen lebensnahen Unterricht nach ihren Ansichten zu halten. Hacker sieht die Gefahr, dass „solche Steuerungsimpulse aus dem Buch [...] gar die Situation mündlicher Kommunikation verfälschen“<sup>105</sup>, indem sie zu Problemstellungen vorgefertigte Antworten liefern. Der Leser muss diese lediglich in Gedanken nachvollziehen und dabei keinerlei eigene Ideen entwickeln, wie Mothes in seiner Didaktik deutlich macht: „Ein Naturlehrebuch für die Hand des Kindes im herkömmlichen Sinne kann den Einsatz unserer auf Selbsttätigkeit und Selbständigkeit gegründeten Methode illusorisch machen, wenn es so angelegt wurde, dass der Schüler sich daheim im voraus präparieren kann, zu welchen Vermutungen über anstehende Probleme er in der folgenden Physikstunde gelangen soll.“<sup>106</sup> Auch Kircher kritisiert diese methodische, rationale Vorgehensweise der akademischen Erkenntnisgewinnung, ohne Zufall und Spannung zu beachten, aus festgelegten Daten eine allgemeine Theorie abzuleiten,<sup>107</sup> die nach Weltner zum „Physikunterricht als Lateinunterricht unseres Jahrhunderts“<sup>108</sup> führen wird.

Eine weitere Schwäche in diesem Zusammenhang ergibt sich für das Buch durch die Einweg-Kommunikation. Denn auf Fragen, Vorkenntnisse und Alternativen seitens der Schüler kann es im Vergleich zum Lehrer im Unterrichtsgespräch nicht eingehen: „Spätestens [...] bei der

---

<sup>101</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 31]

<sup>102</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 134]

<sup>103</sup> [Hacker, Das Schulbuch, S. 177]

<sup>104</sup> [Knoll, 1978, S. 216] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 58]

<sup>105</sup> [Hacker, Das Schulbuch, S. 28]

<sup>106</sup> [Mothes, 1968] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 58]

<sup>107</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 259]

<sup>108</sup> [Weltner] zitiert nach [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 60]

Forderung nach Redundanz von Informationen mit dem Ziel, diverse Aneignungen eines Themas zu ermöglichen, stößt das Medium Schulbuch an seine Grenzen- an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit, des Umfangs, der Handhabbarkeit, der Übersicht.“<sup>109</sup>

In einer großen schulformübergreifenden Untersuchung durch Merzyn kritisierten sowohl die Lehrer als auch die Schüler am stärksten Sprache und Verständlichkeit und dabei insbesondere den deutlich zu hohen Anteil an Fachwörtern, aber auch Stofffülle und Komprimiertheit der Schulbuchtexte.<sup>110</sup> Der Psychologe Frederic Vester findet zu diesem Kritikpunkt deutliche Worte: „Was sind das für Pädagogen, die so auf jede Seite gewaltige, überflüssige Stoffmengen packen und damit die Lernfähigkeit töten, die sich beim Ringen um die exakteste akademische Formulierung verkrampfen und sich keinen Deut darum kümmern, was beim Lesen im Schüler vorgehen wird.“<sup>111</sup>

---

<sup>109</sup> [Heinze, Beiträge zur historischen und systematischen Schulbuchforschung, 2007, S. 337]

<sup>110</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 237]

<sup>111</sup> [Vester, Denken-Lernen-Vergessen, 1975, S. 182]

### **3) LEHRPLANVORGABEN**

#### **a) Schulfach „Natur und Technik“**

Seit Beginn des G-8 steht für die Unterstufe mit „Natur und Technik“ ein neu gestaltetes Schulfach auf dem Stundenplan, welches eine Brücke vom Heimat und Sachkundeunterricht der Grundschule zum fachspezifischen Unterricht der Naturwissenschaften der Mittelstufe schlagen soll. Es soll das Fundament sowohl für ein naturwissenschaftlich-technisches Grundwissen als auch für ein Grundwissen in Informatik geschaffen werden, die beide in der heutigen Zeit in hohem Maße Voraussetzung für unser alltägliches Leben sind. Denn durch die Zusammenlegung der Grundgedanken aus Biologie, Physik und Informatik - unter Berücksichtigung der Chemie - sowie durch das Naturwissenschaftliche Arbeiten wird „eine Betrachtung naturwissenschaftlicher Sachverhalte angestrebt, die der Ganzheitlichkeit kindlicher Wahrnehmung entspricht und vernetztes Denken fördert [...] und zudem die Grundlage legt für eine über die Unterstufe hinausgehende Kooperation der Naturwissenschaften untereinander und mit der Informatik.“<sup>112</sup>

In der 5. Jahrgangsstufe liegt das Hauptaugenmerk neben der Biologie (zwei Wochenstunden) auf dem Naturwissenschaftlichen Arbeiten (eine Wochenstunde), welches den Schülern grundlegende Arbeitsmethoden wie Experimentieren, Beobachten, Messen etc. näher bringen und so Kreativität und Selbständigkeit fördern soll, beides Schlüsselqualifikationen im späteren Berufsleben. Die 6. Jahrgangsstufe beschäftigt sich neben der Biologie (zwei Wochenstunden) mit der Informatik (eine Wochenstunde). Im Vordergrund stehen „Basics“ im Bereich der Informationstechnologie, die gerade in zukunftsfähigen Berufen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Dabei werden Projekte behandelt, die beide Schwerpunkte beinhalten wie beispielsweise eine Präsentation zum Themenbereich „Wirbeltiere“.<sup>113</sup> Erst in der 7. Jahrgangsstufe wird der Schwerpunkt neben der Informatik (eine Wochenstunde) auf die Physik (zwei Wochenstunden) gelegt, wobei jedoch immer wieder Bezug zu bereits bekannten Arbeitsmethoden und Naturphänomenen hergestellt werden soll, die man versucht durch entsprechende Modellvorstellungen zu begründen und dadurch allgemeine Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Dabei sollen die in dieser Jahrgangsstufe behandelten Themenbereiche Elektrik, Mechanik und Optik genügend Fragestellungen aus der Biologie, Chemie und Technik aufgreifen und diese aus einem neuartigen Blickwinkel beleuchten. Bei einfachen Problemen wird geraten zur Erklärung auch mathematische Methoden heranzuziehen, die jedoch sehr behutsam verwendet werden und in der 7. Jahrgangsstufe lediglich eine untergeordnete Rolle spielen sollen. Durch diese Vernetzungen soll erreicht werden, dass die Schüler charakteristische Unterschiede der einzelnen Fachdisziplinen, aber auch viele Gemeinsamkeiten und Ver-

---

<sup>112</sup> [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388)

<sup>113</sup> Vgl. [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388)

knüpfungen erkennen und dadurch das für ein Verstehen komplexer Zusammenhänge nötige vernetzte und abstrahierende Denken erlernen. Auch hier empfiehlt sich eine Zusammenarbeit in Form eines gemeinsamen Unterrichtsprojekts zwischen den Schwerpunkten Physik und Informatik, insbesondere beim Nutzen und selbständigen Anfertigen von Hypertexten.<sup>114</sup> Die geringe mathematische Vorbildung und das noch nicht voll entwickelte Abstraktionsvermögen der Kinder verlangen ein phänomenologisch-experimentelles Vorgehen, das sich sehr stark an den Alltagserfahrungen der Schüler orientiert, mit dem Ziel ein grundsätzliches Interesse an der Physik zu wecken.

Es handelt sich bei „Natur und Technik“ um kein „Fach“ im klassischen Sinne, da es keine speziell ausgebildeten Fachlehrer mit entsprechendem Hochschulstudium unterrichten, sondern Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fachschaften bzw. der Informatik. Dieser modulare Aufbau ermöglicht es, dass zwei verschiedene Lehrkräfte eine Klasse unterrichten. Dieser Aspekt muss nach der Bildungskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) geändert werden. Sie fordern eine speziell auf das Fach „Natur und Technik“ ausgerichtete Ausbildung der Lehrkräfte: „Lehrerinnen und Lehrer müssen in Lehrerbildung und Lehrerfortbildung intensiv und qualifiziert vorbereitet werden. ‚Integrativer naturwissenschaftlicher Unterricht‘ verlangt integrativ ausgebildete Lehrkräfte. Die bisherige fachspezifische Ausbildung reicht hier nicht aus.“<sup>115</sup>

Nach Einschätzung vieler Lehrer hat sich das Fach „Natur und Technik“ weder in ihrer Wahrnehmung noch in der der Schüler als fächerübergreifende Vernetzung etabliert, was dazugeführt hat, dass Kritiker es als „Etikettenschwindel“ bezeichnen. Sie sind der Meinung, dass es sich in Wirklichkeit nach wie vor um die klassischen Fächer Biologie, Informatik und Physik handele, da die Stunden nur von Lehrkräften mit der jeweiligen entsprechenden Fakultät unterrichtet werden dürfen und die Inhalte der Biologie und Physik mit den klassischen Inhalten der entsprechenden Fächer übereinstimmen. Daumer und Staudinger kritisieren insbesondere die angeblich so spezielle Verflechtung von Biologie bzw. Physik mit Informatik und können die gemeinsame Note für das Fach „Natur und Technik“ als Gesamtnote aus den Einzelnoten in Biologie bzw. Physik und den Einzelnoten in Informatik nicht nachvollziehen: „Informatikunterricht in der 6. Klasse erfüllt die wichtige Aufgabe, die unterschiedlichen Vorbildungen und Fähigkeiten der Schüler im Umgang mit moderner Software auf eine gemeinsame Grundlage zu bringen. Sinnvolle Anwendungen werden dadurch in allen Fächern ermöglicht. In den Biowissenschaften spielt zwar die Bioinformatik in Genomik, Proteomik und Diversitätsforschung eine wichtige Rolle. Die Brücken zum Biologieunterricht der 6. Klasse sind aber nicht viel breiter als zu anderen Fächern. [...] Ähnliches gilt, wenngleich etwas abgeschwächt, auch für Physik/Informatik in der 7. Jahrgangstufe.“

---

<sup>114</sup> Vgl. [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388)

<sup>115</sup> Vgl. [www.vbio.de/vbio/content/e25/e15139/e17499/e25887/filetitle/Stellungnahme5\\_6\\_ger.pdf](http://www.vbio.de/vbio/content/e25/e15139/e17499/e25887/filetitle/Stellungnahme5_6_ger.pdf)

## b) Kräfte in der Natur und Technik

Wie bereits erwähnt beschäftigen sich die Schüler der 7. Jahrgangsstufe im Schwerpunkt Physik mit den drei Themengebieten Elektrik, Mechanik und Optik. Diese Arbeit jedoch legt ihr alleiniges Augenmerk auf die Mechanik, in der schwerpunktmäßig der Kraftbegriff eingeführt werden soll. Dafür sind laut aktuellen Lehrplan circa 22 Stunden vorgesehen.<sup>116</sup> Diese „Zeitvorgabe“ soll jedoch lediglich als Orientierung und nicht als Obergrenze dienen, um die persönliche Schwerpunktsetzung der Lehrkraft nicht einzuschränken.

Zunächst lernen die Schüler bei einfachen Bewegungen die kinematischen Grundgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung kennen und können diese auf bekannte Beispiele aus ihrem Alltag anwenden. Dieser Einstieg in die Mechanik über die Dynamik, statt wie lange Zeit üblich über den Spezialfall der Statik, soll bei Schülern Interesse und Motivation erhöhen und so ein besseres qualitatives Grundverständnis erzeugen. Dabei ist im Lehrplan lediglich von der „Betrachtung einfacher Bewegungen“<sup>117</sup> die Rede, das heißt es wird nicht vorgeschrieben sich auf eine eindimensionale Betrachtungsweise zu beschränken und somit den Vektorcharakter dieser Größen zu verschweigen. In dieser Hinsicht lässt der Lehrplan also viel Spielraum für den Einstieg in die Mechanik.

Die Kraft wird infolgedessen, durch entsprechende Pfeile veranschaulicht, ganz im Sinne Newtons als Ursache von Bewegungsänderungen eingeführt und den Schülern anhand von Naturphänomenen sowie einfachen technischen Anwendungen näher gebracht. Mit dem Trägheitssatz wird ihnen verdeutlicht, dass die Masse eines Körpers seine Trägheit bestimmt. Durch einen Überblick über die Kraftarten gehen die Schüler näher auf Gravitations- und elektrische Kraft ein und werden auf die Existenz von Reibungs- und magnetischer Kraft aufmerksam gemacht. Daneben ist es wichtig, dass die Mädchen und Jungen verstehen, dass Kräfte immer wechselseitig zwischen verschiedenen Körpern auftreten und ihnen der Unterschied zum Kräftegleichgewicht bewusst gemacht wird, bei dem die Kräfte am selben Körper angreifen.

Wegen des kumulativen Aufbaus des Lehrplans ist es notwendig, bei der Bearbeitung eines Themas einen altersgemäßen Grad der Durchdringung – und keinen tieferen – anzustreben. So ist im Lehrplan der 9. Jahrgangsstufe zu lesen: „An weiterführenden Beispielen zum Zusammenhang zwischen Masse, Kraft und Beschleunigung gewinnen die Jugendlichen ein tieferes Verständnis des Kraftbegriffs.“<sup>118</sup> Demnach kann mit dem Lehrplaninhalt der 7. Klasse „Kraft als Produkt von Masse und Beschleunigung“<sup>119</sup> nicht gemeint sein, dass bereits zu diesem Zeitpunkt ein souveräner Umgang mit dem zweiten Newton'schen Gesetz erwartet wird. Stattdessen steht ein qualitatives Verständnis im Vordergrund, dass Kräfte Beschleunigungen

---

<sup>116</sup> Vgl. [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph07\\_g8/diverses/lehrplan07g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/diverses/lehrplan07g8_neu.htm)

<sup>117</sup> [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26388)

<sup>118</sup> [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438)

<sup>119</sup> [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph07\\_g8/diverses/lehrplan07g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/diverses/lehrplan07g8_neu.htm)

verursachen, die umso geringer sind, je größer die zu beschleunigende Masse ist. Während jedoch am neunjährigen Gymnasium die Newtonsche Mechanik ausschließlich am Ende der Sekundarstufe I unterrichtet wurde, ist sie infolge der Lehrplanänderungen im Zuge der G-8 Reformen nun in der 7. Jahrgangsstufe angesiedelt. Hierbei sei angemerkt, dass der erste Lehrplan für das bayerische achtjährige Gymnasium im Jahre 2004 erschien und noch ausführlicher war, als der aktuell gültige. Themen, wie etwa die Anwendungen des Trägheitssatzes im Straßenverkehr, die Masse als Ursache der Gravitationskraft, die elektrische Ladung als Ursache der elektrischen Kraft, die Kräftezerlegung oder das Gesetz von Hooke waren darin noch enthalten. Dies ist von daher relevant für nachfolgende Untersuchungen, da dieser ursprüngliche Lehrplan die Grundlage für die Erstellung der zugelassenen Schulbücher darstellte. Im Jahre 2008 wurden genannte Themen auf Drängen der Eltern, die sich über zu volle Lehrpläne beschwerten, aus dem Lehrplan der 7. Jahrgangsstufe gestrichen. Lediglich das Gesetz von Hooke blieb weiterhin – allerdings nur als fakultativer Inhalt – bestehen. Die Kräftezerlegung wurde in die 9. Jahrgangsstufe verlegt, mit der Beschränkung auf elementare Anwendungsbeispiele, wie etwa die schiefe Ebene.<sup>120</sup>

Dieser verfrühte Einstieg in die Mechanik über die kinematischen Grundgrößen führte beim Großteil den Lehrkräften zu positiven Rückmeldungen. Nichtsdestotrotz fehlt nach der Einschätzung Thalmaiers bei vielen Lehrerinnen und Lehrern noch das Verständnis, „dass didaktischer Aufbau, Methodik, Lernzielformulierungen und -kontrollen gegenüber dem Unterricht in einer höheren Jahrgangsstufe einer erheblichen Modifikation bedürfen.“<sup>121</sup>

### **c) Newton'sche Mechanik in der Sekundarstufe I**

Aufbauend auf den kinematischen Grundbegriffen der 7. Jahrgangsstufe beschäftigen sich die Schüler der 8. Klasse zum zweiten Mal bei Untersuchungen zum Thema „Mechanische Energie“ mit der Mechanik Newtons. In der 9. Jahrgangsstufe folgt die Analyse des zeitlichen Verlaufs von geradlinigen Bewegungen und den entsprechenden Darstellungen in Diagrammen. Die entstandenen Graphen für Bewegungsabläufe unter konstanter Krafteinwirkung zeigen dem Schüler auf, dass sich idealisierte Vorgänge durch entsprechende mathematische Bewegungsfunktionen beschreiben lassen und dienen der Herleitung der Newton'schen Gesetze.<sup>122</sup>

Darauf aufbauend hantieren die Schüler der 10. Jahrgangsstufe sehr ausführlich mit der „Einführung eines einfachen numerischen Verfahrens zur Lösung von Bewegungsgleichungen“<sup>123</sup>. Nachdem in der 9. Jahrgangsstufe für den Spezialfall einer konstanten Kraft eine analytische Lösungsmethode gefunden wurde, ermöglicht die numerische Behandlungsweise nun auch

---

<sup>120</sup> [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438)

<sup>121</sup> [www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=e08f92f8f8e13469a7df9fa1f74f05cd](http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=e08f92f8f8e13469a7df9fa1f74f05cd)

<sup>122</sup> Vgl. [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438)

<sup>123</sup> [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26439](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26439)

die mathematische Beschreibung realistischerer Bewegungsabläufe.<sup>124</sup> Dass diese Arbeitsweise aufgrund der neuartigen mathematischen Methoden für die Schüler zunächst „gewöhnungsbedürftig“<sup>125</sup> ist, sieht Thalmaier als Ursache für eine Umschichtung im Rahmen der letzten Lehrplanüberarbeitung. Diese sieht für die Newtonsche Mechanik in der 10. Klasse nun statt der bisherigen 26 Unterrichtsstunden, 32 als Richtgröße vor, während empfohlen wird, die „Astronomischen Weltbilder“ verkürzt in lediglich 8 Einheiten statt der bisherigen 10 abzuhandeln.<sup>126</sup>

---

<sup>124</sup> Vgl. [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26439](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26439)

<sup>125</sup> [www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=e08f92f8f8e13469a7df9fa1f74f05cd](http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=e08f92f8f8e13469a7df9fa1f74f05cd)

<sup>126</sup> Vgl. [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph10\\_g8/diverses/lehrplan10g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10_g8/diverses/lehrplan10g8_neu.htm)

## 4) VORBEMERKUNGEN

### a) Allgemeine Überlegungen

Vor der genauen Analyse möchte ich ein paar allgemeine Vorbemerkungen zu eher praktischen bzw. handwerklichen Kriterien abgeben. Dazu zählen neben Fragen nach Kosten, Handlichkeit, Gewicht, Seitenanzahl bzw. Haltbarkeit der Bücher auch Fragen nach Begleitmaterial, wie Lösungs- und Arbeitshefte, Zusatzsoftware, Lehrerhandbücher etc. Diese Parameter sollen zwar nicht als Analyse Kriterien in meine Bewertung mit einfließen, dürfen aber dennoch nicht unerwähnt bleiben. Deshalb schließe ich sie in eine kurze Einführung der zu untersuchenden Bücher mit ein.

Zum Schulbuchpreis lässt sich sagen, dass er mit einem Durchschnittsladenpreis von 24,62 Euro aller Schulbücher im Vergleich zu anderen Sach- und Fachbuchgruppen deutlich kostengünstiger ist. Lediglich die Belletristik mit ihren enormen Auflagen, ihrem winzigen Bild- und Grafikanteil und ihren niedrigen Produktionskosten ist billiger. Dabei muss man sich immer wieder - wie im Vorspann beschrieben - den kostspieligen Produktionsaufwand von Schulbüchern ins Gedächtnis rufen, angefangen von Design und Layout über das Marketing mit den Schulberatern bis hin zu den zum Teil kostenlosen Zusatzmaterialien. Des Weiteren lässt sich zu den Kostenbemessungen für Schulbücher anmerken, dass sie seit dem Jahr 2002 ausgesprochen stabil geblieben sind, wie Zahlen der Deutschen Nationalbibliographie deutlich aufzeigen: Demnach erhöhte sich der Durchschnittsladenpreis von Neuerscheinungen von 14,02 Euro in sieben Jahren um lediglich 84 Cent auf 14,86 Euro im Jahr 2008, was umgerechnet gerade einmal 6 % entspricht.<sup>127</sup> Das lässt sich unter anderem damit erklären, dass Schulbuchpreise der gesetzlichen Preisbindung gemäß § 2 BuchPrG unterliegen, nach denen sich die Verlage zu richten haben. Preisnachlässe dürfen demzufolge nur dann gestattet werden, wenn § 7 BuchPrG dies ausdrücklich zugesteht, wie beispielsweise bei Lehrern bzw. Referendaren zum „Zwecke der Prüfung einer Verwendung im Unterricht“<sup>128</sup>. So kann man als Lehrkraft Schulbücher und Arbeitshefte mit einer Prüfermäßigung von 20 % und als Referendar sogar von 50 % (zzgl. Versandkosten) direkt von den Verlagen beziehen, wenn die Einführung in dessen Schulform und in dessen Bundesland möglich ist. Für zusätzliche Materialien wie Unterrichtsmedien, Lehrmittel und Fachbücher, Lehrmaterialien und Lösungshefte können verallgemeinernd keine preislichen Erleichterungen gewährt werden. Auch ergänzende Software ist von dieser Regelung ausgeschlossen. Bei Sammelbestellungen von Schulbüchern, „die zu Eigentum der öffentlichen Hand, eines Beliehenen oder allgemein bildender Privatschulen, die den Status staatlicher Ersatzschulen besitzen, angeschafft wer-

---

<sup>127</sup> Vgl. [www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072254&a=1&knf=0&page=1](http://www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072254&a=1&knf=0&page=1)

<sup>128</sup> [www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lwid=225&paid=7&mvpa=6](http://www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lwid=225&paid=7&mvpa=6)

den“<sup>129</sup>, gewähren die Versandhäuser Preisnachlässe, die sich nach § 7 Abs. 3 BuchPrG (Buchpreisbindungsgesetz) an Auftragswert bzw. Stückzahl orientieren: Bei einer Bestellung im Gesamtwert von bis zu 25.000 € erstreckt sich der Preisabfall von 8 % bis zu 13 %, je nachdem ob mehr als zehn oder mehr als 500 Bände in Auftrag gegeben wurden. Übersteigt der Wert des Gesamtauftrages den Betrag 50.000 € lassen sich sogar Preisnachlässe von 15 % erzielen.

Bei Sammelbestellungen von Schulen, die im Rahmen eigener Budgets getätigt werden, gewähren die Verkäufer eine grundsätzliche Senkung um 12 %. Eine weitere Ausnahme stellen nach § 7 Abs. 2 BuchPrG Bibliotheken dar. Dabei unterscheidet man „wissenschaftliche Bibliotheken“<sup>130</sup>, welche für wissenschaftliche Arbeiter bestimmt sind und „kommunale Bibliotheken“<sup>131</sup>, wie z.B. Schülerbüchereien, die für jedermann offen sind. Ersteren muss bis zu 5 %, letzteren bis zu 10 % Verbilligung gewährt werden.<sup>132</sup>

Die eben genannten Regelungen sind nicht anzufechten und dürfen auch nicht durch irgendwelche Zusatzleistungen oder Prämien, wie etwa Barzahlungsnachlässe aufgestockt werden. Diese Preisbindung wird nicht nur durch unterlassene Preiserleichterungen verletzt, sondern auch indirekt über wirtschaftliche Zugeständnisse, die nicht explizit im BuchPrG erlaubt sind, wie beispielsweise Naturalrabatte oder Freixemplare.<sup>133</sup>

Beim Einband von Schulbüchern unterscheidet man zwischen sog. Hardcover- und Softcoverbüchern. Hardcoverbücher zeichnen sich, wie der Name schon sagt, durch einen harten Buchdeckel aus, der mit dem Buchrücken nicht fest verbunden ist, so dass beim Aufschlagen des Buches ein Hohlraum erkennbar ist. Der große Vorteil liegt in der längeren Haltbarkeit im Vergleich zu Softcoverbüchern, denn die undurchlässige Hülle, die zum Teil noch von einem zusätzlichen Schutzumschlag umgeben ist, schützt besser vor Beschädigungen und Verunreinigungen. Außerdem hinterlässt das Hardcover einen hochwertigeren Eindruck. Nachteile sind neben dem höher angesiedelten Preis der massive Einband, der nicht nur den Transport, sondern auch die Verformbarkeit und damit die Verwendbarkeit der Bücher erschwert. In der Flexibilität und insbesondere im geringeren Gewicht liegt der große Gewinn der Softcoverbücher, die fast immer von einem Schutzumschlag umgeben sind, um ihnen einen gewissen Grad an Resistenz und Stabilität zu verleihen, vor allem in Anbetracht der langen Nutzungsdauer von zum Teil über zehn Jahre.<sup>134</sup>

Angesichts des zunehmenden Gesundheitsbewusstseins in der Gesellschaft stehen Diskussionen über das Schulbuchgewicht mehr denn je im Fokus des Interesses und führen bisweilen schon zu parlamentarischen Forderungen durch Landtagsanfragen: „Das Gewicht von Schulranzen müsse herabgesetzt werden, der befüllte Ranzen wenigstens dem DIN-Richtwert von

<sup>129</sup> [www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6](http://www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6)

<sup>130</sup> [www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6](http://www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6)

<sup>131</sup> [www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6](http://www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6)

<sup>132</sup> Vgl. [www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6](http://www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvpa=6)

<sup>133</sup> Vgl. [www.schroedel.de/verlag/bilder/preisbindung\\_im\\_schulbuchgeschaef.pdf](http://www.schroedel.de/verlag/bilder/preisbindung_im_schulbuchgeschaef.pdf)

<sup>134</sup> Vgl. [www.freiberufler-portal.de/Hardcover-Softcover.php](http://www.freiberufler-portal.de/Hardcover-Softcover.php)

maximal 12 % des Körpergewichts entsprechen.“<sup>135</sup> Die Verlage sind deshalb gespalten, einerseits möglichst leichte Papiersorten und Einbände zu verwenden, andererseits jedoch Haltbarkeit und Funktionalität über längere Ausleihzeiten zu gewährleisten, durch Verwendung von Festeinbänden sowie reißfester Papiersorten, die von Grammaturn und Beschichtung so beschaffen sind, dass Grafiken nicht durchscheinen. Gegenüber einem Hardcovereinband kann durch ein Softcover ca. 15% Gewicht eingespart werden.<sup>136</sup> Eine weitere Möglichkeit, die Belastungen der Heranwachsenden zu begrenzen, wäre die Aufbewahrung der Schulbücher in Spinden, was jedoch ihre Verfügbarkeit deutlich einschränkt. Zu einer Reduktion würde eine Reorganisation der Fächerverteilung beitragen, beispielsweise durch zusätzliche Klassensätze, die ausschließlich für die Nutzung im Unterricht vorgesehen sind, was jedoch mit deutlichen Mehrkosten verbunden wäre, genau wie inhaltliche Aufteilung höhere Distributionskosten nach sich ziehen würde.<sup>137</sup>

Die „einfachste“ Möglichkeit, das Gewicht der Schulbücher zu reduzieren, wäre eine Verringerung des stofflichen Umfangs. In dieser Hinsicht gilt das richtige Verhältnis zwischen Seitenzahl des Lehrbuches und der Gesamtstundenzahl des Faches Physik als wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Unterrichtspraxis. Untersuchungen der Pädagogischen Hochschule Erfurt/Mühlhausen legten 1,5 Seiten als Richtlinie für die Bearbeitung in einer Unterrichtsstunde fest.<sup>138</sup> Von Nachteil ist hierbei, dass dieser Analyse keine entsprechende Seitenfläche zu Grunde liegt, diese jedoch das Verhältnis entscheidend beeinflusst. Der Lehrplan sieht für den Schwerpunkt Physik in der 7. Jahrgangsstufe 56 Unterrichtsstunden vor, wobei 22 auf die Mechanik entfallen.<sup>139</sup> Hochgerechnet bedeutet das, dass ein Physikschulbuch für diese Jahrgangsstufe insgesamt nicht mehr als 84 für den Unterricht relevante Seiten enthalten sollte, wobei die Mechanik in nicht mehr als 33 Seiten abgedeckt werden sollte. Das heißt aber auch, dass die Mechanik in Vergleich zur Elektrik und Optik mehr als ein Drittel der Seiten für sich beanspruchen sollte. Dass die Gesamtanzahl der Seiten meist deutlich diese Richtlinie 84 übersteigt, hat verschiedene Ursachen: Es lässt sich auf der einen Seite damit erklären, dass sowohl Einführungen zur Anwendung, Gliederungen und Register als auch Ausblicke über den Unterrichtsstoff hinaus, dazu führen, dass die Seitenzahlen deutlich anwachsen. Diese den Unterricht ergänzenden Teile des Buches sind besonders für die individuelle Arbeit mit dem Schulbuch unerlässlich und sollen zum Weiterlernen ermuntern. Des Weiteren muss man den Autoren zu Gute halten, dass sich diese Stofffülle in den Schulbüchern zum großen Teil auch auf die voll gepackten Lehrplanvorgaben zurückführen lässt, nach denen sie sich strengstens zu richten haben. Außerdem wird immer von ihnen verlangt, möglichst viele Aneignungen eines Themas darzubieten und mehr zu sein als eine Zusam-

---

<sup>135</sup> [www.schulbuchportal.de/CMS/file\\_view.aspx?id=10072699](http://www.schulbuchportal.de/CMS/file_view.aspx?id=10072699)

<sup>136</sup> Vgl. [www.schulbuchportal.de/CMS/file\\_view.aspx?id=10072699](http://www.schulbuchportal.de/CMS/file_view.aspx?id=10072699)

<sup>137</sup> Vgl. [www.cornelsen.de/fm/1272/Presse\\_Schulbuch\\_18\\_S.pdf](http://www.cornelsen.de/fm/1272/Presse_Schulbuch_18_S.pdf)

<sup>138</sup> Vgl. [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung de Physikunterrichts, 1981, S. 190]

<sup>139</sup> Vgl. [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph07\\_g8/diverses/lehrplan07g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/diverses/lehrplan07g8_neu.htm)

menstellung der wichtigsten Ergebnisse. Andererseits muss man die Verlage in der Hinsicht kritisieren, dass sie es oftmals nicht schaffen, die für den Schüler wesentlichen Aussagen auf den Punkt zu bringen und ihn stattdessen mit Informationen überhäufen. Aus diesen Gründen erscheint es hier sinnvoll für die nachfolgende vergleichende Analyse diese ermittelte, aber „unrealistische“ Gesamtseitenzahl von 84 außer Acht zu lassen und lediglich die für die Mechanik bestimmte Seitenzahl von 33 Seiten heranzuziehen, auch deshalb, weil auf dieses Teilgebiet das alleinige Augenmerk gelegt werden soll.

Stattdessen wird die Seitenfläche, die sich bei den zu untersuchenden Werken zum Teil auffällig unterscheidet, als wichtige Einflussgröße mit einbezogen. Der große Vorteil eines kleineren Formats liegt vor allem in der Handlichkeit, die das Lesen an sich einfacher macht. Dies zeigt sich zum Beispiel an der Konzeption von Reisetaschenbüchern, die sich so leichter verstauen lassen. Deshalb ist das Seitenformat neben Seitenanzahl und Bucheinband ein Parameter, der Gewicht und Transportfähigkeit der Bücher entscheidend beeinflusst und damit in Anbetracht der Vielfalt an Schulbüchern, die zum Unterricht mitgebracht werden müssen, eine nicht zu verachtende Rolle spielt.

Durch die stetige Zunahme des Gebrauchs „Neuer Medien“ wie CD-Rom, DVD, Internet, schulisches Intranet, Whiteboards etc. sind die Verlage aufgefordert neben üblicher Begleitliteratur wie Arbeits- und Lösungshefte, Lehrerhandbücher oder Materialien zu Lernstandserhebungen ausreichend digitale Zusatzangebote zum Lehrwerk anzubieten: Produkte für Whiteboards und Beamer, Übungssoftware oder auch digitale Unterrichtsplaner, die Lehrkräften die Unterrichtsvorbereitungen erleichtern. Daneben bieten die einzelnen Verlage Internetauftritte an, die meist wöchentlich neue didaktisch aufbereitete Arbeitsblätter, insbesondere zu gegenwärtigen Themen und zum Teil abgestimmt auf ihre Lehrwerke, präsentieren. Beispielsweise der Cornelsenverlag liefert so genannte Web-Units, sprich internetbasierte Unterrichtseinheiten, die passend zum Lehrwerk in den Unterricht integriert werden können.<sup>140</sup> Die Verlage versuchen auf diese Weise die verloren gegangene Aktualität aufgrund der äußerst langen Nutzungsdauer der Schulbücher auszugleichen und den Lehrerinnen und Lehrern wie auch den Schülerinnen und Schülern die Chance zu geben, einen modernen Unterricht basierend auf dem Schulbuch mitzugestalten.

## **b) Vorstellung der Werke**

Nun sollen die sechs zu untersuchenden Schulbücher für die 7. Klasse Gymnasium in Bayern kurz vorgestellt werden und dabei auch auf eben genannte praktische Kriterien eingegangen werden. Fünf Werke sind für das Fach „Natur und Technik“ in der 7. Jahrgangsstufe nachweislich im „Verzeichnis der zum Gebrauch an bayerischen Schulen zugelassenen Schulbücher“ aufgeführt<sup>141</sup> und erfüllen somit die strengen Richtschnüre des „Kriterienkatalogs zur

---

<sup>140</sup> Vgl. [www.cornelsen.de/fm/1272/Presse\\_Schulbuch\\_18\\_S.pdf](http://www.cornelsen.de/fm/1272/Presse_Schulbuch_18_S.pdf)

<sup>141</sup> Vgl. [www.km.bayern.de/imperia/md/content/pdf/lernmittel/gym.pdf](http://www.km.bayern.de/imperia/md/content/pdf/lernmittel/gym.pdf)

Begutachtung von Lernmittel“<sup>142</sup>. Das sechste Werk wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes zum Mechanikunterricht der 7. Jahrgangsstufe erstellt und befindet sich derzeit noch in der Probezeit, hat also noch keine gültige Zulassungsnummer.



Als Erstes ist dabei das 2005, „passgenau zum neuen G-8 Lehrplan“<sup>143</sup> vom Klettverlag approbierte Buch „Impulse Natur und Technik: Schwerpunkt Physik, Jahrgangsstufe 7, Bayern“ zu erwähnen, das in dieser Arbeit lediglich „Impulse“ genannt wird.<sup>144</sup> Das 128-seitige Hardcoverwerk wurde auf Basis der Ausgabe Physik Mittelstufe bzw. Impulse Physik 1 sowie weiteren Regionalausgaben von insgesamt neun Autorinnen und Autoren überarbeitet und ist über den Klett Verlag zu einem Preis von 19,50 € erhältlich.<sup>145</sup> Dazu fällt eine Pauschale für Porto und Verpackung innerhalb der BRD von 2,50 € an, die jedoch ab einem Online Bestellwert von 50 € nicht zu entrichten ist.<sup>146</sup> Es zählt trotz des harten Einbands mit einer Masse von circa 454 Gramm zu den „Leichtgewichten“, was sich insbesondere durch die geringe Seitenzahl erklären lässt.

Die Mechanik umfasst 33 Seiten und entspricht dabei genau der Zahl, die als Richtlinie für eine ausgeglichene, aber nicht überbelastende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch bestimmt wurde. Einziger Kritikpunkt in dieser Hinsicht ist, dass auf die Optik 43 Seiten abfallen, was in Anbetracht der 16 Stunden, die im Lehrplan für dieses Themengebiet vorgesehen sind, eindeutig zu umfangreich ist.<sup>147</sup> Das Werk weist im Vergleich zu den anderen Büchern die größte Seitenfläche auf (ca. 517cm<sup>2</sup>), was die Tatsache etwas relativiert, dass es „Impulse“ als einziges der zugelassenen Schulbücher gelingt, den Richtwert von 33 Seiten für die Mechanik einzuhalten, während andere mit kleineren Seitenflächen deutlich davon abweichen.

Passend zu diesem Werk verkauft der Verlag eine CD-ROM mit entsprechenden Lösungen der Aufgaben, sowie seit neuestem einen kompletten Lehrerband plus CD-ROM für die Jahrgangsstufen 7-10.<sup>148</sup> Daneben befindet sich eine Sammlung von Arbeitsblättern für den Anfangsunterricht der 5. bis 7. Jahrgangsstufe im Angebot. Diese enthält nicht nur Kopiervorlagen, die auf der beiliegenden CD-ROM editierbar sind, sondern einen kompletten Lernzirkel zur Einführung und Übung der Inhalte.<sup>149</sup> Zusätzlich präsentiert der Klett-Verlag mit „Impulse Physik Multimedial 1“ ein Softwareprogramm für die Klassen 5-8, mit dem komplexe und

<sup>142</sup> [www.km.bayern.de/imperia/md/content/lernmittel/13.pdf](http://www.km.bayern.de/imperia/md/content/lernmittel/13.pdf)

<sup>143</sup> [www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktdetail&isbn=3-12-772462-4](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktdetail&isbn=3-12-772462-4)

<sup>144</sup> Vgl. [Donat, Impulse, 2005]

<sup>145</sup> Vgl.

[www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktansicht&view=89802](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktansicht&view=89802)

<sup>146</sup> Vgl. [www.klett.de/sixcms/detail.php?template=titelfamilie\\_produktdetail\\_versandkosten](http://www.klett.de/sixcms/detail.php?template=titelfamilie_produktdetail_versandkosten)

<sup>147</sup> Vgl. [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph07\\_g8/diverses/lehrplan07g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/diverses/lehrplan07g8_neu.htm)

<sup>148</sup> Vgl. [www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktansicht&view=89805](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktansicht&view=89805)

<sup>149</sup> Vgl. [www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772414-4](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772414-4)

dynamische Vorgänge veranschaulicht und virtuell Experimente durchgeführt werden können. Mit insgesamt 45 Medienmodulen, sowie weiterführenden Infotexten und Frage/Aufgabenstellungen lässt sich die Software als „optimale Ergänzung zum Lehrwerk einsetzen“<sup>150</sup> und bietet außerdem noch verschiedene Einstiegsmöglichkeiten in die vier Themengebiete „Messen physikalischer Größen“, „Strahlenoptik I“, „Magnetismus“ und „Elektrizitätslehre I“.<sup>151</sup>



Das zweite Schulbuch, das näher unter die Lupe genommen wird, ist das ebenfalls 2005 erschienene Werk „Ikarus Natur und Technik Schwerpunkt: Physik 7“, das im Verlauf dieser Arbeit nur „Ikarus“ genannt wird.<sup>152</sup> Das 192 Seiten umfassende Werk des Oldenbourg Schulbuchverlages stammt aus der Feder von Hermann Deger, Christian Gleixner, Rainer Pippig und Roman Worg. Dabei knüpfen sie sehr stark an den Band „Ikarus 5 -Naturwissenschaftliches Arbeiten“ aus der 5. Jahrgangsstufe an. Es fallen Kosten von 19,45 € an, zzgl. Versandkosten von 2,95 € inklusive eines Schutzumschlages aus fester Folie.<sup>153</sup> Dieser verleiht dem Softcoverbuch die nötige Festigkeit und erklärt neben der hohen Seitenzahl - immerhin 64 Seiten mehr als „Impulse“ bei annähernd gleicher Seitenfläche - die verhältnismäßig hohe Masse von ungefähr 486 Gramm.

Die Mechanik wird in 73 Seiten behandelt, was in Relation zur Gesamtseitenzahl auch notwendig ist, denn immerhin soll die Mechanik mehr als ein Drittel dieser für sich beanspruchen. Jedoch übersteigt dieser Wert, absolut gesehen, die Richtlinie 33 um mehr als die doppelte Seitenanzahl und stellt damit nach obigen Untersuchungen keine gute Bedingung für eine erfolgreiche Unterrichtspraxis dar. Denn trotz der sehr umfassenden Texte zum Weiterlesen, die primär nicht für die Unterrichtsgemeinschaft, sondern für interessierte Schüler gedacht sind, gelingt es dem Oldenbourg Verlag deshalb aus einer ersten rein „äußeren“ Betrachtungsweise nicht, den Lehrplaninhalt so komprimiert darzustellen, dass er in der dafür vorgesehen Unterrichtszeit behandelt werden kann. Die genauen Gründe für die drastische Überschreitung des Richtwerts werden im Laufe der nachfolgenden Analyse deutlich herausgearbeitet. An der Seitenformatgröße kann es jedenfalls nicht liegen, denn diese liegt mit ca. 489 cm<sup>2</sup> eher im mittleren Bereich der analysierten Bücher.

Für Lehrer und Referendare hält der Oldenbourg Verlag zusätzlich die CD-ROM „Lehrermaterialien 7“ bereit, die nicht nur für die Aufgaben aus dem Schülerbuch exakte kopierfähige Musterlösungen liefert, sondern auch Arbeitsblätter als Kopiervorlagen und ergänzende Übungsaufgaben enthält.<sup>154</sup>

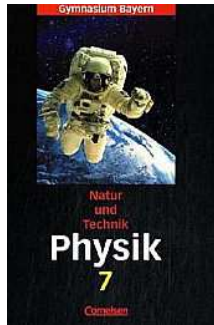
<sup>150</sup> [www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772321-0](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772321-0)

<sup>151</sup> Vgl. [www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772321-0](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772321-0)

<sup>152</sup> Vgl. [Deger, Ikarus, 2005]

<sup>153</sup> Vgl. [www.oldenbourg.de/osv/sekundarstufe/](http://www.oldenbourg.de/osv/sekundarstufe/)

<sup>154</sup> Vgl. [www.oldenbourg.de/osv/sekundarstufe/](http://www.oldenbourg.de/osv/sekundarstufe/)



Ein weiteres Lehrbuch, das genauer untersucht werden soll, ist der Band „Natur und Technik Physik 7“ vom Cornelsen Verlag<sup>155</sup>, verfasst von den Autoren Angela Fösel, Helmut Hilscher, Anton Thanner, Silvia Fitz und Friedrich Wörlen, das zu Arbeitszwecken mit „NuTC“ bezeichnet wird, wobei das „C“ für den Cornelsen Verlag stehen soll. Auch dieses 168-seitige Werk ist erstmals 2005, im Zuge der G-8-Reform, auf dem Markt erschienen und kostet 18,50 € zzgl. 2,95 € Versandkosten.<sup>156</sup> Es ist mit 545 Gramm das „Schwergewicht“ unter den zu betrachtenden Schulbüchern, was sich insbesondere durch das schwere Hardcover erklären lässt.

Die Mechanik wird in 50 Seiten behandelt, so dass der aus Untersuchungen ermittelte Richtwert von 33 Seiten noch einmal um die Hälfte übertroffen wird, so dass in diesem Teilgebiet nicht von einem ausgeglichenen Verhältnis von Seitenzahl und dafür vorgesehenen Unterrichtsstunden gesprochen werden kann. Noch deutlicher muss diesbezüglich die Kritik in den anderen beiden Themengebieten Optik und Elektrischer Strom ausfallen, denn diese werden auf etwa den gleichen Seitenanzahlen abgedeckt, bei laut Lehrplan deutlich weniger eingeplanten Unterrichtsstunden. Das Seitenformat ist von der Größe (ca. 494 cm<sup>2</sup>) im oberen Bereich der Analyse anzusiedeln, was die These der zu umfangreichen Stoffdarstellung noch verstärkt.

Passend zum Schulbuch gibt es das so genannte Werk „Handreichungen für den Unterricht“, das, wie der Name schon sagt, Kopiervorlagen für die Unterrichtsgestaltung sowie die Lösungen der entsprechenden Schulbuchaufgaben bietet.<sup>157</sup> Ergänzend offeriert der Verlag eine allgemeine 432-seitige Ausgabe „Natur und Technik Naturwissenschaften“ für die 7. und 8. Jahrgangsstufe, welche für den fächerübergreifenden Unterricht von Chemie, Physik und Biologie geeignet ist. Neben der Gesamtausgabe lassen sich auch nur einzelne Teilbände bestellen, jeweils mit entsprechenden Handreichungen für den Unterricht.<sup>158</sup> Als weiteres fächer- und jahrgangsstufenübergreifendes Werk präsentiert der Cornelsen Verlag für das 5. bis 10. Schuljahr das Praxisbuch „Lernkompetenz Mathematik, Biologie, Physik, Chemie“, das den Schülern hilft, sich neben der „Fantasiereichen Vermittlung von Methoden- und Lernkompetenz“<sup>159</sup> Lern und Arbeitstechniken anzutrainieren, um diese mit fachspezifischen Arbeitsweisen zu verbinden. Dieser Band enthält entsprechende Kopiervorlagen auf einer zusätzlichen CD-ROM.<sup>160</sup>

<sup>155</sup> Vgl. [Fösel, Natur und Technik, 2005]

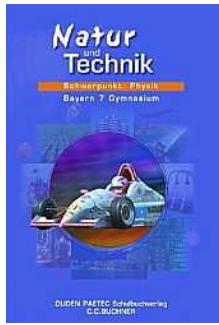
<sup>156</sup> Vgl. [www.cornelsen.de/lw08?bl\[0\]=BY&sf\[0\]=GY&uf\[0\]=PH&r=5366&ra=6021&bd=15297](http://www.cornelsen.de/lw08?bl[0]=BY&sf[0]=GY&uf[0]=PH&r=5366&ra=6021&bd=15297)

<sup>157</sup> Vgl. [www.cornelsen.de/lw08?bl\[0\]=BY&sf\[0\]=GY&uf\[0\]=PH&r=5366&ra=6021&maga\\_gru=konzept](http://www.cornelsen.de/lw08?bl[0]=BY&sf[0]=GY&uf[0]=PH&r=5366&ra=6021&maga_gru=konzept)

<sup>158</sup> Vgl. [www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.3.2.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1](http://www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.3.2.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1)

<sup>159</sup> [www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1](http://www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1)

<sup>160</sup> Vgl. [www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1](http://www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1)



Das vierte Schulbuch, das im Rahmen dieser Analyse durchleuchtet wird, ist das Werk „Natur und Technik Schwerpunkt: Physik Bayern 7 Gymnasium“<sup>161</sup>, eine Koproduktion des DUDEN-PAETEC Schulbuchverlages in Berlin und des C.C. Buchners Verlages in Bamberg. Es wurde herausgegeben und verfasst von Lothar Meyer und Gerd-Dietrich Schmidt, wobei die beiden von Barbara Gau als weitere Autorin unterstützt wurden. Im Verlauf dieser Arbeit wird das Werk mit „NuTDP“ abgekürzt, wobei DP den DUDEN-PAETEC Verlag repräsentiert, um es insbesondere vom ähnlich klingenden Werk des Cornelsen Verlages abzugrenzen. Das ebenfalls 2005 approbierte Band umfasst 160 Seiten und ist für 18,95 € bestellbar, wobei zu betonen ist, dass der DUDEN-PAETEC Verlag für Bestellungen aus dem Online-Shop keine zusätzlichen Versandkosten verlangt.<sup>162</sup>

Aufgrund seines Softcovereinbandes und der deutlich geringeren Seitenformatgröße (ca. 408 cm<sup>2</sup>) ist das Werk mit circa 350 Gramm das Leichteste und Handlichste von allen.

Die Mechanik wird auf 43 Seiten behandelt, was ein erkennbar ausgeglicheneres Verhältnis von Seitenzahlen und vorgesehenen Unterrichtsstunden ergibt als bei „NuTC“<sup>163</sup> bzw. „Ikarus“, auch in Anbetracht der deutlich geringeren Seitenflächen. Auffällig ist, dass die Optik mit 56 Seiten, vor allem in Relation zur Mechanik deutlich zu umfassend dargestellt wird.

Exklusiv für Lehrerinnen und Lehrer wird eine zusätzliche Ausgabe als lose Blattsammlung und Kopiervorlagen zu den entsprechenden Gebieten bereitgestellt. Jedoch nicht nur zu diesem Titel, sondern auch sonst steht den Lehrkräften bzw. Lehrkraftanwärtinnen ein kompletter Materialbereich zum kostenfreien Herunterladen zur Verfügung mit entsprechenden Arbeitsblätter, Kopiervorlagen, Stoffverteilungsplänen etc.<sup>163</sup> Auch den Schülern werden weitere Werke, wie beispielsweise „Physik Grundwissen Sekundarstufe I“<sup>164</sup> oder der Band „Physik“ aus der Reihe „Duden SMS-Schnell-Merk-System“<sup>165</sup> jahrgangsübergreifend angeboten. Im Vergleich zu den Lehrern besitzen sie keinen Downloadbereich, der ausschließlich für sie bestimmt ist, können sich jedoch über den Bereich „Zusatzmaterial“, der aber noch am Anfang seiner Entstehung ist, Materialien wie z.B. Software und Projekte gratis herunterladen.<sup>166</sup>

Man erkennt deutlich, dass der DUDEN-PAETEC Verlag bei seinem enormen Zusatzangebot für Schüler der 7. Jahrgangsstufe sehr auf das Basiswissen in Physik über die komplette Sekundarstufe I abzielt, während der C.C. Buchner Verlag mit einem geringeren Angebot an Begleitliteratur sich eher am Fach „Natur und Technik“ orientiert.<sup>167</sup> Das Werk „Natur und Technik Allgemeine Ausgabe“ für den fächerübergreifenden Projektunterricht ist ein Beispiel

<sup>161</sup> Vgl. [Meyer, Natur und Technik 7, 2005]

<sup>162</sup> Vgl. [www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=33&menu=33&typeSet=sek](http://www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=33&menu=33&typeSet=sek)

<sup>163</sup> Vgl. [www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=33&menu=33&typeSet=sek](http://www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=33&menu=33&typeSet=sek)

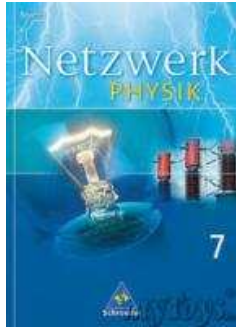
<sup>164</sup> Vgl. [www.shop.paetec.de/ec/jumpin.jsp?isbn=978-3-8355-3111-6](http://www.shop.paetec.de/ec/jumpin.jsp?isbn=978-3-8355-3111-6)

<sup>165</sup> Vgl. [www.duden.de/lernhilfen/detail.php?nid=72&isbn=978-3-411-72533-5](http://www.duden.de/lernhilfen/detail.php?nid=72&isbn=978-3-411-72533-5)

<sup>166</sup> Vgl. [www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=46&menu=3&typeSet=sek](http://www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=46&menu=3&typeSet=sek)

<sup>167</sup> Vgl. [www.ccbuchner.de/reihe-801\\_2\\_2/natur\\_und\\_technik.html#](http://www.ccbuchner.de/reihe-801_2_2/natur_und_technik.html#)

für ein Band, das sich lediglich über den C.C. Buchner Verlag bestellen lässt.<sup>168</sup> Auch der C.C. Buchner Verlag gewährt entsprechende Preisnachlässe auf Prüféxemplare und überreicht den Lehrkräften sogar ein kostenloses Handexemplar, wenn sie noch kein unberechnetes Prüfstück bezogen haben und das entsprechende Schulbuch im gleichen Jahr mit mindestens 15 Ausfertigungen eingeführt wurde.<sup>169</sup>



Ein weiteres Schulbuch, das analysiert wird und die fünf im „Verzeichnis der zum Gebrauch an bayerischen Schulen zugelassenen Schulbücher“ der 7. Jahrgangsstufe komplettiert, ist das Werk „Netzwerk Physik 7“ vom Schrodell Schulbuchverlag<sup>170</sup>, das im Verlauf dieser Arbeit nur kurz „Netzwerk“ genannt wird. Dieses 161-seitige Werk von Thomas Appel, Kerstin Sube, Gottfried Wolfermann und Martin Zieris erschien ebenfalls 2005 im Rahmen der Umstellung auf das 8-jährige Gymnasium und kostet

16,50 € zzgl. Versandkosten von 2,50 € für Priatkunden. Damit ist es, trotz Hardcovereinband und einer Masse von 468 Gramm das Preisgünstigste unter allen Vergleichswerken. Außerdem ist es das einzige der zugelassenen Werke, das nicht explizit „Natur und Technik“ im Namen enthält, sondern durch „Netzwerke“ „naturwissenschaftliche, fächerübergreifende Inhalte auf höchstem Niveau“<sup>171</sup> ausdrücken möchte. Inwieweit sich diese Einschätzung bestätigen lässt, werden wir im Verlauf dieser Arbeit sehen.

Die Mechanik wird in 45 Seiten dargestellt, so dass das Schulbuch zwar den Richtwert von 33 Seiten deutlich übersteigt, aber in Relation insbesondere zu den Werken „Ikarus“ oder „NuTC“ noch ein verhältnismäßig befriedigendes Seitenzahl-Unterrichtsstundenverhältnis vorweisen kann. Jedoch werden im Gegensatz zur Mechanik die Teilgebiete Optik bzw. Elektrischer Strom mit 54 bzw. 52 Seiten deutlich umfassender beschrieben, was im Widerspruch steht zu den für diese Teilgebiete im Lehrplan weniger prognostizierten Unterrichtsstunden. Das Seitenformat ist mit ca. 489cm<sup>2</sup> relativ großflächig.

Als Beilage bietet der Verlag als nützliche Zusatzsoftware bei der Unterrichtsvorbereitung ein Lösungsheft zu den entsprechenden Aufgaben des Schulbuches an<sup>172</sup> sowie nur für Lehrer die CD-ROM Reihe „Spektrum Physik- Rund um...“, die aus fünf Exemplaren besteht.<sup>173</sup> Auch der Schrodell Verlag erteilt wieder die üblichen Preisnachlässe für Lehrkräfte und Referendare auf Prüféxemplare für den persönlichen Gebrauch und liefert alle Schul- und Klassensatzbestellungen portofrei über die Löwen Medien Service GMBH mit entsprechenden Preisnachlässen aus dem oben beschriebenen Preisbindungsgesetz.<sup>174</sup>

<sup>168</sup> Vgl. [www.ccbuchner.de/titel-13109\\_2\\_2/nut\\_allgemeine\\_ausgabe\\_6615.html](http://www.ccbuchner.de/titel-13109_2_2/nut_allgemeine_ausgabe_6615.html)

<sup>169</sup> Vgl. [www.ccbuchner.de/preisnachlaesse\\_11\\_11.html](http://www.ccbuchner.de/preisnachlaesse_11_11.html)

<sup>170</sup> Vgl. [Appel, Netzwerk Physik, 2005]

<sup>171</sup> [www.schroedel.de/gymnasium/naturwissenschaften/natur\\_und\\_technik/physik\\_natur\\_und\\_technik.xtp?SID=aab5pc5BWCqAY](http://www.schroedel.de/gymnasium/naturwissenschaften/natur_und_technik/physik_natur_und_technik.xtp?SID=aab5pc5BWCqAY)

<sup>172</sup> Vgl. [www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPH04BY](http://www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPH04BY)

<sup>173</sup> Vgl. [www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPHSOFT](http://www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPHSOFT)

<sup>174</sup> Vgl. [www.schroedel.de/verlag/bestellinformation.xtp](http://www.schroedel.de/verlag/bestellinformation.xtp)



Die Liste der sechs zu untersuchenden Schulbücher wird durch das Werk „Einführung in die Mechanik“ vervollständigt<sup>175</sup>, das während dieser Arbeit mit „EidM“ abgekürzt wird. Dieses entstand im Rahmen eines Forschungsprojektes von Hartmut Wiesner, Martin Hopf, Thomas Wilhelm, Christine Waltner und Verena Tobias, die im Zuge des neuen bayerischen Gymnasiallehrplans, der bereits für die 7. Jahrgangsstufe einen ersten dynamischen Zugang zur Mechanik vorsieht, ein verändertes Unterrichtskonzept zur Einführung in die Mechanik

ausarbeiteten.

Dieser neuartige Ansatz ist geprägt von Walter Jung und dessen 1980 veröffentlichtes Werk „Mechanik für die Sekundarstufe I“, bei dem Wiesner aktiv mitarbeitete und dessen Ideen hinsichtlich der aktuellen Lehrplananforderungen überarbeitet wurden. Auch hinsichtlich des Einsatzes von „Neuen Medien“ setzt das veränderte Unterrichtskonzept zusätzliche neue Impulse, denn der Computer hilft dabei nicht nur bei Experimenten und entsprechenden Messungen, sondern findet auch Anwendung bei der Videoanalyse und bei Computersimulationen. Diese „mediale Modernisierung“<sup>176</sup> wurde stark von den Ergebnissen und Ideen von Wilhelm vorangetrieben.<sup>177</sup> Das Forschungsprojekt sah, genehmigt durch das Kultusministerium, vor, dass zunächst circa 20 Lehrkräfte ab Ostern 2008 herkömmlichen Mechanikunterricht durchführen sollten und dann ab Ostern 2009 nach dem neuartigen Ansatz unterrichteten. Um die Lehrer und Schüler diesbezüglich bestmöglich zu unterstützen, haben Wiesner, Hopf, Wilhelm gemeinsam mit Waltner ein darauf abgestimmtes Schulbuch konzipiert, das allen online zugänglich ist, aber auch in Eigenregie für die Nutzung im Unterricht gedruckt wurde.<sup>178</sup> Das bereits oben erwähnte 34-seitige Werk „Einführung in die Mechanik“ wurde im Sommer 2008 ausgearbeitet und im März bzw. November 2009 unter Mitarbeit von Frau Tobias überarbeitet. Es behandelt, wie der Name schon sagt, ausschließlich die Mechanik der 7. Jahrgangsstufe, andere Themengebiete wie die Elektrik bzw. Optik spielen keine Rolle.

Als Zusatzmaterial erhielt jeder Lehrer eine DVD mit einer Simulationssoftware zum senkrechten Stoß und der Videoanalysesoftware „measure Dynamics“ mit ausgearbeiteten Videoanalysen, um ihn beim Einstieg und Gebrauch im Unterricht zu unterstützen.

Dadurch, dass sich das Werk auf die Mechanik beschränkt und online kostenfrei heruntergeladen werden kann, lässt es sich hinsichtlich praktischer Kriterien wie Masse bzw. Kosten nicht mit den etablierten Schulbüchern vergleichen. Dazu trägt auch das DIN A5 Seitenformat bei, das nicht nur die schlankste Papierform aller zu betrachtenden Werke entstehen lässt - gleichauf mit „NuTDP“ - sondern insbesondere die deutlich kleinflächigste (ca. 314 cm<sup>2</sup>). Auch die äußere Aufmachung ohne jeglichen Einband unterstützt die These, dass nicht von

<sup>175</sup> Vgl. [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009]

<sup>176</sup> [Schüller, Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik, 2007, S. 38]

<sup>177</sup> Vgl. [Schüller, Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik, 2007, S. 37f]

<sup>178</sup> Vgl. [www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/veroeffentlichung/Mechanikbuch\\_Auflage3.pdf](http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/veroeffentlichung/Mechanikbuch_Auflage3.pdf)

einem kompakten Schulbuch für die 7. Jahrgangsstufe im Sinne der fünf zugelassenen Werke gesprochen werden kann. Stattdessen handelt es sich eher um einen Teil eines Schulbuches, sozusagen ein handliches Begleitheft zum Unterrichtskonzept der Mechanik, das die online verfügbaren Informationen für die Hand der Schüler zur Nutzung im Unterricht bündelt.

Positiv erwähnt werden muss neben der Handlichkeit, dass das Werk mit einer Seitenanzahl von 34 fast genau mit den 33 Seiten übereinstimmt, die als Richtwert für eine zufrieden stellende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch ermittelt wurden.

Inwieweit das sachstrukturell stark abgeänderte Werk mit den bereits anerkannten Schulbüchern mithalten kann bzw. diese übertrifft, wird sich im Verlauf dieser Arbeit herausstellen. Es wäre erfreulich, wenn die Erkenntnisse dieser Untersuchung dazu beitragen würden, diesen sich in der Probezeit befindenden Entwurf weiter zu verbessern!

### Vergleichende Analyse

	„Impulse“	„Ikarus“	„NuTC“	„NuTDP“	„Netzwerk“	„EidM“
<b>Verlag</b>	Klett	Oldenbourg	Cornelsen	DUDEN- PAETEC & C.C. Buchner	Schroedel	/
<b>Preis in €</b>	19,50	19,45	18,50	18,95	16,50	/
<b>Einband</b>	Hardcover	Softcover	Hardcover	Softcover	Hardcover	Softcover
<b>Seiten gesamt</b>	128	192	168	160	161	/
<b>Seiten Mechanik</b>	33	73	50	43	45	34
<b>Seitenfläche in cm<sup>2</sup></b>	517	489	494	408	489	314
<b>Gewicht in g</b>	454	486	545	350	468	/

**Tabelle 1 Übersicht der wichtigsten Ergebnisse zu praktischen bzw. handwerklichen Kriterien**

Beim Vergleich der Preise, die die Verlage für ihre Werke verlangen, stellt sich trotz hochwertigem Hardcovereinband „Netzwerk“ mit 16,50 € als mit Abstand günstigstes Werk heraus, während die anderen Bücher im Bereich zwischen 18,50 € („NuTC“) und 19,50 € („Impulse“) preislich sehr nahe beieinander liegen. Die Werke „Ikarus“ und „NuTDP“ gleichen ihren „minderwertigeren“ Softcovereinband dadurch aus, dass sie einen kostenlosen Schutzumschlag aus fester Folie mitliefern („Ikarus“) bzw. bei Bestellungen aus dem Online-Shop

keine zusätzlichen Versandkosten berechnen („NuTDP“). Der Einband ist neben der auffallend geringen Seitenfläche von lediglich  $408 \text{ cm}^2$  der Hauptgrund für den deutlichen Gewichtsunterschied zwischen dem „Leichtgewicht“ „NuTDP“ mit 350 Gramm und dem bei weitem schwersten Werk der Untersuchung „NuTC“ mit 545 Gramm.

Die Schulbücher zeigen gravierende Unterschiede in der Gesamtseitenzahl. Während „Impulse“ die drei Themenkomplexe Mechanik, Optik und Elektrizitätslehre auf insgesamt 128 Seiten abdeckt, benötigt „Ikarus“ dafür 192 Seiten, immerhin 64 Seiten mehr und kann dadurch den Gewichtsunterschied infolge des leichteren Einbands mehr als ausgleichen. Die übrigen drei Werke liegen mit circa 160 Seiten sehr dicht beieinander und treffen sich so in etwa im mittleren Bereich zwischen den „Abweichlern“. Betrachtet man nur die Mechanik, fällt auf, dass es lediglich den Werken „Impulse“ bzw. „EidM“ mit 33 bzw. 34 Seiten gelingt, die Richtzahl einzuhalten, die für eine ausgeglichene aber nicht überbelastende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch ermittelt wurde. Alle anderen Werke zeigen deutliche Abweichungen, insbesondere die 73 Seiten, die „Ikarus“ für die Mechanik anschlägt, stellen nach diesen Erkenntnissen keine gute Bedingung für eine erfolgreiche Unterrichtspraxis dar. Beim Buch „Impulse“ ist diese geringe Seitenanzahl unter anderem auf die unter allen Vergleichswerken größte Seitenfläche mit  $517 \text{ cm}^2$  zurückzuführen, während beim „EidM“ andere Gründe ausschlaggebend sind, denn das DIN-A5 Seitenformat ist mit einer Fläche von nur  $314 \text{ cm}^2$  das mit Abstand kleinste der Analyse.

## 5) GESTALTERISCHE ASPEKTE

Neben der inhaltlichen Seite ist die Frage nach den buchgestalterischen Aspekten für ein Schulbuch von großer Bedeutung. Gestaltung ist in dieser Hinsicht mehr als Dekoration und alles andere als zweitrangig. Die Struktur- oder Gestaltungselemente eines Lehrbuches sind zahlreich und bestimmen wesentlich die fachdidaktischen Möglichkeiten für die unterrichtliche und häusliche Nutzung. Schulbücher haben klare Aufträge. Am Anspruch optimaler Vermittlung von Lesekompetenz und Orientierungswissen und der Funktion als Arbeitsinstrument für Lehrer und Schüler muss Schulbuchgestaltung ebenso gemessen werden wie an Ergonomie und Ökonomie. In dieser Hinsicht muss auch berücksichtigt werden, dass Schülerinnen und Schüler heute vielfach durch andere Sehgewohnheiten geprägt sind, z. B. durch vorschulischen Umgang mit Bildschirmmedien: „Studien belegen, daß Bildschirmtexte ‚eingescannt‘ werden, also bildhaft erfaßt. Dieser Vorgang registriert (unwillkürlich) Formen, Farben, Proportionen, Raum und Stil. Das Lesen und Verstehen der Inhalte folgt ‚auf den zweiten Blick‘. Oder es unterbleibt ganz, wenn die Textgestaltung keinen Zugang schafft.“<sup>179</sup> Gestalterische Aspekte unabhängig von Inhalt und Didaktik zu betrachten, stellt sich als äußerst schwierig heraus, gerade angesichts der immer häufiger werdenden Forderungen nach zeitgemäßer, jugendlicher Gestaltung der Schulbücher. Für eine moderne Gestaltung sind nun mal moderne Inhalte unerlässlich. Jeder Schulbuchautor interpretiert dabei die Vorgaben auf seine eigene Weise, setzt also unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte und gestaltet unter dieser Prämisse sein Schulbuch. Die einen finden die Newtonsche Bewegungsgleichung so einfach, dass sie kurz ausfällt, die anderen so zentral, dass ihr viel Aufmerksamkeit gewidmet wird, was sich letztlich natürlich auch in der Gestaltung widerspiegelt.

### a) Allgemeines zu Strukturelementen

Unter ‚Struktur‘ versteht man allgemein „ das Muster von Systemelementen und ihrer Wirk-Beziehungen (Relationen) untereinander, also die Art und Weise, wie die Elemente eines Systems aufeinander bezogen sind (durch Beziehungen „verbunden“ sind), so dass ein System [...] funktioniert (entsteht und sich erhält).“<sup>180</sup> Bezogen auf das Schulbuch bezeichnet man diese Systemelemente als „Strukturelemente“, also charakteristische zusammengefügte Teile, die eine bestimmte Funktion übernehmen, von der Stoffdarstellung bis hin zu seiner methodisch-didaktischen Darstellung. „Jedes Buch braucht Struktur [...] Der Mensch schaut, bevor er liest.“<sup>181</sup> Gerade für ein Lehrbuch, das „verarbeitet“ wird und nicht wie ein Krimi von Anfang bis Ende durchgelesen wird, ist deshalb die formale Struktur keineswegs zweitrangig

---

<sup>179</sup> [www.k-buechner.de/beraten/werkstatt/schulbuch.html](http://www.k-buechner.de/beraten/werkstatt/schulbuch.html)

<sup>180</sup> [www.wikipedia.org/wiki/Struktur](http://www.wikipedia.org/wiki/Struktur)

<sup>181</sup> [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf)

gegenüber dem Inhalt. Die Naturwissenschaften bedienen sich dabei häufig beim organischen Aufbau dem so genannten EMED-Schema, d.h. Einleitung und Forschungsstand/Methoden und Material/Ergebnisse/Diskussion, was jedoch häufig „Wasserbauchgliederungen, deren Mittelbauch monströs aufgeschwollen ist“<sup>182</sup> zur Folge hat. Diese entstehen deshalb, weil die Ergebnisse im Vordergrund stehen und folglich zu diesen, am meisten gesagt werden muss. Unter anderem aus diesem Grund sollte eine Gliederung keinem bestimmten Schema genügen, stattdessen sollte diese neben einer inhaltlichen Orientierungshilfe beim Leser ein Gefühl für den Grundrhythmus, den eigenen „Atem“<sup>183</sup> des Buches, entwickeln. Die Struktur der Bücher ist dabei abhängig von ihrer Art. Während Sachbücher nicht zu detaillierte Aufbauten aufweisen und mehr auf die „organisierende Kraft einer Erzählung vertrauen“<sup>184</sup>, braucht ein Lehrbuch „maximale Strukturierung“, was neben Texten auch Bilder, eine gestaffelten Nummerierung der Überschriftenebenen, Fett- und Kursivdruck, Marginalien, Merksätze, Kästen, Verständnisfragen, Tabellen, Infografiken, Register etc. beinhaltet.<sup>185</sup> Dabei dürfen die Bücher nicht überstrukturiert werden, das heißt unter anderem, die Aufmerksamkeitsspanne des Lesers muss berücksichtigt und darf keinesfalls überstrapaziert werden, denn „Überdidaktisierung verkennt das Grundprinzip jeder Didaktik: ‚Mache deutlich was lehenswert ist und was nicht‘.“<sup>186</sup> Auch dürfen die Werke nicht mehr von dem einmal formal eingeschlagenen Weg abweichen, weil sie sonst ihr Gesicht verlieren: „Der Herausgeber legt die Architektur des Gebäudes fest, in dem sich die Leser später bewegen werden. Es dürfte einleuchten, dass nicht im vorletzten Zimmer die Deckenhöhe von 3,50 m auf 2,00 m heruntergezogen und der Parkettfußboden durch Beton ersetzt werden kann.“<sup>187</sup>

Merzyn führt die sieben wichtigsten Strukturelemente eines Physik-Schulbuches auf: Leiteinrichtungen, Text, Abbildungen, Tabellen, Merkstoff, Experimentierangaben und Aufgaben.<sup>188</sup> Er bezieht sich dabei auf Meyendorf, der die Strukturelemente deshalb so vielfältig aufgliedert, weil sie seiner Meinung nach zu einseitig im Unterricht genutzt werden: „Der Einsatz ist oft auf die Nutzung von Aufgaben und Abbildungen eingeengt. Die besonderen Potenzen der stoffdarstellenden Teile, insbesondere des Textes, für die wirksame Bildung und Erziehung der Schüler und für die Organisation der selbständigen Schülerarbeit bei geeigneten Unterrichtsthemen werden zu wenig genutzt. Nahezu überhaupt nicht wird mit Inhaltsverzeichnis oder Register der Bücher gearbeitet, so daß die informationssuchenden Tätigkeiten nicht erlernt werden und die bei dieser Arbeit erreichbaren Effekte intensiver Festigung von Wissen nicht auftreten können.“<sup>189</sup>

---

<sup>182</sup> [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf)

<sup>183</sup> [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf)

<sup>184</sup> [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf)

<sup>185</sup> Vgl. [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf)

<sup>186</sup> [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf)

<sup>187</sup> [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf)

<sup>188</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 17]

<sup>189</sup> [Meyendorf, Schulbücher wirksam für Bildung und Erziehung nutzen, 1976, S. 367]

Ludwig und Sittig haben sich mit dem Beitrag des Schulbuches für eine erziehungswirksame Gestaltung des Unterrichtsprozesses auseinandergesetzt. Dabei wird deutlich, dass diese Erziehungsabsichten sich aber nur durch die Tätigkeit der Schüler bei der Arbeit mit den unterschiedlichen Strukturelementen des Lehrbuches und den damit verbundenen diversen Anforderungen bei der Verarbeitung der Informationen des Buches verwirklichen lassen. Ausgehend von den Strukturelementen liefern sie Beispiele eines wirksamen Einsatzes des Lehrbuches und betonen dabei, dass diese im Unterricht nicht einseitig genutzt werden dürfen: „Diese komplexe Nutzung der Strukturelemente muss bewußt geplant werden, da vor allem durch den kombinierten Einsatz der Strukturelemente die erzieherischen Wirkungen bei der Arbeit mit dem Lehrbuch zum Tragen gebracht werden können.“<sup>190</sup>

Ähnliche Untersuchungen wurden von Wedekind durchgeführt, der in seiner Tätigkeit als Fachberater 126 Stunden in den Jahrgangsstufen 6-10 an 14 Schulen bei 34 Lehrern hospitierte und dabei neben dem grundsätzlichen Einsatz des Lehrbuches auch ein Augenmerk auf die Arbeit mit den verschiedenen Strukturelementen des Lehrbuches legte und dabei gravierende Unterschiede feststellte: Denn auf die Strukturelemente Text und Aufgaben kamen bereits 51 Prozent aller Lehrbucheinsätze, zusammengefasst zur Vermittlung und Festigung von Wissen. Es folgten mit 15 Prozent die Abbildungen und mit 10 Prozent die Experimente, während Beispiele, Tabellen und Merksätze nur vereinzelt genutzt wurden. Besonders auffallend ist, dass bei den insgesamt 91 Einsätzen des Lehrbuches, die Leiteinrichtungen überhaupt nicht verwendet wurden.<sup>191</sup>

Im Folgenden werden hauptsächlich unter formalen, das heißt „äußerlichen“ Gesichtspunkten alle Strukturelemente einzeln analysiert, wenn gleich eine radikale Trennung von inhaltlichen bzw. fachdidaktischen Aspekten unmöglich ist, da diese für den Aufbau bzw. die Gestaltung oftmals ausschlaggebend sind.

## **b) Strukturelement „Leiteinrichtungen“**

### **i) Allgemeine Überlegungen**

Das Strukturelement „Leiteinrichtungen“ umfasst, wie der Name schon sagt, alle Teile des Schulbuches, die den Schüler in irgendeiner Weise leiten, das heißt ihm nicht nur die Systematik des Inhalts näher bringen, sondern ihn vor allem auch bei der Handhabung und Orientierung einführen und unterstützen. Die auffälligsten Mittel in diesem Zusammenhang sind das Inhaltsverzeichnis am Anfang und das Register am Ende des Buches, während letzteres auch oft unter dem Namen „Stichwort- oder Schlagwortverzeichnis“ erscheint. Diese geben nicht nur einen ersten groben Überblick über die wichtigsten Themengebiete und Begriffe, sondern helfen dem Schüler auch, durch exakte Angabe der zugehörigen Seitenzahlen, mög-

---

<sup>190</sup> [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung de Physikunterrichts, 1981, S. 191]

<sup>191</sup> [ Wedekind, Zum Einsatz des Lehrbuches im Physikunterricht, 1973, S. 79 ]

lichst zeitsparend den passenden Buchabschnitt zu finden. Zum Teil kommt noch ein Glossar ergänzend hinzu, welches möglichst geordnet die bedeutungsvollsten Fachbegriffe kurz, treffend und einfach definiert bzw. ein Personenverzeichnis, welches aufzeigt, auf welchen Seiten berühmte Persönlichkeiten im Buch aufzusuchen sind. Daneben zählen zur Gruppe der Strukturelemente mit Leiteinrichtungscharakter auch grafische und andere Symbole, unterschiedliche Schriftarten, Einrahmungen, Druckfarben, Hervorhebungen, Überschriften etc., also Elemente, die die Arbeit mit dem Buch erleichtern:<sup>192</sup> „Alle Orientierungsmarken sorgen dafür, dass der Lernende nicht im Lesefluss untergeht, sondern seinen Standort innerhalb der Inhaltsorganisation immer wieder signalisiert bekommt.“<sup>193</sup> Jedoch ist in der Hinsicht Vorsicht geboten, weil der Gebrauch zu vieler und zu verschiedener Markierungen sehr schnell zu einer Überdidaktisierung führt, worunter letztlich insbesondere die Verarbeitungsqualität leidet. Dies liegt daran, dass einerseits die hervorhebende Wirkung der einzelnen typographischen Mittel deutlich abfällt und andererseits die nicht markierten Textabschnitte kaum mehr der Aufmerksamkeit des Lesers unterliegen.<sup>194</sup>

Insbesondere die Hervorhebung der Überschriften spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle, da sie den einzelnen Themengebieten vorangestellt sind und somit den ersten Eindruck der Schüler wesentlich beeinflussen. Auch aus diesem Grund sollten sie sprachlich so formuliert sein, dass sie weniger die Forderung nach sachlicher Richtigkeit erfüllen, sondern stattdessen mehr das Interesse, die Neugier und die Motivation der Schüler wecken.

In Anbetracht der Tatsache, dass die Schüler zum ersten Mal überhaupt mit Physik in Kontakt kommen, sollte das Werk diesbezüglich auch dahingehend „leitend“ wirken, dass es sich zunächst einmal mit der Frage beschäftigt, was Physik denn eigentlich ist und dabei auf einfache Beispiele aus dem Alltag zurückgreifen.

Mit Hilfe der Leiteinrichtungen soll der Schüler in die Technik der Arbeit mit dem Buch eingewiesen werden mit dem Ziel das Lehrbuch zu einer Quelle des eigenständigen Wissenserwerbs im Bildungs- und Erziehungsprozess werden zu lassen. Um dies erreichen zu können, muss das zweckmäßige Arbeiten mit diesem Strukturelement fortwährend und bewusst geübt werden, wobei sich die Leiteinrichtungen nicht selbstständig machen sollen, sondern „durch kontinuierliche Übungen soll eine systematische und rationelle Arbeitstechnik beim Umgang mit dem Buch herausgebildet werden.“<sup>195</sup> Die Untersuchungen von Ludwig und Sittig ergaben, dass selbst Schüler der 10. Jahrgangsstufe nicht in der Lage waren, einzelne Begriffe aufzusuchen und stattdessen im Buch ahnungslos umherblättern.<sup>196</sup> Dies lässt sich damit erklären, wie Untersuchungen von Wedekind<sup>197</sup> oder auch Lehrerbefragungen von Bauer und

---

<sup>192</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 23]

<sup>193</sup> [Ballstaedt, S. 13] zitiert nach[Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 26]

<sup>194</sup> Vgl. [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 26]

<sup>195</sup> [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung de Physikunterrichts, 1981, S. 194]

<sup>196</sup> [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung de Physikunterrichts, 1981, S. 194]

<sup>197</sup> Vgl. [Wedekind, Zum Einsatz des Lehrbuches im Physikunterricht, 1973, S. 79]

Godau<sup>198</sup> deutlich aufzeigen, dass die systematische Arbeit mit Leiteinrichtungen deutlich zu wenig Aufmerksamkeit im Unterricht findet. Ludwig und Sittig fordern deshalb die Aufgabenstellungen so zu formulieren, dass die Schüler entweder direkt aufgefordert werden oder indirekt dazu „gezwungen“ werden, die Leiteinrichtungen zur Problemlösung heranzuziehen: „Der Schüler muss erkennen, dass die Zugriffszeit zu den einzelnen Lehrbuchabschnitten durch die Nutzung derartiger Leiteinrichtungen nicht nur verringert, sondern auch häufig effektiver gestaltet werden kann.“<sup>199</sup> Denn nur wenn die Schüler ausreichend mit der Handhabung des Schulbuches befähigt werden, führt die Arbeit mit diesem zu Erfolgserlebnissen und nur durch diese wird eine positive Einstellung zum Schulbuch entwickelt und es wird als Quelle zur selbständigen Wissensaneignung anerkannt. Wie wichtig ein schnelles Auffinden bestimmter Themengebiete bzw. Stichwörter in Lehrbüchern ist, erkennen die Schüler spätestens an den Hochschulen, wo man ohne eigenständiges wissenschaftliches Arbeiten nicht mehr auskommt.

## ii) Analyse der Werke

### Leiteinrichtungen in „Impulse“

Das Werk „Impulse“ nimmt sich die Vorgaben zu Herzen und klärt gleich zu Beginn unter dem Aspekt „Hinweise zur Gliederung des Buches“ über entsprechende Gliederungskennzeichen im Buch auf und erleichtert auf diese Weise den Einstieg und die Orientierung. Es ordnet den Stoff in die Themenbereiche Optik, Elektrizitätslehre sowie Mechanik, denen charakteristische Farben zugeordnet werden und die einer strengen Systematik unterliegen. Jeweils in der entsprechenden Kennfarbe werden projektartige Fragestellungen den Kapiteln unter dem Gliederungspunkt „Vorhaben“ vorangestellt. Nach den Überschriften in entsprechender farblicher Unterlegung wird sehr genau unterteilt in folgende „funktionale Lernbausteine“<sup>200</sup>: „Versuche“, „Basiswissen“, „Werkstatt“, „Ergänzungen“ und „Abschluss mit Rückblick und Aufgaben“, jeweils gekennzeichnet durch eine „Fahne“ in der zugehörigen Kapitelfarbe.<sup>201</sup> In den Buchabschnitten werden die einzelnen Elemente wie auch wichtige Begriffe, sowohl durch veränderte Schrift bzw. Schriftgröße, als auch durch entsprechende Einrahmungen hervorgehoben. Dadurch ist das Buch nicht nur modern gestaltet und übersichtlich strukturiert, sondern macht die Schüler vor allem durch die deutliche Kennzeichnung auch darauf aufmerksam, ob es sich bei dem vorliegenden Stoffgebiet um Basiswissen oder ergänzendes Wissen handelt.

Neben dem übersichtlichen, zweiseitigen Inhalts- sowie ausführlichen Stichwortverzeichnis verfügt „Impulse“ über weitere Leiteinrichtungen: Dabei ist zum einen ein physikalisches

---

<sup>198</sup> Vgl. [Bauer, Zum Einsatz des Lehrbuches im Physikunterricht, 1977, S. 139]

<sup>199</sup> [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung des Physikunterrichts, 1981, S. 195]

<sup>200</sup> Vgl. [www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktdetail&isbn=3-12-772462-4](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktdetail&isbn=3-12-772462-4)

<sup>201</sup> Siehe „Impulse“ Seite 3

Fachwortregister Deutsch-Englisch hervorzuheben, das den Schülern unter Verwendung von Beispielen die wichtigsten Begriffe des Buches ins Englische übersetzt. Dies zeigt, dass das Werk sich darum bemüht, aktuelle Forderungen nach bilingualem Unterricht zu erfüllen. Zudem verwendet „Impulse“ als einziges der sechs untersuchten Werke ein vom Stichwortverzeichnis getrenntes Personenverzeichnis, wodurch die Suche nach bestimmten Persönlichkeiten zeitlich verkürzt wird.<sup>202</sup>

Auch die angesichts der Fremdartigkeit so wichtige Einstiegsfrage „Physik-Was ist das eigentlich?“ beantwortet „Impulse“ unter Zuhilfenahme des Naturphänomens „Gewitter“ und macht so dem einzelnen Schüler deutlich: „Wenn du mit offenen Augen durch die Welt gehst, kannst du viele interessante Erscheinungen beobachten.“<sup>203</sup>

Einziges Kritikpunkt sind die Überschriften, wie beispielsweise „Kräfte“ oder „Die Beschleunigung“, die ideenlos und „kraftlos“ sind und damit eher weniger in das sonst so moderne und frische Gesamtkonzept passen.

### **Leiteinrichtungen in „Ikarus“**

Im auffallenden Gegenteil dazu gelingt es dem Werk „Ikarus“ durch die schon beinahe spielerische Art der Formulierung der Überschriften, die Neugierde der Schüler zu wecken. Während beispielsweise „Impulse“ einfach von „Wechselwirkung von Kräften“ spricht, heißt es im Ikarus „Wie du mir, so ich dir“.<sup>204</sup> Außerdem ist lobenswert, dass diese farblich und in einer deutlich größeren Schriftgröße gegenüber dem restlichen Fließtext hervorgehoben werden. Auch die Frage, was Physik denn eigentlich ist, wird nicht einfach nur gestellt, sondern es wird schon in der Überschrift von „Physik - ein Blick in die Spielregeln der Natur“ gesprochen. Dabei greift das Werk weniger auf Beispiele aus dem Alltag zurück, sondern geht bereits bei der Einstiegsfrage auf die Tätigkeiten einer Physikerin bzw. eines Physikers ein.

Das einseitige und zwispaltig angeordnete Inhaltsverzeichnis hingegen zeigt, neben der Tatsache, dass es nicht ausführlich genug ist, weitere Mängel auf und trägt deshalb wenig zur schnellen Orientierung des Lesers bei: Auffallend ist insbesondere, dass es weder inhaltlich noch durch äußere Gestaltungsmerkmale, wie etwa verschiedene Farben oder Schriftarten, die drei großen Themenkomplexe unterscheidet. Die einzelnen Kapitel werden sowohl von der Nummerierung als auch von der Strukturierung untereinander aufgelistet, ohne stufenweise Einrückung von Unterüberschriften. Lediglich die zu den einfallsreich gewählten Überschriften gehörenden physikalischen Fachbegriffe werden, ohne genaue Angabe von Seitenzahlen, unterhalb der Titel aufgezählt.<sup>205</sup>

Als weitere Leiteinrichtungen neben Inhalts- und Stichwortverzeichnis, greift „Ikarus“ auf ein Vorwort zurück, in dem die Schüler direkt angesprochen werden. Sie werden in diesem nicht

---

<sup>202</sup> Siehe „Impulse“ Seite 127

<sup>203</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 5]

<sup>204</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 3

<sup>205</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 3

nur auf den „neuen Schwerpunkt“<sup>206</sup> Physik hingewiesen, sondern erhalten auch Hinweise zur Arbeit mit dem Buch. Einerseits schafft die direkte Anrede eine sehr persönliche Atmosphäre, andererseits fallen die so wichtigen Gebrauchshinweise, beispielsweise im Vergleich zur ausgeprägten Einführungsseite im „Impulse“ nicht direkt ins Auge, auch deshalb nicht, weil sie weder farblich oder auf andere Weise hervorgehoben werden.

In den einzelnen Themengebieten gelingt es dem Werk „Ikarus“ nicht, eine übersichtliche Struktur aufzubauen: Die Kapitel werden aneinandergereiht, es fehlen jegliche Rahmenlinien, die nicht nur die übergeordneten Themenkomplexe voneinander abgrenzen, sondern auch die einzelnen Strukturelemente. Wichtige Begriffe werden versucht durch Kursivdruck hervorzuheben, fallen aber keineswegs so ins Auge des Betrachtes wie die noch zusätzlich fettgedruckten Schlagwörter im „Impulse“, da auch Schriftart und Schriftgröße nicht verändert wurden.

Verschiedene Farben werden zwar ausreichend in den einzelnen Kapiteln verwendet und lassen das Werk farbenfroh erscheinen, sind jedoch zu zahlreich und willkürlich gewählt, repräsentieren also die einzelnen Strukturelemente bzw. Themengebiete nicht entsprechend, da weder im Vorwort noch im Inhaltsverzeichnis auf sie hingewiesen wird.

Großes Augenmerk wird auf die Verwendung von Symbolen gelegt, die im Vorspann erklärt werden und durch die beispielsweise das Basiswissen vom Wissen, das über den Unterrichtsstoff hinausgeht, getrennt wird. Jedoch sind diese Zeichen nicht nur sehr klein, sondern auch schwer zu trennen, wie beispielsweise das Symbol für „Vorsicht Gefahr“ und das Zeichen für „Achtung!“ und brauchen deshalb sicherlich eine gewisse Eingewöhnungsphase.<sup>207</sup>

### **Leiteinrichtungen in „NuTC“**

Das Werk „NuTC“ verzichtet wie auch „Impulse“ auf den Einsatz von Symbolen und liefert analog zu diesem zunächst allgemeine Hinweise zum Umgang mit dem neuen Physikbuch. Dafür werden auf einer Doppelseite die einzelnen Lernbausteine ausführlich vorgestellt und versucht durch eine jugendliche Sprache aufzupeppen, wie beispielsweise das Element „Experimente“ durch die Aufforderung „Probier’s mal!“ oder durch einen „Check up“ am Ende des Kapitels.<sup>208</sup> Jedoch werden die einzelnen Strukturelemente unsystematisch und nicht in der Reihenfolge eingeführt, wie sie in den einzelnen Kapiteln aufeinander folgen, so dass insbesondere für Schüler der 7. Jahrgangsstufe ein „leitender“ Einstieg erschwert wird. In den einzelnen Kapiteln werden die jeweiligen Lernbausteine deutlicher und strukturierter voneinander abgetrennt als beispielsweise im „Ikarus“, durch charakteristische Farben, entsprechende Schattierungen, verschiedene individuelle Schriftarten und Schriftgrößen, was augenscheinlich die Handhabung und Orientierung erleichtert. Diese Hervorhebungen, insbesondere die farblichen Trennungen werden jedoch sowohl auf der Einführungsseite als auch im zweiseitigen Inhaltsverzeichnis nicht ausreichend gewürdigt.

---

<sup>206</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 4]

<sup>207</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 2

<sup>208</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 1-2

Die Übersicht trennt zwar inhaltlich in die drei großen physikalischen Themenkomplexe, schafft aber durch die einfarbige, einspaltige Aufmachung keine auffällige gestalterische Aufteilung. Auch die Überschriften sind sachlich und knapp formuliert und wirken so keineswegs motivierend auf die Schüler. Unterüberschriften werden zwar, beispielsweise im Vergleich zum „Ikarus“, mit entsprechenden Seitenzahlen versehen, könnten aber noch deutlicher durch entsprechende Einrückungen bzw. geringere Schriftgrößen von den größeren Überschriften abgegrenzt werden. Auf die so wichtige Einstiegsfrage, was Physik denn eigentlich ist bzw. womit sie sich beschäftigt, wird überhaupt nicht eingegangen.

### **Leiteinrichtungen in „NuTDP“**

Das Inhaltsverzeichnis des „NuTDP“ dagegen erstreckt sich über fünf Seiten und liefert dem Leser vorbildlich gestuft in übergeordnete Themengebiete, Überschriften und Unterüberschriften einen detaillierten Überblick über die einzelnen Stoffgebiete. Auch die farbenfrohe Gestaltung mit Fotos aus den zugehörigen Themengebieten trägt zur positiven Erscheinung bei. Lediglich die Themenkomplexe Optik, Elektrizitätslehre und Mechanik müssten deutlicher hervorgehoben werden, was daraus ersichtlich wird, dass sie in geringerer Schriftgröße dargestellt werden als die Kapitelüberschriften.

Besonders zu erwähnen ist, dass das Werk der so wichtigen Einstiegsfrage nach dem Wesen der Physik ein extra Kapitel „Die Naturwissenschaft Physik“ über 14 Seiten widmet, indem sowohl auf die Frage „Physik - was ist das?“ gründlich eingegangen wird, als auch die „Arbeitsweisen in der Physik“ ausführlich dargestellt werden.<sup>209</sup> Es hebt sich in dieser Hinsicht deutlich von den bisher untersuchten Werken ab, die sich entweder mit einer der beiden Herangehensweisen zum Thema „Physik“ beschäftigt haben, wie etwa „Impulse“ oder „Ikarus“, oder diese so immens bedeutsame Heranführung total außer Acht lassen, wie das im „NuTC“ der Fall ist.

Beim erstmaligen Aufschlagen überzeugt das Werk auch durch seine übrigen Leiteinrichtungen. Auf einer Doppelseite werden sehr übersichtlich „Tipps zum Buch“<sup>210</sup> gegeben und dabei die mit entsprechenden Symbolen versehenen Lernelemente des Werkes erklärt. Jedoch stellt man bei genauerem Hinsehen fest, dass diese Symbole nicht nur deutlich zu klein sind, sondern sich auch farblich nicht voneinander unterscheiden. Dies hat zur Folge, dass der Leser sie auf den ersten Blick in den Buchabschnitten leicht übersieht bzw. sie sich nicht so einfach unterscheiden lassen. Aus diesem Grund tragen sie wenig zur Orientierungshilfe bei. Die einzelnen Strukturelemente, die auf der Anfangsseite noch so deutlich voneinander getrennt werden, lassen sich in den einzelnen Kapiteln kaum mehr unterscheiden. Der Leser erkennt dadurch auf den ersten Blick nicht, ob es sich um Basiswissen oder ergänzendes Wissen handelt. Dazu tragen neben den kaum zu unterscheidenden Symbolen die einheitliche Schriftgröße, die geringen farblichen Hervorhebungen, sowie der Verzicht auf Einrahmungen bei. Wäh-

---

<sup>209</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 3-7

<sup>210</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 1-2

rend die Einstiegsseiten zu den einzelnen Kapiteln noch in charakteristischen Kennfarben unterlegt sind und sich als einzige Bausteine deutlich vom Rest unterscheiden, treten diese Kennfarben im weiteren Verlauf des Kapitels nicht mehr auf.

### **Leiteinrichtungen in „Netzwerk“**

Das Werk „Netzwerk“ überzeugt durch ein sehr ausführliches Inhaltsverzeichnis, in dem über drei Seiten zweiseitig angeordnet die drei Themenkomplexe sowie die einzelnen Kapitel- und deren Unterüberschriften deutlich durch Schriftgröße und -dicke voneinander abgegrenzt werden. Kleine Kritikpunkte, beispielsweise in Relation zum Inhaltsverzeichnis des „NuTDP“, sind die fehlende Abstufung sowie die einfarbige Darstellung der drei „großen“ Themengebiete Optik, Elektrizitätslehre und Mechanik, so dass das Inhaltsverzeichnis zwar sehr übersichtlich ist, aber von der Gestaltung her wenig motivierend auf die Schüler einwirkt. Auch die knappen und sachlichen Überschriften tragen dazu ihren Teil bei und hätten gewiss freier und „peppiger“ ausfallen können, auch in Anbetracht der Tatsache, dass die Unterüberschriften fachlich korrekt und detailliert die einzelnen „Stundenthemen“ erfassen.<sup>211</sup>

Hinweise bzw. Tipps zum Gebrauch des Buches spielen in Relation zum ausführlichen Inhaltsverzeichnis nahezu keine Rolle. Auf sie wird weder durch eine Überschrift hingewiesen, noch werden die einzelnen Strukturelemente detailliert vorgestellt, sondern lediglich auf weniger als einer halben Seite abgehandelt.<sup>212</sup> In den einzelnen Kapiteln jedoch werden sie deutlich in ihren jeweiligen Kennfarben angekündigt. „Netzwerke“ schafft insgesamt nicht nur durch farbliche Unterlegungen und dauernd wechselnde Schriftgrößen und -farben, sondern insbesondere auch durch den auffällig häufigen Gebrauch von Einrahmungen einen gegliederten Aufbau der einzelnen Kapitel, der die Arbeit mit dem Buch wesentlich erleichtert. Während die Vergleichswerke durch Freiräume und Ränder den Stoff abgrenzen, spart „Netzwerke“ durch die Umrandungen diese augenscheinlich ein. Dies hat zum Nachteil, dass die Seiten mit Informationen überladen wirken, insbesondere beim Element „Pinnwand“ hinterlassen die verschiedenen Artikel einen ungeordneten schon fast „chaotischen“ Eindruck. Dies kann aber auch als Ziel des Autors interpretiert werden, denn der Name „Pinnwand“ kommt ja nicht von ungefähr.

Positiv zu erwähnen sind die tabellarischen Übersichten der wichtigsten Begriffe samt zugehörigen Seitenzahlen jeweils auf der letzten Seite der übergeordneten Themengebiete. Jedoch fallen diese Zusammenstellungen deutlich zu klein aus und werden außerdem gemeinsam mit abschließenden Aufgabensammlungen unter dem Aspekt „Prüfe dein Wissen“ zusammengefasst, was letztlich dazu führt, dass sie nicht deutlich genug hervorgehoben werden.

Auch auf die Frage „Physik - was ist das?“ wird ausreichend eingegangen und dabei unter Vorstellung der einzelnen Teilgebiete der Physik anhand von Beispielen gezeigt, dass Physik

---

<sup>211</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 3-5

<sup>212</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 2

überall ist.<sup>213</sup> Diese Herangehensweise ist deshalb sehr gelungen, weil die Schüler zunächst allgemein sehen, welche übergeordneten Themenkomplexe die Physik umfasst, während sie dann im Inhaltsverzeichnis unmittelbar nachschlagen können, welche von denen in dieser Jahrgangsstufe auf sie zukommt, beginnend mit der Optik auf der nächsten Seite.

Negativ anzumerken ist, dass das Werk über kein Personenverzeichnis verfügt, weder separat, wie beispielsweise im „Impulse“, noch eingearbeitet ins Stichwortverzeichnis zu einem Register, wie in den anderen Werken.

### **Leiteinrichtungen in „EidM“**

Das Werk „EidM“ enthält nur sehr wenige Strukturelemente mit Leiteinrichtungscharakter, was sich zum Teil damit erklären lässt, dass nur ein Ausschnitt eines kompletten Schulbuches, nämlich die Mechanik, dargestellt wird. Beispielsweise die Frage, was Physik denn eigentlich ist, spielt natürlich zu Beginn des Schuljahres eine Rolle, sollte aber bei der Einführung der Mechanik ausreichend besprochen sein. Nichtsdestotrotz sollte das Werk - eventuell in einem Vorwort - den Schülern durch Hinweise bzw. Tipps die Arbeit erleichtern. Auch ein Stichwort bzw. Personenverzeichnis liegt nicht vor und würde sicherlich einen gewissen Teil dazu beitragen.

Ein Inhaltsverzeichnis, das sich durch die Überarbeitung sehr verbessert hat, klärt nun zwar ausführlich über die Stoffgebiete des Werkes auf, zeigt aber immer noch keinen einheitlichen Aufbau: Zu gewissen Überschriften werden Unterpunkte aufgeführt, zu anderen wiederum nicht. Auch sind manche Überschriften knapp und sachlich gewählt, wie zum Beispiel „Kraftarten“, während andere als offene Fragen spannend wirken sollen, wie beispielsweise „Wie schnell? Wohin?“. Die Gestaltung ist zwar vor allem durch die Abstufung strukturiert, könnte jedoch die Überschriften noch deutlicher von den Unterpunkten abstecken, beispielsweise durch eine andere Schriftgröße bzw. -art oder durch den Gebrauch von Farben.<sup>214</sup>

Auch in den einzelnen Kapiteln werden die einzelnen Elemente nicht entscheidend abgegrenzt, so dass den Schülern insbesondere nicht erkennbar deutlich gemacht wird, was Basiswissen und was ergänzendes Wissen ist. Lediglich die Aufgaben werden als eigenes Strukturelement ausgezeichnet. Auch Symbole finden einzig bei der Ankündigung von Versuchen Verwendung, wobei das vorangestellte „V“ auch hier nicht außerordentlich ins Auge fällt, geschweige denn besonders einfallsreich ist. Positiv zu erwähnen ist, dass wichtige Begriffe fett geschrieben werden, sowie wichtige Passagen eingerahmt und farblich unterlegt werden. Auch die Einstiegsseite zum Thema Mechanik mit der Überschrift „Flanke – Kopfball – Tor“, sowie dem passenden Foto von „Anna und Marie beim Kopfball“, ist toll gestaltet und soll die Mechanik zum Gesprächsthema der ganzen Klasse werden lassen. Denn durch die geschickte Wahl zweier Mädchen versucht das Werk neben den Jungs, die sich beim Thema „Fußball“ von Natur aus angesprochen fühlen, auch den weiblichen Teil der Klasse durch das ak-

---

<sup>213</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 6-7

<sup>214</sup> Siehe „EidM“ Seite 0

tuelle Thema „Frauenfußball“ zu erreichen und für die Mechanik zu begeistern. Auf diese Weise gelingt dem Werk eindrucksvoll ein erster Schritt, Mädchen besser in den Physikunterricht zu integrieren.<sup>215</sup>

### **Vergleichende Analyse**

Die untersuchten Werke zeigen beim Gebrauch von Strukturelementen mit Leiteinrichtungscharakter deutliche Unterschiede. Dabei zeichnet sich das Werk „Impulse“ neben den üblichen Leiteinrichtungen wie Inhaltsverzeichnis, Gebrauchshinweise, Stichwortverzeichnis, insbesondere durch ein separates Personenverzeichnis sowie ein physikalisches Fachwortregister Deutsch-Englisch aus. Vor allem letzteres zeigt das Bemühen um einen modernen, fächerübergreifenden mehrsprachigen Unterricht. Die anderen Werke weisen dahingehend zum Teil kleinere, aber auch größere Mängel auf. So klärt das Werk „Ikarus“ in Relation zu seiner sonstigen Ausführlichkeit lediglich äußerst knapp und im Vorwort versteckt über Hinweise zum Gebrauch des Werkes auf. Ähnlich verhält es sich im „Netzwerk“, das die einzelnen Lernbausteine zwar wenigstens in entsprechender Kennfarbe einführt, dafür aber noch nicht einmal eine halbe Seite veranschlagt, was eindeutig zu wenig ist, angesichts deren hervorgehobener Stellung in den einzelnen Kapiteln. Außerdem enthält das Werk kein Personenverzeichnis, weder separat wie im „Impulse“ noch eingefügt ins Stichwortverzeichnis, wie in den anderen vier zugelassenen Schulbüchern. Die mit Abstand größten Mängel beim Strukturelement Leiteinrichtungen weist das Werk „EidM“ auf, da es sowohl auf Vorwort bzw. Tipps zur Handhabung als auch auf Stichwort- bzw. Personenverzeichnis verzichtet. Lediglich ein Inhaltsverzeichnis liegt vor, das zwar sehr ausführlich ist, aber kleinere gestalterische Makel offenbart, beispielsweise beim Wechsel zwischen sachlich formulierten und als offene spannende Fragen formulierte Überschriften bzw. bei der uneinheitlichen Verwendung von Unterpunkten. Insgesamt setzen die Schulbücher bei der Gestaltung der Inhaltsverzeichnisse deutlich unterschiedliche Schwerpunkte: Das Werk „NuTDP“ weitet es, detailliert abgestuft in übergeordnete Themenkomplexe, Überschriften und Unterpunkte samt entsprechender Seitenangaben auf fünf Seiten aus und legt dabei durch passende Fotos sowie farbliche Unterlegungen auch großen Wert auf die Gestaltung. Auch „NuTC“ bzw. „Netzwerk“ klären sehr ausführlich über die einzelnen Stoffgebiete auf, zeigen aber Defizite durch die einfarbige Gestaltung bzw. die fehlende Abstufung. Auf Schüler ansprechende Formulierungen der Überschriften dagegen wird kein Wert gelegt. Ganz im Gegensatz dazu setzt das Werk „Ikarus“ hier seine Hauptakzente und überzeugt durch eine einfallsreiche Wortwahl, abgestimmt auf Schüler der 7. Jahrgangsstufe, wohingegen die äußere Struktur mit deutlicher Trennung der übergeordneten Themenkomplexe sowie abgestufter Unterpunkte augenscheinlich vernachlässigt wird.

Daneben greifen die Werke auch auf unterschiedliche Art und Weise in den einzelnen Kapiteln auf Strukturelemente mit Leiteinrichtungscharakter zurück, insbesondere um die einzel-

---

<sup>215</sup> Siehe „EidM“ Seite 1

nen Lernbereiche deutlich voneinander abzugrenzen und so eine wichtige Orientierungshilfe zu geben. Während „Ikarus“ und „NuTDP“ in dieser Hinsicht hauptsächlich auf Symbole zurückgreifen, die leider in beiden Werken großteils sehr klein und kaum unterscheidbar sind und im „NuTDP“ zudem noch einfarbig, verzichten die restlichen Werke auf deren Gebrauch. Stattdessen muss betont werden, dass es den Werken „Impulse“ und „Netzwerk“ erkennbarer gelingt, durch den vermehrten Gebrauch von Kennfarben bzw. farbliche Unterlegungen, verschiedenen Schriftgrößen und -arten aber vor allem durch viele Einrahmungen die spezifischen Elemente abzugrenzen.

Ein weiterer wichtiger Punkt angesichts der Tatsache, dass die Schüler zum ersten Mal überhaupt mit Physik in Kontakt kommen, stellt die Einstiegsfrage „Was ist Physik denn eigentlich“, deren Beantwortung als „leitende“ Unterstützung obligatorischer Bestandteil des Schulbuches der 7. Jahrgangsstufe sein sollte. Bis auf die Werke „NuTC“ und „EidM“ wird dieser Aspekt von allen untersuchten Schulbüchern aufgegriffen. Jedoch zeigen sich auch diesbezüglich unterschiedliche Herangehensweisen: Während „NuTDP“ der Einführung von Physik als Naturwissenschaft ein 14-seitiges Kapitel widmet und dabei sowohl ausführlich auf Anwendungsbeispiele aus Natur, Technik und Alltag eingeht als auch die „Arbeitsweisen in der Physik“ gründlich vorstellt, decken die Werke „Impulse“ und „Ikarus“ dies auf nur zwei Seiten ab und beschränken sich dabei hauptsächlich auf eine Sichtweise. Das Werk „Netzwerk“ legt zum Einstieg sein Hauptaugenmerk auf einen Gesamtüberblick über die einzelnen Teilgebiete der Physik und schafft so einen fließenden Übergang beginnend mit dem Themenkomplex Optik.

Negativ zu erwähnen bleibt, dass es unter allen untersuchungsrelevanten Schulbüchern lediglich dem Werk „Ikarus“ gelingt, wie von Meyendorf bzw. Ludwig und Sittig gefordert, die Schüler vor Herausforderungen zu stellen, die den gezielten oder zumindest indirekten Einsatz von Leiteinrichtungen erfordern. Unter dem Strukturelement „Aufgaben“ wird in diesem Zusammenhang die Ausnahmestellung des Werkes „Ikarus“ noch einmal hervorgehoben.

## c) Strukturelement „Text“

### i) Allgemeine Überlegungen

Texte sind die dominierenden Strukturelemente, da sie den gesamten Unterrichtsstoff umfangreich darstellen, so dass der Schüler mit ihnen die wesentlichen physikalischen Zusammenhänge, Arbeitsweisen etc. erlernt. Insbesondere liefern sie den „gedanklichen Weg“<sup>216</sup> von Beobachtungen und Phänomenen hin zu exakt formulierten Gesetzen und Theorien der Physik, sowie deren Anwendungen und Folgerungen.<sup>217</sup>

---

<sup>216</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 26]

<sup>217</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 17]

Meyendorf betont diesbezüglich, dass nicht immer mehr die Arbeit mit Texten durch so genannte unmittelbare Erfahrungen ersetzt werden darf: „Ein wesentlicher Teil gesellschaftlicher Kommunikation vollzieht sich über die Schriftsprache. Der sichere Umgang mit ihr ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Tätigkeit der künftigen Werktätigen in der Gesellschaft [...]“<sup>218</sup> Dabei zeigen Analysen, dass Lesekompetenz und dabei insbesondere das vertiefte Verarbeiten des Inhalts sowie das Aufsuchen von Informationen, Schüler vor erhebliche Schwierigkeiten stellt.<sup>219</sup> Das lässt sich vermutlich damit erklären, dass Buchtexte, beispielsweise im Vergleich zum Experiment oder Unterrichtsgespräch, eine „zweifach verschlüsselte Wirklichkeit“<sup>220</sup> darstellen, denn die versprachlichte Realität offenbart sich zusätzlich als geschriebener Text und erst die sprachliche Verarbeitung schließt den Lernprozess in sich ab. Ludwig und Sittig zeigen anhand eines Beispiels auf, wie der erziehungswirksame Einsatz von Lehrbuchtexten aussehen könnte.<sup>221</sup> Analog betont Kircher in diesem Zusammenhang die Wiedergabe der Hauptgedanken des Textes in eigenen Worten und gibt hilfreiche Tätigkeiten bzw. Tipps für eine verbesserte Informationsaufnahme, wie beispielsweise das Markieren schwer verständlicher Passagen etc.<sup>222</sup>

Auch bei dem Strukturelement „Text“ spielen Gestaltgesetze eine wesentliche Rolle, denn gute Gestaltung fördert Akzeptanz, Konzentration und Lesermotivation. Typografie ist die „Lehre von der Form und Gestaltung der Schriftzeichen, im weiteren Sinne auch der Gestaltung von Druckwerken durch Texte“<sup>223</sup>, schließt also Druckbild, Leserlichkeit und Lesbarkeit gleichermaßen mit ein. Das Druckbild bzw. Layout umfasst alle Gesichtspunkte der Seitengestaltung, das heißt Entwurf, Planung sowie Positionierung aller Seitenelemente, also eher die Makroelemente der Textgestaltung. Die Leserlichkeit hingegen bezieht sich vielmehr auf Aspekte der Leseleichtigkeit, sprich inwieweit Buchstaben bzw. Wörter ohne größere Anstrengung gelesen werden können, während Lesbarkeit mehr den sprachlichen Schwierigkeitsgrad des Textes erfasst.<sup>224</sup> Die Vereinigung dieser Betrachtungsweisen bestimmt die sprachliche Gestaltung: „Ein Text soll also gut lesbar und zugleich im ästhetischen Sinne schön sein. Bei der Gestaltung sollten die didaktisch-informationelle Absicht und das künstlerisch-gestalterische Anliegen parallel verfolgt werden, denn ein schlecht lesbarer Text wird kaum ästhetisch schön sein, wie umgekehrt ein schön gestaltetes Dokument, nicht nur schön, sondern auch gut lesbar sein sollte.“<sup>225</sup> Wie bereits im Vorspann erwähnt, gibt es zum Bereich der Sprachgestaltung und insbesondere zum Aspekt „Typografie“ sehr viel Literatur, wobei

---

<sup>218</sup> [Meyendorf, Schulbücher wirksam für Bildung und Erziehung nutzen, 1976, S. 365]

<sup>219</sup> Vgl. [Meyendorf, Schulbücher wirksam für Bildung und Erziehung nutzen, 1976, S. 365]

<sup>220</sup> [Hacker, Das Schulbuch, 1980, S. 7]

<sup>221</sup> Vgl. [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung de Physikunterrichts, 1981, S. 192]

<sup>222</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2001, S. 252]

<sup>223</sup> [www.janaszek.de/t/](http://www.janaszek.de/t/)

<sup>224</sup> Vgl.[Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 3 Anhang A1]

<sup>225</sup> <http://www.janaszek.de/t/>

hier insbesondere auf die Arbeiten von Feldner<sup>226</sup> und Gernet<sup>227</sup> Wert gelegt wird, die diesen Aspekt überaus deutlich beleuchten. Deshalb sollen, für diese Arbeit ausreichend, nur die wesentlichen Punkte skizziert werden: Die Typografie wird meist unterteilt in mikrotypografische Faktoren, die die Gestaltung von Feinheiten des Schriftsatzes, sprich der Buchstaben, anbelangen und in makrotypografische Faktoren, die die grobe Gesamtgestaltung, sprich das Druckbild betreffen und die Leser-Text-Interaktion verbessern sollen.<sup>228</sup> Mikrotypografische Faktoren sind etwa Buchstabentyp, -größe, -stärke, sowie deren Abstand, wobei sich hier herausgestellt hat, dass sich keine „optimalen Werte“ angeben lassen, weil sich Forschungsbelege in dieser Hinsicht uneinig sind. Es lässt sich aber als Konsens verallgemeinernd sagen, dass beispielsweise Kursivdruck als schlecht leserlich gilt und die generell am besten leserliche Schriftgröße zwischen Schriftgrad 8 und 11 liegt.

Auch der Buchstabenabstand sollte so gewählt werden, dass zwei Buchstaben nicht so weit voneinander entfernt sind, dass entschieden werden muss, ob es sich dabei um ein Wort oder um zwei Wörter handelt. Stehen die Buchstaben jedoch zu nahe zusammen, können sie miteinander verschmelzen, so dass "r" und "n" ein "m" zu sein scheinen. Aus diesem Grund richtet man sich nach der so genannten „Punzenbreite“ des Buchstaben „n“, d.h. nach dem Innenraum des Buchstabens.<sup>229</sup> Auch bei den makrotypografischen Faktoren, wie etwa Zeilenlänge oder Wort- und Zeilenabstand sind sich die „Experten“ nicht einig: Einerseits erfordern zu kurze Zeilen dauerndes Umspringen der Augen, andererseits erschweren zu lange Zeilen das Auffinden des Zeilenanfangs der nächsten Zeile, so dass man sich auf ein „Optimum“ im Bereich von 7 bis 10 cm geeinigt hat, was in etwa 55-60 Buchstaben pro Zeile inklusive Leerzeichen entspricht. Dies ist natürlich abhängig wiederum von der Schriftgröße sowie anderen Faktoren wie etwa Seitenformat bzw. Einbindung des Textes ins Gesamtlayout. Beim Wort- bzw. Zeilenabstand gilt als Faustregel, dass der Wortabstand kleiner sein soll als der Zeilenabstand.<sup>230</sup> Denn ist der Abstand der Worte zu groß, will das Auge unbeabsichtigt in die nächste Zeile abrutschen und muss vom Gehirn gebremst werden, weil das Weiterlesen scheinbar keinen Sinn ergibt. Der Wortabstand sollte sich deshalb proportional zum Buchstabenabstand verhalten, welcher sich nach dem Innenraum des „n“ richtet. Da dieser umso größer ist, je dünner die Schrift, sollten auch die Wortabstände bei dünnen Schriften größer sein als bei fetten.

Großen Einfluss auf den Charakter des Druckbildes haben auch die Seitenformate und dabei nicht nur die Größe, sondern vor allem die Blatt-Proportionen, das heißt das Verhältnis von Breite zu Höhe. Der Goldene Schnitt ist die bei Büchern am häufigsten vorkommende Proportion mit 1 zu 1,618 (=0,618), weil sie als ausgesprochen harmonisch angesehen wird und ein

---

<sup>226</sup> Vgl. [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996]

<sup>227</sup> Vgl. [Gernet, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern, 1994]

<sup>228</sup> Vgl. [Mrazek, 1979, S. 32] zitiert nach [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 31-32]

<sup>229</sup> Vgl. [www.janaszek.de/t/](http://www.janaszek.de/t/)

<sup>230</sup> Vgl. [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 31-32]

relativ schlankes Blatt entstehen lässt, das insbesondere bei längeren Fließtexten ein flüssiges Lesen erleichtert. Eine weitere Proportion, die sich aus dem Mittelalter bei der Buchgestaltung bewährt hat, ist 1 zu 1,5 (=0,666), wobei sich breitere Verhältnisgrößen vor allem bei der Darstellung von Bildern und damit insbesondere bei der Gestaltung von Schulbüchern anbieten. Die bekannteste Proportion sind die so genannten DIN- Formate, bei denen Breite und Höhe immer im Verhältnis von 1 zu  $\sqrt{2}$  (=0,707) stehen und die sich dadurch auszeichnen, dass bei Teilung oder Verdopplung das neue Blatt immer noch DIN- Format aufweist, was oftmals sehr praktisch ist.<sup>231</sup>

Bei der Sprachgestaltung von Lehrtexten spielt neben der Forderung nach Lesbarkeit die Verständlichkeit eine entscheidende Rolle, die auch die Leser-Text-Interaktion in die Betrachtung mit einbezieht: „Textverständlichkeit wird erst bei dem Bemühen um Verstehen aktiv und deshalb braucht man ein verständnisfähiges Subjekt als Referenz.“<sup>232</sup> Jedoch erfüllen die Mess- und Beobachtungsmethoden zur Verständlichkeit nicht in ausreichendem Maße die Gütekriterien von Tests, da sie auch andere Faktoren, wie Intelligenz, Merkfähigkeit, Vorwissen erfassen. Aus diesem Grund beruft man sich auf so genannte „Lesbarkeitsformeln“, die diese individuellen Voraussetzungen außer Acht lassen: „Ziel der Lesbarkeitsforschung ist es, Formeln zu entwickeln, mit deren Hilfe die Lesbarkeit bzw. Verständlichkeit eines Textes über dessen Ausprägungsgrad formaler, lexikalischer und syntaktischer Textmerkmale, wie z.B. Wortlänge und Worthäufigkeit bestimmt werden kann.“<sup>233</sup> Diese werden in der Praxis zwar als Kriterium für die Textverständlichkeit eingesetzt, jedoch gute Lesbarkeitswerte bedeuten nicht zwangsläufig, dass ein verständlicher Text vorliegt, denn es handelt sich lediglich um „objektive formal-stilistische Oberflächenmerkmale des Textes“<sup>234</sup>, die die inhaltliche Textstruktur nicht berücksichtigen. Dennoch konnte festgestellt werden, dass diese objektiven „äußerlichen“ Merkmale hohe Korrelationen sowohl mit inhaltlichen Merkmalen als auch mit der subjektiven Leser-Text-Interaktion aufweisen, so dass diese Lesbarkeitsformeln als gute Indikatoren für eine hohe Verständlichkeit des Textes dienen. Beispielsweise konnte nachgewiesen werden, dass die durchschnittliche Wortlänge mit der Anzahl wissenschaftlicher Fachbegriffe korreliert.<sup>235</sup> Als in der Praxis am einfachsten einsetzbare Lesbarkeitsformel erweist sich in diesem Zusammenhang die „4. neue Wiener Sachtextformel“, die die Schulstufe, die sich für die Verwendung eines Sachtextes empfiehlt, als Maß für die Schwierigkeit des Textes, folgendermaßen bestimmt:

$$\text{Schulstufe} = 0,2656 * SL + 0,2744 * MS - 1,6939$$
wobei die sprachlichen Textmerkmale SL (durchschnittliche Satzlänge in Wörtern) und MS (Prozentsatz der drei- und mehrsilbigen Wörter) als Voraussagevariable für die Zielvariable Schulstufe gebraucht werden. Diese For-

<sup>231</sup> Vgl. [www.janaszek.de/t/seitenformate.htm](http://www.janaszek.de/t/seitenformate.htm)

<sup>232</sup> [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 34]

<sup>233</sup> [Mandl, 1981, S. 4] zitiert nach [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 37]

<sup>234</sup> [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 34]

<sup>235</sup> Vgl. [Nestler 1976, S. 17] zitiert nach [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 40]

mel erreicht, trotz Reduktion auf nur zwei Faktoren, einen Korrelationskoeffizienten  $r = 0.9727$  mit einer vorab von einer durch Experten durchgeführten Zuordnung des Textes zu einer bestimmten Schulstufe.<sup>236</sup>

Als deutlich aufwendiger, aber auch exakter erweisen sich umfassende Verständlichkeitskonzepte, wie beispielsweise das von Langer, Schulz von Thun und Tausch entwickelte „Vier - Dimensionen – Modell“ nach dem die Verständlichkeit von Texten auf folgenden vier Merkmalskomplexen basiert, die sich empirisch aus einer Faktorenanalyse über die Korrelationen von Einschätzungen herauskristallisierten<sup>237</sup>:

- (1) Einfachheit (in der sprachlichen Formulierung): kurze, einfache Sätze; geläufige, anschauliche Ausdrücke
- (2) Gliederung – Ordnung (Übersichtlichkeit und richtige Reihenfolge der Textinhalte): äußere Ordnung durch Überschriften, Abschnitte, Hervorhebungen, etc.; innere Ordnung durch sinnvolle Aufeinanderfolge der Informationen, inhaltliche Gliederung von Vor- und Zwischenbemerkungen, etc.
- (3) Kürze – Prägnanz (in der Darstellung der Textinhalte): Knappheit; hohe Informationsdichte; keine leeren Phrasen
- (4) Zusätzliche Stimulanz (anregende Zusätze): interessante, spannende, abwechslungsreiche Darstellung durch Beispiele, Episoden, Humor, etc.

Auf die genaue Auswertung, Erfolge sowie Vor- und Nachteile des Konzepts<sup>238</sup> soll nicht näher eingegangen werden, da es für diese Analyse nicht herangezogen wird, auch aus dem Grund, weil es sich nicht nur auf die „äußerliche“ Sprachgestaltung beschränkt, sondern auch inhaltliche Aspekte mit einbezieht.

Stattdessen soll nachfolgende Analyse untersuchen, ob oben aufgeführte typografische Vorgaben weitestgehend eingehalten werden und dabei lediglich deutliche Auffälligkeiten angegeben werden. Zur Bestimmung der Schriftgröße wird ein Messschieber mit einer Genauigkeit von 0,05 mm verwendet. Für die „gröbere“ Messung des prozentualen Anteils der Seitenfläche, der durch Text erfüllt ist, reicht ein Geodreieck. Um vergleichbare Ergebnisse erzielen zu können, beschränkt sich die Analyse hierbei auf die Kapitel „Einführung der Kraft“ bzw. „Kraftwirkung“ und versuche in etwa gleich viele Seiten für die Untersuchung heranzuziehen. Dabei geht ausschließlich Fließtext in die Messung mit ein, Beschreibungen oder Erklärungen neben oder unterhalb von Abbildungen, die meist durch eine veränderte Schriftgröße bzw. –art auffallen, bleiben unberücksichtigt.

Des Weiteren soll überprüft werden, inwieweit die - sich allein auf formal-stilistische Oberflächenmerkmale beschränkende - Wiener Sachtextformel für ausgewählte Texte der 7. Jahrgangsstufe sich als gute Vorhersage der Lesbarkeit bzw. Verständlichkeit erweist. Dabei wird, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten in allen Werken das Kapitel „Be-

---

<sup>236</sup> Vgl. [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 42]

<sup>237</sup> Vgl. [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 51-52]

<sup>238</sup> Vgl. [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 52-53]

schleunigung“ für die Betrachtungen heranziehen. Um Missverständnisse vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, dass das Werk „EidM“ den Begriff „Beschleunigung“ nicht aufgreift und stattdessen von „Zusatzgeschwindigkeit“ spricht, so dass für die nachfolgende Untersuchung dieses Kapitel herangezogen wird. Überschriften, Formeln, mathematische Beziehungen sowie Symbole wurden hierbei außer Acht gelassen und es wurde Wert darauf gelegt weitestgehend zusammenhängende Texte auszuwerten. Es liegt eine tabellarische Darstellung als vergleichende Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse am Ende dieses Analysepunktes vor.

## ii) Analyse der Werke

### Text in „Impulse“

Wie in den Vorbemerkungen erläutert, gelingt es dem Werk „Impulse“ als einzigem der fünf zugelassenen Schulbücher, die Mechanik in 33 Seiten abzudecken, was genau der Zahl entspricht, die als Richtlinie für eine ausgeglichene, aber nicht überbelastende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch bestimmt wurde. Das Seitenformat ist mit einer Blatt-Proportion, das heißt einem Verhältnis von Breite zu Höhe von 19,5 cm zu 26,5 cm (= 0,753) nicht nur das größte, sondern insbesondere das breiteste Papierformat, ein Indiz für ein sehr textarmes, aber bildintensives Werk. Der Text ist zweispaltig mit einer Spaltbreite von 6,2 cm, so dass bei einer Gesamtbreite von 19,5 cm, nur 12,4 cm (64 %) der Seitenbreite für den Text in Anspruch genommen werden könnte. Berücksichtigt man die Ränder unten und oben und die dauernden Unterbrechungen des Textflusses durch Abbildungen, lässt sich abmessen, dass in etwa 41 % der 517 cm<sup>2</sup> großen Seitenflächen durch Text erfüllt sind.<sup>239</sup> Der linke Rand ist deutlich größer als der rechte Rand. Auch der untere Rand ist größer als obere Rand, was die beiden Spalten doch deutlich nach rechts oben verschiebt. Der mit 5,0 cm auffallend breite Rand auf der linken Seite macht das Werk zwar sehr übersichtlich, wird aber meist nur für die Darstellung der formalen Marginalien wie „Basiswissen“ etc. bzw. für größere Abbildungen oder Tabellen genutzt. Der Abstand zwischen den Spalten ist mit 0,6 cm dagegen sehr gering gewählt, so dass der Leser dazu verleitet wird in der gleichen Zeile weiter zu lesen, statt in die nächste Zeile zu wechseln. Diese Tatsache kombiniert mit der geringen Spaltbreite erschwert ein flüssiges Lesen des Textes in hohem Maße. Das Druckbild überzeugt, wie bereits oben ausgeführt durch „leitende“ Mittel wie Hervorhebungen, Einrahmungen sowie farbliche Unterlegungen. Die Schriftgröße ist mit 2,75 mm (entspricht etwa Schriftgrad 11 Times New Roman) die größte unter den sechs Werken. Die Anwendung der „Wiener Sachtextformel“ zur Lesbarkeit ergibt, dass die Texte von der Sprachschwierigkeit einer Klassenstufe von 8,6 entsprechen, also für Schüler der 7. Jahrgangsstufe zu schwer verständlich sind.<sup>240</sup> Hierbei sind insbesondere die 25,6 % drei- und mehrsilbrige Wörter auffallend hoch.

---

<sup>239</sup> Analysiert wurden im „Impulse“ Seiten 96-98

<sup>240</sup> Analysiert wurden im „Impulse“ Seiten 90-91

### **Text in „Ikarus“**

Das Werk „Ikarus“ beansprucht allein für die Mechanik 73 Seiten. Diese große Zahl – immerhin mehr als doppelt so viel wie im „Impulse“ – lässt sich zum Teil damit erklären, dass der für die selbstständige Arbeit der Schüler gedachte Bereich „Zum Weiterlesen“ sehr ausführlich ist und insbesondere auch sehr textintensiv. In dieser Hinsicht unterscheiden sich diese Abschnitte des Buches gravierend vom Rest.<sup>241</sup> Das Seitenformat nähert sich mit Proportionen von 18,8 cm zu 26,0 cm (= 0,723) dem relativ breiten DIN-Format.

Der Text ist zweispaltig bei Spaltbreiten von 7,2 cm, so dass bei einer Gesamtbreite von 18,8 cm immerhin 14,4 cm (77 %) der Seitenbreite für den Textkorpus genutzt werden könnten. Jedoch werden dem eigentlichen Basiswissen immer wieder Zusatzinformationen stichpunktartig dazwischengeschaltet bzw. angehängt. Diese sind sehr kurz, inhaltlich unabhängig und durch einen deutlichen Rand voneinander getrennt und lassen so keinen Lesefluss aufkommen. Sowohl linker und rechter Rand als auch unterer und oberer Rand sind jeweils in etwa gleich bemessen, so dass das Seitenformat sehr mittig und symmetrisch durch die beiden Spalten genutzt wird. Eine prozentuale Messung der Textnutzung ergibt, dass nur 20 % der gesamten Seitenfläche durch Text ausgefüllt wird.<sup>242</sup> Dieser Wert ist dahingehend verblüffend, dass immerhin 77 % der Zeile genutzt werden könnten. Zur Erklärung lässt sich folgendes sagen:

Erstens sind die Abbildungen nicht nur sehr zahlreich, sondern auch sehr großflächig und nehmen deshalb sehr viel Platz in Anspruch. Daneben sind die Erklärungen zu den Abbildungen, die nicht in die Messung eingehen, sehr ausführlich und in der gleichen Schriftgröße wie der Fließtext, also ebenfalls wenig platzsparend. Um sie dennoch von diesem zu unterscheiden, wird sehr viel Freiraum gelassen, so dass insgesamt gesehen eindeutig zu viel Fläche ungenutzt bleibt.<sup>243</sup> Der Zwischenraum der beiden Spalte fällt mit 0,8 cm auch in diesem Werk eher gering aus und erschwert den Lesefluss zusätzlich.

Im Druckbild werden zwar unterschiedliche Schriftgrößen, Farben und insbesondere symbolische Hervorhebungen verwendet, jedoch fehlt hier die eindeutige Zuordnung und Übersichtlichkeit. Die Schriftgröße des Grundlagentextes liegt mit 2,55 mm (entspricht etwa Schriftgrad 10,5 Times New Roman) im oberen Bereich der untersuchten Werke.

Die „Wiener Sachttextformel“ ergibt einen Lesbarkeitswert der Klassenstufe 7,1.<sup>244</sup> Dieses Ergebnis entspricht genau der Zielgruppe des Buches und lässt auf eine gute Verständlichkeit der Sprache schließen.

---

<sup>241</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seiten 120-122

<sup>242</sup> Analysiert wurden im „Ikarus“ Seiten 112-115

<sup>243</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seite 114

<sup>244</sup> Analysiert wurden im „Ikarus“ Seiten 101-102

### **Text in „NuTC“**

Das Werk „NuTC“ behandelt die Mechanik auf 50 Seiten. Das Seitenformat ist mit Proportionen von 19,0 cm zu 26,0 cm ( $= 0,731$ ) auch relativ breit. Die Textanordnung stellt sich als uneinheitlich heraus. Die Schrift im Gebiet „Grundlagen“ ist einspaltig bei Spaltbreiten von 10,3 cm (54 %), wobei insbesondere der 7 cm breite „äußere“ Seitenrand immer „textfrei“ bleibt. Dennoch zeichnet sich das Werk gerade auf diesen Seiten durch einen „kompakten“ Textblock aus, der nicht durch Abbildungen oder Tabellen unterbrochen wird, so dass ein auf diesen Seiten so wichtiger harmonischer Textfluss erzielt wird. Die prozentuale Messung Fließtext pro Seitenfläche ergibt, dass 44 % der 494 cm<sup>2</sup> großen Seitenflächen durch Text genutzt werden<sup>245</sup>, was dem Werk dahingehend den Spitzenwert in der Untersuchung einbringt und die subjektiven Beobachtungen empirisch belegt. Dagegen wird in den Versuchen bzw. Experimenten sowie im Bereich der Aufgaben, bei denen statt Lesefluss vermehrt Anschaulichkeit gefragt ist, der Text zweispaltig angeordnet. Die Spalten sind 7,3 cm breit, so dass 14,6 cm (ca.77 %) der 19 cm Seitenbreite in Anspruch genommen werden. Auch der äußerst geringe Abstand der Spalten von 0,5 cm, sowie der vermehrte Einsatz von Abbildungen, die nun auch zunehmend in den Textkorpus eingefügt sind, machen den Text deutlich „unleserlicher“ als noch im Bereich Grundlagen. Die Schriftgröße ist mit 2,55 mm (entspricht etwa Schriftgrad 10,5 Times New Roman) im oberen Bereich unserer Analyse angesiedelt. Die Anwendung der Lesbarkeitsformel ergibt einen Wert von 8,1<sup>246</sup>, so dass die Texte von der Sprachschwierigkeit als eine Jahrgangsstufe zu schwer angesehen werden müssen. Insbesondere der prozentuale Anteil drei- und mehrsilbriger Wörter fällt mit 24,6 % ausgesprochen hoch aus.

### **Text in „NuTDP“**

Das „NuTDP“ bespricht die Mechanik auf 43 Seiten, was sehr knapp ist, in Relation zu den Vergleichswerken, auch in Anbetracht der deutlich geringeren Seitenfläche von lediglich 408 cm<sup>2</sup>. Dies liegt aber auch größtenteils daran, dass wenig weiterführende Informationen, über den eigentlichen Unterrichtsstoff hinaus, angeboten werden. Die Blatt-Proportionen entsprechen mit 17,0 cm zu 24,0 cm ( $= 0,708$ ) dem DIN-Format, so dass man in Relation zu den deutlich breiteren Vergleichswerken von einer verhältnismäßig schlanken Blattformatierung sprechen kann. Die Schrift ist, trotz der geringen Breite von nur 17 cm, zweispaltig angeordnet mit einer Textbreite von 5,9 cm, so dass insgesamt 11,8 cm (69 %) für Text in Anspruch genommen werden könnten. Der dauernde Zeilenwechsel sowie der geringe Spaltabstand von nur 0,4 cm führen dazu, dass fließendes Lesen einerseits sehr schwierig ist und andererseits die Augen doch sehr belastet. Der 3,2 cm breite „äußere“ Rand ist doppelt so groß wie der Rand zur Buchmitte hin und wird hauptsächlich für Abbildungen verwendet, die nicht in die

---

<sup>245</sup> Analysiert wurden im „NuTC“ Seiten 130-132

<sup>246</sup> Analysiert wurden im „NuTC“ Seiten 120-121

schmale Textspalte passen bzw. für Zusatzinformationen in deutlich kleinerer Schriftgröße (nur 1,45 mm), die nur schwer lesbar sind. Auffallend sind die „kompakten“ Textblöcke, die zumeist durch Abbildungen oder Tabellen umrahmt, aber nur selten unterbrochen werden. Die im Vergleich zu den anderen Büchern extrem schmale Formatierung lässt zwar ein sehr textintensives Werk vermuten, was sich aber durch entsprechende Messung eines prozentualen Anteils von nur 36 % nicht in dem Maße bestätigen lässt.<sup>247</sup> Die vielen, zum Teil auch großflächigen Abbildungen sowie die textfreien Ränder sind mit Sicherheit die Hauptgründe für dieses Messergebnis. Die Schriftgröße ist mit 2,20 mm (entspricht etwa Schriftgrad 9 bis 10 Times New Roman) relativ zu den anderen Vergleichswerken sehr klein gewählt, aber angesichts der geringen Spaltbreite bzw. Zeilenlänge vertretbar, da sonst die Buchstabenanzahl pro Zeile eindeutig zu gering ausfällt.

Das Buch besitzt ein ziemlich ausgewogenes Sprachprofil mit einem Lesbarkeitswert von Klassenstufe 7,8.<sup>248</sup> Das bedeutet die Sprachschwierigkeit der Texte ist zwischen 7. und 8. Jahrgangsstufe einzustufen. Es besteht zwar eine leichte Tendenz zur höheren Klassenstufe, jedoch liegt das Ergebnis noch in einem Bereich, der mit der Zielgruppe des Werkes übereinstimmt.

### **Text in „Netzwerk“**

Das Werk „Netzwerk“ deckt die Mechanik in 45 Seiten ab, ein vergleichsweise geringer Wert. Dies lässt sich damit erklären, dass das Werk - wie bereits bei den Leiteinrichtungen deutlich ausgeführt - den Stoff durch Rahmen voneinander abgrenzt und nicht durch offensichtliche Freiräume bzw. deutlich erkennbare Ränder, so dass die Seiten zwar effizienter genutzt werden, aber sehr mit Informationen überladen sind. Klare Ränder, die ungebraucht bleiben und so die Nutzfläche des Buches deutlich eingrenzen, wie in allen anderen Vergleichswerken, existieren hier nicht.

Das Seitenformat nähert sich mit Proportionen von 18,8 cm zu 26,0 cm (= 0,723) dem relativ breiten DIN-Format. Bei der Textgestaltung präsentiert sich das Werk nicht einheitlich und wechselt fortwährend zwischen einspaltiger, zweisepaltiger und dreispaltiger Anordnung, zum Teil sogar auf der gleichen Seite.<sup>249</sup> Dabei verändern sich auch die Spaltbreiten von Seite zu Seite ohne erkennbare Ordnung. Dies spiegelt sich auch darin wieder, dass selbst der Raum neben eingefügten Abbildungen für Text in Anspruch genommen wird, statt – wie in den Vergleichswerken – die Bilder auf die entsprechende Spaltbreite auszudehnen. Man gewinnt den Eindruck, das Werk stimmt selbst die Größe der Abbildungen auf die Textgestaltung ab, um auch dadurch wieder möglichst wenige Freiräume ungenutzt zu lassen.<sup>250</sup> Dies führt dazu, dass sich der Leser nicht an eine bestimmte Textstruktur gewöhnen kann und letztendlich kein

---

<sup>247</sup> Analysiert wurden im „NuTDP“ Seiten 129-131

<sup>248</sup> Analysiert wurden im „NuTDP“ Seiten 121-123

<sup>249</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 148

<sup>250</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 155

rhythmisches Lesen möglich ist. Die prozentuale Messung der Nutzfläche des Textes erweist sich im „Netzwerk“ als deutlich schwieriger als in den Vergleichswerken, da auffällig oft Einzelthemen als abgeschlossene Einheiten – meist auf einer Seite – abgehandelt werden. Das hat zur Folge, dass beispielsweise die Aufgaben auf die gleiche Seite gepackt werden wie der „Basistext“, sprich nach einzelnen Themen aufgespaltet werden, statt als Sammlung am Ende des kompletten Themenkomplexes. Ähnlich verhält es sich mit fächerübergreifenden, anwendungsorientierten Bezügen, im „Netzwerk“ als „Streifzug“ bezeichnet, die die Inhalte durch Ausblicke in die Geschichte, Biologie, etc. ergänzen. Der Grundlagentext, der eigentlich eine vergleichbare Messung ausmachen soll, verteilt sich so auf deutlich mehr Seiten. Um einigermaßen vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, werden deshalb zur Analyse drei nicht aufeinander folgende Seiten herangezogen, die mir sehr repräsentativ für die Textnutzung zum Thema „Kraft“ erscheinen. Auch wird die Messung zunehmend durch Abbildungen verfälscht, die sich durch den Text „hindurchziehen“ und so dem Geodreieck als Messinstrument seine Grenzen aufzeigen.<sup>251</sup> Aus diesen Gründen ist der ermittelte Wert von 28 %<sup>252</sup> nicht als besonders aussagekräftig anzusehen und spiegelt nur in etwa das Verhältnis Textfläche/Seitenfläche wieder. Nichtsdestotrotz kann - für diese Analyse ausreichend - festgehalten werden, dass sich das Schulbuch „Netzwerk“ nicht als besonders textintensiv erweist.

Die Schrift ist mit 2,20 mm (entspricht etwa Schriftgrad 9 bis 10 Times New Roman) zwar genauso groß wie im „NuTDP“ gewählt, ist aber aufgrund der deutlich größeren Seitengröße von 489 cm<sup>2</sup> nicht so auffällig und erweist sich, auch in Relation zu den Vergleichswerken, als zu klein.

Die „Wiener Sachtextformel“ ergibt einen Lesbarkeitswert der Klassenstufe 9,5, was bedeutet, dass die Texte sprachlich zwischen der 9. und 10. Jahrgangsstufe einzustufen sind.<sup>253</sup> Insbesondere die durchschnittliche Satzlänge von 15,5 Wörtern übertrifft deutlich die Vergleichswerke. Aber auch beim Gebrauch drei- oder mehrsilbriger Wörter belegt das Werk mit einem prozentualen Anteil von 25,9 % den Spitzenrang der Analyse.

### **Text in „EidM“**

Dem Werk „EidM“ gelingt es mit einer Gesamtseitenzahl von 34 fast exakt den Wert (33) zu erreichen, der als Richtlinie für eine ausgeglichene, aber nicht überbelastende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch ermittelt wurde. Und das, obwohl das Werk im DIN-A5 Seitenformat mit Proportionen von 14,9 cm zu 21,1 cm (= 0,706) nicht nur die schlankste Form aufweist, sondern insbesondere auch die mit Abstand kleinste Seitenfläche mit 314 cm<sup>2</sup> zur Verfügung hat. Aus diesem Grund ist die unter den Vergleichswerken kleinste Schriftgröße von 1,95 mm vertretbar, wenn auch belastend und anstrengend für die Augen.

---

<sup>251</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 128

<sup>252</sup> Analysiert wurden im „Netzwerk“ Seiten 125, 126 und 128

<sup>253</sup> Analysiert wurden im „Netzwerk“ Seiten 121-122

Der Text ist zweispaltig mit Spaltbreiten von 5,1 cm, so dass bei einer Gesamtbreite von 14,9 cm immerhin 10,1 cm (68 %) der Zeile für die schriftliche Stoffdarstellung zur Verfügung stünden. Dabei ist insbesondere zu betonen, dass es dem Werk, trotz geringer Seitenbreite, als einzigem der untersuchten Werke gelingt, die Spalten durch einen deutlichen Zwischenraum von 1,0 cm augenscheinlich zu trennen, was dem Leser den Zeilenwechsel vehement erleichtert. Sowohl linker und rechter Rand als auch unterer und oberer Rand sind jeweils in etwa gleich bemessen, so dass das Seitenformat sehr mittig und symmetrisch durch die beiden Spalten genutzt wird. Die Ränder werden radikal eingehalten, bleiben also nicht nur vom Text, sondern auch von Abbildungen frei. Trotz der schmalen Formatierung ergibt sich nur eine prozentuale Nutzung der Seitenfläche durch Texte von 32 %<sup>254</sup>, was sich hauptsächlich durch die deutlichen und großflächigen Ränder aber auch durch Zwischenräume zwischen den Spalten sowie sonstige häufige Freiräume erklären lässt. Auch die zum Teil relativ zur Seitenfläche überproportionalen Abbildungen tragen zu diesem Ergebnis bei.

Die Anwendung der „Wiener Sachtextformel“ ergibt einen Lesbarkeitswert der Klassenstufe 6,7, so dass nach formal-stilistischen Oberflächenmerkmalen das Werk eine für Schüler der 7. Jahrgangsstufe verständliche Sprache verwendet.<sup>255</sup> Insbesondere der mit 17,9 % auffallend niedrige Prozentsatz drei- oder mehrsilbriger Wörter trägt zu diesem positiven Ergebnis bei.

### Vergleichende Analyse

	„Impulse“	„Ikarus“	„NuTC“	„NuTDP“	„Netzwerk“	„EidM“
<b>Schriftgröße in mm</b>	2,75	2,55	2,55	2,20	2,20	1,95
<b>Seitenformat (Breite zu Höhe) jeweils in cm (Quotient)</b>	19,5 zu 26,5 (0,754)	18,8 zu 26,0 (0,723)	19,0 zu 26,0 (0,731)	17,0 zu 24,0 (0,708)	18,8 zu 26,0 (0,723)	14,9 zu 21,1 (0,706)
<b>Prozentuale Nutzung der Seitenfläche durch Text</b>	41	20	44	36	28	32
<b>Textanordnung</b>	zweispaltig	zweispaltig	einspaltig bzw. zweispaltig	zweispaltig	Ein- bzw. zwei- bzw. dreispaltig	zweispaltig

<sup>254</sup> Analysiert wurden im „EidM“ Seiten 17-19

<sup>255</sup> Analysiert wurden im „EidM“ Seiten 11-12

<b>Spaltbreite in cm</b>	6,2	7,2	10,3 bzw. 7,3	5,9	/	5,1
<b>Spaltabstand in cm</b>	0,6	0,8	0,8	0,4	/	1,0
<b>Durchschnittliche Wortlänge pro Satz</b>	12,2	12,8	11,9	12,9	15,5	13,0
<b>Prozentsatz drei- und mehrsilbriger Wörter</b>	25,6	19,8	24,6	22,1	25,9	17,9
<b>Klassenstufe nach Lesbarkeitsformel</b>	8,6	7,1	8,2	7,8	9,5	6,7

Tabelle 2 Übersicht der wichtigsten Ergebnisse zum Strukturelement Text

Die Tabelle der wichtigsten Ergebnisse unserer Analyse zum Strukturelement Text zeigt, dass „Impulse“ mit 2,75 mm den größten Schriftgrad unter den sechs untersuchten Werken verwendet und „EidM“ den kleinsten mit 1,95 mm. Dieser deutliche Unterschied ist vor allem auf die mit 514 cm<sup>2</sup> und 314 cm<sup>2</sup> doch drastische Abweichung in der zur Verfügung stehenden Seitenfläche zurückzuführen. Das Seitenformat im „Impulse“ ist mit einer Blatt-Proportion, das heißt einem Verhältnis von Breite zu Höhe von 19,5 cm zu 26,5 cm (= 0,753) nicht nur das größte, sondern insbesondere auch das breiteste der Untersuchung, während „EidM“ mit einem Verhältnis von 14,9 cm zu 21,1 cm DIN-A5 Format aufweist, spricht nicht nur das kleinste, sondern auch gemeinsam mit „NuTDP“ das schlankste Papierformat präsentiert. Der Vergleich, inwieweit prozentual zur Seitenfläche auf das Strukturelement Text zurückgegriffen wird, zeigt, dass das Werk „NuTC“, insbesondere aufgrund seiner einspaltigen „kompakten Textblöcke“, die weder durch Abbildungen bzw. Tabellen noch durch sonstige großflächigen Freiräume unterbrochen werden, hier den Spitzenrang unserer Analyse belegt. Auch das Werk „Impulse“ zeigt mit 41 % einen vergleichsweise hohen Prozentsatz. Insbesondere die vielen ungenutzten Zwischenräume, vor allem zwischen den zumeist knappen stichpunktartigen Texten sowie die überdimensionalen Abbildungen führen dazu, dass das Werk „Ikarus“ mit nur 20 % mit deutlichem Abstand am wenigsten Wert auf schriftliche Stoffdarstellung legt. Jedoch muss hier auch berücksichtigt werden, dass „Ikarus“ für die Mechanik die mit Abstand meisten Seiten, nämlich 73, beansprucht. Dieser Aspekt dient gewiss als eine Erklärung für die geringe Informationsdichte pro Seite und somit für die geringe prozentuale Textnutzung. Außerdem ist der nicht in allen Werken vorhandene und deshalb nicht für die Analyse verwertbare Bereich „Zum Weiterlesen“ sehr ausführlich und vor allem sehr textintensiv.

Bei der Textgestaltung greifen vier der sechs untersuchten Werke auf eine zweispaltige Spaltenstruktur zurück, wobei insbesondere bei den Werken „NuTDP“ und „EidM“ aufgrund ihres

schlanken Seitenformats, die Spaltbreite mit 5,9 cm bzw. 5,1 cm sehr gering ausfällt, was einen dauernden Zeilenwechsel zur Folge hat. Aber auch die Spaltbreiten im „Impulse“ sind mit 6,2 cm eindeutig zu klein, angesichts des breitesten Seitenformats. Der Spaltenabstand schwankt bei den Werken „Impulse“, „Ikarus“ und „NutDP“ zwischen 0,4 cm und 0,8 cm, ist also deutlich zu gering gewählt, so dass der Leser dazu verleitet wird in der gleichen Zeile weiter zu lesen, statt in die nächste Zeile zu wechseln. Diese Tatsache kombiniert mit der geringen Spaltbreite erschwert ein flüssiges Lesen des Textes in hohem Maße. Positiv zu erwähnen ist, dass es dem Werk „EidM“, trotz geringer Seitenbreite, als einzigem der untersuchten Werke gelingt, die Spalten durch einen deutlichen Zwischenraum von 1,0 cm augenscheinlich zu trennen, was dem Leser den Zeilenwechsel augenscheinlich erleichtert. Die Textgestaltung in den Bänden „NuTC“ und „Netzwerk“ erweist sich als nicht einheitlich. Dabei wird im „NuTC“ dahingehend eine Regelmäßigkeit erzielt, dass die Schrift im Gebiet „Grundlagen“ einspaltig ist mit Spaltbreiten von 10,3 cm und in den Versuchen bzw. Experimenten sowie im Bereich der Aufgaben, bei dem statt Lesefluss vermehrt Anschaulichkeit gefragt ist, zweispaltig mit Breiten von 7,3 cm. Im „Netzwerk“ dagegen ist keinerlei Textstruktur erkennbar, denn es wird fortwährend zwischen einspaltiger, zweispaltiger und dreispaltiger Anordnung gewechselt, teilweise sogar auf der gleichen Seite. Dies führt dazu, dass sich der Leser nicht an eine bestimmte Zeilenlänge gewöhnen kann und letztendlich kein rhythmisches Lesen möglich ist.

Die sich allein auf formal-stilistische Oberflächenmerkmale beschränkende Wiener Sachtextformel ergibt für ausgewählte Texte der 7. Jahrgangsstufe bei den Werken „Ikarus“ und „EidM“ Lesbarkeitswerte der Klassenstufe 7,1 und 6,7. Diese Ergebnisse entsprechen genau der Zielgruppe des Buches und lassen auf eine gute Verständlichkeit der Sprache schließen. Dagegen führen die Messungen bei „Impulse“ bzw. „Netzwerk“ zu Lesbarkeitswerten von 8,6 bzw. 9,5, was bedeutet, dass die Texte sprachlich zwischen 8. und 9. bzw. zwischen 9. und 10. Jahrgangsstufe einzustufen sind, also insbesondere sich für die 7. Jahrgangsstufe als zu schwer verständlich erweisen. Dies lässt sich bei beiden Bänden auf den mit 25,6 % und 25,9 % vergleichsweise hohen Prozentsatz drei- und mehrsilbriger Wörter zurückführen, zu dem im „Netzwerke“ noch die extrem hohe durchschnittliche Satzlänge von 15,5 Wörtern belastend hinzukommt. Bei den Werken „NuTDP“ und „NuTC“ ist die Sprachschwierigkeit der Texte in etwa bei Klassenstufe 8 einzuordnen, liegt also noch weitestgehend in einem Toleranzbereich, der mit der Zielgruppe übereinstimmt.

## **d) Strukturelement „Abbildungen“**

### **i) Allgemeine Überlegungen**

Abbildungen sind ein weiteres wichtiges Strukturelement, das sich vor allem in modernen Schulbüchern als gleichberechtigtes Mittel zur Stoffdarstellung neben Text etabliert hat. Je-

doch sprechen Text und Bild „unterschiedliche ‚Sprachen‘“<sup>256</sup>: Eine Schrift bietet die Informationen sequentiell an, d.h. repräsentiert eine Wissensstruktur in linearer Form und stellt somit andere Anforderungen an den Schüler als ein Bild, das verschiedene Informationen simultan und ganzheitlich darstellt: „Die Bedeutung des Bildes ergibt sich aus einem Lektüreweg, der auf dem Erkennen und der Assoziation diskontinuierlicher visueller Zeichen beruht. Dieses Verstreutsein der visuellen Zeichen bewirkt, dass das Bild mehr Bedeutungen als der Text haben kann.“<sup>257</sup> Aus diesem Grund spielt Verständlichkeit bei Abbildungen eine mindestens so große Rolle wie bei der schriftlichen Stoffdarbietung: „Bildhafte Darstellungen kommen einem wissenschaftlichen Lernen aber nur zugute, wenn der Betrachter auch die notwendigen Fähigkeiten besitzt, die Bildinhalte zu entschlüsseln und weiterzuverarbeiten.“<sup>258</sup> Dieses Thema wird jedoch in der Forschung bei weitem nicht so intensiv untersucht, wie dies beim Text der Fall ist. Girwidz spricht entsprechende Probleme der Schüler bei der Aufnahme von Bildmedien an: Dabei sieht er als ein Hauptproblem, dass der Lernende das Bild zum Teil nur oberflächlich bzw. nicht zielgerichtet betrachtet und deshalb Nebensächlichkeiten bzw. der Unterhaltungswert der Abbildung in den Vordergrund rücken. Als weitere Schwierigkeit führt er an, dass die Bildaussage deshalb nicht korrekt erfasst wird, weil der Schüler bestimmte Bildelemente, wie zum Beispiel die Symbolik, gar nicht oder nur ungenügend versteht.<sup>259</sup> Deshalb fordert er die Lehrer auf, eine gewisse Feinfühligkeit für diese Probleme zu entwickeln, sprich bei jüngeren Schülern beispielsweise durch Beschriften, Abzeichnen etc. die Aufmerksamkeit auf wichtige Elemente bzw. Details zu lenken, um so die „Verarbeitungstiefe der Bildinformation zu verbessern.“<sup>260</sup> Auch Merzyn hat das Problem der Verständlichkeit erkannt und deshalb das „Vier-Dimensionen-Modell“ von Langer etc. auf Abbildungen übertragen. Dabei betont er insbesondere die Dimension der „zusätzlichen Stimulanz“, also die Bedeutung des Bildes als „Anhängsel“ des Textes, um diesen zu verdeutlichen bzw. die Gesamtdarstellung abwechslungsreicher und anregender zu gestalten. Jedoch weicht er bei der Dimension „Gliederung-Ordnung“ von dem Verständlichkeitskonzept ab, „da sie größere gedankliche Zusammenhänge betrifft“<sup>261</sup> und schlägt stattdessen vor, die Verankerung des Bildes im Gedankengang des Textes zu betrachten: Dieser Aspekt schließt Fragen mit ein, inwieweit Text und Bild im Einklang miteinander stehen, ob und wie viel zusätzlichen Text das Bild bedarf bzw. ob die Abbildungen an den „richtigen“ Stellen in den Text eingefügt werden.<sup>262</sup> Damit überschneiden sich seine Vorstellungen mit denen von Fritsche, der ebenfalls die Eingliederung des Bildes in den Text als besten Weg zum Abbau der Polysemie, d.h. der Interpretationsvielfalt des Bildes, auffasst: „Ein Titel, eine Legende, ein Kommentar oder

---

<sup>256</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 19]

<sup>257</sup> [Fritsche, 1992, S. 143] zitiert nach [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 34]

<sup>258</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 242]

<sup>259</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 249]

<sup>260</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 250]

<sup>261</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 19]

<sup>262</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 18-19]

ein Fragenkatalog legt unter allen möglichen Bedeutungen eine einzige fest. Die Sprache schreibt dem Bild eine Bedeutung vor und schließt alle irrelevanten aus.<sup>263</sup> Als weitere Möglichkeit schlägt Fritsche die Montage fester Bildfolgen vor, da sich die Bilder gegenseitig beeinflussen und so gemeinsam dem Betrachter die richtige Gesamtwahrnehmung aufzwingen.<sup>264</sup>

Jedoch führt die Bild-Text-Interaktion oft nicht nur aufgrund der verschiedenen „Sprachen“ zu Problemen, sondern insbesondere auch aufgrund der fehlenden bzw. eingeschränkten Kommunikation zwischen Autor und Fotograf, Zeichner bzw. Bildagentur. Denn die entsprechenden Abbildungen werden zum Teil von mehreren Personen angefertigt, die zum einen weder physikalische noch fachdidaktische Kenntnisse aufweisen und zum anderen, was noch viel schlimmer ist, den zugehörigen Schulbuchtext nicht kennen bzw. nicht verstehen. Das Ergebnis weist dann sichtbare Mängel auf, die sich aber aus Kosten- und Zeitgründen zumeist nicht mehr beheben lassen.<sup>265</sup>

Für die Darstellung von Sachverhalten mittels Abbildungen werden unterschiedliche Techniken benutzt, die variable Fertigkeiten und Fähigkeiten des Betrachters erfordern, so dass verschiedene Arten von Bildern unterschieden werden müssen. Bei dieser Differenzierung greife ich nicht auf die Unterteilung von Merzyn zurück,<sup>266</sup> sondern ziehe dieser, die mit umfassenderen Darstellungen versehene Einteilung von Weidenmann vor: Diese unterscheidet zwischen „darstellenden Bildern“, „logischen Bildern“ und „analogen Bildern“.<sup>267</sup>

Die „darstellenden Bilder“ wollen eine in der Wirklichkeit visuell, wahrnehmbare Reizkonfiguration darstellen<sup>268</sup>, zeigen also primär die äußeren Strukturen ihres Referenz-Objekts. Sie lassen sich grob unterteilen in Photographien und bildhafte Zeichnungen und sind üblicherweise die in Physikschulbüchern sowie Schulbüchern allgemein am häufigsten verwendete Form der Abbildung. Die Photographie stellt dabei die einfachste Möglichkeit dar, eine sehr realitätsgetreue Abbildung der Wirklichkeit zu schaffen, vergleichbar mit dem Blick durch ein Fenster mit fest gewähltem Beobachtungspunkt: „Ein Bild überwindet räumliche und zeitliche Distanz und kann Sachverhalte aus der schwer zugängliche Wirklichkeit zeigen.“<sup>269</sup> „Darstellende Bilder“ werden deshalb im Physikschulbuch hauptsächlich verwendet, um Alltagssituationen möglichst realitätsnah für die Schüler darzustellen und um entsprechende Gerätschaften von Versuchsaufbauten nachzustellen: „Wird solch ein Foto einem Versuchsaufbau im Unterricht gegenübergestellt, gibt das Gelegenheit, Entsprechungen zu finden und zu benen-

---

<sup>263</sup> [Fritsche, 1992, S. 144] zitiert nach [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 34]

<sup>264</sup> Vgl. [Fritsche, 1992, S. 144] zitiert nach [Feldner, Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, 1996, S. 34]

<sup>265</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 19]

<sup>266</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 17]

<sup>267</sup> Vgl. [Weidenmann, 1994] zitiert nach [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstrumente für Abbildungen, 1996, S. 27]

<sup>268</sup> [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstrumente für Abbildungen, 1996, S. 27]

<sup>269</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 243]

nen. Beschriftungen im Foto oder zeichnerische Ergänzungen helfen bisweilen, die Funktion eines Gerätes zu verdeutlichen, wichtige Einzelteile hervorzuheben, Fachbegriffe einzuführen oder Strukturen zu betonen.“<sup>270</sup> Insbesondere Photographien bieten sich als methodische Hilfsmittel an, wenn ein Objekt oder Geschehen weit weg ist, nur selten bzw. zu klein oder zu groß erscheint oder für die direkte Erfahrung einfach nicht zugänglich ist, etwa weil es zu gefährlich, zu zeitaufwändig oder nicht im Besitz der Schule ist. Dazu zählen zum Beispiel Fotos von Forschungs- bzw. Industrieanlagen oder von bestimmten Geräten wie beispielsweise dem Elektronenmikroskop.<sup>271</sup> Durch Zeichnungen lassen sich vor allem nicht nur wichtige Details sehr gut herausstellen, beispielsweise durch Ausblenden von Nebenreizen, sondern es lässt sich auch der Abstraktionsgrad verändern, beispielsweise durch Einsatz von Schatten, Farben etc. Die affektiven und motivationalen Funktionen von entsprechenden Illustrationen in Physikbüchern dürfen nicht unterschlagen werden<sup>272</sup>, wengleich betont werden muss, dass der Anteil belustigender und satirischer Abbildungen in Physikschulbüchern sehr gering ausfällt. Zu den gestalterischen Aspekten zählt auch die Anordnung von Fotos bzw. Zeichnungen, wobei sie bei der Visualisierung und Konkretisierung von Textinformationen zumeist am Anfang oder am Ende des Teilabschnitts platziert werden, um entweder zum Thema hinzuführen und das Ergebnis deutlich heraus zu stellen bzw. um den Nutzen des Gelernten für ihr tägliches Leben zu verdeutlichen.

Bei „logischen Bildern“ handelt es sich allgemein um Abbildungen, „die Sachverhalte sichtbar machen, die meist nicht visuell wahrnehmbar sind“<sup>273</sup>, sprich so in der Realität nicht direkt beobachtbar sind, so dass sie nicht nur eine außerordentliche Schematisierung sondern insbesondere auch einen enormen Abstraktionsgrad aufweisen. Sie umfassen schematische Zeichnungen, (statische) ikonischen Repräsentationen sowie jegliche Art von Diagrammen.

Der große Vorteil von schematischen Zeichnungen liegt darin, dass sie einen enormen Beitrag im Lernprozess zu fachspezifischer Kodierung und Abstraktion leisten, beispielsweise beim Thema „Magnetismus“ durch die Vorstellung entsprechender Feldlinien. Häufig werden schematische Zeichnungen auch bei Schalexperimenten eingesetzt, zum Beispiel bei Schaltplänen bzw. als Schnittzeichnungen zur Verdeutlichung von Aufbau und Funktionsweise komplexer Geräte.<sup>274</sup>

Ikonische Repräsentationen sind bildhafte Darstellungen physikalischer Größen, also entweder Säulen und Flächen, deren Flächeninhalt den Betrag einer physikalischen Größe repräsentiert, oder Balken, Pfeile und Linien, deren Länge oder Breite den Betrag einer Größe widerspiegelt und deren Richtung die Richtung der Größe angibt. Das häufige Vorkommen solcher piktogrammartigen Darstellungen in Schulbüchern belegt, dass sich Aussagen mit ihnen tref-

---

<sup>270</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 20]

<sup>271</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 20]

<sup>272</sup> Vgl. [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstruments für Abbildungen, 1996, S.34]

<sup>273</sup> [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstruments für Abbildungen, 1996, S. 36]

<sup>274</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 20-21]

find verdeutlichen lassen: „Eine Codierung von Aussagen in ein bildhaft orientiertes Notationssystem schlägt Brücken zu bestehenden Vorstellungen. Dadurch und durch die Visualisierung wird eine Hilfe für ein späteres Erinnern erleichtert.“<sup>275</sup>

Als großer Nachteil (statischer) ikonischer Repräsentationen muss jedoch erwähnt werden, dass sie nur eine Momentaufnahme von Bewegungs- und Handlungsabläufen bieten können. Gerade in der Physik spielt die Bewegung bzw. die Veränderung bestimmter Komponenten der dargestellten Konfiguration oftmals eine entscheidende Rolle. In dieser Hinsicht bietet der Einsatz der digitalen Videoanalyse von Bewegungen eine revolutionäre Lösung, um mit einem Computer und zweckmäßiger Software physikalische Repräsentationen eines realen oder simulierten Versuchsvorgangs dynamisch mit den passenden zeitlichen Veränderungen am Bildschirm aufzuzeigen. Dadurch ist es nicht nur möglich qualitative Vorstellungen von physikalischen Größen aufzubauen, die sich sonst nicht direkt beobachten lassen, wie zum Beispiel von Kräften, Beschleunigungen, Ladungen etc., sondern es lassen sich auch mehrere Größen gleichzeitig darstellen. Dynamisch ikonische Darstellungen können aus diesem Grund auch genutzt werden, um durch ihre Anordnung Zusammenhänge zwischen den relevanten Größen deutlich zu machen und letztlich Strukturaussagen zu finden: „Gerade wenn Lernende mit geringem Vorwissen nicht in der Lage sind, einen Ablauf mental zu simulieren, können die externe Repräsentation durch Animationen und dynamische ikonische Repräsentationen helfen eine Vorstellung aufzubauen, was als Supplantation interner Operationen im externen Medium bezeichnet wird.“<sup>276</sup> Die digitale Videoanalyse eignet sich zudem als Messwerterfassungssystem für den Mechanikunterricht, das sie die Auswertung zweidimensionaler Bewegungen möglich macht und bereits in vielen Lehrplänen vorgesehen ist: „Die gängigen Programme, die in Deutschland verfügbar sind, lassen leider sowohl bezüglich der Qualität der Videoanalyse als auch bezüglich der Features der Software noch zu wünschen übrig.“<sup>277</sup> Deshalb beschäftigen sich die Arbeiten von Benz<sup>278</sup> mit dem Softwareprogramm „measure Dynamics“, das als „Quantensprung in der digitalen Videoanalyse“<sup>279</sup>, eine Vielzahl neuer Darstellungsmöglichkeiten liefert. Dabei wird nicht nur das automatische Erstellen von Serienbildern, Stroboskopbildern und verschiedenen Graphen, sondern auch das Einblenden von Bildern, Texten und Symbolen, wie etwa Pfeilen, in das Video, betont.<sup>280</sup> Eine genaue Beschreibung dieser Art der Darstellung und zahlreiche Beispiele für den Einsatz im Unterricht, die mit „measure Dynamics“ erstellt wurden, finden sich bei der Arbeit von Michel.<sup>281</sup> Die Darstellung von Bewegungen mittels Stroboskopbildern soll in diesem Zusammenhang kurz her-

---

<sup>275</sup> [Heuer, 1993b, S. 369] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 38]

<sup>276</sup> [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 37]

<sup>277</sup> [Benz, measure-Dynamics – Ein Quantensprung in der digitalen Videoanalyse, 2008]

<sup>278</sup> Vgl. [Benz, Digitale Videoanalyse von Bewegungen, 2008]

<sup>279</sup> [Benz, measure-Dynamics – Ein Quantensprung in der digitalen Videoanalyse, 2008]

<sup>280</sup> Vgl. [Benz, measure-Dynamics – Ein Quantensprung in der digitalen Videoanalyse, 2008]

<sup>281</sup> Vgl. [Michel, Lehrvideos zu dynamisch ikonischen Repräsentationen, 2008]

vorgehoben werden: Ein Stroboskop ist ein Lichtblitzgerät, das Lichtblitze in sehr regelmäßigen zeitlichen Abständen abgibt, so dass Bewegungen als eine Abfolge stehender Bilder erscheinen, die dann übereinander gelegt ein Stroboskopbild ergeben. Sie haben auf diese Weise den großen Vorteil gegenüber Bilderserien, die die Bilder sequentiell darstellen, dass deutlich weniger Platz in Anspruch genommen wird bzw. die Bewegung besser vom Auge als zusammenhängend wahrgenommen wird. Bisher war die Erstellung jedoch mit großem technischem und zeitlichem Aufwand verbunden, so dass gute Stroboskopbilder meist den Lehrbüchern vorbehalten waren. Dies soll sich durch die Verwendung des neuen Programms ändern: „Aus einem in ‚measure Dynamics‘ geladenen Video kann in wenigen Schritten ein Stroboskopbild erstellt werden.“<sup>282</sup> Bei der genauen Analyse der einzelnen Werke werden wir sehen, dass diese Art der Darstellung, die zu den „logischen Bildern“ zu zählen sind, im Werk „EidM“ viel Beachtung findet.

Schnotz unterscheidet bei „logischen Bildern“ zwischen der Visualisierung qualitativer und quantitativer Zusammenhänge. Qualitative Zusammenhänge werden dargestellt durch Venn-Diagramme, sprich Mengendiagramme, die alle möglichen Relationen zwischen den vertretenen Mengen durch gemeinsame Flächen aufzeigen, und Graphen, die aus Knoten und Linien aufgebaut sind und in der graphischen Modellbildung zur Veranschaulichung von Wirkungszusammenhängen eingesetzt werden. Zur Visualisierung quantitativer Zusammenhänge werden Histogramme, Balken-, Säulen-, Kreis-, Streu-, Isotypen, und hauptsächlich Liniendiagramme genutzt. Dabei eignen sich „logische Bilder“ speziell zur Verdeutlichung von Relationen und Verflechtungen zwischen unterschiedlichen Größen, wie bereits bei den ikonischen Darstellungen aufgezeigt.<sup>283</sup> Der große Vorteil gegenüber Tabellen, die zwar einzelne Werte sehr genau angeben, liegt darin, dass übergeordnete Zusammenhänge durch entsprechende Grafiken deutlicher sichtbar werden und somit die Verbindung zwischen Theorie und Messung an Anschauung gewinnt. Oftmals ergänzen deshalb auch grafische Darstellungen bzw. Diagramme eine tabellarische Auflistung der zugehörigen Messwerte.<sup>284</sup> Vergleichbar zum Strukturelement Text werden nicht sichtbare Sachverhalte repräsentiert, jedoch nicht mit einer sprachlichen Kodierung, sondern mit einer kürzeren und prägnanteren Form der Kodierung, nämlich über Symbole. „Darstellende Bilder“ dagegen stellen von vornherein etwas Sichtbares dar und müssen folglich nicht über „konventionalisierte“<sup>285</sup> Codes in eine andere „Sprache“ übersetzt werden. Um nun ein solches „logisches Bild“ lesen zu können, muss der Betrachter mit dem Symbolsystem vertraut sein, sprich er muss dieser Sprache mächtig sein und die Regeln, denen diese Bilder unterliegen, erkennen und verinnerlichen. Weidenmann rät deshalb zunächst zu einer „Orientierungsphase“, die vor der Arbeit mit den eigentlichen Kurven bzw. Flächen erst einmal die Achsenbelegung sowie die Bedeutung von Sonderzeichen

---

<sup>282</sup> [Benz, measure-Dynamics – Ein Quantensprung in der digitalen Videoanalyse, 2008]

<sup>283</sup> Vgl. [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 32]

<sup>284</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 244]

<sup>285</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 243]

klärt.<sup>286</sup> Wainer widmet sich der anschließenden inhaltlichen Diskussion und klassifiziert die Anforderungen an den Lernenden bei der Informationsentnahme aus Diagrammen schrittweise nach drei Ordnungen:<sup>287</sup>

- Ablesen von Einzelwerten
- Erkennen von Zusammenhängen zwischen den Einzelwerten bzw. den Variablen (z.B. lineare Zusammenhänge)
- Erfassen von Relationen zwischen Entwicklungen bzw. Zusammenhängen zwischen Relationen.

Doch nicht nur die Arbeit mit „logischen Bildern“ gehorcht bestimmten Regeln, sondern auch bei der Gestaltung müssen gewisse Bestimmungen beachtet werden, denn sonst kann es durchaus sein, dass Diagramme bzw. Graphen den Betrachter schnell hinters Licht führen. Deshalb sollen nach Schnotz vier allgemeine Gestaltungsprinzipien bei der Darstellung „logischer Bilder“ beachtet werden:<sup>288</sup>

1. Syntaktische Klarheit: Die einzelnen Komponenten (Linien, Flächen, Punkte, etc.) müssen eindeutig erkennbar sein und sich deutlich vom Hintergrund abgrenzen. Auch Beschriftungen müssen eindeutig den charakteristischen Bildelementen zuzuordnen sein.
2. Semantische Klarheit: Komponenten mit funktionalen Verbundenheiten sollen auch gemeinsame visuelle Eigenschaften aufweisen, wohingegen Komponenten ohne funktionalen Zusammenhang auch erkennbar voneinander abgegrenzt werden sollen. Als Ausdrucksmittel zur qualitativen Abgrenzung eignet sich beispielsweise Farbe.
3. Implizite Ordnung: Bei der Informationsaufnahme hilft eine offensichtliche innere Strukturierung nach logischen Kriterien. In den meisten Fällen findet diese Ordnung nach quantitativen Gesichtspunkten statt, d.h. zum Beispiel in einem Balkendiagramm sind die Balken der Größe nach angeordnet. Seltener sind alphabetische Reihenfolgen.
4. Sparsamkeit: Auf Effekte, die nicht zur Informationsvermittlung beitragen, soll verzichtet werden, um den Leser nicht noch zusätzlich vor die schwierige Aufgabe zu stellen, wesentliche Informationen aus dem Reizangebot herausfiltern zu müssen. Die Übersetzung des verwendeten Codes braucht dessen volle Aufmerksamkeit.

Die dritte Gruppe der Abbildungen bilden die „analogen Bilder“, also schematische Zeichnungen, die auch Bilder von Modellen mit einschließen, die vor allem bei der Veranschaulichung nicht bzw. nur schwer direkt beobachtbarer Strukturen und Prozesse sehr hilfreich sein können. Dabei unterscheidet man generell zwischen funktionalen und strukturellen Analogien, je nachdem ob die sinngemäße Übertragung zweier Systeme funktionaler bzw. struktureller Art ist. Beispielsweise dient der Elektronendrift als funktionale Analogie für den elektrischen Strom in Metallen, während beispielsweise die Analogie zwischen dem Bohrschen Atommo-

---

<sup>286</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 250]

<sup>287</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 245]

<sup>288</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 244-245]

dell und dem Aufbau unseres Planetensystems struktureller Art ist. Dieses Beispiel zeigt aber auch die größte Gefahr bei der Betrachtung von Analogien, nämlich dass sie sehr schnell zu Fehlvorstellungen führen können, insbesondere im Zusammenhang mit Modellen, weil diese zumeist nicht direkt beobachtbar sind. So lassen sich beim Vergleich von Bohrschen Atommodell und Planetensystem nicht annähernd die wirklichen Größenverhältnisse darstellen.<sup>289</sup>

„Bildliche Analogien“ sind in ihrer äußeren Form den „darstellenden Bildern“ sehr ähnlich, unterliegen also auf den ersten Blick den gleichen gestalterischen Bedingungen. Jedoch geht ihre Wirkung über diese Oberflächenmerkmale hinaus, weil das Dargestellte in eine andere Ebene übertragen werden muss, so dass das Bild eine „tiefere metaphorische Bedeutung“<sup>290</sup> erlangt. Damit im Einklang steht, dass die Konzeption einer schematischen Zeichnung in der Regel mehr didaktisches Fingerspitzengefühl benötigt als die Planung eines Fotos, denn es müssen neben dem Lernprozess des Schülers, mögliche Elementarisierungen sowie Verständnisprobleme aufgrund ungünstiger Kodierungen berücksichtigt werden. Beispielsweise wenn ein dreidimensionaler Zustand als zweidimensionaler Schnitt gezeichnet wird, muss der Betrachter diese Vereinfachung erkennen und sie in Gedanken zur dreidimensionalen Wirklichkeit ergänzen, um das Bild vollend zu verstehen.<sup>291</sup> Aus diesem Grund werden „analoge Bilder“ im Gegensatz zu „darstellenden Bildern“ auch eher selten im Physikunterricht genutzt und schon gar nicht um „Alltagsbezüge herzustellen bzw. motivierend aufzulockern.“<sup>292</sup>

Auf eine ausführlichere Vorstellung von Funktionen von Abbildungen im Allgemeinen, sowie deren Einsatzmöglichkeiten im Physikunterricht, wie zum Beispiel nach Levin bzw. Weidenmann,<sup>293</sup> wird hier nicht näher eingegangen und stattdessen auf die für diese Analyse wichtigere Arbeit von Lüer verwiesen. Dieser hat auf Grundlage verschiedener wahrnehmungspsychologischer Ansätze, die bei der Verarbeitung von Bildinformationen eine Rolle spielen, versucht Kategorisierungs- und Beurteilungsinstrumente für Abbildungen in Physikbüchern zu entwickeln. Diese Kriterien, von denen nur einige auserwählte für meine Arbeit herangezogen werden können, werden grob in quantitative und qualitative Kriterien unterteilt, wobei erstere sich auf die Gesamtheit der Abbildungen in den untersuchten Kapiteln beziehen und letztere auf einzelne Darstellungen.<sup>294</sup>

Aus den quantitativen Kriterien beschränkt sich diese Analyse auf die folgenden Untersuchungsmerkmale:

- Durchschnittliche Anzahl der Abbildungen pro Seite
- Prozentuale Anteil der Abbildungen an der Seitenfläche
- Prozentuale Verteilung der Abbildungsarten

---

<sup>289</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 243]

<sup>290</sup> [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstruments für Abbildungen, 1996, S. 36]

<sup>291</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 21]

<sup>292</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 20]

<sup>293</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S.245- 249]

<sup>294</sup> [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstruments für Abbildungen, 1996, S.49]

Für die erste Messung wird der komplette Themenkomplex „Mechanik“ betrachtet und der Quotienten aus Gesamtzahl der Abbildungen (wobei Folgen von Abbildungen, die einen zeitlichen Ablauf darstellen als zusammenhängend gezählt werden) und Seitenzahl gebildet. Der Anteil der Abbildungen an der Gesamtfläche soll analog zum Textanteil prozentual angegeben werden, wobei die entsprechenden Seiten auch diesmal für die Untersuchung herangezogen werden, so dass genauere Aussagen über das Text-Bild-Verhältnis möglich sind. Aus Gründen der leichten Handhabung sowie der Vergleichbarkeit dient als Messinstrument analog zum Strukturelement „Text“ das Geodreieck.

Bei der Verteilung der Abbildungsarten soll zwischen den im Vorspann ausführlich beschriebenen Abbildungsarten „darstellende Bilder“, „logische Bilder“ und „analoge Bilder“ unterschieden werden: Dabei soll überprüft werden, ob es den einzelnen Büchern gelingt eine ausgewogene Rhythmisierung insbesondere zwischen „darstellenden“ und „logischen Bildern“ zu erzeugen, die für eine moderne Gestaltung von großer Bedeutung ist.<sup>295</sup> Bei der Einteilung stellt sich heraus, dass es oftmals gar nicht so einfach ist, „logische Bilder“, die einen bestimmten Hintergrund haben, der gewissermaßen erst „entschlüsselt“ werden muss, von „darstellenden Bildern“ zu unterscheiden. „Analoge Bilder“ sind insbesondere im Mechanikunterricht der 7. Jahrgangsstufe nicht zu erwarten. Stattdessen sollen Schulbücher vermehrt auf „darstellende Abbildungen“ zurückgreifen, während „logische Bilder“ noch nicht den Stellenwert haben, den sie in den nächsten Jahrgangsstufen einnehmen werden. Vor allem Liniendiagramme zur Veranschaulichung funktionaler Abhängigkeiten zwischen physikalischen Größen sieht der Lehrplan für die siebte Jahrgangsstufe noch nicht vor. Erst in der neunten Jahrgangsstufe sollen diese in der Mechanik intensiv betrachtet werden. Aus diesem Grund kann es nicht für sinnvoll erachtet werden, Diagramme bereits zu einem verfrühten Zeitpunkt in Schulbüchern heranzuziehen, da die Schüler noch nicht über angemessene physikalische Konzepte verfügen und außerdem keine Erfahrungen haben, mit Graphen umzugehen, Graphen also noch nicht sicher lesen können. Denn die Aussagen der Graphen müssen nicht nur erfasst, zueinander in Beziehung gesetzt und interpretiert werden, sondern auch mit den vorhandenen Vorstellungen in Beziehung gebracht werden. Eine leichter zu erfassende, weniger abstrakte Darstellung der relevanten Größen, etwa durch schematische Zeichnungen oder ikonische Darstellungen ist deshalb wünschenswert. Aus diesem Grund sollen in nachfolgender Analyse quantitativ untersucht werden, inwieweit bei den „logischen Bildern“ auf Diagramme zurückgegriffen wird.

Aus den zahlreich aufgeführten qualitativen Kriterien wird das Hauptaugenmerk auf folgende Punkte gelegt:

- Klarheit bezüglich der Wahrnehmung
- Zuordnung Bild  $\leftrightarrow$  Text, Bilduntertitel
- Anordnung der Abbildungen

---

<sup>295</sup> Vgl. [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstruments für Abbildungen, 1996, S.50-51]

- Bezug zur Schülerwirklichkeit.

Für eine Abbildung ist es von entscheidender Bedeutung, dass die einzelnen Komponenten deutlich getrennt voneinander wahrzunehmen sind. Deshalb spielt neben der Größe der Abbildung ein hoher Kontrastgrad, der sich beispielsweise durch „Schwarz-Weiß-Abbildungen“ bzw. den Gebrauch intensiver Farben erzielen lässt, eine wichtige Rolle. Außerdem ist für die Wahrnehmung die Schärfe der Abbildung ein Punkt, der beachtet werden muss, insbesondere bei der Verwendung von Photographien.

Bei der Zuordnung Bild  $\leftrightarrow$  Text ist wichtig, dass in der Abfassung explizite Verweise auf die zugehörigen Abbildungen vorliegen bzw. es sollte auch umgekehrt deutlich erkennbar sein, zu welchem Textabschnitt das jeweilige Bild gehört. Diese Zusammengehörigkeit wird oftmals auch dadurch erreicht, dass Schrift und Bild auf einer Seite nah beieinander angeordnet werden. Jedoch gerade bei mehreren Abbildungen hilft ein zusätzlicher gekennzeichnete Verweis im Text bei der Orientierung. Dabei spielt auch eine Rolle, ob das Bild in die entsprechende Textspalte eingliedert ist. Denn oftmals wird die Schrift, die zur Abbildung gehört, auch deutlich vom eigentlichen Fließtext getrennt, beispielsweise durch Absätze, eine kleinere Schriftgröße bzw. andere Schriftart oder durch farbliche Trennung. Diese Untertitel über mehrere Sätze sind vor allem dann sinnvoll, wenn kein entsprechender Textbezug vorliegt. Üblicherweise sind Untertitel kurz und prägnant und haben die Aufgabe, das Erkennen des Bildes in die richtige Richtung zu lenken. Gelegentlich sind sie auch als Frage formuliert und geben dem Leser so explizit Anhaltspunkte, seine Blicke bzw. Gedanken zielgerichtet zu fokussieren.

Für Gesamtgestaltung bzw. Layout des Werkes spielt die Anordnung der Abbildungen eine bemerkenswerte Rolle. Dabei ist ein wichtiger Punkt, ob sich eine bestimmte Regelmäßigkeit im Buch erkennen lässt, was das Zurechtfinden mit Sicherheit erleichtert oder ob die Bilder willkürlich von Seite zu Seite verschieden angeordnet sind, was natürlich dem Werk eine gewisse Lockerheit verleiht. Auch soll dabei berücksichtigt werden, ob die Abbildungen eher platzsparend angeordnet sind oder viel Raum in Anspruch nehmen.

Der letzte aufgeführte Untersuchungspunkt stellt gewissermaßen einen kleinen Exkurs dar, weil sich dieser Analysepunkt eigentlich nur mit „äußeren“ also gestalterischen Aspekten befassen sollte. Aber gerade angesichts der immer häufiger werdenden Forderungen nach moderner, jugendlicher Gestaltung der Schulbücher, lässt sich der inhaltliche Aspekt nicht mehr so radikal von der äußeren Betrachtungsweise trennen und beeinflusst diese vehement. Für eine moderne Gestaltung sind nun mal moderne Inhalte von entscheidender Bedeutung. Die Inhalte der Abbildungen müssen der Wirklichkeit der Schüler zuzuordnen sein, also ihrer persönlichen Erfahrung entspringen. Nur so können sie sich in ihnen wieder finden, was letztlich die Schulphysik zur Alltagsphysik macht.<sup>296</sup>

---

<sup>296</sup> Vgl. [Lüer, Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstruments für Abbildungen, 1996, S. 51-55]

## ii) Analyse der Werke

### Abbildungen in „Impulse“

Das Werk „Impulse“ bespricht die Mechanik auf 33 Seiten, auf denen insgesamt 112 Abbildungen enthalten sind, so dass im Durchschnitt mit 3,4 Abbildungen pro Seite der Spitzenwert der Analyse erreicht wird. Dieses Ergebnis ist neben der geringen Seitenzahl auch auf das sehr große und breite Seitenformat zurückzuführen. Jedoch auch der prozentuale Anteil der Abbildungen an der Gesamtfläche ist mit 20,1 % unter allen Vergleichswerken führend<sup>297</sup>, was belegt, dass sich der hohe Gebrauch von Abbildungen nicht ausschließlich auf das großflächige Seitenformat zurückführen lässt. Kombiniert mit der Tatsache, dass 41 % der untersuchten Seitenflächen durch Text erfüllt sind, ergibt sich einerseits, dass mit über 61 % die Seiten, relativ zu den Vergleichswerken, sehr effizient zur Stoffdarstellung mittels Text und Bild genutzt werden und andererseits in etwa ein Text-Bild Verhältnis von 2 zu 1 vorliegt. Die prozentuale Verteilung der Abbildungsarten weist unter den untersuchten Werken die auffälligste Rhythmisierung auf, da insbesondere der Anteil der Diagramme mit 13 % (14) ausgesprochen hoch ausfällt. Dabei werden die Graphen insbesondere zur Veranschaulichung der Größen „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ eingesetzt.<sup>298</sup> Die 50 „darstellenden“ bzw. 62 „logischen“ Bilder machen einen Prozentsatz von 45 % bzw. 55 % aller Abbildungen aus. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass die darstellenden Bilder und dabei nahezu ausschließlich Photographien, fast nur zur Einführung der einzelnen Themen bzw. bei den weiterführenden Texten genutzt werden und die „logischen Bilder“ fast ausnahmslos zur Verdeutlichung von Basiswissen, Aufgaben und Versuchen eingesetzt werden. Dies steht im Einklang mit den im Vorspann beschriebenen Funktionen der Abbildungsarten: Der motivierende und Neugierde weckende Zweck von darstellenden Bildern sollte natürlich zu Beginn des Kapitels erfüllt werden, aber auch am Ende des Abschnitts, um die Schüler auch über den Unterrichtsstoff hinaus für das Thema zu begeistern. Entsprechend bieten sich bei Aufgaben und insbesondere bei Versuchen schematische Zeichnungen an, deren Stärke in der Klarheit hinsichtlich der Wahrnehmung liegt. Nichtsdestotrotz würde eine auflockernde Illustration zu der ein oder anderen Aufgabe bzw. zudem ein oder anderen Versuch sicher in gewisser Weise zu deren Lösung bzw. Verständnis beitragen.

Die Photographien sind, bis auf einige Ausnahmen<sup>299</sup>, sehr groß und sehr scharf gewählt, so dass sich wichtige Komponenten eindeutig voneinander trennen lassen. Bei den schematischen Zeichnungen, die zumeist kleiner sind, wird dies hauptsächlich durch den Gebrauch vieler und vor allem intensiver Farben erreicht. Um Bewegungsrichtungen, insbesondere von Kräften hervorzuheben, werden auffallend viele Pfeile verwendet, die vor allem bei Versuchsbeschreibungen die schematischen Zeichnungen durch ikonische Repräsentationen er-

---

<sup>297</sup> Analysiert wurden im „Impulse“ Seiten 96-98

<sup>298</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 88-93

<sup>299</sup> Siehe „Impulse“ beispielsweise Seiten 94 und 116

gänzen und insgesamt eine große Hilfe darstellen.<sup>300</sup> Jedoch gibt es auch hier einige Ausnahmen, wie beispielsweise die schematische Zeichnung zur Drehwaage<sup>301</sup>, die einzelne Komponenten nicht deutlich voneinander abgrenzt, insbesondere durch die eintönige graue Farbwahl. Auch beim Thema „Zusammensetzung von Kräften“ wird die Wahrnehmung durch die monotone Farbwahl erheblich erschwert. Insbesondere die resultierende Ersatzkraft müsste deutlicher von den Einzelkräften abgegrenzt werden. Auch Anordnung und Textbezug zeigen in diesem Fall gravierende Mängel: Die Abbildungen werden weder deutlich voneinander abgesteckt, noch lassen sie sich durch Nähe den einzelnen Textblöcken eindeutig zuordnen bzw. werden in diesen erwähnt. Fehlende Untertitel bzw. Nummerierung führen letztlich dazu, dass jegliche Struktur und Ordnung verloren geht.<sup>302</sup>

Doch es muss ausdrücklich betont werden, dass dies nur in vereinzelt Beispielen der Fall ist: Im Großen und Ganzen wird im Text ausdrücklich und vor allem eindeutig durch die Abkürzung „(Abb. ►)“ auf die nummerierten Abbildungen hingewiesen, was nicht nur die rasche Text → Bild Zuordnung erleichtert, sondern insbesondere auch eine schnelle Einordnung Bild → Text ermöglicht. Zusätzlich wird die Zusammengehörigkeit von Schrift und Bild oftmals durch die räumliche Nähe zum Ausdruck gebracht, was meist damit einhergeht, dass angesprochene Abbildungen auf den jeweiligen Textblock folgen. Das erleichtert zwar die Text-Bild-Interaktion, hat jedoch den Nachteil, dass der Textkorpus und damit der Lesefluss durch zwischengeschaltete Abbildungen unterbrochen wird. Es wird Wert darauf gelegt die strenge Spaltenstruktur des Textes auch bei den Abbildungen weitestgehend einzuhalten und den 5,0 cm breiten Rand nur für überproportionale Abbildungen bzw. für Abbildungen, die sich nur schwer in die Spalten eingliedern lassen, in Anspruch zu nehmen. Auffällige Unregelmäßigkeiten zeigen sich bei der Verwendung von Untertiteln, insbesondere bei den ikonischen Darstellungen zum Kraftbegriff werden diese oft weggelassen.<sup>303</sup>

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Abbildungen, vor allem der Photographien zu Beginn der Kapitel, sind sehr auf die Wirklichkeit der Schüler ausgerichtet. Dabei werden auffällig oft Darstellungen aus Sportarten wie zum Beispiel Leichtathletik gewählt, die alle Schüler aus eigener Erfahrung kennen, aber auch vereinzelt neuartige moderne Sportarten aufgegriffen, die das Interesse der Schüler wecken sollen, wie beispielsweise das Foto eines „Bungeejumpers.“<sup>304</sup> Die Abbildungen zu den Versuchen sind zum Teil sehr technikorientiert bzw. schemenhaft, wie etwa bei den Versuchen zu Reibungskräften<sup>305</sup>, was insbesondere bei Schülern der 7. Jahrgangsstufe leicht zu Missverständnissen bzw. Problemen bei der Anschauung führen kann.

---

<sup>300</sup> Siehe „Impulse“ beispielsweise Seite 96,

<sup>301</sup> Siehe „Impulse“ Seite 100

<sup>302</sup> Siehe „Impulse“ Seite 109

<sup>303</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 108-112

<sup>304</sup> Siehe „Impulse“ Seite 95

<sup>305</sup> Siehe „Impulse“ Seite 112

### **Abbildungen in „Ikarus“**

Die Abbildungszahl für den Themenkomplex „Mechanik“ im „Ikarus“ beträgt 166, was bei einer Seitenanzahl von 73 Seiten einem Schnitt von 2,3 Abbildungen pro Seite entspricht und somit dem kleinsten Quotienten der betrachteten Bücher. Nichtsdestotrotz kann nicht von einem Werk gesprochen werden, dass auf Abbildungen wenig Wert legt, was neben dem absoluten Spitzenwert von 166 Abbildungen vor allem der mit 19,6 % zweithöchste Prozentsatz an bebildeter Fläche deutlich unterstreicht.<sup>306</sup> Die geringe Anzahl an Abbildungen pro Seite in Verbindung mit dem hohen Abbildungsanteil an der Seitenfläche, lassen Rückschlüsse auf eine relativ zu den Vergleichswerken überdurchschnittliche Bildgröße zu. Des Weiteren wird die Bedeutung des Bildes dadurch aufgewertet, dass die prozentuale Messung der Textnutzung ergeben hat, dass nur 20 % der gesamten Seitenfläche durch Text ausgefüllt wird, woraus ein Text-Bild-Verhältnis von ungefähr 1 zu 1 resultiert. Aus der Addition der prozentualen Anteile ergibt sich, dass nur etwa 40 % der Seitenfläche durch Text und Bild genutzt werden, was sicher als Hauptgrund für die verhältnismäßig riesige Seitenanzahl herhalten muss. Die prozentuale Verteilung der Abbildungsarten ergibt, dass das Werk 48 % (80) „darstellende Bilder“ und 52 % (86) „logische Bilder“ enthält, wobei insgesamt 7 % (11) auf Liniendiagramme entfallen, die fast ausschließlich zur Darstellung des Themas „Kraft und Verformung“ verwendet werden.<sup>307</sup> Ansonsten überwiegen bei den „logischen Bildern“ die ikonischen Darstellungen, da insbesondere bei den Themen zum Kraftbegriff Richtung und Betrag der Kräfte durch deutliche Pfeile dargestellt werden.<sup>308</sup>

Auffallend ist, dass die „darstellenden Bilder“ hier vermehrt comicartige Zeichnungen sind und dabei insbesondere in Form von Bilderserien dargestellt werden, für die sich diese Art der Illustration sehr gut eignet: „Die Zeichnung überwindet ihre statische Natur und wird zum bewegten Bild.“<sup>309</sup> Die in den Vergleichswerken vorrangigen Photographien werden im „Ikarus“ vor allem im Unterricht ergänzenden Teil „Zum Weiterlesen“ benutzt. Insgesamt zeigt sich bei der Verteilung der Abbildungsarten auf die einzelnen Elemente eine gelungene Rhythmisierung aus „darstellenden“ und „logischen“ Bildern, was den Schülern insbesondere bei den Aufgaben, aber auch bei den Versuchen, deutlich zu Gute kommt.

Die Photographien lassen sich im Allgemeinen als relativ groß und scharf beurteilen. Jedoch kann man auch Beispiele ausmachen, bei denen insbesondere die Schärfe zu wünschen übrig lässt, vor allem beim Versuch rasante Bewegungen darzustellen.<sup>310</sup> Durch die Verwendung von Comics kann der Zeichner nicht nur dieses Problem umgehen, sondern auch viel deutlicher Bildkomponenten voneinander abgrenzen und so gewissermaßen die Blicke des Betrachters auf die wesentlichen Komponenten richten: „Eine Herausforderung für den Comic-

---

<sup>306</sup> Analysiert wurden im „Ikarus“ Seiten 112-115

<sup>307</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 162-164

<sup>308</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seiten 113-114

<sup>309</sup> [Fuchs, 1978, S. 49] zitiert nach [www.germanistik.uni-hannover.de/fileadmin/deutsches\\_seminar/publikationen/HAL/hal-1.pdf](http://www.germanistik.uni-hannover.de/fileadmin/deutsches_seminar/publikationen/HAL/hal-1.pdf) S.23

<sup>310</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seiten 116-117

Zeichner ist es, den Blickkontakt des Lesers insbesondere innerhalb des Einzelbildes zu bündeln und zu steuern. Raumveränderungen und Objektstellungen werden vom Rezipienten als Bewegung wahrgenommen. Eine Dynamisierung einzelner Bilder kann durch Zusammenfassung mehrerer Handlungsabläufe erzielt werden.“<sup>311</sup>

Dies gelingt im Ikarus ausgesprochen gut, unterstützt durch die deutliche farbige Kennzeichnung der Bewegungsrichtung mit Hilfe von Pfeilen. Jedoch lassen sich auch hier Ausnahmen finden, bei denen aus der alleinigen Betrachtung der Zeichnungen nichts Wesentliches für die Schüler hervorgeht: Beispielsweise werden zur Einführung des wichtigen Kapitels „Große Kraft, kleine Kraft - wie kann ich sie bestimmen“ Abbildungen von Motorbooten gezeigt, aus denen keinerlei wichtige Komponenten auf Antrieb erkennbar sind. Erst durch das (mehrmalige) Lesen des „Begleittextes“ werden diese allmählich ersichtlich. Eine entsprechende Beschriftung der Abbildungen mit deutlicher Hervorhebung bzw. Kennzeichnung der entscheidenden Aspekte erscheint mir hier sinnvoll, gerade für Schüler der 7. Jahrgangsstufe.<sup>312</sup>

Dieses Beispiel dient auch sehr gut, um auffällige Regelmäßigkeiten bei der Anordnung der Abbildungen aufzuzeigen, denn neben Text versuchen auch die Darstellungen bestmöglich die Spaltenstruktur einzuhalten. Lediglich Bilderserien<sup>313</sup> bzw. überproportionale Abbildungen<sup>314</sup> stellen in dieser Hinsicht seltene Ausnahmen dar. Diese Periodizität setzt sich zu Beginn der einzelnen Kapitel fort, indem immer zunächst meistens zwei comicartige Zeichnungen einheitlicher Größe sequentiell angeordnet dargestellt werden. Auf einheitliche Größen der comicartigen Darstellungen wird aber auch im weiteren Verlauf, insbesondere bei den häufigen Bilderserien, großen Wert gelegt. Eine gewisse Regelmäßigkeit zeigt sich auch an der gleichmäßigen Verteilung der Abbildungen auf möglichst viele Seiten, die sich aus den Messergebnissen ablesen lässt.

Bei genauerer Betrachtung der Abbildungen fällt zudem auf, dass im Werk „Ikarus“ symmetrische Anordnungs- bzw. Darstellungsformen eine gewisse Rolle spielen, die nicht nur als besonders ästhetisch gelten, sondern nach den „Gestaltgesetzen“ von Wertheimer<sup>315</sup> zu einer verbesserten so genannten „präattentiven Wahrnehmung“<sup>316</sup> führen.<sup>317</sup> Diese beinhaltet Wahrnehmungsprozesse, die nicht durch Überlegungen gesteuert werden, sondern unmittelbar vor einer bewussten Verarbeitung stattfinden, wozu beispielsweise das Erkennen bzw. Gruppieren einzelner Bildkomponenten gehört. Das „Gesetz der Symmetrie“ sagt dabei aus, dass symmetrische Bildkomponenten leichter zugeordnet bzw. in eine Struktur gebracht werden können als asymmetrische.<sup>318</sup> Die beim Strukturelement „Text“ festgestellte symmetrische Auf-

---

<sup>311</sup> [www.germanistik.uni-hannover.de/fileadmin/deutsches\\_seminar/publikationen/HAL/hal-1.pdf](http://www.germanistik.uni-hannover.de/fileadmin/deutsches_seminar/publikationen/HAL/hal-1.pdf) S.23

<sup>312</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 123

<sup>313</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seiten 112 und 161

<sup>314</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seiten 111 und 116

<sup>315</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 238-239]

<sup>316</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 238]

<sup>317</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seite 123

<sup>318</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 239]

teilung bzw. Nutzung des Seitenformats spiegelt sich bei den Abbildungen wieder und setzt sich in den Bildtexten fort. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist auch, dass die Abbildungen nicht nur symmetrisch zur Buchmitte zweispaltig angeordnet werden, sondern auch häufig Quadrate sind, also „regelmäßige“ Vierecke mit auffallend vielen verschiedenen Symmetrien.

Die Abbildungen auf den Einführungsseiten eines neuen Kapitels werden nicht nur vorangestellt, sondern auch deutlich durch Absätze vom eigentlichen Basistext bzw. den stichpunktartigen Zusatzinformationen getrennt. Bilder und Text können als separate Blöcke nacheinander betrachtet werden, da keine Text-Bild-Interaktion festzustellen ist. Alle wesentlichen Informationen zu den Abbildungen befinden sich direkt im Anschluss in einem „Untertitel“ über mehrere Sätze, sozusagen einem „Bildtext“ in der gleichen Schriftgröße wie der Fließtext, hervorgehoben durch eine blaue Schrift und deutlichen Freiraum zum eigentlichen Text. Dies sichert zwar die eindeutige Zuordnung Bild  $\leftrightarrow$  Bildtext. Jedoch wäre die Wahl einer kleineren Schriftgröße als Abgrenzung mit Sicherheit die platzsparendere Alternative gewesen, was insbesondere für die effektive Nutzung der Seitenfläche von Vorteil wäre. Die Ausführlichkeit dieser „Bildtexte“ trägt mit Sicherheit zum besseren Verständnis bei und hilft den Schülern ihre Blicke auf die wesentlichen Komponenten zu fokussieren. Jedoch andererseits spricht es nicht gerade für die Qualität einer Abbildung, wenn viele Worte zur Erklärung gebraucht werden und das Bild nicht schon von selbst über eine eindeutige Sprache verfügt. In den Aufgabenteilen „Anwendungen und Anregungen“ bzw. im ergänzenden Teil „Zum Weiterlesen“ dagegen werden die Abbildungen vermehrt in den Text eingegliedert, können jedoch auch ohne ausdrückliche Verweise aufgrund der räumlichen Nähe den zugehörigen Aufgabenblöcken zugeordnet werden.

Die Inhalte der Abbildungen entsprechen dem Alltag der Schüler und sind vielfältig aus verschiedenen Bereichen wie Sport, Technik, Biologie, Geschichte, Forschung etc. gewählt. Insbesondere die comicartigen Zeichnungen sprechen die Schüler natürlich an und lockern den Unterricht auf moderne Art und Weise auf, sollen jedoch auch Fragen provozieren und Lust machen sich weiter mit dem Thema zu beschäftigen.

### **Abbildungen in „NuTC“**

Im „NuTC“ sind auf den 50 Seiten zur Mechanik, insgesamt 160 Abbildungen zu finden. Dies ergibt eine durchschnittliche Anzahl von 3,2 Abbildungen pro Seite. Die prozentuale Verteilung der Abbildungsarten ergibt, dass das Werk 49 % (78) „darstellende Bilder“, 51 % (82) „logische Bilder“ enthält. 8 % (12) der Abbildungen sind Graphen, die hauptsächlich bei den kinematischen Grundgrößen „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ zur Verdeutlichung von Aufgabenstellungen bzw. bei der Lösung einer Musteraufgabe eingesetzt werden.<sup>319</sup>

„Darstellende Bilder“ und „logische Bilder“ bilden eine rhythmisierte Seitenstruktur, wobei deutliche Schwerpunkte auszumachen sind. Während die „darstellenden“ Abbildungen und

---

<sup>319</sup> Siehe „NuTC“ Seite 116

dabei insbesondere Photographien hauptsächlich zu Beginn des Kapitels auf den Einführungsseiten vorzufinden sind<sup>320</sup>, werden die „logischen“ Abbildungen, vor allem in Form von ikonischen Darstellungen, insbesondere beim Themengebiet „Kräfteaddition“<sup>321</sup> bzw. bei der abschließenden Zusammenfassung zum Thema „Kraft“<sup>322</sup> herangezogen. Um Bewegungen durch Abbildungen darzustellen, wird auffällig oft auf Bilderserien<sup>323</sup> zurückgegriffen, die bei schematischen Zeichnungen durch zusätzliche Richtungspfeile ergänzt werden.

Die prozentuale Messung des Anteils an der Seitenfläche, der durch Abbildungen belegt ist, ergibt im „NuTC“ einen Wert von 17,5 %, so dass in dem ausgewählten Themengebiet „Beschleunigung“<sup>324</sup> bei 44 % Textnutzung ein Text-Bild Verhältnis von circa 2,5 zu 1 resultiert. Außerdem führt die Addition der prozentualen Anteile zu einem Wert von knapp 62 % Nutzung der Seitenfläche durch Bild und Text, was den Spitzenwert unserer Analyse darstellt. Dieses Resultat unterstreicht die schon beim Strukturelement festgestellte effektive Nutzung der Seitenfläche insbesondere durch die einspaltige Textstruktur, die nur selten durch Abbildungen unterbrochen wird. Jedoch muss gerechterweise betont werden, dass die Messergebnisse nicht als repräsentativ für das gesamte Werk angesehen werden können. Denn sowohl bei der Textstruktur, als auch bei der Nutzung von Abbildungen zeigt sich das Werk nicht einheitlich: Die einspaltige Textanordnung ohne Unterbrechung wechselt im Bereich der Experimente bzw. Aufgaben in eine zweisepaltige Aufteilung, in der vermehrt Abbildungen dazwischentreten, die zu mehr Absätzen und somit zu mehr freier Seitenfläche führen. Dadurch verringert sich in diesen Bereichen das Messergebnis der effizienten Nutzung der Seitenflächen umgehend. Bei den Abbildungen muss festgestellt werden, dass diese nicht gleichmäßig über das Werk verteilt sind und insbesondere beim Themengebiet Kraft, das für die Messung ja nicht berücksichtigt wird, offensichtlich in ihrer Anzahl zunehmen. Daher verschiebt sich das Text-Bild-Verhältnis in diesen Themengebieten zugunsten des Bildes und die auffällige Textlastigkeit wird, allgemein betrachtet, reduziert.

Zur Anordnung der Abbildung muss noch positiv ergänzt werden, dass sie deutlich durch entsprechende farbliche Unterlegungen eingerahmt und somit deutlich voneinander abgegrenzt werden, was die Orientierung sehr erleichtert. In dieser Hinsicht unterstützen auch die Nummerierungen der Abbildungen, auf die der Text durch das Symbol eines blauen senkrechten Pfeils mit entsprechender Zahl ausdrücklich hinweist. Dies ermöglicht nicht nur ein rasches Auffinden der zum Text zugehörigen Abbildung, sondern berücksichtigt auch die oft vernachlässigte Umkehrung, nämlich ein schnelles Aufspüren der zur Abbildung passenden Textpassage. Das Symbol fällt zwar aufgrund der farblichen Betonung relativ schnell ins Auge könnte jedoch noch deutlicher herausgearbeitet werden. Daneben erweist sich die Farbe „blau“ nicht

---

<sup>320</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 146-147

<sup>321</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 149-151

<sup>322</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 154-157

<sup>323</sup> Siehe „NuTC“ beispielsweise Seite 127

<sup>324</sup> Analysiert wurden im „NuTC“ Seiten 130-132

als beste Wahl, da die Merksätze im gleichen Blauton niedergeschrieben sind, so dass entsprechende Verweise auf Abbildungen hier nicht direkt erkannt werden. Die Abbildungen sind mit kurzen Untertiteln versehen, die zumeist nur entweder den zugehörigen physikalischen Fachbegriff oder den Inhalt der Abbildung wiedergeben, aber auch vereinzelt als prägnante Frage formuliert sind.<sup>325</sup>

Die Fotografien zeigen im Allgemeinen eine gute Größe, weisen jedoch zum Teil deutliche Unterschiede in der Schärfe auf. Insbesondere die auf der Einführungsseite zur Mechanik dargestellte Photographie, die einen ersten bleibenden Eindruck bei den Schülern zum Thema „Kräfte in der Natur und Technik“ hinterlassen soll, zeigt in dieser Hinsicht gravierende Qualitätsmängel.<sup>326</sup> Aber auch im weiteren Verlauf treten immer wieder zwischen hauptsächlich qualitativ hochwertigen Photographien vereinzelt unscharfe Abbildungen auf.<sup>327</sup>

Die Abbildungen sprechen die Schüler mit modernen Bildinhalten an, zeigen beispielsweise einen „Inlineskater in der Halfpipe“ bzw. Bilder der ISS und schaffen auf diese Weise deutlich Bezug zum aktuellen Zeitgeschehen. Einziger Kritikpunkt ist, dass sie in bestimmten Situationen, beispielsweise beim Sport oder beim Einkaufen, Erwachsene als Darstellungsobjekte aufgreifen, obwohl sich genauso gut auch Kinder angeboten hätten.<sup>328</sup> Um die Schülerwirklichkeit anzusprechen, müssen sich die Kinder in den Bildern wieder finden und sich mit den dargestellten Personen identifizieren, was sich durch gleichaltrige Bildobjekte besser verwirklichen lässt.

Ausschließlich auf den Einführungsseiten zu den übergeordneten Themenkomplexen, also auch bei der Mechanik, greift „NuTC“ auf eine veränderte Form der bildlichen Darstellung zurück, nämlich auf Comics. Diese unterscheiden sich dahingehend von den comicartigen Zeichnungen des „Ikarus“, dass sie, wie man an der lustigen Aufmachung unschwer erkennen kann, das Hauptziel der Unterhaltung und Auflockerung verfolgen. Dazu tragen auch die Sprechblasen bei, die jedoch auch als Anreiz für themenbezogene Fragen und Denkanstöße dienen und somit zu einer intensiveren Beschäftigung motivieren wollen.<sup>329</sup> Dabei stellt sich zu Recht die Frage, warum das Werk im weiteren Verlauf nicht häufiger auf diese Art der Illustration zurückgreift.

### **Abbildungen in „NuTDP“**

Das Werk „NuTDP“ behandelt die Mechanik auf 43 Seiten, auf denen insgesamt 142 Abbildungen enthalten sind, so dass im Durchschnitt mit 3,3 Abbildungen pro Seite, knapp hinter Werk „Impulse“, der zweite Platz der Analyse erreicht wird. Dieses Ergebnis war aufgrund der in Relation zu den Vergleichswerken sehr geringen Seitenfläche von lediglich 408 cm<sup>2</sup>

---

<sup>325</sup> Siehe „NuTC“ beispielsweise Seiten 131 und 139

<sup>326</sup> Siehe „NuTC“ Seite 109

<sup>327</sup> Siehe „NuTC“ beispielsweise Seite 134

<sup>328</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 124-125

<sup>329</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 110-111

und dem schlanken Seitenformat nicht zu erwarten. Jedoch hilft der prozentuale Anteil der Abbildungen an der Seitenfläche bei der Ursachenforschung dieses überraschenden Ergebnisses: Denn mit einem Prozentsatz von nur 14,9 % an bebildeter Seitenfläche nimmt „NuTDP“ in unserer Untersuchung abgeschlagen den letzten Platz ein.<sup>330</sup> Wenn man die beiden Messergebnisse kombiniert, lässt sich sagen, dass das Schulbuch zwar sehr viele Abbildungen verwendet, diese aber eine sehr kleine Durchschnittsgröße haben müssen. Dabei fallen beim Durchblättern insbesondere die vielen kleinen Photographien ins Auge, die dem Betrachter vor allem auf den Einführungsseiten zu den einzelnen Kapiteln bzw. bei den verschiedenen Kraftarten<sup>331</sup> offenbart werden. Damit einher geht das Messergebnis zur prozentualen Verteilung der Abbildungsarten: Denn mit 60 % (85) „darstellender Bilder“ übertrifft das Werk nicht nur prozentual gesehen die Vergleichswerke deutlich, sondern belegt auch absolut betrachtet, den Spitzenrang unserer Analyse, was in Anbetracht der geringen Seitenanzahl und Seitenfläche bemerkenswert ist. Dabei fällt auf, dass oftmals auch Photographien lediglich zur Seitengestaltung herangezogen werden, ohne das Ziel zu verfolgen, einen physikalischen Sachverhalt zu veranschaulichen. Als Beispiel ist das einfache Bild eines Apfels zu nennen, das deutlich sichtbar bei den weiterführenden Informationen zum Newtons Kraftgesetz dargestellt wird, weil Newton der Legende nach die Kraft zwischen zwei Körpern aus einem fallenden Apfel ableitete.<sup>332</sup> Aus dem Übergewicht der „darstellenden Bilder“ resultiert, dass auf „logische Bilder“ mit 40 % (57) und dabei insbesondere auf Graphen mit nur 4 % (6) verhältnismäßig wenig zurückgegriffen wird. Es wird deutlich, wie auch schon beim Strukturelement „Leiteinrichtungen“ insbesondere anhand des sorgfältigen Einleitungskapitels bzw. des ausführlich gestalteten Inhaltsverzeichnisses festgestellt wurde, dass das Werk „NuTDP“ großen Wert auf kindgerechte anschauliche Abbildungen legt. Daher spielen die eher „mathematischen“ Diagramme nur eine unwesentliche Rolle.

Die prozentuale Messung der Nutzung der Seitenfläche durch Text ergab einen Anteil von 36 %, was neben einem Text-Bild Verhältnis von etwa 2,5 zu 1 lediglich zu einem Prozentsatz von knapp 52 % effektiver Seitennutzung durch Text und Bild führt. Der Gründe sind die zweispaltige Textanordnung, die deutlichen Ränder sowie die Vielzahl an Photographien.

Diese Fotos sind wie bereits erwähnt, zumeist sehr klein gewählt, was nicht nur die Klarheit der Wahrnehmung deutlich beeinträchtigt, sondern auch viele Absätze und damit ungenutzte Fläche erforderlich macht. Ihre Schärfe ist bis auf vereinzelte Ausnahmen<sup>333</sup> als gut zu bewerten. Auch die Trennschärfe der Abbildungen ist im Wesentlichen in Ordnung, wenn gleich auch bei den ikonischen Darstellungen bei der Zusammensetzung von Kräften die einzelnen Kraftkomponenten deutlicher farblich abgegrenzt werden könnten. Die schwarze Farbe ana-

---

<sup>330</sup> Analysiert wurden im „NuTDP“ Seiten 129-131

<sup>331</sup> Siehe „NuTDP“ beispielsweise Seite 143

<sup>332</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 135

<sup>333</sup> Siehe „NuTDP“ beispielsweise Seite 126

log der Textfarbe für beide Einzelkräfte heranzuziehen, erscheint hier offensichtlich als die falsche Wahl.

Die Abbildungen sind sorgfältig nummeriert, so dass beim Lesen des Textes eine rasche Zuordnung des passenden Bildes möglich ist, da explizite Verweise auf die entsprechenden Darstellungen vorliegen. Jedoch werden für diese Hinweise Schrift und Farbe analog zum Fließtext gewählt, was zur Folge hat, dass sie sich von diesem nicht abheben. Die im Werk „NuTC“ gelobte rasche Zuordnung Bild→Text ist in diesem Fall nicht möglich, auch deshalb nicht, weil Text und Bild räumlich oft weit auseinander liegen, zum Teil auf verschiedenen Seiten.<sup>334</sup> Die Untertitel der Abbildungen sind textähnlich, unterscheiden sich aber deutlich vom Fließtext (Schriftgröße 2,20 mm; Schriftgrad etwa 9 bis 10 Times New Roman) durch eine kleinere Schriftgröße (1,75 mm; Schriftgrad etwa 7 bis 8 Times New Roman).

Bei der Anordnung der Abbildungen zeigt sich keinerlei Regelmäßigkeit. Stellenweise wird versucht die Spaltenstruktur einzuhalten, dann werden wieder vermehrt größere Abbildungen auf die Ränder ausgedehnt bzw. mehrere (bis zu vier)<sup>335</sup> kleinere Abbildungen nebeneinander angeordnet. Photographien werden eingerahmt, während bei „logischen Bildern“, bei denen es sich relativ oft um schematische Zeichnungen handelt, die Ränder zumeist weggelassen werden.

Dadurch, dass die fotografischen Bilder insbesondere auf den Einführungsseiten sehr zahlreich sind, gelingt es dem Werk nicht, ausreichend auf alle einzugehen, so dass die Schüler zwar die übrigen Fotos sehen und deren Inhalte auch gewiss aus ihrem Alltag kennen, sie aber nicht physikalisch einordnen können. Beispielsweise zum Thema „Kräfte und Bewegungsänderungen“ sind fünf Abbildungen dargestellt, von denen jedoch nur zwei mit abschließender Frage als motivierender Denkanstoß näher erläutert werden. Die restlichen drei Abbildungen werden mit keinem Wort erwähnt.<sup>336</sup> Da taucht zu Recht die Frage auf, warum man diese „darstellenden Bilder“ nicht einfach weglässt und stattdessen die anderen beiden Bilder gestalterisch noch mehr in den Mittelpunkt stellt. Das Sprichwort „Weniger ist oft mehr“ kommt hier deutlich zum Tragen.

### **Abbildungen in „Netzwerk“**

Das Werk „Netzwerk“ greift auf den 45 Seiten zum Thema „Mechanik“ auf insgesamt 141 Abbildungen zurück, was im Durchschnitt 3,1 Abbildungen pro Seite bedeutet. Dieser Wert liegt nur knapp unter den Spitzenwerten der Werke „Impulse bzw. „NuTDP“. Bei der prozentualen Verteilung überwiegen mit 58 % (82) die „darstellenden Bilder“, während die „logischen Bilder“ 42 % (59) ausmachen. Dabei sind insgesamt immerhin 9 % (12) der Abbildungen Graphen. Auf diese wird ausführlich im Zusatzkapitel „Erstellen und Interpretieren von

---

<sup>334</sup> Siehe „NuTDP“ beispielsweise Seiten 130-131

<sup>335</sup> Siehe „NuTDP“ beispielsweise Seite 129

<sup>336</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 128

Diagrammen<sup>337</sup> eingegangen, das der Lehrplan eigentlich nicht für die siebte sondern erst für die neunte Jahrgangsstufe vorsieht. Daneben werden Diagramme als unterstützendes Anschauungsmaterial sehr intensiv bei der Besprechung des „Hooke’schen Gesetzes“ verwendet. „Darstellende und logische Bilder“ zeigen bzgl. der Verteilung keine Prioritäten und lassen eine ausgewogene Seitenstruktur erscheinen. Als besonders auffällig und im krassen Gegenteil zu den Vergleichswerken erweist sich die Tatsache, dass sowohl bei den Aufgaben als auch bei den Versuchen nur ganz selten auf Abbildungen und dabei insbesondere auf „logische Bilder“ zurückgegriffen wird. Dies ist daher erstaunlich, weil ja gerade in diesen Strukturelementen die meiste Aufmerksamkeit der Anschauung gewidmet werden sollte. Da stellt sich die Frage, wie Schülern der 7. Jahrgangsstufe, denen gerade zu Beginn ihrer physikalischen Schullaufbahn oft noch jegliches fachspezifisches Vorstellungsvermögen fehlt, entsprechende Gerätschaften und Versuchsschemata vorgestellt bzw. Aufgaben verdeutlicht werden sollen. Dieser verheerende Mangel führt letztlich zu dem geringen Prozentsatz „logischer Bilder“, der lediglich durch die vielen Graphen nicht noch deutlicher gegenüber den Vergleichswerken abfällt. Denn gerade bei Aufgaben bzw. Versuchen greifen diese verstärkt auf diese Art der Abbildung und dabei insbesondere auf schematische Zeichnungen bzw. ikonische Darstellungen zurück.<sup>338</sup>

Die völlig willkürliche Textgestaltung setzt sich in der Anordnung der Abbildungen fort, die völlig regellos über die Seite verteilt werden und dabei jegliche Spalten- und Zeilenstruktur aufbrechen. Die Abbildungen sind etwa zur Hälfte eingerahmt. Teilweise werden sogar deutliche Rahmen gesetzt, die aber dann nicht eingehalten werden.<sup>339</sup> Analog zur prozentualen Messung der Nutzfläche durch Text, die einen Wert von 28 % ergeben hat, spiegelt auch die entsprechende Messung für Abbildungen mit einem Wert von 18,9 % nur in etwa die wahren Verhältnisse wieder.<sup>340</sup> Die Gründe wurden bereits beim Strukturelement „Text“ ausführlich dargelegt. Insbesondere die Schwierigkeit quer über das Seitenformat verlaufende Abbildungen, die nicht abgesteckt sind, mit dem Geodreieck zu messen, sei hier noch einmal erwähnt. Nichtsdestotrotz ergeben sich für diese Analyse ausreichend, ein Text-Bild-Verhältnis von etwa 1,5 zu 1 sowie eine prozentuale Nutzung der Seitenfläche durch Text und Bild von knapp 47 %. Insbesondere der letzte errechnete Wert erscheint angesichts der beim Strukturelement „Text“ festgestellten geringen ungenutzten Fläche als etwas fragwürdig.

Die Größe der Fotografien verändert sich von Seite zu Seite deutlich. Dabei stellen sich insbesondere die Fotos zu technischen Gerätschaften als deutlich zu klein heraus. Beispielsweise auf den Abbildungen zu den Federn und Waagen bzw. auch bei den Darstellungen zum Elektroskop sind die die wichtigen Elemente nicht groß genug wahrnehmbar.<sup>341</sup> Auch Schärfe

---

<sup>337</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 120

<sup>338</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 155

<sup>339</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 134

<sup>340</sup> Analysiert wurden im „Netzwerk“ Seiten 125, 126 und 128

<sup>341</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 120, 143 und 148

und Trennschärfe der Fotografien zeigen teilweise deutliche Mängel auf, wie zum Beispiel das Hintergrundbild auf der Einführungsseite zum Themenkomplex Mechanik oder das Titelbild zum Kapitel „Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften“ deutlich machen.<sup>342</sup> Bei diesem fällt insbesondere der geringe Kontrastgrad auf, der infolge der eintönigen Farbwahl die einzelnen Schiffe nicht deutlich erkennbar voneinander abgrenzt und deshalb eine klare Wahrnehmung verhindert. Außerdem wird unter anderem anhand dieser Beispiele deutlich, dass die Abbildungen die Wirklichkeit der Schüler nicht ansprechen und schon gar nicht ihrer persönlichen Erfahrung entspringen. Gerade die Beispiele auf den Einführungsseiten sollten aus dem Blickwinkel der Schüler ausgewählt werden und einen starken Bezug zu ihrem Alltag herstellen. Eine qualitativ mangelhafte Abbildung, die ein nächtliches Tauziehen einer Football-Mannschaft gegen eine Straßenbahn zeigt, auf der weder die Bahn noch das „Hin und Her“ scharf zu erkennen sind, erscheint mir hier die falsche Wahl.<sup>343</sup> Auch bei der Zusammensetzung von Kräften gibt es mit Sicherheit bessere Motive, als einen schlecht sichtbaren Ozeanriesen, der mithilfe von Schleppern auf einen Anlageplatz gezogen wird.<sup>344</sup> In Anbetracht der in dieser Hinsicht einfallsreichen Vergleichswerke erscheint mir die scharfe Kritik gerechtfertigt.

Die Abbildungen zeichnen sich durch eine auffällige Nähe zum Text aus und sind, wie bereits mehrfach erwähnt, zum Teil sogar in die Abfassung integriert. Dies erleichtert zwar zumeist eine schnelle Zuordnung, kann diese aber auch erschweren, zum Beispiel dann, wenn sich die Abbildung zwischen mehreren Textblöcken befindet bzw. über mehrere Textabschnitte hinwegzieht<sup>345</sup>. Auf explizite Verweise im Text wird weitestgehend verzichtet, nur gelegentlich wird im Fließtext, beispielsweise durch Anmerkungen wie „im Bild rechts“<sup>346</sup> auf eine Abbildung hingewiesen.

Die Abbildungen sind nicht nummeriert und haben keine Untertitel, bis auf zwei schematische Zeichnungen, die plötzlich durch kursiv fettgedruckte Untertitel samt Nummerierungen aufhorchen, auf die jedoch nicht im Fließtext verwiesen wird.<sup>347</sup> Diese Regellosigkeit setzt sich in der Beschriftung der Abbildungen fort. Nur im Einzelfall werden Darstellungen von Versuchsgeräten, wie etwa der Federkraftmesser<sup>348</sup> ausführlich beschriftet. Bei den schematischen Zeichnungen, insbesondere zum Kraftbegriff, sind die Unterschiede noch gravierender. Als auffallend „überbeschriftet“ und total verkompliziert erweisen sich in dieser Hinsicht die Abbildungen zum Thema „Wirkungslinien von Kräften“<sup>349</sup>. Dagegen müssen die Abbildungen samt Beschriftungen zu den „Streifzügen“ positiv erwähnt werden. In diesen werden an-

---

<sup>342</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 114 und 154

<sup>343</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 114

<sup>344</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 154

<sup>345</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 125

<sup>346</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 154

<sup>347</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 129

<sup>348</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 128

<sup>349</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 157

wendungsorientierte und fächerübergreifende Bezüge zu Themen aus den Bereichen Technik, Biologie, Geschichte etc. hergestellt, die das Interesse der Schüler wecken sollen. Beispielsweise die ausführlich beschrifteten Abbildungen zum „ersten Mondflug“ oder zum „Segeln gegen den Wind“ tragen mit Sicherheit dazu bei, dieses Ziel zu erreichen.<sup>350</sup>

### **Abbildungen in „EidM“**

Das Werk „EidM“ bespricht die Mechanik auf 34 Seiten, auf denen insgesamt 90 Abbildungen enthalten sind, so dass im Durchschnitt mit 2,6 Abbildungen pro Seite ein vergleichsweise kleiner Quotient resultiert, der auf den ersten Blick auf die in Relation zu den Vergleichswerken deutlich geringere Seitenfläche zurückzuführen ist. Jedoch landet das Buch auch bei der Messung des prozentualen Anteils an bebildeter Fläche mit 17,5 % auf den hinteren Rängen unserer Analyse<sup>351</sup>, was belegt, dass sich der geringe Gebrauch von Abbildungen nicht ausschließlich auf das kleine DIN-A5 Seitenformat zurückführen lässt, sondern dass insgesamt auf ein bildärmeres Werk geschlossen werden muss. Kombiniert mit der Tatsache, dass 32 % der untersuchten Seitenflächen durch Text erfüllt sind, ergibt sich einerseits, dass mit nur knapp 50 % die Seiten relativ zu den Vergleichswerken wenig Platz sparend zur Stoffdarstellung mittels Text und Bild genutzt werden und andererseits in etwa ein Text-Bild Verhältnis von 2 zu 1. Die geringe Nutzung der Seitenfläche ist neben den deutlichen Rändern unter anderem auf die vielen Freiräume zurückzuführen. Insbesondere am Ende eines Kapitels nach den Aufgabenstellungen bleiben oftmals größere Flächen ungenutzt, wie beispielsweise im Anschluss an das vierte Kapitel.<sup>352</sup> Hier stellt sich die Frage, warum man fast eine ganze Spalte „leer“ lässt, die man beispielsweise für weitere Aufgaben bzw. weiterführende Informationen hätte nutzen können.

Die prozentuale Verteilung der Abbildungsarten ergibt, dass „EidM“ auf 60 % (54) „logische Bilder“ und 40 % (36) „darstellende Bildern“ zurückgreift, während nur 1 % (1) Graphen eingesetzt werden. Bei diesem handelt es sich um eine Landkarte, die die Flugroute eines Storchs beschreibt also eine so genannte kartographische Darstellung von Daten und keine graphische Darstellung von eher mathematischen Funktionszusammenhängen, wie etwa in den Vergleichswerken.<sup>353</sup> Die Tatsache, dass kein einziger funktionaler Graph zur Verdeutlichung herangezogen wird, zeigt deutlich, dass getreu den Vorgaben des Lehrplans der Abstraktionsgrad dieser Art von Abbildungen für die 7.Jahrgangsstufe als zu hoch eingestuft wird. Stattdessen wird, konträr zu allen Vergleichswerken, hauptsächlich auf „logische Bilder“ in Form von ikonischen Repräsentationen der kinematischen Größen Geschwindigkeit bzw. „Zusatzgeschwindigkeit“ durch Vektorpfeile zurückgegriffen. Im Zusammenhang mit dem Kraftbegriff werden dabei Abbildungen von Computersimulationen gezeigt, was ein Novum unter den

---

<sup>350</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 139 und 157

<sup>351</sup> Analysiert wurden im „EidM“ Seiten 17-19

<sup>352</sup> Siehe „EidM“ Seite 16

<sup>353</sup> Siehe „EidM“ Seite 2

Vergleichswerken darstellt und die moderne Art der Darstellung im „EidM“ unterstreicht. Diese setzt sich in der häufigen Verwendung von Stroboskopbildern fort, die insbesondere in einem eigenen Kapitel „Die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen“ nicht nur dargeboten, sondern auch kindgerecht erklärt werden.<sup>354</sup> Auf diese fortschrittliche Art der Darstellung von Handlungsabläufen wurde ja bereits im Vorspann ausdrücklich hingewiesen. Die Größe der Photographien ist meist sehr klein, so dass gerade bei technischen Gerätschaften wesentliche Elemente nicht eindeutig wahrnehmbar sind. Beispielsweise das Bild eines Tachometers ist deutlich zu klein geraten, so dass die beschriebene Geschwindigkeitsanzeige mit entsprechender Skalierung nicht erkennbar ist und das Bild erheblich an Nutzen für den Schüler verliert.<sup>355</sup> Auch die Abbildung des Schiffes „MS Beaufort“ samt Lenkdrachen ist eindeutig zu klein, so dass das Schiff, aber insbesondere der Lenkdrachen nahezu überhaupt nicht zu erkennen sind, weshalb dieser, um ihn von den ebenfalls weißen Wolken auch nur annähernd abgrenzen zu können, rot umkreist und durch einen roten Pfeil gekennzeichnet werden muss.<sup>356</sup> Auch die Schärfe der Photographien zeigt zum Teil deutliche Mängel auf, wie etwa die Abbildung zum Eisstockschießen deutlich macht.<sup>357</sup> Bei der Trennschärfe sind die Stroboskopbilder positiv zu erwähnen, was daran liegt, dass das benutzte Programm „measure Dynamics“ ermöglicht, einen beliebigen einfarbigen Hintergrund zu wählen.<sup>358</sup> Dadurch kann ein guter Kontrast zum Bewegungsobjekt hergestellt werden. Auch bei den schematischen Darstellungen zu den kinematischen Grundgrößen sind die einzelnen Vektorpfeile deutlich durch verschiedenfarbige Darstellungen voneinander abzugrenzen. Bei den Abbildungen zu den Computersimulationen kann zum Teil der Kontrast nicht offensichtlich genug herausgearbeitet werden, was vor allem an den deutlich dünneren Pfeilen liegt. Zudem lassen sich die grünen Pfeile auf dem grünen Hintergrund nur sehr schwer erkennen. Auch der Kontrastgrad der astronomischen Abbildungen fällt äußerst gering aus und hebt wichtig Bildelemente nur unschwer vom kräftigen schwarzen Hintergrund ab.<sup>359</sup> Auch die Kontrastierung der schwarz-weißen Abbildung des Baumes, der seine Blätter abwirft, könnte durch intensive Farben verbessert werden, die zudem noch zu einer besseren Gestaltung dieser tristen Abbildung beitragen würden.<sup>360</sup>

Zur Anordnung der Abbildungen lässt sich sagen, dass sie analog zum Text konsequent die Spaltenstruktur einhalten, was augenscheinlich zu einer deutlich übersichtlicheren Seitengestaltung beiträgt, andererseits jedoch die Größe der Abbildungen sehr einschränkt und insbesondere für überproportionale Darstellungen wenig Spielraum liefert. Dies zeigt sich deutlich in dem einzigen Sonderfall, in dem die strenge Spaltenstruktur aufgehoben wird, nämlich dem

---

<sup>354</sup> Siehe „EidM“ Seite 2

<sup>355</sup> Siehe „EidM“ Seite 4

<sup>356</sup> Siehe „EidM“ Seite 30

<sup>357</sup> Siehe „EidM“ Seite 25

<sup>358</sup> Vgl. [Benz, measure-Dynamics – Ein Quantensprung in der digitalen Videoanalyse, 2008]

<sup>359</sup> Siehe „EidM“ beispielsweise Seiten 24 und 31

<sup>360</sup> Siehe „EidM“ Seite 32

Stroboskopbild eines Traktors. In diesem Fall muss, um die Klarheit der Wahrnehmung einigermaßen zu gewährleisten, die Spaltenstruktur gesprengt werden und die Abbildung auf beide Spalten erweitert werden.<sup>361</sup> Jedoch muss sich das Werk in dieser Hinsicht den Vorwurf gefallen lassen, dass es sehr häufig Abbildungen nicht auf die, von jeher knapp bemessene, volle Spaltbreite ausdehnt, so dass einerseits große Freiräume auftreten und andererseits, was noch viel schlimmer ist, deutlich zu kleine Abbildungen entstehen. Es ist nicht nachvollziehbar, warum beispielsweise bei der Abbildung zum Crashtest mit einem Ei bzw. bei der schematischen Darstellung eines LKWs in der Linkskurve nicht wenigstens die ganze verfügbare Spaltenbreite ausgenutzt wird.<sup>362</sup> Alternativ hätte man auch, was den geringen Prozentsatz der Nutzfläche durch Text und Bild verbessern würde, den freien Raum neben dem Bild durch Text ausfüllen können, was lediglich bei einer einzigen Abbildung gemacht wird.<sup>363</sup> Ansonsten werden die Darstellungen immer so in den Text eingefügt, dass dieser die Bilder nur von oben bzw. unten umgibt.

Die Abbildungen sind sorgfältig nummeriert, so dass beim Lesen des Textes eine rasche Zuordnung des geeigneten Bildes möglich ist, da explizite Verweise auf die entsprechenden Darstellungen vorhanden sind. Jedoch werden für diese Hinweise Schrift und Farbe analog zum Fließtext gewählt, was zur Folge hat, dass sie sich von diesem nicht abheben. Darunter leidet insbesondere die schnelle Zuordnung Bild → Text. Auffällig in dieser Hinsicht ist auch, dass Bild und zugehöriger Textblock zwar immer sehr nah beieinander liegen, sich aber keine feste Reihenfolge erkennen lässt. Teilweise kommt es sogar vor, dass man Bild und zugehörigen Textabschnitt auf verschiedenen Seiten vorfindet, was das gemeinsame „Lesen“ insbesondere dann erschwert, wenn umgeblättert werden muss.<sup>364</sup>

Alle Abbildungen sind mit Untertiteln versehen, die bei „darstellenden Bildern“ sehr kurz ausfallen, während sie bei „analogen Bildern“ zumeist etwas länger sind, aufgrund des größeren Erklärungsbedarfs. Kleiner Kritikpunkt ist, dass sie sich bei einer deutlich kleineren Schriftgröße von 1,4 mm (entspricht etwa Schriftgrad 6 Times New Roman) zwar vom Fließtext unterscheiden, aber deshalb nur schwer zu entziffern sind. Es gibt in diesem Fall gewisse bessere Alternativen, wie beispielsweise Fettdruck oder Kolorierung, um die Untertitel vom eigentlichen Text abzugrenzen. Positiv zu betonen sind zum Teil auch die Untertitel der Photographien, die ausdrücklich die Namen der Bildmotive nennen und so den Bildern einen persönlichen Rahmen geben.

Die Schüler finden sich auf diese Weise in den Bildmotiven wieder und erkennen so, dass es sich bei den dargestellten Personen, wie etwa „Anna und Marie“, ebenfalls um ganz „norma-

---

<sup>361</sup> Siehe „EidM“ Seite 8

<sup>362</sup> Siehe „EidM“ Seiten 22 und 24

<sup>363</sup> Siehe „EidM“ Seite 22

<sup>364</sup> Siehe „EidM“ beispielsweise Seiten 17-18

le“ Mädchen handelt.<sup>365</sup> Außerdem trägt es sicher zur Unterhaltung und Auflockerung bei, wenn man beispielsweise einen abgebildeten Weißstorch „Max“ nennt.<sup>366</sup>

Die Abbildungen stellen einen starken Bezug zum Alltag der Schüler und zu modernen Anwendungsmöglichkeiten dar, die aus dem Blickwinkel der Schüler ausgewählt wurden, wie beispielsweise die Bilder zum ferngesteuerten Auto bzw. zur Modelleisenbahn<sup>367</sup>. Nichtsdestotrotz stammen die Inhalte der Photographien fast ausschließlich aus den Bereichen Sport und Technik, wobei insbesondere auf die bei Jungs so beliebte Sportart Fußball zurückgegriffen wird. Dabei möchte man durch die geschickte Wahl weiblicher Sportlerinnen auch das Interesse der Mädchen wecken und deutlich machen, dass Fußball nicht mehr reine Männersache ist. Jedoch ist zu bedenken, ob nicht eine stärkere Rhythmisierung der Abbildungsinhalte durch vermehrten Einsatz von Anwendungen aus zum Beispiel der Biologie den Großteil der Mädchen mehr ansprechen würde.

### Vergleichende Analyse

	„Impulse“	„Ikarus“	„NuTC“	„NuTDP“	„Netzwerk“	„EidM“
<b>Anzahl der Abbildungen</b>	112	166	160	142	141	90
<b>Seitenzahl Mechanik</b>	33	73	50	43	45	34
<b>Durchschnittliche Anzahl der Abbildungen pro Seite</b>	3,4	2,3	3,2	3,3	3,1	2,6
<b>Prozentuale Anteil der Abbildungen an der Seitenfläche</b>	20,1	19,6	17,5	14,9	18,9	17,5
<b>Prozentuale Nutzung der Seitenfläche durch Bild&amp;Text</b>	61	40	62	52	47	50
<b>Text-Bild-Verhältnis</b>	2 zu 1	1 zu 1	2,5 zu 1	2,5 zu 1	1,5 zu 1	2 zu 1

<sup>365</sup> Siehe „EidM“ Seite 1

<sup>366</sup> Siehe „EidM“ Seite 2

<sup>367</sup> Siehe „EidM“ Seiten 3 und 6

<b>Prozentuale Anteil „darstellender Bilder“</b>	45	48	49	60	58	40
<b>Prozentuale Anteil „logischer Bilder“</b>	55	52	51	40	42	60
<b>Prozentuale Anteil Graphen an Gesamtanzahl</b>	13	7	8	4	9	1

Tabelle 3 Übersicht der wichtigsten Ergebnisse zum Strukturelement Abbildungen

Die Tabelle zeigt die wichtigsten Ergebnisse der Analyse auf. Während „Ikarus“ zwar mit 166 Abbildungen absolut gesehen die meisten Abbildungen aufweist, belegt das Werk aufgrund der überdurchschnittlichen Seitenanzahl mit 2,3 Darstellungen pro Seite in dieser Hinsicht den letzten Platz unserer Analyse. Auch das Werk „EidM“ erweist sich mit einem Quotienten von 2,6 als bildärmer, während die anderen Werke keine deutlichen Unterschiede aufzeigen. Bezieht man zusätzlich noch den prozentualen Anteil der Abbildungen an der Seitenfläche mit ein, lässt der mit 19,6 % relativ hohe Beitrag kombiniert mit der geringen Anzahl an Abbildungen pro Seite im „Ikarus“ auf eine überdurchschnittliche Bildgröße schließen. Des Weiteren wird die Bedeutung des Bildes dadurch aufgewertet, dass die prozentuale Messung der Textnutzung ergeben hat, dass nur 20 % der gesamten Seitenfläche durch Text ausgefüllt wird, woraus das einzige ausgeglichene Text-Bild-Verhältnis von ungefähr 1 zu 1 resultiert. Die Addition der prozentualen Anteile lässt sich folgern, dass nur etwa 40 % der Seitenfläche durch die Strukturelemente „Text“ und „Bild“ genutzt werden. Damit liegt das Werk „Ikarus“ als einziges der untersuchten Schulbücher unter der 50 % Marke, was einer der Hauptgründe für die verhältnismäßig übergroße Seitenanzahl ist. Im offensichtlichen Gegensatz lässt der mit 14,9 % auffallend geringe Prozentsatz an bebildeter Fläche im „NuTDP“ bei 3,3 Abbildungen pro Seite auf relativ kleine Bildgrößen schließen. Auffallend ist der, trotz größter Seitenfläche, höchste Prozentsatz von Abbildungen pro Seitenfläche von 20,1 % im „Impulse“. Kombiniert mit der Tatsache, dass 41 % der untersuchten Seitenflächen durch Text erfüllt sind, ergibt sich einerseits, dass mit über 61 % die Seiten, relativ zu den Vergleichswerken, sehr effizient zur Stoffdarstellung mittels Text und Bild genutzt werden und andererseits in etwa ein Text-Bild Verhältnis von 2 zu 1. Nur das Werk „NuTC“ weist in dieser Hinsicht mit 62 % einen vergleichbaren Wert auf, der bei einem Verhältnis von 2,5 zu 1 zeigt, dass dies hier hauptsächlich vom Strukturelement Text herrührt und in diesem Fall insbesondere von der einspaltigen kompakten Textanordnung.

Die prozentuale Verteilung der Abbildungsarten zeigt deutliche Unterschiede unter den Vergleichswerken auf. Besonders im „NuTDP“ zeigt sich eine starke Monotonisierung der Abbildungsart, denn mit 60 % (80) „darstellender Bilder“ übertrifft das Werk prozentual gesehen die Vergleichswerke. Aus diesem Übergewicht, das insbesondere auf die vielen kleinen Foto-

graphien zurückzuführen ist, resultiert, dass auf „logische Bilder“ mit 40 % (57) und dabei insbesondere auf Graphen mit nur 4 % (6) der Gesamtanzahl an Abbildungen, verhältnismäßig wenig zurückgegriffen wird. Das Werk „NuTDP“ unterstreicht damit, dass es großen Wert auf kindgerechte anschauliche Abbildungen legt und den eher „mathematischen“ Diagrammen nur eine unwesentliche Rolle beimisst. Auch im „Netzwerk“ werden mit 58 % überwiegend „darstellende Bilder“ verwendet, jedoch zeigt sich hier im Gegensatz zum „NuTDP“ eine unterschiedliche Verteilung der „logischen Bilder“. Denn das Werk belegt bei der Verwendung von Graphen mit 9 % den zweiten Platz der Analyse, was deutlich macht, dass Diagramme hier einen erkennbar höheren Stellenwert einnehmen, während schematischen Zeichnungen bzw. ikonischen Darstellungen relativ wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die übrigen vier Werke setzen im Gegensatz zu allen Vergleichswerken hauptsächlich „logische Bilder“ ein. Beim Werk „Impulse“ ist der relativ hohe Prozentsatz von 55 % zum Teil darauf zurückzuführen, dass das Schulbuch mit insgesamt 13 % die mit Abstand meisten graphischen Darstellungen heranzieht, insbesondere zur Verdeutlichung mathematischer Relationen zwischen physikalischen Größen. Im auffälligen Gegensatz dazu nimmt das Werk „EidM“ in dieser Hinsicht eine Sonderstellung ein. Denn es belegt nicht nur mit einem Anteil von 60 % an „logischen Bildern“ den Spitzenrang der Analyse, sondern greift dabei zugleich lediglich auf ein Diagramm zurück, bei dem es sich zudem noch um eine kartographische Darstellung handelt, also um keinen mathematisch ausgerichteten Graphen, wie sie fast ausschließlich in den Vergleichswerken zu finden sind. In diesem Zusammenhang muss betont werden, dass es „EidM“ als einzigem Werk der Analyse gelingt, komplett auf Diagramme zur Darstellung quantitativer Zusammenhänge zu verzichten und damit die Lehrplanvorgaben konsequent umzusetzen, welche diese Art der Abbildungen aufgrund des hohen Abstraktionsgrades erst für die neunte Jahrgangsstufe vorsehen. Stattdessen wird im „EidM“ hauptsächlich auf „logische Bilder“ in Form ikonischer Darstellungen der kinematischen Größen Geschwindigkeit bzw. „Zusatzgeschwindigkeit“ durch Vektorpfeile zurückgegriffen. Es unterscheidet sich in dieser Hinsicht auch von der erkennbaren allgemeinen Tendenz, ikonische Darstellungen fast ausschließlich bei den Kapiteln zum Thema „Kraft“ und vor allem bei der Kräfteaddition heranzuziehen. Im Zusammenhang mit dem Kraftbegriff greift „EidM“ vermehrt Darstellungen von Computersimulationen auf, was sich als Novum unter den Vergleichswerken erweist und die moderne Art der bildlichen Gestaltung im „EidM“ unterstreicht. Diese setzt sich in der häufigen Verwendung von Stroboskopbildern zur Darstellung von Bewegungen fort.

Es ist eine generelle Tendenz erkennbar, dass „darstellende Bilder“, insbesondere Fotografien, vor allem aus motivationalen und affektiven Gründen, hauptsächlich auf den Einführungsseiten bzw. den Unterrichtstoff ergänzenden Seiten vorzufinden sind. Dagegen werden die „logischen“ Abbildungen, vor allem in Form von schematischen Zeichnungen, verstärkt bei den Versuchen und Aufgabenstellungen zur Veranschaulichung eingesetzt. Hier kommt ihr großer Vorteil gegenüber „darstellenden Bildern“ am deutlichsten zur Geltung, nämlich dass sie einen enormen Beitrag im Lernprozess zu fachspezifischer Kodierung und Abstrakti-

on leisten. Denn die Wirkung „logischer Bilder“ geht über diese „reinen“ Oberflächenmerkmale hinaus, weshalb sie sich insbesondere als Hilfe bei so genannten „Transferaufgaben“ anbieten. Nichtsdestotrotz muss allgemein zu den Werken gesagt, dass eine auflockern- de Illustration zu der ein oder anderen Aufgabe bzw. zu dem ein oder anderen Versuch sicher in gewisser Weise zu deren Lösung bzw. Verständnis beitragen würde.

Die Werke „NuTC“ und „Ikarus“ greifen durch Comics auf Abbildungen zurück, die erfahrungsgemäß bei Schülern besonders gut ankommen. Ausschließlich auf den Einführungsseiten zu den übergeordneten Themenkomplexen greift „NuTC“ auf diese veränderte Form der bildlichen Darstellung zurück, während beim Werk „Ikarus“ viele „darstellende Bilder“ aber auch „logische Bilder“ comicartige Zeichnungen sind, die oftmals in Form von Bilderserien dargestellt werden. Durch die Verwendung dieser „kindgerechten“ Art von Abbildungen lassen sich nicht nur Bewegungen deutlicher kennzeichnen, sondern auch Bildkomponenten klarer voneinander abgrenzen und so gewissermaßen die Blicke des Betrachters mehr auf die wesentlichen Komponenten richten. Die Comics im „NuTC“ unterscheiden sich dahingehend von den comicartigen Zeichnungen des „Ikarus“, dass sie, wie man an der lustigen Aufmachung unschwer erkennen kann, das Hauptziel der Unterhaltung und Auflockerung verfolgen. Dazu tragen auch die Sprechblasen bei, die jedoch nicht ausschließlich der amüsanten Ausschmückung, sondern auch als Anreiz für themenbezogene Fragen und Denkanstöße dienen. Deshalb stellt sich die Frage, warum die übrigen vier untersuchten Werke dieser, für Schüler der 7. Jahrgangsstufe bestens geeigneten Art der Darstellung keinerlei Beachtung schenken.

Die Photographien sind in den Werken „Impulse“, „Ikarus“ und „NuTC“ bis auf einige deutlich aufgezeigte Beispiele sehr groß und sehr scharf gewählt, so dass sich wichtige Komponenten eindeutig voneinander trennen lassen. Im „NuTDP“ und im „EidM“ sind die Photographien dagegen meist sehr klein, so dass gerade bei technischen Gerätschaften wesentliche Elemente nicht eindeutig wahrnehmbar sind und insbesondere im „EidM“ auch die Schärfe zum Teil gravierende Mängel aufweist. Bei der Trennschärfe jedoch sind die Stroboskopbilder positiv zu erwähnen, was daran liegt, dass das benutzte Programm „measure Dynamics“ ermöglicht, einen beliebigen einfarbigen Hintergrund zu wählen, wodurch ein deutlicher Kontrast zum Bewegungsobjekt erzielt wird. Bei den schematischen Zeichnungen wird die deutliche Trennung der wichtigen Bildkomponenten vor allem durch den Gebrauch vieler und vor allem intensiver Farben erreicht. Um Bewegungsrichtungen hervorzuheben, werden auffallend viele Pfeile verwendet, die insbesondere bei Versuchsbeschreibungen eine große Hilfe darstellen. Dabei gelingt es insbesondere den Werken „Ikarus“ und „EidM“ die einzelnen Vektorpfeile durch verschiedenfarbige Kennzeichnungen voneinander abzugrenzen. In den Büchern „Impulse“ und „NuTC“ dagegen zeigen die schematischen Zeichnungen bzw. ikonischen Repräsentationen vor allem beim Thema „Kräfteaddition“, aufgrund der monotonen Farbwahl auffällige Defizite in der Abgrenzung der einzelnen Kraftkomponenten sowie in der Hervorhebung der resultierenden Ersatzkraft.

Bei der Zuordnung der passenden Abbildungen zu den einzelnen Textabschnitten unterscheiden sich die Werke hauptsächlich in der Art und Weise, wie sie diese Zusammengehörigkeit

zum Ausdruck bringen. Im „Ikarus“ werden die Abbildungen deutlich vom eigentlichen „Basistext“ getrennt und der Leser erfährt direkt im Anschluss an die Darstellung in einem farblich gekennzeichneten „Bildtext“ alles Wesentliche zur Abbildung. Auch das Werk „Netzwerk“ verzichtet auf zugehörige Nummerierungen und versucht stattdessen die Zusammengehörigkeit durch auffällige Nähe der Bilder zum Text bzw. durch Integration dieser in den Text auszudrücken. Diese gelingt jedoch nur stellenweise, was die gelegentlichen Verweise im Fließtext deutlich zeigen. Die Werke „Impulse“, „NuTC“ und „EiDM“ setzen in dieser Hinsicht auf sorgfältig nummerierte Abbildungen, so dass beim Lesen des Textes eine rasche Zuordnung des passenden Bildes möglich ist, da explizite Verweise auf die entsprechenden Darstellungen vorliegen. Diese unterscheiden sich jedoch in den drei Werken augenscheinlich: Im „EidM“ werden für diese Hinweise Schrift und Farbe analog zum Fließtext gewählt, so dass insbesondere die schnelle Zuordnung Bild → Text nicht möglich ist. Auch im „Impulse“ stimmen Schriftgröße und Farbe mit dem eigentlichen Text überein, jedoch die gewählte Symbolik ist auffälliger, so dass man nach gewisser Zeit den zum Bild gehörigen Textabschnitt erkennt. Ein rasches Aufspüren der passenden Textpassage findet jedoch lediglich im „NuTC“ Beachtung, denn der Text weist durch das Symbol eines blauen senkrechten Pfeils mit entsprechender Zahl ausdrücklich auf die dazugehörige nummerierte Abbildung hin.

Die Abbildungen im „NuTC“ sind mit kurzen Untertiteln versehen, die zumeist nur entweder den zugehörigen physikalischen Fachbegriff oder den Inhalt der Abbildung wiedergeben, während sie im „EidM“, insbesondere zu den „analogen Bildern“ zumeist etwas länger ausfallen. Positiv zu betonen sind hier zudem die Untertitel der Photographien, die ausdrücklich die Namen der Bildmotive nennen und so den Bildern einen persönlichen, lebensnahen Rahmen geben. Beim „NuTDP“ sind die Untertitel, ähnlich dem „Ikarus“, textähnlich, jedoch mit dem Unterschied, dass sie sich hier in der Schriftgröße vom Fließtext deutlich abgrenzen. „Impulse“ und „Netzwerke“ zeigen auffällige Unregelmäßigkeiten bei der Verwendung von Untertiteln.

Nicht so positiv fällt die Bewertung der Beschriftungen der Abbildungen aus, die als zusätzliche Hilfe gedacht sind bzw. um wichtige Bildkomponenten ausdrücklich in den Mittelpunkt zu stellen. Dies liegt daran, dass Beschriftungen ausschließlich im Werk „Netzwerk“ eingesetzt werden und auch hier leider nur unregelmäßig.

Bei der Anordnung der Abbildungen legen vier der sechs Werke Wert darauf, die Spaltenstruktur des Textes weitestgehend einzuhalten und nehmen den Rand nur für überproportionale Abbildungen bzw. Bilderserien („Ikarus“) in Anspruch. Das Werk „EidM“ zeigt sich in dieser Hinsicht als besonders konsequent, worunter jedoch zum Teil die Größe der Abbildungen leidet. Als Ausnahmen müssen die Werke „NuTDP“ und „Netzwerke“ genannt werden, denn es zeigt sich keinerlei Regelmäßigkeit, wobei sich vor allem im „Netzwerke“ die willkürliche Textgestaltung in der Anordnung der Abbildungen fortsetzt, die völlig regellos über die Seite verteilt werden und dabei jegliche Spalten- und Zeilenstruktur aufbrechen.

Die Inhalte der Abbildungen entsprechen, bis auf einige Ausnahmen, in allen Werken dem Alltag der Schüler und sind vielfältig aus verschiedenen Bereichen wie Sport, Technik, Biologie, Geschichte, Forschung etc. gewählt. Die Darstellungen sind in den Werken „Impulse“ und „EidM“ zum Teil sehr technikorientiert bzw. schemenhaft, während im „NuTC“ relativ oft Erwachsene als Bildmotive herangezogen werden, obwohl sich genauso gut auch Kinder angeboten hätten, in denen sich die gleichaltrigen Schüler besser wiederfinden können. Insbesondere die Beispiele auf den Einführungsseiten sollten dabei aus dem Blickwinkel der Schüler ausgewählt werden, also ihrer persönlichen Erfahrung entspringen, was im Buch „Netzwerke“ stellenweise nicht gelingt. Im „NuTDP“ sind die Bildinhalte insbesondere auf den Einführungsseiten sehr zahlreich, so dass nur vereinzelt und auch willkürlich auf diese eingegangen wird, was zur Folge hat, dass die Schüler die Bilder zwar alle aus ihrem Alltag kennen, sie aber nur teilweise in den Zusammenhang einordnen können, weil ihnen der physikalische Hintergrund nicht deutlich gemacht wird. Hier wäre ratsam, weniger Bilder zu wählen und diese dafür einheitlich zu erläutern.

Im Zusammenhang mit Abbildungsinhalten müssen noch einmal die comicartigen Zeichnungen, insbesondere im „Ikarus“ hervorgehoben werden. Diese sprechen die Schüler an und lockern den Unterricht auf moderne Art und Weise auf, besonders weil sie mit Themen gefüllt werden, die die Wirklichkeit der Schüler in den Mittelpunkt stellen und auf diese Weise auch Fragen provozieren und Lust machen sich weiter mit dem Thema zu beschäftigen.

Als kleine Erweiterung wäre in dieser Hinsicht vorzuschlagen, den Comicfiguren Worte zu verleihen, denn es lässt sich mit Gewissheit sagen, dass Schüler mit Sicherheit lieber eine Sprechblase lesen als einen eingerahmten Kasten.

## e) Strukturelement „Tabellen“

### i) Allgemeine Überlegungen

Tabellen haben unter den sieben Strukturelementen eine vergleichsweise geringe Bedeutung. Ihre Verwendung im Physikunterricht ist sehr schwankend und vor allem stark abhängig von der entsprechenden Jahrgangsstufe. Das zeigt auch die sehr „grobe“ Angabe von Merzyn zum Gebrauch von Tabellen in Schulbüchern, der behauptet, dass neuere Physikbücher ungefähr 20 bis 60 Tabellen enthalten.<sup>368</sup> Dabei muss erwähnt werden, dass viele Lehrbücher verstärkt im Anhang anhand von tabellarischen Übersichten die wesentlichen Konstanten und Einheiten zusammenfassen. Dies hat zwar einerseits den Vorteil, dass diese überschaubar und komprimiert den Schülern gewissermaßen auf einen Blick zur Verfügung stehen, bringt aber andererseits den großen Nachteil mit sich, dass die Tabellen sich nicht in unmittelbarer Nähe zu ihrem Bezugspunkt befinden. Dadurch wird nicht nur der Lesefluss unterbrochen, sondern

---

<sup>368</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 21]

bisweilen durch das ständige Nachschlagen auch viel Zeit in Anspruch genommen. Insgesamt betrachtet wird jedoch sinnvollerweise in der 7. Jahrgangsstufe verhältnismäßig wenig auf Tabellen zurückgegriffen, da ein qualitatives Verständnis physikalischer Phänomene im Vordergrund stehen sollte. Auch im Physikunterricht der höheren Jahrgangsstufen geht es selten um Daten höchstmöglicher Genauigkeit bzw. um konkrete Werte, sondern eher um das Erlernen von Zusammenhängen. Allerdings gewinnt diese Art von Informationsträger teilweise im späteren Berufsleben immer mehr an Bedeutung, so dass ein frühzeitiges Gewöhnen der Schüler an die Arbeit mit ihnen durchaus sinnvoll sein kann. Tabellen zählen wie Diagramme zur Gruppe der Strukturelemente mit Übersichtscharakter, die Zusammenhänge und Wesensmerkmale von Prozessen darstellen und sich insbesondere durch eine sehr hohe Informationsdichte auszeichnen.<sup>369</sup> Sie sind eine spezielle, strukturierte Form von Datenlisten. Durch übersichtliche Verknüpfung von einzelnen Daten bzw. Funktionszusammenhängen in Spalten und Zeilen werden sowohl Querverbindungen und Strukturen als auch Gemeinsamkeiten und Unterschiede sehr schnell ersichtlich. Auch bei vergleichenden Gegenüberstellungen, vor allem um eine Systematisierung bzw. Ordnung über einen größeren Themenkreis herzustellen, bieten sich deshalb Übersichten in tabellarischer Form an.<sup>370</sup> Andererseits sind Tabellen als Informationsträger, insbesondere aufgrund der semantischen Struktur, komplizierter als Text und meist auch als Abbildungen. Deshalb sollten sie nur dort eingesetzt werden, wo sie tatsächlich für bessere Übersicht sorgen und schon gar nicht als grafisches Gestaltungsmittel. Am meisten Verwendung finden sie daher bei der Darlegung von Versuchsergebnissen und dabei insbesondere bei der Aufnahme und Interpretation von Messwerten. Durch eine tabellarische Auflistung der Zahlenwerte lassen sich einzelne Messwerte sehr genau angeben, identifizieren und vergleichen. Diese werden oftmals durch grafische Darstellungen bzw. Diagramme ergänzt, insbesondere wenn es darum geht übergeordnete Zusammenhänge deutlich sichtbarer zu machen. Ob sich Tabelle oder Graphik eher zur Präsentation von Daten eignen, hängt also im Wesentlichen von der gewünschten Information ab, die man der Darstellung entnehmen will. Tabellen sind zu bevorzugen, wenn Daten mit höchstmöglicher Genauigkeit entnommen werden müssen bzw. Fragestellungen anstehen, die genaue Antworten verlangen, welche die Kenntnis konkreter Werte erfordern. Da dies ist im Physikunterricht der Sekundarstufe I fast nie der Fall ist, sollten diese Art von Tabellen in Schulbüchern eher eine untergeordnete Rolle spielen. Liegen dagegen die Hauptziele der Präsentation in möglichst schnellem Erkennen wesentlicher Beziehungen zwischen den Daten und nicht in der genauen Extraktion von Einzelwerten oder der Erfassung mathematisch exakter Beziehungen, dann erweist sich die Graphik der Tabelle als überlegen. Aus diesem Grund ergänzen sich die beide hervorragend und erweisen sich als unverzichtbar, wenn es darum geht möglichst schnell vielfältige Relationen zwischen den Daten erkennen zu können. Außerdem werden Diagramme meist auf

---

<sup>369</sup> Vgl. [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung des Physikunterrichts, 1981, S. 193]

<sup>370</sup> Vgl. [Gronemeier, Tabellarische Darstellungen für den Physikunterricht, 1993, S. 34]

der Basis von Tabellen erstellt, woraus auch ersichtlich wird, dass die graphische Darstellung immer nur höchstens so genau sein kann, wie die Zahlen der zugrunde liegenden Tabelle.

Die Untersuchungen von Ludwig haben ergeben, dass die Arbeit mit den Strukturelementen mit Übersichtscharakter bei Schülern, unabhängig von der Jahrgangsstufe, erhebliche Probleme mit sich bringt, unter anderem Fehlinterpretationen aufgrund ungenügender Beachtung der Tabellenköpfe. Aus diesem Grund sollte der Umgang mit Tabellen erst in höheren Jahrgängen erlernt werden. Ludwig fordert in dieser Hinsicht gezielte Aufgabenstellungen, wie das Vergleichen einzelner Zahlenwerte bzw. das Auffinden von Zusammenhängen mit anschließendem Umsetzen in andere Darstellungsformen, zu intensivieren. Dabei sind nicht nur Diagramme gemeint, sondern auch die Umgestaltung der Tabelle in einen Text. Durch diese Umsetzung der dargestellten fachwissenschaftlichen Inhalte in andere Strukturformen gewinnen die Schüler nicht nur selbständig neue Erkenntnisse, sondern werden auch zu eigenen Aussagen bzw. zu einer Wertung veranlasst, in der sie ihren persönlichen Standpunkt vertreten können.<sup>371</sup>

Nachfolgende Analyse soll beleuchten, inwieweit die sechs zu analysierenden Schulbücher auf das Strukturelement „Tabelle“ zurückgreifen. Dabei wird zunächst das vollständige Werk betrachtet, wobei bei der Zählung der Gesamtzahl an Tabellen deutlich abgegrenzt werden soll, ob diese verstärkt in den einzelnen Kapiteln oder im Anhang aufgeführt werden. Anschließend wird das Hauptaugenmerk nur auf die Mechanik gelegt, wobei hier auch inhaltliche Schwerpunkte beim Gebrauch von Tabellen ausgemacht werden sollen. Eine genauere Aufgliederung soll schließlich über die Art der Tabellen Aufschluss geben, also ob das Werk diese vermehrt bei Versuchen bzw. Aufgaben als Auflistung von Messwerten aufgreift oder eher im Fließtext bei thematischen Übersichten bzw. Gegenüberstellungen. Erstgenannte werde ich in der nachfolgenden Analyse als so genannte „Messwerttabellen“ titulieren und die übrigen unter dem Oberbegriff „Tabellen mit Übersichtscharakter“ zusammenfassen. In dieser Hinsicht muss erwähnt werden, dass auch Tabellen mit in die Messung eingehen, die nur angedeutet werden und vom Schüler durch entsprechende Versuchsdurchführung bzw. Problemlösung auszufüllen bzw. zu vervollständigen sind.

Ein weiterer Analysepunkt soll die bereits erwähnte starke Kopplung von tabellarischen Auflistungen an „logische Bilder“, also an Diagramme und graphische Darstellungen spielen. In dieser Hinsicht wird es interessant sein zu sehen, ob die Schulbücher, die vermehrt auf diese Art von Abbildungen zurückgreifen, auch in zunehmendem Maße tabellarische Auflistungen heranziehen.

Bei vielen gestalterischen Aspekten zeigen Tabellen Parallelen zu Abbildungen, was die Autoren oft dazu veranlasst, Tabellen in ihren Werken in ihr Abbildungsschema zu integrieren. Denn entsprechend den bildlichen Darstellungen ist auch bei einer Tabelle von Bedeutung, dass sie ihrem zugehörigen Bezugspunkt, sprich dem Experiment, der Aufgabe oder dem Text schnell und vor allem eindeutig zugeordnet werden kann bzw. ob diese explizit auf die ent-

---

<sup>371</sup> Vgl. [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung de Physikunterrichts, 1981, S. 192]

sprechende Tabelle hinweisen. Ähnliches Verhalten zeigen Tabellen bei der Anordnung im Text, denn analog zu den Abbildungen kann beispielsweise durch Nähe Zusammengehörigkeit ausgedrückt werden. Auch bei der Nummerierung werden tabellarische Auflistungen häufig in die Zahlenfolge der Abbildungen integriert. Aus diesen Gründen sollen in nachfolgender Analyse Textbezug und Anordnung der Tabellen nur dann explizit erwähnt werden, wenn deutliche Auffälligkeiten bzw. klare Unterschiede zu den Abbildungen zu erkennen sind.

## ii) Analyse der Werke

### Tabellen in „Impulse“

Im „Impulse“ werden insgesamt 37 Tabellen verwendet, von denen 15 „Messwerttabellen“ sind. Damit weist das Werk allgemein betrachtet die zweitgrößte Anzahl an Tabellen auf und belegt bei der Zahl der zu Messzwecken herangezogenen Tabellen sogar den ersten Rang der Analyse. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem mit Abstand höchsten Prozentsatz an Graphen und lässt sich an der extrem häufigen Kombination Diagramm mit zugehöriger Tabelle erkennen. Diese Zusammengehörigkeit wird im Werk vermehrt dadurch zum Ausdruck gebracht, dass sie in einem gemeinsamen Bilduntertitel bzw. in der Nummerierung vereint werden. Dieses Ergebnis ist noch deutlicher hervorzuheben, wenn man berücksichtigt, dass das Werk im Anhang mit sage und schreibe 16 Tabellen ausschließlich auf „Tabellen mit Übersichtscharakter“ zurückgreift. Auf zwei Seiten werden hier sehr ausführlich und insbesondere übersichtlich gestaltet die wichtigsten Größen samt Einheiten in einem Ausmaß vorgestellt, wie es in keinem Vergleichswerk auch nur annähernd der Fall ist.<sup>372</sup> Die große Sammlung von Tabellen im Anhang dient als Erklärung für die relativ geringe Anzahl von nur zehn Tabellen im Themenbereich Mechanik, wobei auch hier die acht „Messtabellen“ wieder deutlich zu betonen sind. In der Kinematik werden insbesondere beim Thema „Geschwindigkeit“ Einzeldaten von zurückgelegten Strecken und dafür benötigte Zeiten tabellarisch aufgelistet und anschließend graphisch aufgetragen, um die gleichförmige Bewegung deutlich zu machen.<sup>373</sup> In diesem Zusammenhang muss jedoch erwähnt werden, dass der Lehrplan diese Vorgehensweise erst in der neunten Jahrgangsstufe vorsieht. Am häufigsten werden jedoch „Messwerttabellen“ beim Thema „Kraft und Verformung“ verwendet, wo Tabellen die Messwerte der Verlängerungen von Schraubenfedern in Abhängigkeit von den wirkenden Kräften festhalten, um ergänzt durch die graphische Auswertung letztlich die Proportionalität deutlich zu machen.<sup>374</sup>

### Tabellen in „Ikarus“

Im Unterschied zum „Impulse“ spielen im „Ikarus“ Tabellen nur eine untergeordnete Rolle. Dies zeigt sich daran, dass das Werk auf seinen immerhin 192 Seiten lediglich 15 Ta-

---

<sup>372</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 120-121

<sup>373</sup> Siehe „Impulse“ Seite 88

<sup>374</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 103-104

bellen heranzieht, von denen sieben auf den Anhang entfallen und die gleiche Zahl „Messwerttabellen“ sind. Damit belegt das Werk sowohl was die Gesamtanzahl an Tabellen betrifft, als auch bei der Häufigkeit an „Messwerttabellen“ mit Abstand den letzten Platz der Analyse, wenn man das nur auf die Mechanik spezialisierte Werk „EidM“ hier unberücksichtigt lässt. Auf „Tabellen mit Übersichtscharakter“ wird außer im Anhang überhaupt kein Wert gelegt, denn im kompletten Werk wird lediglich einmal bei einer Aufgabe zu Sammellinsen auf sie zurückgegriffen<sup>375</sup>, während sie im Themengebiet Mechanik total außer Acht gelassen werden. Beispielsweise fällt auf, dass die meisten Vergleichswerke „Übersichtstabellen“ bei der Gegenüberstellung typischer Geschwindigkeits- bzw. Beschleunigungswerte aus dem Alltag heranziehen, während das Werk „Ikarus“ diese anhand eines Zahlenstrahls veranschaulicht.<sup>376</sup> Dies führt letztlich dazu, dass sich in der Mechanik lediglich sechs Tabellen auffinden lassen, die folglich allesamt „Messwerttabellen“ sind und analog dem Werk „Impulse“ hauptsächlich zur Verdeutlichung der Funktionszusammenhänge des „Gesetzes von Hooke“ herangezogen werden. Vergleicht man das Werk also in sich, sticht diese Art von Tabelle deutlich heraus, jedoch absolut betrachtet, ist die Zahl der „Messwerttabellen“ sowohl im gesamten Werk als auch in der Mechanik geringer als in den Vergleichswerken. Dazu trägt mit Sicherheit auch der mit 6,6 % relativ unbedeutende Prozentsatz an Graphiken und Diagrammen bei, der bei der Verteilung der Abbildungsarten festgestellt wurde.

### **Tabellen in „NuTC“**

Im krassen Gegensatz zum „Ikarus“ zeichnet sich das Werk „NuTC“ durch die hohe Anzahl von 16 Tabellen mit Übersichtscharakter aus, relativ gesehen zur verhältnismäßig geringen Gesamtzahl von lediglich 26 Tabellen. Daraus resultiert das mit lediglich zehn Messwerttabellen im Gesamtwerk relativ wenig Wert auf diese Form der tabellarischen Auflistung von Messwerten gelegt wird, während jedoch in der Mechanik acht dieser zehn Tabellen auftauchen, was gemeinsam mit „Impulse“ und „NuTDP“ den Spitzenwert der Analyse bildet. Dies zeigt deutlich, dass sich die überwiegende Art der tabellarischen Darstellung im „NuTC“ zum Themengebiet Mechanik auffällig in Richtung Messwerttabellen verschiebt, während in den Themengebieten zuvor fast ausschließlich Tabellen mit Übersichtscharakter zum Einsatz kommen. Im Anhang werden insgesamt fünf Tabellen verwendet, von denen drei einen Überblick über physikalische Größen, Einheiten und Schaltzeichen verschaffen sollen und die übrigen beiden, zur Lösung von Musteraufgaben herangezogen werden.<sup>377</sup>

Positiv zu erwähnen ist die übersichtlich gestaltete Seite zur „Graphischen Auswertung von Messreihen“, die den Schülern im Zusammenhang mit dem Thema „Brechung von Licht“ nicht nur das Erstellen einer Tabelle auf einfache Weise erklärt, sondern auch deren

---

<sup>375</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 34

<sup>376</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 100 und 102

<sup>377</sup> Siehe „NuTC“ Seite 165

graphische Darstellung bzw. Interpretation Schritt für Schritt näher bringt.<sup>378</sup> In dieser Hinsicht stellt sich die Frage, warum das Werk dann im weiteren Verlauf der Kapitel Optik bzw. Elektrizitätslehre nicht vermehrt auf Messwerttabellen bzw. graphische Auswertungen von Messreihen zurückgreift, wenn es die Schüler schon zuvor in deren Handhabung einführt.

Erst im Themenkomplex „Mechanik“ werden die erlernten Fähigkeiten häufiger benötigt, da verstärkt Messreihen auch oft im Zusammenhang mit bestimmten Aufgabenstellungen auf die Schüler zukommen. Auffällig ist auch, dass sich die Messwerttabellen deutlicher als in den Vergleichswerken auf mehrere Themengebiete verteilen. Während die vereinzelt Übersichtstabellen nach wie vor hauptsächlich zur strukturierten Darstellung von Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerten aus der Natur und Technik benutzt werden, beschränken sich die Messwerttabellen etwa beim Thema „Kraft“ nicht nur auf das Hooke'sche Gesetz<sup>379</sup>, sondern werden etwa auch zur Verdeutlichung der Abstandsabhängigkeit der Gravitationskraft bzw. elektrischen Kraft eingesetzt.<sup>380</sup>

### **Tabellen in „NuTDP“**

Das Werk „NuTDP“ enthält insgesamt 38 Tabellen, die sich in 13 Messwerttabellen und 25 Tabellen mit Übersichtscharakter aufteilen. Damit weist das Werk allgemein betrachtet die größte Anzahl auf und belegt auch bei der Zahl der zur übersichtlichen Darstellung herangezogenen Tabellen den ersten Rang der Analyse. Dabei ist zu betonen, dass das Buch keinen Anhang anbietet, der wie etwa im „Impulse“, den Großteil der Übersichtstabellen bündelt. Stattdessen erscheinen diese gleichmäßig verteilt über das komplette Werk und werden insbesondere zur strukturierten Auflistung von Beispielen aus der Natur und Technik herangezogen. Auffallend sind die tabellarischen Übersichten im Themenkomplex Elektrizitätslehre, vor allem zur Gegenüberstellung von Stromstärken, Spannungen und Widerständen anhand von Beispielen aus dem Wissensgebiet der Schüler.<sup>381</sup> Aber auch in der Mechanik sind immerhin neun der insgesamt 17 Tabellen Übersichtstabellen, so dass diese Art von Tabellen nicht nur beim Vergleich typischer Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte herangezogen wird, sondern auch, um die Schüler mit verschiedenen Kraftwerten und Massen aus der Natur und Technik zu konfrontieren.<sup>382</sup> Gerade für Schüler der 7. Jahrgangsstufe ist es mit Sicherheit sehr interessant auf einen Blick zu sehen, dass ein Elefant etwa 3-mal so schwer ist wie ein PKW und ein Blauwal gar die 150-fache Masse eines Kleinwagens aufweist.

Die graphische Auswertung anhand von Messreihen spielt im „NuTDP“ eine große Rolle, immerhin enthält es insgesamt 13 Messtabellen, von denen acht auf die Mechanik entfallen, beides sehr hohe Werte in Relation zu den Vergleichswerken. Diese verteilen sich sehr gleich-

---

<sup>378</sup> Siehe „NuTC“ Seite 28

<sup>379</sup> Siehe „NuTC“ Seite 153

<sup>380</sup> Siehe „NuTC“ Seite 141

<sup>381</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 105, 106 und 109

<sup>382</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 130 und 132

mäßig über die einzelnen Themengebiete der Mechanik. Jedoch legt das Werk großen Wert auf kindgerechte anschauliche Einführungen bzw. Erklärungen der Themen, wie auch schon das Übergewicht der „darstellenden Bilder“ und der äußerst geringe Anteil der eher „mathematischen“ Diagramme gezeigt hat. Deshalb treten die Messwerttabellen auch erst vermehrt bei Experimenten und Aufgaben in Erscheinung, die von den Schülern zur Vertiefung des Stoffinhalts zu bewältigen sind.

### **Tabellen in „Netzwerk“**

Das Schulbuch „Netzwerk“ greift insgesamt auf 27 Tabellen zurück, die sich ausgeglichen in 13 Messwerttabellen und 14 Übersichtstabellen aufteilen. Auch in der Mechanik egalisieren sich die sieben Tabellen die zu Messzwecken herangezogen werden mit den sieben, die zur übersichtlichen Darstellung bzw. Gegenüberstellung eingesetzt werden. Da das Werk keinen Anhang aufweist, sind die Tabellen mit Übersichtscharakter über das Werk verteilt und zeigen dabei einige Auffälligkeiten: Besonders zu erwähnen ist, dass diese im „Netzwerk“ auch als Leiteinrichtung am Ende der übergeordneten Themengebiete verwendet werden, um die wichtigsten Begriffe tabellarisch samt entsprechender Seitenzahlen aufzulisten. In der Kinematik werden sie sehr häufig aufgegriffen, einerseits wie in vielen Vergleichswerken, um typische Geschwindigkeitswerte vor allem von Tieren bzw. Beschleunigungswerte von Fahrzeugen gegenüber zu stellen, aber andererseits auch zur Darstellung neuer Aspekte, wie etwa beim Vergleich von Bremswegen bzw. unterschiedlicher Verzögerungen bei nasser und trockener Straße.<sup>383</sup> Beim Thema Kraft werden sie nur bei der überschaubaren Gestaltung einer Übersicht über die verschiedenen Kräfte sowie deren Ursachen eingesetzt.<sup>384</sup>

Auch beim Gebrauch der Messwerttabellen zeigt sich keine regelmäßige Verteilung über die komplette Mechanik. Im Zusammenhang mit Kräften werden sie sehr zahlreich eingesetzt, aber ausschließlich bei der Verdeutlichung entsprechender Proportionalitäten des 2. Newton'schen Gesetzes<sup>385</sup> sowie des Hooke'schen Gesetzes<sup>386</sup>, während sie bei den kinematischen Grundgrößen nur ein einziges Mal beim Thema „Geschwindigkeit“ in Anspruch genommen werden.

Zu erwähnen ist auch die sehr ausführliche Doppelseite zum Protokollieren von Versuchen, die auch auf Messwerttabellen eingeht und mit Sicherheit beim Strukturelement „Experimente“ noch stärkere Beachtung finden wird.<sup>387</sup> Diese intensive Beschäftigung mit graphischen Auswertungen deckt sich mit den 13 Messwerttabellen, die immerhin hinter dem Werk „Impulse“ den zweiten Rang der Analyse bedeuten, sowie dem hohen Anteil an Graphen, der beim Strukturelement Abbildungen ermittelt wurde.

---

<sup>383</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 123-124

<sup>384</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 152

<sup>385</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 136-137

<sup>386</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 132-133

<sup>387</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 34-35

### Tabellen in „EidM“

Das Werk „EidM“ stellt in dieser Hinsicht gewissermaßen einen Gegenpol zu den Werken „Impulse“ bzw. „Netzwerke“ dar, denn es wird relativ wenig anhand von Diagrammen ausgewertet, sondern vermehrt Wert auf schematische Zeichnungen bzw. Computersimulationen gelegt, was der mit Abstand niedrigste Prozentsatz von 1,1 % Graphen deutlich unterstreicht. Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, dass das Werk für die Besprechung der Mechanik lediglich sage und schreibe zwei Tabellen heranzieht. Dabei handelt es sich zum einen, um eine Übersichtstabelle, die die „Tempowerte“ verschiedener Beispiele aus der Natur und Technik gegenüberstellt,<sup>388</sup> zum anderen gewissermaßen um eine Mischung aus Tabelle mit Übersichtscharakter und Messtabelle. Denn einerseits werden die genauen Zahlenwerte für einen 100 m Lauf für verschiedene Streckenabschnitte für drei Läufer exakt aufgelistet, was den Messwertcharakter der Tabelle betont. Andererseits handelt es sich bei diesem Lauf um den Weltrekordlauf vom 16.8.2009 aus dem Berliner Olympiastadion und die Läufer, insbesondere der Weltrekordler Usain Bolt, aber auch seine härtesten Konkurrenten Tyson Gay und Asafa Powell werden explizit mit Namen erwähnt und sind mit Sicherheit spätestens seit den Olympischen Spielen von Peking vielen Schülern ein Begriff.<sup>389</sup> Durch diese Gegenüberstellung werden sie mit den „wirklichen“ Reaktionszeiten bzw. Zeitmessungen für verschiedene Streckenabschnitte dieses „Jahrhundertlaufes“ konfrontiert und erhalten so einen Überblick über den genauen Verlauf des Rennens, was den Übersichtscharakter dieser Tabelle auszeichnet. Die Tatsache, dass sie einen Lauf aufarbeiten, der wirklich stattgefunden hat und den sie vielleicht sogar am Fernseher verfolgt haben, ist für das Interesse bzw. die Motivation der Schüler von großer Wichtigkeit.

Trotzdem greifen die Autoren diese hervorragende Idee der tabellarischen Verknüpfung mathematischer Messreihen mit informativen Übersichten nur ein einziges Mal in ihrem Werk auf. Hieraus zeigt sich erneut die lehrplankonforme Betonung qualitativer Zusammenhänge zu Lasten quantitativer Betrachtungen.

### Vergleichende Analyse

	„Impulse“	„Ikarus“	„NuTC“	„NuTDP“	„Netzwerk“	„EidM“
<b>Tabellen gesamt</b>	37	15	26	38	27	2
<b>Messtabellen gesamt</b>	15	7	10	13	13	1
<b>Tabellen Mechanik</b>	10	6	13	17	14	2

<sup>388</sup> Siehe „EidM“ Seiten 4-5

<sup>389</sup> Siehe „EidM“ Seite 4

<b>Messtabellen Mechanik</b>	8	6	8	8	7	1
<b>Tabellen An- hang</b>	16	7	5	0	0	0

**Tabelle 4 Übersicht der wichtigsten Ergebnisse zum Strukturelement Tabelle**

Vergleicht man die Anzahl der Tabellen, die in den Schulbüchern verwendet werden, zeigen diese doch deutliche Unterschiede auf: Während die Werke „Impulse“ und „NuTDP“ mit 37 bzw. 38 Tabellen vermehrt auf dieses Strukturelement zurückgreifen, nimmt es insbesondere in den Werken „Ikarus“ und „EidM“ mit 15 bzw. 2 Tabellen nur eine untergeordnete Rolle ein. Jedoch sei hinsichtlich des Werkes „EidM“ noch einmal erwähnt, dass dieses ausschließlich die Mechanik behandelt, folglich hinsichtlich der Gesamtanzahl der Tabellen nicht mit den restlichen Werken vergleichbar ist.

Bei der Verteilung der Tabellen lassen sich auffällige Differenzen erkennen: Im „Impulse“ taucht der Großteil der Tabellen erst im Anhang auf, was als Erklärung für die relativ geringe Anzahl von nur zehn Tabellen im Themenbereich Mechanik dient. In den Werken „Ikarus“ und „NuTC“ erscheinen die Tabellen fast ausschließlich entweder im Anhang oder zum Teilgebiet Mechanik, wobei insbesondere das Werk „Ikarus“ zu betonen ist, dass bei den Themengebieten Optik und Elektrizitätslehre nur eine einzige Tabelle heranzieht. Die Werke „NuTD“ und „Netzwerk“ verfügen über keinen Anhang und zeigen bzgl. der gleichmäßigen Verteilung der Tabellen über die drei Themengebiete noch die deutlichste Regelmäßigkeit, wenn gleich auch diese Werke ihren Schwerpunkt deutlich auf die Mechanik legen.

Betrachtet man die Verteilung der Arten der Tabellen, die zum Einsatz kommen, fällt insbesondere auf, dass sich in den Werken „Impulse“ und „Netzwerk“ die hohe Anzahl von 15 und 13 Messtabellen mit den hohen Prozentsätzen an Graphen deckt. In beiden Schulbüchern wird also großen Wert auf die Auswertung anhand von Diagrammen gelegt, für deren Zeichnung zumeist Messtabellen herangezogen werden. Insbesondere im „Impulse“ ist die starke Kopplung besonders auffällig und wird häufig durch gemeinsame Untertitel bzw. Nummerierungen zum Ausdruck gebracht. Dagegen lässt in den Werken „Ikarus“ und „EidM“ die geringe Anzahl von Messtabellen darauf schließen, dass relativ wenig graphisch ausgewertet wird, was die geringen Anteile an Graphen deutlich unterstreichen. Im „NuTC“ und „NuDP“ wird, relativ zur Gesamtzahl der Tabellen, wenig Wert auf Messtabellen gelegt. Jedoch zeigt der Vergleich der Messresultate, dass sich die überwiegende Art der tabellarischen Darstellung in beiden Werken mit Beginn des Themengebietes Mechanik auffällig in Richtung Messwerttabellen verschiebt, während in den Themengebieten zuvor fast ausschließlich Tabellen mit Übersichtscharakter zum Einsatz kommen. Dabei ist zu betonen, dass das Buch „NuTDP“ keinen Anhang anbietet, der wie etwa im „Impulse“, den Großteil der Übersichtstabellen bündelt. Stattdessen erscheinen diese, 25 an der Zahl, gleichmäßig verteilt über das komplette Werk und werden insbesondere zur strukturierten Auflistung von Beispielen aus der Natur und Technik herangezogen. Auffallend sind dabei auch die tabellarischen Übersichts-

ten im Themenkomplex Elektrizitätslehre, vor allem zur Gegenüberstellung von Stromstärken, Spannungen und Widerständen anhand von Beispielen aus dem Wissensgebiet der Schüler. In der Mechanik werden die Übersichtstabellen nahezu in allen Werken herangezogen, um typische Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte gegenüber zu stellen. Einzige Ausnahme in dieser Hinsicht stellt das Werk „Ikarus“, welches dies anhand eines Zahlenstrahls verdeutlicht und auch sonst, wenn man den Anhang ausschließt, nur eine einzige Übersichtstabelle vorweisen kann. Bei der Verwendung von Messwerttabellen zeigen die fünf zugelassenen Schulbücher deutliche Gemeinsamkeiten: Denn sie greifen beim Thema „Kraft und Verformung“ auf tabellarische Auflistungen von Messwerten zurück, um die Proportionalität im Hooke'schen Gesetz zu verdeutlichen und neigen auch sonst dazu diese Art der Tabelle insbesondere beim Kraftbegriff aufzugreifen. Auffällig ist hierbei jedoch, dass sich die Messwerttabellen im „NuTC“ deutlicher als in den Vergleichswerken auf mehrere Themengebiete verteilen, während sie im „Netzwerk“ ausschließlich zusätzlich bei der Verdeutlichung entsprechender Proportionalitäten des 2. Newton'schen Gesetzes eingesetzt werden. In der Kinematik werden insbesondere beim Thema „Geschwindigkeit“ Einzeldaten von zurückgelegten Strecken und dafür benötigte Zeiten tabellarisch aufgelistet und anschließend graphisch aufgetragen, um die gleichförmige Bewegung deutlich zu machen. Dies ist auch das einzige Themengebiet, zu dem das Werk „EidM“ Tabellen heranzieht. Ausdrücklich betont werden muss hierbei die tabellarische Auflistung der genauen Zeitmessungen für verschiedene Streckenabschnitte des Weltrekordlaufes von Usain Bolt, da sie nicht nur als Messwerttabelle zur Auswertung herangezogen werden kann, sondern insbesondere auch die Wirklichkeit der Schüler anspricht.

Zu erwähnen ist auch die übersichtlich gestaltete Seite zur graphischen Auswertung von Messreihen im „NuTC“, die angewandt auf das Thema „Brechung von Licht“ nicht nur das Anfertigen einer Tabelle auf einfache Weise erklärt, sondern auch deren graphische Verarbeitung erarbeitet. Zum gleichen Thema liefert das Werk „Netzwerk“ eine sehr ausführliche Doppelseite zum Protokollieren von Versuchen, bei der zwar Messwerttabellen nicht so auffällig im Mittelpunkt stehen wie im „NuTC“, aber dennoch die nötige Beachtung finden.

## **f) Strukturelement „Merkstoff“**

### **i) Allgemeine Überlegungen**

Der Merkstoff umfasst genau jenen Teil des Schulbuchttextes, den sich die Schüler besonders gut einprägen sollen und bildet gewissermaßen als Resümee des zuvor Erarbeiteten den „gedanklichen Höhepunkt“<sup>390</sup> des vorherigen Kapitels. Zum Teil werden die zentralen Inhalte der Merksätze zusätzlich im so genannten Wissensspeicher zusammengefasst, der gewissermaßen

---

<sup>390</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 22]

ein dem Lehrmaterial nachgestellter Rückblick des gesamten Werkes bzw. des übergeordneten Themengebiets ist. Für Meyendorf haben solche Wissensspeicher im Gegensatz zum formalen Abschreiben eines Tafelbildes einen enormen Stellenwert. So konnte er in einem pädagogischen Experiment nachweisen, dass durch zielgerichtetes Heranführen der Schüler an die Arbeit mit ihnen nicht nur wertvolle Unterrichtszeit eingespart werden kann, sondern auch eine deutlich Leistungsverbesserung erkennbar ist: „Sie lässt sich besonders bei sonst leistungsschwachen Schülern beobachten, deren ‚selbstgeschriebene Wissensspeicher‘ nämlich nur selten eine brauchbare Grundlage für das Lernen darstellen.“<sup>391</sup> Anstelle des formalen Abschreibens, bei dem sich die Schüler, vor allem in den unteren Jahrgangsstufen zumeist noch zu sehr auf das Schreiben an sich konzentrieren müssen, sollen die Schüler also in die Verwendung der auf das Stundenthema bezogenen Merksätze bzw. Teile des Wissensspeichers eingeführt werden.<sup>392</sup>

Merksätze zeichnen sich durch eine charakteristische Sprache aus: „Merksätze und Definitionen sind gekennzeichnet durch eine hohe Dichte der vorkommenden Fachbegriffe [...] und durch Satz- und Textkonstruktionen [...], die in der Allgemeinsprache wenig frequent sind.“<sup>393</sup> Dazu zählen beispielsweise Je-desto-Beziehungen oder Gleichungen. Der Schüler kann diese erst dann nachvollziehen, wenn er den Stoffinhalt verinnerlicht hat, sprich am Ende des Buchabschnitts, wo „eine mühsam errungene Erkenntnis zur Definition herabsinkt.“<sup>394</sup> Merksätze sollten deshalb knapp und zielgerichtet formuliert sein und auf keinen Fall sprachlich so verdichtet werden, dass sie unverständlich werden. Nur so können sie gewissermaßen als Hilfe für die reduktive Verarbeitung das Lernen erleichtern und insbesondere das Behalten unterstützen. Besonders im Physikschulbuch sind sie bisweilen sogar auf eine Formel komprimiert: „Im Endzustand schnürt sich die physikalische Aussage sogar von der Sprache ab und verdichtet sich in mathematischen Symbolen.“<sup>395</sup>

Mit der Sprachanalyse von Merksätzen haben sich auch die Arbeiten von Rühl<sup>396</sup> und Gernet<sup>397</sup> umfassend auseinandergesetzt. Dabei wird zunächst die Frage nach dem Sinn von Merksätzen näher betrachtet. Während durch einen so genannten „entdeckenden Unterricht“, also ein praxisorientiertes, anschauliches Vorgehen ein physikalischer Inhalt erarbeitet und erläutert werden kann, so gilt es doch diesen möglichst oft für die Schüler wiederholbar zu „machen“. Jedoch ein erneutes Experimentieren ist mit dem zeitlich und auch inhaltlich knapp bemessenen Rahmen nicht zu vereinbaren: „Gerade diese Forderung nach Wiederholbarkeit erscheint besonders durch einen prägnant formulierten Merksatz realisierbar.“<sup>398</sup>

---

<sup>391</sup> [Meyendorf, Schulbücher wirksam für Bildung und Erziehung nutzen, 1976, S. 367]

<sup>392</sup> Vgl. [Meyendorf, Schulbücher wirksam für Bildung und Erziehung nutzen, 1976, S. 367]

<sup>393</sup> [Leisen, Sprache(n) im Physikunterricht, 1998, S. 2]

<sup>394</sup> [Jung] zitiert nach [Leisen, Sprache(n) im Physikunterricht, 1998, S. 4]

<sup>395</sup> [Wagenschein] zitiert nach [Leisen, Sprache(n) im Physikunterricht, 1998, S. 4]

<sup>396</sup> [Rühl, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikschulbüchern, 1991]

<sup>397</sup> [Gernet, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern, 1994]

<sup>398</sup> [Rühl, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikschulbüchern, 1991, S. 104]

Durch diese sprachlich, aber auch fachlich korrekte Zusammenfassung soll es letztlich gelingen, die erlebten inneren Bilder des entsprechenden Unterrichtserlebnisses kombiniert mit dem zugehörigen Unterrichtsinhalt beim Schüler jederzeit abrufbar und somit lernbar werden zu lassen.<sup>399</sup> Um das zu erreichen, bedarf es treffende Worte, die beim Schüler einerseits konkrete Vorstellungen auslösen, die aber andererseits, was mindestens genauso wichtig ist, physikalisch korrekt sein müssen: „Die Richtigkeit der so entstehenden physikalischen Bilder müsste in einer Wiederholungsphase des Unterrichts immer wieder überprüft werden, was eine hohe fachliche Kompetenz und Flexibilität des Lehrenden voraussetzt.“<sup>400</sup>

Wie bereits erwähnt, sollte der Merkstoff in Physikschulbüchern vor allem ein Konzentrat der Unterrichtsergebnisse darstellen, denn nur dann können die Schüler ihn vollständig aufnehmen können. Dies bestätigt eine Studie von Pollack, die den Informationsverlust bei der Nachrichtenübertragung in Abhängigkeit von der Mitteilungslänge untersuchte. Dabei wurde festgestellt, dass bei steigender Nachrichtenlänge die Verluste überproportional zunehmen, sprich durch den Informationszuwachs nicht ausgeglichen werden können. Merksätze in Physikschulbüchern sollten also nach der Ansicht Pollacks nicht zu lang sein, damit die Schüler die Informationen noch vollständig erfassen können.<sup>401</sup> Jedoch sei in dieser Hinsicht erwähnt, dass im Physikunterricht oftmals der Fall vorliegt, dass die Merksätze zu konzentriert sind, also zu viel Information in zu kurzen Sätzen enthalten ist. Dies lässt sich großteils darauf zurückführen, dass die Autoren viele Dinge, die die Schüler noch nicht verinnerlicht haben als bereits gespeichertes Wissen der Schüler voraussetzen und deshalb weglassen. Unter diesem Gesichtspunkt wäre es also besser, in die Merksätze weniger Information zu packen und gleichzeitig mehr Worte zu verwenden. Aus diesem Grund soll in nachfolgender Analyse nicht nur die Anzahl der Merksätze betrachtet werden, sondern natürlich auch die Länge der einzelnen Sätze. Dabei soll in aller Regel allgemein das stilistische Prinzip „ein Gedanke = ein Satz“ gelten, das für die Anzahl der Wörter pro Satz ein Maximum von zehn Wörtern vorsieht.<sup>402</sup> Allerdings muss hierbei erwähnt werden, dass dieser Wert sehr hoch gegriffen zu sein scheint, wenn man bedenkt, dass ein aussagekräftiger Satz lediglich drei Wörter benötigt, um den an ihn gestellten Forderungen grundsätzlich gerecht werden zu können. Nachfolgende Analyse beschränkt sich ausschließlich auf die Mechanik und auf wenige als besonders aussagekräftig erachtete Aspekte der deutlich umfassenderen Sprachanalyse von Gernet. Demnach werden die sechs Werke sowohl auf die Gesamtzahl der Merksätze als auch auf ihre durchschnittliche Anzahl der Merksätze pro „Merkblock“ untersucht.<sup>403</sup> Diese gibt, multipliziert mit der mittleren Wortanzahl pro Merksatz, Aufschluss über die mittlere Wortanzahl pro Zusammenfassung.<sup>404</sup> Die Sätze einzeln aufzulisten, würde nicht nur den zeitlichen sondern

---

<sup>399</sup> Vgl. [Rühl, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikschulbüchern, 1991, S. 104-105]

<sup>400</sup> [Rühl, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikschulbüchern, 1991, S. 105]

<sup>401</sup> Vgl. [Pollack] zitiert nach [Gernet, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern, 1994, S. 30]

<sup>402</sup> Vgl. [Rühl, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikschulbüchern, 1991, S. 111]

<sup>403</sup> Vgl. [Gernet, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern, 1994, S. 76]

<sup>404</sup> Vgl. [Gernet, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern, 1994, S. 81]

vor allem auch den inhaltlichen Rahmen sprengen, weshalb die Durchschnittswerte für diese Gegenüberstellung genügen sollen, um eine allgemeine Tendenz erkennen zu lassen, inwieweit die Bücher auf Merksätze zurückgreifen bzw. wie sie diese sprachlich aufbauen. Nichtsdestotrotz sollen auffällige Beispiele bzw. Spezialfälle auch hinsichtlich inhaltlicher Schwerpunkte beim Gebrauch der Merksätze deutlich herausgestellt werden.

Auftretende Formeln werden bei der Zählung nicht als eigenständige Sätze gewertet, sondern separat angegeben. Es muss außerdem hinsichtlich der Analyse betont werden, dass Ausdrücke nur dann als Formeln gewertet werden, wenn sie ein Relationszeichen, wie etwa ein „=“ oder ein „~“ enthalten. Dazu zählen sowohl Formeln, die in Kurzschreibweise durch entsprechende physikalische Symbole verknüpft sind, wie beispielsweise „ $v = s/t$ “, als auch Formeln, die wörtlich ausformuliert werden, also hier „Geschwindigkeit = Weg/Zeit“. Nicht unter den Begriff „Formel“ werden Festlegungen von Abkürzungen gezählt, wie etwa 1 Meter = 1 m.<sup>405</sup> In dieser Hinsicht sei erwähnt, dass manche Physikdidaktiker behaupten, in der Physik gäbe es keine Formeln, sondern nur Gleichungen, da Formeln inhaltsleer sind, sprich die Variablen können für alles Mögliche stehen, während Gleichungen Zusammenhänge zwischen festgelegten physikalischen Größen beschreiben. Nachfolgende Analyse hält sich in diesem Zusammenhang an die Vorarbeiten von Gernet und Rühl, die den Begriff „Formel“ verwenden. Hier sei noch erwähnt, dass tiefgründigere Untersuchungsansätze, insbesondere bzgl. einzelner Wortarten in Merksätzen, dort nachzulesen sind und hier unbeachtet bleiben.

Stattdessen soll ein erhöhtes Augenmerk auf die graphische Betonung des Merkstoffes und insbesondere auf die Abgrenzung vom eigentlichen Fließtext gelegt werden. Besonders Druckfarben, Schrifttypen oder andere typographische Kennzeichen, wie etwa Unterstreichungen, Einrahmungen, farbige Unterlegungen etc. eignen sich dabei als Mittel zur Hervorhebung und wurden bereits bei den Leiteinrichtungen vorgestellt.

## ii) Analyse der Werke

### Merksätze in „Impulse“

Das Werk „Impulse“ enthält über die 14 Kapitel des Themengebietes „Mechanik“ verteilt mit insgesamt 31 Merkblöcken, die 37 Merksätze umfassen, absolut betrachtet sowohl die größte Anzahl an Merkblöcken als auch die zweitgrößte Anzahl an Merksätzen aller untersuchungsrelevanter Schulbücher. Jedoch ist die durchschnittliche Anzahl von lediglich 1,2 Merksätzen pro Zusammenfassung relativ betrachtet das Schlusslicht der Untersuchung. Dadurch dass fast ausschließlich „Ein-Satz-Merkblöcke“ vorzufinden sind, ist die durchschnittliche Anzahl von 14,3 Wörtern pro Merksatz relativ hoch, während die durchschnittliche Wortanzahl pro Merkblock mit 17,1 Wörtern relativ gering ausfällt. In Relation zum Großteil der Vergleichswerke verteilen sich die Merksätze im „Impulse“ mehr oder weniger einheitlich über die ein-

---

<sup>405</sup> Vgl. [Gernet, Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern, 1994, S. 78]

zelen Kapitel. Einzige Ausnahmen stellen das Kapitel „Zusammensetzung von Kräften“ dar, das über vier Seiten insgesamt acht Merksätze aufzeigt, sowie die darauf folgenden Themengebiete „Reibungskräfte“ und „Verschiedene Kräfte in der Natur“ mit lediglich einem bzw. keinem Merksatz.<sup>406</sup>

Auch die „doppelte“ Formulierung des Trägheitssatzes durch zwei kurz aufeinander folgende Merksätze ist für die leichte Einprägsamkeit bzw. Wiederholbarkeit nicht förderlich.<sup>407</sup> Dieses Beispiel ist nur eines von Unzähligen, die deutlich machen, dass es in dem Werk nicht gelingt, den Merkstoff sowohl sprachlich als auch gestalterisch vom eigentlichen Fließtext abzugrenzen. Die einzelnen Merksätze entsprechen zwar weitestgehend der Vorstellung „ein Gedanke = ein Satz“, sind jedoch insgesamt viel zu zahlreich über die einzelnen Kapitel verstreut und bilden deshalb keineswegs am Ende der zugehörigen Themengebiete den bereits erwähnten „gedanklichen Höhepunkt“, geschweige denn ein Resümee. Sie tauchen in Mitten des Grundlagentextes auf und würden nicht aus diesem herausstechen, wäre nicht am linken Rand ein blauer Strich, der auf den Merkstoff hinweisen soll. Ansonsten werden keinerlei Farben, veränderte Schriftgrößen oder andere typographische Mittel herangezogen, die zur Hervorhebung des Merkstoffs beitragen. Überzeugt das Werk „Impulse“ doch in der bisherigen Analyse weitestgehend durch einen strukturierten Aufbau und eine schlüssige Gestaltung, sind in dieser Hinsicht beim Strukturelement „Merkstoff“ deutliche Schwachstellen erkennbar. Diese setzen sich nicht nur im fehlenden „Wissenspeicher“ am Ende des Buches, sondern auch in Auffälligkeiten fort, die bei der genauen Betrachtung der sechs Formeln dem aufmerksamen Leser ins Auge fallen. Beispielsweise ist nicht nachvollziehbar, warum bei der Beschleunigung die Einheit  $m/s^2$  mit zum Merckblock gehört, während bei der Geschwindigkeit die Einheiten  $m/s$  bzw.  $km/h$  erst im Anschluss erscheinen.<sup>408</sup>

### **Merksätze in „Ikarus“**

Das Werk „Ikarus“ enthält über die neun Kapitel des Themengebietes „Mechanik“ lediglich 32 Merksätze, aufgeteilt auf nur 17 Merckblöcke, was zur zweithöchsten durchschnittlichen Satzanzahl von 1,9 Merksätzen pro Zusammenfassung führt. Auch die Anzahl der verwendeten Formeln ist mit insgesamt zehn Gleichungen überdurchschnittlich, wobei bei genauerer Betrachtung auffällt, dass diese zumeist sowohl in wörtlicher Formulierung und in symbolischer Kurzschreibweise aufgeführt werden. Trotz der geringsten Zahl an Merksätzen weist das Werk mit 12,0 Wörtern eine relativ geringe mittlere Wortanzahl pro Merksatz auf, wodurch letztendlich zwar ein überdurchschnittlich hoher Wert mit 22,6 Wörtern pro Merckblock resultiert, der aber noch deutlich vom Spitzenwert der Analyse entfernt liegt.

Dabei werden jedoch gerade bei den Anfangskapiteln zum Themengebiet „Kraft“ überdurchschnittlich lange Merksätze in Anspruch genommen. Beispielsweise beim Kapitel „Meine

---

<sup>406</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 108-115

<sup>407</sup> Siehe „Impulse“ Seite 101

<sup>408</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 89-90

Kraft, deine Kraft – was können sie bewirken“ werden das „Kräftegleichgewicht“ und der „Trägheitssatz“ zusammenfassend jeweils in einem Merksatz festgehalten, was natürlich, um die physikalische Richtigkeit zu gewährleisten zwangsläufig zu Sätzen mit vielen Satzgefügen führen muss.<sup>409</sup> Deshalb stellt sich die Frage, ob es nicht gerade auch bei solch verzwickten physikalischen Gesetzmäßigkeiten sinnvoll wäre, auf mehrere „einfache“ Hauptsätze zurückzugreifen, wie das Werk dies beispielsweise im Kapitel „Massenhafte Gravitation“ auffällig macht: „Die Kraft, mit der ein Gegenstand von der Erde angezogen wird, heißt Gewichtskraft. Man sagt dazu auch Schwerkraft. Die Gewichtskraft zeigt zum Erdmittelpunkt.“<sup>410</sup> Auch in den weiteren Kapiteln zeigt das Werk vermehrt diese kurzen prägnanten Formulierungen, wodurch die Fachbegriffe für Schüler einfacher zu wiederholen und somit besser einzuprägen sind. Auch auf die für Merksätze so typischen veränderten Satz- und Textkonstruktionen, wie etwa Je-desto-Beziehungen wird hier vermehrt zurückgegriffen.<sup>411</sup> Die inhaltliche Verteilung der Merksätze zeigt gravierende Unregelmäßigkeiten auf. Während für die Verankerung der kinematischen Basisgrößen „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ lediglich jeweils die Formel plus zugehöriger Einheit als Merkstoff aufgeführt sind, werden allein auf den fünf Seiten des Kapitels „Kraftvolle Dehnungen“ auf vier Merkböcke mit insgesamt zwölf Merksätzen plus drei Formeln zurückgegriffen.<sup>412</sup> Auch zur Sicherung der wichtigsten Begriffe bzw. Gesetzmäßigkeiten des Kapitels „Massenhafte Gravitation“ werden sage und schreibe neun Merksätze, inklusive einer Formel, aufgeteilt auf drei Vereinigungen, herangezogen.<sup>413</sup> Addiert man diese beiden Zahlen fällt auf, dass bereits auf zwei verhältnismäßig kurze Kapitel 21 der insgesamt 32 Merksätze entfallen, also über 65 %.

Bei der Anordnung der Merksätze wird sehr viel Wert auf Übersichtlichkeit gelegt. Dies zeigt sich bereits in der Zweiteilung in die Überschriften „Festlegung“ und „Ergebnis“, beide hervorgehoben durch größere Schrift in den ausgeprägten Kennfarben lila bzw. blau, sowie auffällige, repräsentative Symbole. Die Headline „Festlegung“ wird aufgegriffen, wenn es darum geht unbekannte Begriffe bzw. neue Größen, meist ergänzt durch entsprechende Formeln, zu sichern, während im „Ergebnis“ zuvor erarbeitete physikalische Gesetzmäßigkeiten festgehalten werden. Dabei erscheint der Fachbegriff des entsprechenden Gesetzes zumeist ebenfalls in der Schlagzeile. Das Werk legt großen Wert auf die Hervorhebung der Merksätze, sowie deren sichtbare Trennung vom eigentlichen Text. Denn neben den Überschriften samt zugehörigen Symbolen werden sie durch deutliche Platzabstände sowie eine fettgedruckte Schrift deutlich vom Fließtext abgegrenzt. Innerhalb der Merksätze betont wiederum der Kursivdruck die wichtigen Fachbegriffe bzw. einzuprägenden Größen.

---

<sup>409</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 114-115

<sup>410</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 137]

<sup>411</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seite 138

<sup>412</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 161-165

<sup>413</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 137-140

Wie auch schon beim Strukturelement Leiteinrichtungen unter anderem anhand des Inhaltsverzeichnis festgestellt werden konnte, legt das Werk „Ikarus“ keinen besonderen Wert auf die eindeutige Trennung der drei Themengebiete. Dieser Linie bleibt es auch beim „Merkstoff“ treu, denn statt separater Rückblicke der Themengebiete Optik, Elektrik bzw. Mechanik bietet das Werk einen umfassenden Wissensspeicher mit fließenden Übergängen. Dieser jedoch macht seinem Namen „Grundwissen für jetzt und später“ alle Ehre. Denn der Rückblick führt nicht nur alle einzuprägenden Themengebiete der 7. Jahrgangsstufe auf kompakte Art und Weise auf, sondern überzeugt auch durch eine übersichtliche, abbildungsreiche Gestaltung mit deutlich hervorgehobenen Überschriften sowie einer stichpunktartigen Auflistung der Inhalte.<sup>414</sup>

### **Merksätze in „NuTC“**

Das Werk „NuTC“ greift in den sieben Kapiteln zur Mechanik mit insgesamt 33 Merksätzen, verteilt auf 18 Blöcke, analog dem Werk „Ikarus“, verhältnismäßig wenig auf Merksätze zurück. Doch trotz der etwas geringeren durchschnittlichen Satzanzahl von 1,8 Sätzen pro Merkblock, weist das Werk mit 13,2 Wörtern pro Merksatz und 24,2 Wörtern pro Merkblock hier deutlich höhere Werte auf. Insbesondere in den Kapiteln „Kräfte und ihre Wirkungen“ und „Kraft, Masse und Beschleunigung“ sind die Merksätze überdurchschnittlich lang. Beispiele sind der Trägheitssatz mit insgesamt 27 Wörtern bzw. die Definition des Kraftbegriffs mit 21 Wörtern.<sup>415</sup> Kürzere Merksätze treten beim Thema „Kraft“ hauptsächlich im Themengebiet „Kraftarten und Ursachen“ auf, das mit insgesamt zehn Merksätzen aufgeteilt auf drei Merkböcke hervorsticht.<sup>416</sup> Auch bei der Einführung der Fallbeschleunigung wird sehr viel Wert auf einfache Wiederholbarkeit und leichte Einprägsamkeit gelegt, wie die kurzen prägnanten Formulierungen deutlich aufzeigen: „Beim freien Fall bewegt sich jeder Körper mit konstanter Beschleunigung. Diese Beschleunigung heißt Fallbeschleunigung  $g$ . Ihr Wert ist auf der Erde von Ort zu Ort verschieden: In Mitteleuropa beträgt die Fallbeschleunigung ungefähr  $9,81 \text{ m/s}^2$  (Äquator:  $9,78 \text{ m/s}^2$ ; Pole:  $9,83 \text{ m/s}^2$ ).“<sup>417</sup> Während die kurzen aneinander gereihten Sätze zwar positiv zu betonen sind, verwirren die Zahlenwerte für Äquator und Pole nur zusätzlich und rücken den Fokus des Betrachters vom einzigen wichtigen Wert, nämlich der Erdbeschleunigung ab. Außerdem ist dadurch die Gefahr gegeben, dass die Schüler die Zahlenwerte vertauschen. Während in den dargestellten Themengebieten Merksätze einen großen Stellenwert einnehmen, finden sie, was vor allem auch im deutlichen Kontrast zu den Vergleichswerken steht, in den Kapiteln „Kräfteaddition“ und „Gesetz von Hooke“ wenig Beachtung.<sup>418</sup> Dies zeigt sich hier zum Teil auch an der geringen Aussagekraft der Merksätze,

---

<sup>414</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 175-179

<sup>415</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 126-127

<sup>416</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 142-145

<sup>417</sup> [Fösel, Natur und Technik 7, 2005, S. 121]

<sup>418</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 148-153

wie beispielsweise folgendes Ergebnis zur „Kräftezerlegung“ deutlich macht: „Auch bei der Kräftezerlegung benutzt man das Kräfteparallelogramm.“<sup>419</sup>.

Gegensätzlich verhält sich das Werk auch im Kapitel „Geschwindigkeit und Beschleunigung“, in dem es in den Merksätzen durch den vermehrten Gebrauch der Formelsprache, verstärkt auf eine veränderte Sprachtechnik zurückgreift: Drei der vier Formeln, die insgesamt in den Merkböcken zum Themenkomplex „Mechanik“ zum Einsatz kommen, entfallen auf dieses Kapitel, wobei sowohl symbolische Kurzschreibweisen als auch wörtliche Ausformulierungen angewandt werden. Einheiten spielen dagegen in Merksätzen keine Rolle. Stattdessen sind die Formeln meist mit einem kurzen Merksatz verknüpft, der ihren Inhalt noch einmal in einem Satz zusammenfasst. Typisches Beispiel ist die dynamische Basisgröße „Beschleunigung, die so letztendlich auf drei verschiedene Arten als Änderung der Geschwindigkeit pro Zeitabschnitt definiert wird.“<sup>420</sup>

Die Merksätze stechen durch die intensive blaue Farbe eindrucksvoll hervor und lassen sich so auf den ersten Blick deutlich vom Fließtext abgrenzen. Dazu trägt auch der offensichtliche Freiraum zwischen Grundlagentext und Merkstoff bei. Die wenigen Formeln werden durch Kursivdruck noch einmal betont. Konsequenter könnte sich das Werk bei der Platzierung der Merksätze gestalten, denn diese stellen nur zum Teil ein endgültiges Resultat des zuvor bearbeiteten Textabschnitts dar und hängen so bisweilen etwas in der Luft.<sup>421</sup>

Auch wird zum Teil, beispielsweise beim Thema „Kraft als Produkt von Masse und Beschleunigung“<sup>422</sup> bzw. beim Thema „Gravitationskraft“<sup>423</sup> der Fließtext durch einen Merksatz bzw. einen kurzen Merkböck unterbrochen, bevor nach ein paar Sätzen ein erneuter Merksatz bzw. -böck folgt. Hier wäre aus Gründen der Übersichtlichkeit und vor allem der einfachen Wiederholbarkeit ein umfassender Merkböck mit Sicherheit eine bessere Alternative.

Zusammenfassende Wissensspeicher, die im „NuTC“ mit „Auf einen Blick“ bezeichnet werden, erscheinen in der Mechanik jeweils nach dem Kapitel zu den „Grundgrößen der Kinematik“ sowie nach den Kapiteln zum Thema „Kräfte“. Dabei wird erstgenannter Rückblick auf lediglich einer Drittel Seite abgehandelt<sup>424</sup>, während die Zusammenfassung zum Themengebiet „Kraft“ mit zwei Seiten deutlich umfangreicher und gründlicher ausfällt. Dazu tragen nicht nur die vielen bunten Abbildungen, sondern vor allem auch die sehr übersichtliche Strukturierung und Gestaltung bei.<sup>425</sup> Eine gewisse Tendenz hinsichtlich einer inhaltlichen Schwerpunktsetzung ist also hier deutlich erkennbar.

---

<sup>419</sup> [Fösel, Natur und Technik 7, 2005, S. 150]

<sup>420</sup> Siehe „NuTC“ Seite 120

<sup>421</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 126 und 137

<sup>422</sup> Siehe „NuTC“ Seite 123

<sup>423</sup> Siehe „NuTC“ Seite 142

<sup>424</sup> Siehe „NuTC“ Seite 123

<sup>425</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 154-155

### **Merksätze in „NuTDP“**

Das Werk „NuTDP“ enthält über die drei übergeordneten Kapitel zum Themengebiet „Mechanik“ insgesamt 34 Merksätze, aufgeteilt auf 27 Merkböcke, was zur zweitniedrigsten durchschnittlichen Satzanzahl von nur 1,3 Merksätzen pro Zusammenfassung führt. Dabei weisen nur im Werk „Impulse“ die Merkböcke im Mittel weniger Merksätze auf. Da diese aber im Durchschnitt mit 14,8 Wörtern pro Satz in Relation zu den 12,8 Wörtern pro Satz im „NuTDP“ deutlich länger sind, erzielt dieses bei der Messung der mittleren Wortanzahl pro Merkböck mit lediglich 16,1 Wörtern den geringsten Wert der durchgeführten Analyse. Der Grund liegt in der fast ausschließlichen Verwendung von „Ein-Satz-Merkböcken“, die aber trotzdem weitestgehend auf das Prinzip „Ein Gedanke = ein Satz“ zurückgreifen und sich hinsichtlich Wortanzahl sehr einheitlich über das Werk verteilen. Es fallen keine Themengebiete ins Auge, die besonders lange Merksätze heranziehen. Insbesondere für die Verankerung von physikalischen Gesetzmäßigkeiten, wie etwa das „Kräftegleichgewicht“ sowie das „Trägheitsgesetz“ werden deutlich weniger Worte benutzt als in den Vergleichswerken.<sup>426</sup>

Bei der inhaltlichen Verteilung der Merksätze weicht das Werk gravierend von der bisherigen Regelmäßigkeit ab, die es noch bei der Satzlänge an den Tag gelegt hat. Insbesondere beim dritten Themenkomplex „Kraftarten, ihre Ursachen und Wirkungen“ wird sehr intensiv auf das Strukturelement „Merkstoff“ zurückgegriffen, was man daran erkennt, dass auf acht zusammenhängende Seiten sage und schreibe 14 Merkböcke mit insgesamt 16 Merksätzen entfallen:<sup>427</sup> „Es gibt unterschiedliche Kräfte, die auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sind.“<sup>428</sup> Dieser Merksatz zum Thema „Arten von Kräften“ zeigt deutlich auf, dass hier zum Teil Aussagen in den Merkstoff gepackt werden, die gewiss keinen „gedanklichen Höhepunkt“ darstellen. Unterstützend muss erwähnt werden, dass die darauf folgende Seite komplett in Anspruch genommen wird, um nicht weniger als neun verschiedene Arten von Kräften samt Ursachen aufzuführen.<sup>429</sup>

Diese Überbeladung der Seiten mit Merkstoff erreicht ihren Höhepunkt beim Thema „Zusammensetzung von Kräften“. Hier gelingt es dem Werk eine Seite zu erstellen, die auf vier versetzten Merkböcken mehr Merkstoff anbietet als Grundlagentext. Auch die Verwendung erläuternder Zeichnungen in den Merksätzen, was unter allen Vergleichswerken einmalig ist, unterstreicht deutlich, dass es dem Autor in diesem Fall nicht gelungen ist, den Stoffinhalt so in einem Merkböck zu komprimieren, dass der für die Schüler leicht zu wiederholen ist.<sup>430</sup>

Das Werk bedient sich in den Merkböcken der Mechanik mit insgesamt zehn Formeln ausgesprochen oft der Formelsprache, wobei ausschließlich die symbolische Kurzschreibweise mit entsprechender Erklärung der einzelnen Symbole verwendet wird. Unbekannte Größen wer-

---

<sup>426</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 130

<sup>427</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 142-149

<sup>428</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 142]

<sup>429</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 143

<sup>430</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 147

den einheitlich zunächst in einem Merksatz erwähnt, dann folgt eine Art Aufzählung, die entsprechendes Formelzeichen sowie zugehörige Einheit in Wortlaut samt Symbolschreibweise enthält. Durch diese uniformierte Art der Darstellung wird insbesondere die anschließende Gegenüberstellung der einzelnen Größen samt Einheiten erleichtert.

Die Merksätze werden im „NuTDP“ in Kästen eingerahmt, die in der auffälligen Farbe lila unterlegt sind und durch ein charakteristisches Symbol gekennzeichnet. Außerdem wird nicht nur die Schriftart verändert, sondern auch deren Stärke, so dass die Abgrenzung vom eigentlichen Fließtext vortrefflich gelingt. Diese deutliche Trennung ist jedoch auch deshalb notwendig, weil die Merksätze nicht am Ende der Kapitel vorzufinden sind, sondern immer wieder dazwischen geschaltet werden und dadurch keinen zusammenfassenden Rückblick darstellen.<sup>431</sup> Aus diesem Grund wird auf der letzten Seite des jeweiligen übergeordneten Kapitels „das Wichtigste auf einem Blick“ zusammengestellt. Diese Rückblicke sind sehr schematisch und strukturiert als so genannte „Mind-Maps“ aufgebaut, was die Wiederholbarkeit und Einprägsamkeit verbessern soll.<sup>432</sup>

### **Merksätze in „Netzwerk“**

Das Werk „Netzwerk“ greift in den sechs Kapiteln zur Mechanik auf insgesamt 35 Merksätze zurück, die sich auf 21 Merkböcke verteilen. Daraus resultiert eine durchschnittliche Satzanzahl pro Block von 1,7 Sätzen. Die Merksätze weisen im Mittel mit 11,8 Wörtern pro Satz die kürzeste Länge unter allen zu untersuchenden Werken auf, was letztendlich zu einer durchschnittlichen Wortanzahl pro Merkblock von 19,7 Wörtern führt. Die Kürze der Merksätze geht zum Teil damit einher, dass die Merksätze stichpunktartig angegeben werden, was vor allem beim Thema „Kraftwirkungen“ bzw. zu Beginn des Themas „Kraftmessung“ deutlich auffällt.<sup>433</sup> Dadurch ergibt sich nicht nur eine gewisse Übersichtlichkeit, sondern vor allem auch eine Regelmäßigkeit, die sich speziell in diesen Kapiteln auch darin äußert, dass pro Merkblock in etwa 20 Wörter in Anspruch genommen werden. Auffallend und insbesondere einmalig unter den Vergleichswerken ist dabei der Merkblock zum Thema „Kraftmessung“, der die Arbeit mit dem Federkraftmesser als zu wiederholenden und einprägsamen Inhalt preist.<sup>434</sup> Längere Sätze treten, analog den Vergleichswerken, vermehrt bei der Sicherung physikalischer Gesetzmäßigkeiten auf, wobei hier insbesondere das Wechselwirkungsgesetz mit überproportionalen 28 Wörtern heraussticht.<sup>435</sup>

Bei der inhaltlichen Verteilung fällt auf, dass im Kapitel „Gewichtskraft“ mit neun Merksätzen plus zwei Formeln, gegliedert auf vier Merkböcke, das größte Augenmerk auf den Merkstoff gelegt wird.<sup>436</sup>

---

<sup>431</sup> Siehe „NuTDP“ beispielsweise Seite 147

<sup>432</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 127, 140 und 158

<sup>433</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 125-129

<sup>434</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 128

<sup>435</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 138

<sup>436</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 140-145

Zu den Formeln muss gesagt werden, dass insgesamt sieben Formeln in den Merkböcken zur Mechanik auftreten, wobei diese ausschließlich in symbolischer Kurzschreibweise verwendet werden. Die Formeln treten nur in Kombination mit einem Merksatz auf, der die einzelnen Symbole genau definiert und kursiv gedruckt betont. Auffällig und neu im Vergleich zu den anderen Werken ist, dass vereinzelt die Formeln in den Merksatz integriert sind, wie beispielsweise bei der Sicherung des Newton'schen Grundgesetzes.<sup>437</sup> Nur in diesem Fall werden die Formeln auch zusätzlich fettgedruckt, um sie aus dem Merksatz hervorzuheben, während sie in den meisten Merkböcken zwar kursiv gedruckt werden, aber deutlich kleiner als der dazugehörige Merksatz, so dass sie an Wichtigkeit gegenüber diesem einbüßen.<sup>438</sup>

Erwähnenswert sind auch die vier „Merkkasten“ zu den physikalischen Größen „Zeit“, „Geschwindigkeit“, „Beschleunigung“ und „Kraft“, die in blauer Farbe fettgedruckt jeweils als Überschrift die Größe darstellen und anschließend Einheit und Formelzeichen angeben. Jedoch zeigt sich auch hier, für das Werk „Netzwerk“ typisch, keine Einheitlichkeit: Während bei den Größen „Zeit“ und „Kraft“ die Umrechnungen in andere Einheiten explizit im Merkkasten aufgeführt sind, ist beispielsweise bei der Geschwindigkeit die so oft gebrauchte Umwandlung von m/s in km/h nicht enthalten.<sup>439</sup>

Auch bei der Gestaltung der Merksätze sind einige Merkwürdigkeiten feststellbar. Insbesondere was den farblichen Hintergrund der offensichtlich eingerahmten Merksätze angeht, zeigen sich Besonderheiten: Während beispielsweise das Newton'sche Grundgesetz farblich grün unterlegt ist, erscheint beispielsweise das Wechselwirkungsgesetz in blauem Hintergrund.<sup>440</sup> Über das ganze Werk verteilt wird bei der farblichen Unterlegung des Merkstoffs willkürlich zwischen diesen beiden Farben gewechselt, was natürlich die Frage aufwirft, ob eine charakteristische Kennfarbe den Merksatz nicht deutlicher herausstellen würde. Nichtsdestotrotz gelingen dem Werk eine deutliche Betonung des Merkstoffs und eine offensichtliche Abgrenzung vom Fließtext. Dies wird einerseits durch die farblich unterlegten Merkböcke erreicht, andererseits aber auch dadurch, dass es diese gewissermaßen als Resümee konsequent ans Ende der zugehörigen Textabschnitte stellt.

Ein abschließender zusammenfassender Wissensspeicher zur Mechanik liegt nicht vor. Lediglich eine stichpunktartige Auflistung der wichtigsten Begriffe samt zugehörigen Seitenzahlen erleichtert den Schülern die Orientierung.<sup>441</sup>

### **Merksätze in „EidM“**

Das Schulbuch „EidM“ unterscheidet sich hinsichtlich des Merkstoffs gravierend von den übrigen Vergleichswerken, was die Zahlen eindeutig belegen: Denn das Werk weist in den

---

<sup>437</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 137

<sup>438</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 118 und 122

<sup>439</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 118

<sup>440</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 137-138

<sup>441</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 159

neun Kapiteln zur Mechanik zwar einerseits die mit Abstand größte Anzahl von 49 Merksätzen auf, aber andererseits die geringste Anzahl von lediglich 17 Merkböcken, so dass der bei weitem größte Quotient mit durchschnittlich 2,8 Merksätzen pro Merkböck resultiert. Dies ist auch der Hauptgrund für die überproportionale mittlere Wortanzahl pro Merkkasten mit 38,8 Wörtern – immerhin doppelt so viele wie die meisten Vergleichswerke – denn die durchschnittliche Wortanzahl pro Merksatz liegt mit 13,5 Wörtern im Bereich der anderen untersuchten Werke.

Diese Ausführlichkeit der Merkböcke wird gleich zu Beginn des Werkes im Merkkasten zum Kapitel „Die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen“ deutlich<sup>442</sup> und setzt sich besonders auffällig in dem sich aus sechs Merksätzen zusammensetzenden Merkböck zum Thema „Zusatzgeschwindigkeit“ fort. Beträchtlich sind hier insbesondere die Konstruktionshinweise zu den Geschwindigkeitspfeilen, die sehr umfangreich sind.<sup>443</sup> Auch bei der Verankerung der Newton'schen Bewegungsgleichung erweist sich der Merkkasten mit insgesamt 95 Wörtern als extrem detailliert, wobei die Autoren hier versuchen durch Nummerierungen die überdurchschnittlich langen Sätze zu ordnen. Der Umfang und die Ausführlichkeit der Merkkästen lassen erkennen, dass hier didaktische Schwerpunkte gesetzt werden. Der separate Merkkasten, der lediglich die Formel in Kurzschreibweise aufzeigt, dient der Herausstellung der Bewegungsgleichung. Diese wird zwar im ausführlichen Merkkasten noch einmal in symbolischer Kurzschreibweise erwähnt, würde aber so an Bedeutung verlieren. Außerdem soll noch einmal verdeutlicht werden, dass sich darauf folgende Merksätze auf diese Gleichung beziehen. Zu erwähnen sind hierbei auch die vielen Je-desto-Beziehungen, die die als wichtig erachteten Aussagen der Formel auf qualitative Art und Weise detailliert betrachten.<sup>444</sup> Diese für Merksätze so typischen Satzkonstruktionen treten über das komplette Werk verteilt sehr häufig auf, hauptsächlich jedoch im Zusammenhang mit der Einführung des Kraftbegriffs sowie der Herleitung der einzelnen Proportionalitäten des Newton'schen Gesetzes.<sup>445</sup> Ihren absoluten Höhepunkt erreicht die Ausdehnung des Merkstoffes im Kapitel „Wenn mehrere Kräfte wirken“ bei der Sicherung der Gegenüberstellung von Wechselwirkungsgesetz und Kräftegleichgewicht. Hier werden nicht weniger als zwölf Merksätze zu einem Merkkasten vereint. Die ersten drei Merksätze würden zur leichten Wiederholbarkeit bzw. Einprägsamkeit der Unterschiede vollkommen ausreichen, unterstützt durch das positiv zu bewertende Unterstreichen der wichtigsten Begriffe. Das anschließende Beispiel dagegen sollte deutlich vom Merkstoff abgegrenzt werden.<sup>446</sup> Insgesamt kann in dieser Hinsicht festgehalten werden, dass das Werk „EidM“ nicht im Sinne Pollacks vorgeht und den Merkstoff als ein Konzentrat der Unterrichtsergebnisse darstellt, sondern ausführliche Merkböcke mit vielen Wörtern und mit

---

<sup>442</sup> Siehe „EidM“ Seite 2

<sup>443</sup> Siehe „EidM“ Seite 13

<sup>444</sup> Siehe „EidM“ Seite 20

<sup>445</sup> Siehe „EidM“ Seiten 17-20

<sup>446</sup> Siehe „EidM“ Seite 34

vielen kurzen Sätzen heranzieht. Jedoch sei hier noch einmal erwähnt, dass es oftmals didaktisch sinnvoller ist, etwas mehr Worte zu verwenden, um keine wichtigen, als selbstverständlich gesehene Ergebnisse zu vergessen.

Die Verteilung der Merksätze auf die einzelnen Themengebiete zeigt deutliche Unregelmäßigkeiten, was insbesondere bei den abschließenden Kapiteln zum Kraftbegriff ins Auge fällt. Während für das fünfte Kapitel „Newtonsche Bewegungsgleichungen“ sowie das neunte Kapitel „Wenn mehrere Kräfte wirken“ insgesamt 11 bzw. 18 Merksätze verteilt auf ganze sechs bzw. lediglich drei Blöcke herangezogen werden, wird in den drei dazwischen liegenden Kapiteln nur auf „Ein-Satz-Merkblöcke“ zurückgegriffen. Auffällig in dieser Hinsicht ist insbesondere das Kapitel „Kraftarten“, das sich immerhin über fünf Seiten erstreckt und dabei lediglich einen Merksatz zu Reibungskräften aufweist.<sup>447</sup> Dies weist deutlich darauf hin, dass verschiedene Kapitel bzw. Themen als unterschiedlich wichtig eingestuft werden, was durch die Verteilung der Merksätze zum Ausdruck gebracht wird.

Trotz des enormen Ausmaßes bzw. der Ausführlichkeit des Merkstoffes greift das Werk hier nur in drei Fällen auf Formelsprache zurück. Damit belegt es in dieser Hinsicht den letzten Platz der Analyse und setzt somit die Lehrplanvorgaben am besten um. Dabei sei noch einmal erwähnt, dass die Newton'sche Bewegungsgleichung aufgrund ihres enormen Stellenwertes im „EidM“ zweimal unmittelbar hintereinander aufgeführt wird. Daraus folgt, dass zusätzlich nur im Kapitel „Wie schnell? Wohin?“ der Begriff „Tempo“ kurz und bündig durch eine Formel zusammengefasst wird, die sowohl in wörtlicher Formulierung als auch in symbolischer Kurzschreibweise dargestellt ist. Insbesondere fällt gerade in Relation zu den Vergleichswerken auf, dass in den detaillierten Merkkästen zu den dynamischen Grundgrößen „Geschwindigkeit“ und „Zusatzgeschwindigkeit“, welche ja wie bereits erwähnt in den Vergleichswerken der Beschleunigung entspricht, nicht auf Formeln zurückgegriffen wird. Dies steht auffällig mit den bisherigen Untersuchungsergebnissen – und mit den Lehrplanvorgaben – im Einklang, denn wie bereits bei den Strukturelementen „Abbildungen“ und „Tabellen“ festgestellt, spielen jegliche Formen von eher mathematischen Betrachtungen bzw. Abstraktionen, sei es anhand von Diagrammen, Graphen, Messtabellen oder eben Formeln im „EidM“ nur eine unwesentliche Rolle.

Die Hervorhebung der Merksätze sowie klare Trennung vom eigentlichen Grundlagentext wird insbesondere durch den rosafarbenen Hintergrund der zudem noch eingerahmten Merkkästen erzielt. Insbesondere die Farbwahl ist dabei wieder auf die Schülerinnen abgestimmt, so dass neben den Abbildungen ein weiterer Aspekt deutlich wird, der insbesondere die Mädchen ansprechen soll. Wesentliche Begriffe werden fettgedruckt und bei Gesetzmäßigkeiten zudem noch vorangestellt, teilweise sogar als Überschrift. Ganz vereinzelt wird in den Merkkästen auch auf Unterstreichungen zurückgegriffen, insbesondere bei Vergleichen, wie etwa der Gegenüberstellung von Wechselwirkungsprinzip und Kräftegleichgewicht.<sup>448</sup>

---

<sup>447</sup> Siehe „EidM“ Seiten 27-31

<sup>448</sup> Siehe „EidM“ Seite 34

Eine abschließender Rückblick oder gar ein Wissensspeicher, die die wesentlichen Stoffinhalte der Mechanik noch einmal zusammenfasst liegt nicht vor. Dabei wäre dieser aufgrund der Vielfalt an Merkstoff, den das „EidM“ den Schülern bietet, hier mit Sicherheit hilfreich.

### Vergleichende Analyse

	„Impulse“	„Ikarus“	„NuTC“	„NuTDP“	„Netzwerk“	„EidM“
<b>Merksätze Mechanik</b>	37	32	33	34	35	49
<b>Merkblöcke Mechanik</b>	31	17	18	27	21	17
<b>Durchschnittliche Satzanzahl pro Merkblock</b>	1,2	1,9	1,8	1,3	1,7	2,8
<b>Durchschnittliche Wortanzahl pro Merksatz</b>	14,3	12,0	13,2	12,8	11,8	13,5
<b>Durchschnittliche Wortanzahl pro Merkblock</b>	17,1	22,6	24,2	16,1	19,7	38,8
<b>Formeln im Merkstoff zur Mechanik</b>	6	10	4	10	7	3

Tabelle5 Übersicht der wichtigsten Ergebnisse zum Strukturelement Merkstoff

Das Werk „EidM“ greift im Teilgebiet Mechanik mit insgesamt 49 Merksätzen mit deutlichem Abstand vor dem Werk „Impulse“ mit 37 Merksätzen am auffälligsten auf „Merkstoff“ zurück. Auffällig ist dabei, dass „EidM“ diese auf lediglich 17 Merkböcke verteilt, während „Impulse“ die mit Abstand größte Anzahl von 31 Merkböcken heranzieht, was letztendlich bei der Analyse der durchschnittlichen Satzanzahl pro Merkböcke zu den Extremwerten 1,2 bzw. 2,8 führt. Das Werk „NuTDP“ verhält sich in dieser Hinsicht ähnlich dem „Impulse“ und greift mit lediglich durchschnittlich 1,3 Sätzen pro Merkkasten auch vermehrt auf „Ein-Satz-Merkblöcke“ zurück. Da die Merksätze aber im Durchschnitt mit 14,8 Wörtern pro Satz im „Impulse“ in Relation zu den 12,8 Wörtern pro Satz im „NuTDP“ deutlich länger sind, erzielt letzteres bei der Messung der mittleren Wortanzahl pro Merkböcke mit lediglich 16,1 Wörtern den geringsten Wert der durchgeführten Analyse. In dieser Hinsicht überragt das Werk „EidM“ die anderen Werte mit 38,8 Wörtern bei weitem, was nicht auf die mittlere Satzlänge von 13,5 Wörtern pro Satz zurückzuführen ist, die im Bereich der Vergleichswerke liegt, sondern auf die mit Abstand größte Anzahl von 49 Merksätzen, verteilt

auf die geringste Anzahl von lediglich 17 Merkböcken. Die Werke „NuTC“ und „Ikarus“ weisen mit 24,2 bzw. 22,6 Wörtern pro Merkböck, abgesehen vom „Ausreiber“ „EidM“ in dieser Messung die höchsten Werte auf, was insbesondere im „Ikarus“ angesichts der mit 12,0 Wörtern geringsten Wortanzahl pro Merkböck auf die nur 17 Merkböcken zurückzuführen ist. Das „Netzwerk“ ist das Werk, das in der Mechanik die kürzesten Merksätze heranzieht, mit lediglich 11,8 Wörtern pro Merksatz. Die Kürze der Merksätze geht zum Teil damit einher, dass die Merksätze stichpunktartig angegeben werden, was vor allem beim Thema „Kraftwirkungen“ bzw. zu Beginn des Themas „Kraftmessung“ deutlich auffällt.

Bei der Betrachtung der Länge der Merksätze zeigen sich deutliche Gemeinsamkeiten, denn gerade bei den Anfangskapiteln zum Themengebiet „Kraft“ werden überdurchschnittlich lange Merksätze in Anspruch genommen. Insbesondere physikalische Gesetzmäßigkeiten, wie etwa das „Kräftegleichgewicht“, der „Trägheitssatz“ oder das „Wechselwirkungsprinzip“ werden zumeist zusammenfassend jeweils in einem Merksatz festgehalten, was natürlich, um die physikalische Richtigkeit zu gewährleisten, zwangsläufig zu Sätzen mit vielen Satzgefügen führen muss. Deshalb stellt sich die Frage, ob es nicht gerade auch bei solch verzwickten physikalischen Gesetzmäßigkeiten sinnvoll wäre, auf mehrere „einfache“ Hauptsätze zurückzugreifen.

Das Werk „Netzwerke“ zieht zwar sehr kurze Merksätze in den Merkböcken heran, die aber sprachlich dem Fließtext zu nahe stehen. Als besonders auffällig erweist sich in dieser Hinsicht das Werk „Ikarus“, das diese kurzen prägnanten Formulierungen mit der Fachsprache kombiniert, wodurch die Fachbegriffe für Schüler einfacher zu wiederholen und somit besser einzuprägen sind. Auch auf die für Merksätze so typischen veränderten Satz- und Textkonstruktionen, wie etwa „Je-desto-Beziehungen“ wird hier vermehrt zurückgegriffen. Diese treten auch über das komplette Werk „EidM“ verteilt häufig auf, hauptsächlich jedoch im Zusammenhang mit der Einführung des Kraftbegriffs sowie der Herleitung der einzelnen Proportionalitäten des zweiten Newton'schen Gesetzes.

Die inhaltliche Verteilung der Merksätze zeigt bei allen Werken auffällige Unregelmäßigkeiten auf, was als sinnvoll erachtet werden muss, um inhaltliche Schwerpunkte deutlich zu machen. Während sich die Merksätze im Werk „Impulse“ noch mehr oder weniger einheitlich über die einzelnen Kapitel verteilen mit Ausnahmen des Kapitels „Zusammensetzung von Kräften“, das insgesamt acht Merksätze aufzeigt, entfallen im „Ikarus“ bereits auf die zwei verhältnismäßig kurzen Randthemen „Massenhafte Gravitation“ und „Kraftvolle Dehnungen“ 21 der insgesamt 32 Merksätze. Auch die Werke „NuTDP“, „Netzwerk“ und „EidM“ setzen auffällige Schwerpunkte beim Gebrauch von Merkstoff: Während „NuTDP“ Merksätze hauptsächlich im Zusammenhang mit „Kraftarten, Ursachen und Wirkungen“ und bei der „Zusammensetzung von Kräften“ gebraucht, setzt „Netzwerk“ insbesondere beim Thema „Gewichtskraft“ verstärkt auf diese. „EidM“ setzt neben „Ikarus“ in dieser Hinsicht die deutlichsten Schwerpunkte: Während für das fünfte Kapitel „Newtonsche Bewegungsgleichungen“ sowie das neunte Kapitel „Wenn mehrere Kräfte wirken“ insgesamt 11 bzw. 18 Merksätze herangezogen werden, wird in den drei dazwischen liegenden Kapiteln nur

auf „Ein-Satz-Merkblöcke“ zurückgegriffen. Auffällig in dieser Hinsicht ist insbesondere auch das Kapitel „Kraftarten“, das lediglich einen Merksatz zu Reibungskräften aufweist. Dadurch gelingt es dem Werk „EidM“ am eindrucksvollsten durch den Merkstoff klare inhaltliche Akzente zu setzen. Beim Werk „NuTC“ zeigt sich eine inhaltliche Schwerpunktsetzung, die in deutlichem Kontrast zu den Vergleichswerken steht. Denn hier nehmen Merksätze bei der Verankerung der kinematischen Basisgrößen „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ einen großen Stellenwert ein, während sie in den Kapiteln „Kräfteaddition“ und „Gesetz von Hooke“ wenig Beachtung finden.

Die Werke „NuTDP“ und „Ikarus“ bedienen sich in den Merkblöcken der Mechanik mit zehn Formeln ausgesprochen oft der Formelsprache, wobei im „NuTDP“ ausschließlich die symbolische Kurzschreibweise verwendet wird, jedoch mit entsprechender Erklärung der einzelnen Symbole. Im „Ikarus“ dagegen erscheinen die Formeln zumeist isoliert, sprich ohne erklärenden Merksatz, werden dafür aber durch eine Darstellung der Formel anhand entsprechender Bezeichnungen der Symbole ergänzt. Dies zeigt sich insbesondere bei der Verankerung der Größen „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“. Insgesamt ist in nahezu allen Werken die Tendenz, erkennbar, sich im Merkstoff zu den beiden kinematischen Basisgrößen vermehrt der Formelsprache zu bedienen. Besonders auffällig ist die veränderte Sprachtechnik im Werk „NuTC“ ersichtlich, in dem drei der vier Formeln, die insgesamt in den Merkblöcken zum Themenkomplex „Mechanik“ zum Einsatz kommen, auf das Kapitel „Geschwindigkeit und Beschleunigung“ entfallen. Einzige Ausnahme in dieser Hinsicht ist das Werk „EidM“, dem es gelingt, trotz der Ausführlichkeit, die es bezüglich des Gebrauchs von Merkstoff an den Tag legt, nur in drei Fällen auf Formelsprache zurückzugreifen und damit die Lehrplanvorgaben am besten umzusetzen. Auffällig ist dabei, dass das Werk insbesondere bei der Verankerung der kinematischen Grundgrößen „Geschwindigkeit“ und „Zusatzgeschwindigkeit“ ohne Formeln auskommt.

Bei der Aufmachung des Merkstoffes greifen die Werke auf diverse gestalterische Hilfsmittel zurück, insbesondere um ihn deutlich vom Fließtext abzugrenzen. Im „NuTDP“, „Netzwerk“ und „EidM“ werden deshalb die Merksätze zu Merkkästen mit farbigem Hintergrund eingerahmt. Während bei den Werken „NuTDP“ bzw. „EidM“ die Farbwahl mit den eindeutigen Kennfarben lila bzw. rosa sehr intensiv und betont ausfällt, trägt im „Netzwerk“, angesichts der vielen sonstigen Einrahmungen, der dauernde willkürliche Wechsel zwischen blauer und grüner Unterlegung nicht zu einer auffälligen Charakterisierung des Merkstoffes bei.

Nichtsdestotrotz gelingt auch diesem Werk dadurch, dass es die Merkkästen gewissermaßen als Resümee konsequent ans Ende der zugehörigen Textabschnitte stellt, eine deutliche Betonung des Merkstoffes und eine offensichtliche Abgrenzung vom Fließtext. Dagegen werden im „NuTDP“ die Merksätze in den Fließtext integriert, jedoch werden die Merkkästen durch ein charakteristisches Symbol gekennzeichnet. Außerdem wird nicht nur die Schriftart verändert, sondern auch deren Stärke, so dass die augenscheinliche Trennung vom Grundlagentext auch hier gelingt. In den Werken „Ikarus“ und „NuTC“ funktioniert diese offensichtliche Unterscheidung des Merkstoffes auch ohne kastenartige Einrahmungen. Während die Merk-

sätze im „NuTC“ durch die intensive blaue Farbe eindrucksvoll hervorstechen und durch klare Freiräume vom Grundlagentext getrennt sind, wird im „Ikarus“ bei der Anordnung der Merksätze sehr viel Wert auf Übersichtlichkeit gelegt. Dies zeigt sich in der Zweiteilung der Merksätze, auf den ersten Blick erkennbar in den Überschriften „Festlegung“ und „Ergebnis“, beide hervorgehoben durch größere Schrift in den ausgeprägten Kennfarben lila bzw. blau, sowie auffällige, repräsentative Symbole. Deutliche Platzabstände sowie eine fettgedruckte Schrift dienen gleichermaßen der Hervorhebung, wie der Kursivdruck der wichtigen Größen. Konsequenter könnten diese beiden Werke, aber auch ganz besonders das Werk „Impulse“, die Platzierung der Merksätze gestalten, denn diese stellen nur zum Teil ein endgültiges Resultat bzw. den „gedanklichen Höhepunkt“ des zuvor bearbeiteten Textabschnitts dar. Im „Impulse“ führt das im Vergleich zu den anderen Werken, die den Merkstoff auf vielfache Art und Weise hervorheben, zu deutlichen gestalterischen Defiziten. Denn außer einem blauen Strich am seitlichen Bildrand werden keinerlei Farben, veränderte Schriftgrößen oder andere typographische Mittel herangezogen, die zur Verdeutlichung des Merkstoffes beitragen, so dass die in Mitten des Grundlagentextes auftauchenden Merksätze nicht auf den ersten Blick auszumachen sind.

Als besonders auffällig erweist sich auch, dass gerade die Werke „EidM“, „Impulse“ und „Netzwerk“, die absolut betrachtet die größte Anzahl an Merksätzen aufweisen, also auf den ersten Blick den Merkstoff besonders gewichten, diesen abschließend nicht in so genannten „Wissensspeichern“ zusammenfassen. Die Werke „NuTC“ und „NuTDP“ dagegen sammeln am Ende der jeweiligen übergeordneten Kapitel das Wichtigste auf einem Blick. Diese Rückblicke sind in beiden Werken sehr schematisch und strukturiert aufgebaut, was zur einfachen Wiederholbarkeit und Einprägsamkeit beiträgt. Statt separater Rückblicke nach einzelnen übergeordneten Themengebieten bietet das Werk „Ikarus“ einen umfassenden Wissensspeicher mit fließenden Übergängen. Wie der Name „Grundwissen für jetzt und später“ schon sagt, werden alle einzuprägenden Themengebiete der 7. Jahrgangstufe noch einmal aufgegriffen. Auch die übersichtliche und abbildungsreiche Gestaltung mit deutlich hervorgehobenen Überschriften sowie einer stichpunktartigen Auflistung der Inhalte darf in dieser Hinsicht nicht in Vergessenheit geraten.

## **g) Strukturelement „Experimentieranleitungen“**

### **i) Allgemeine Überlegungen**

„Ein Experiment ist eine List, mit der man die Natur dazu bringt, verständlich zu reden. Danach muss man nur noch zuhören.“<sup>449</sup> Es steckt also weitaus mehr dahinter als eine schlichte „Frage an die Natur“, denn nur durch das gezielte Präparieren der Natur kann es der Physik

---

<sup>449</sup> George Wald zitiert nach [Deger, Ikarus, 2005, Buchrücken]

gelingen ihr eigentliches Ziel zu erreichen, nämlich die Beschreibung und Erklärung der Natur in der Sprache der Physik. Es werden also geplant in Lebensprozesse eingegriffen und unter festgelegten und kontrollierbaren Rahmenbedingungen Beobachtungen und Messungen an physikalischen Prozessen und Objekten durchgeführt. Relevante Variablen werden systematisch verändert und Daten präzise aufgenommen. Dabei sind Objektivität und Reproduzierbarkeit von großer Wichtigkeit, d.h. die Wiederholung eines Experiments sollte unabhängig vom Experimentator zu gleichen Ergebnissen führen.<sup>450</sup>

Experimente wurden bereits im Jahre 1905 in den Meraner Grundsätzen zum naturwissenschaftlichen Unterricht als obligatorischer Lehrinhalt verankert und nehmen seit jeher eine zentrale Rolle im Erkenntnisprozess des Unterrichts ein. Allerdings relativiert Höttecke die Bedeutung von Schulexperimenten als Beispiele für Arbeitsweisen in der beschriebenen modernen naturwissenschaftlichen Forschung: „Schulexperimente als Modell für die aktuelle Forschungsmethodik in den Naturwissenschaften hinzustellen, würde ein falsches Bild zeichnen.“<sup>451</sup> Dennoch ist physikalisches Experimentieren in der Schule eine fachspezifische Arbeitsweise, durch die Phänomene aufgezeigt und fachliche Fragestellungen in den Betrachtungshorizont der Schüler gerückt werden können. Für die Unterrichtspraxis ordnen Götz et al. die relevanten Denk- und Handlungsprozesse beim physikalischen Experimentieren in die fünf Bereiche Problemstellung, Hypothesenbildung, Planerstellung, Laborieren sowie Deutung der beobachteten Effekte.<sup>452</sup>

Umso erstaunlicher ist es, wie selten insbesondere am Gymnasium experimentiert wird. Als Gründe dienen dabei oft die veraltete bzw. unzureichende Sammlung, der überfrachtete Lehrplan sowie der enorme Zeitaufwand. Auch die Einstellung der Schüler zu physikalischen Versuchen ändert sich im Verlaufe einer Schullaufbahn. Während in der Sekundarstufe I das physikalische Arbeiten an sich, also der natürliche Drang nach Eigentätigkeit im Vordergrund steht, sind die Schüler der Sekundarstufe II lediglich an den physikalisch relevanten Ergebnissen interessiert und schenken dem Prozess des Zustandekommens physikalischen Wissens wenig Beachtung. Zu diesen Ergebnissen führte eine Befragung von Schecker unter Gymnasialschülern der Sekundarstufe II.<sup>453</sup>

Für die Schulpraxis ist es außerdem von großer Bedeutung unterschiedliche Formen von Schulversuchen zu unterscheiden, wobei zu betonen ist, dass sie sich dabei in vielerlei Hinsicht klassifizieren lassen: Es spielt eine Rolle, ob die Datenerfassung qualitativ oder quantitativ erfolgt, ob der Versuch vom Lehrer oder von den Schülern durchgeführt wird sowie in welcher Phase des Unterrichts er eingesetzt wird. Daneben ist der Geräteaufwand zu betonen, sprich ob sich ein physikalisches Phänomen mit einfachen Mitteln beobachten lässt, oder ob zusätzliche Gerätschaften von Nöten sind. In diesem Zusammenhang gewinnen so genannte

---

<sup>450</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 244]

<sup>451</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 258]

<sup>452</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 258]

<sup>453</sup> [www.wikipedia.org/wiki/Physikunterricht](http://www.wikipedia.org/wiki/Physikunterricht)

„Freihandversuche“ an immer größerer Beliebtheit, insbesondere im Hinblick auf den Lebensweltbezug des Physikunterrichts. Dadurch, dass sie mit Dingen aus dem Alltag der Schüler „freihand“ durchgeführt werden, schulen sie den Blick der Schüler auf physikalische Phänomene aus ihrer Umwelt zu richten: „Verblüffende Effekte pfiffig und einprägsam vorgestellt, ohne großen apparativen Aufwand und ohne Geräte, die den Blick auf das Wesentliche verdecken – dies ist das Ideal eines Freihandversuchs.“<sup>454</sup> Als weitere Möglichkeit lassen sich Experimente nach der Ausführungsform klassifizieren. Dabei werden Einzelversuche, Parallelversuche sowie ganze Versuchsreihen unterschieden.<sup>455</sup>

Genauso wie Experimente für Lernerfolg, Transferfähigkeit und Motivation der Schüler im Unterricht von enormer Bedeutung sind, „sind schriftliche Darstellungen von Experimenten ein unverzichtbares Strukturelement des Physikschulbuches.“<sup>456</sup> Für nachfolgende Analyse von Bedeutung ist hierbei vor allem die Gegenüberstellung zwischen dem zumeist in einen instruktionalen Unterricht eingebetteten so genannten „Demonstrationsversuch“ des Lehrers und dem vermehrt in einen offenen Unterricht integrierten Schülerversuch. Letzterer wird in der Regel weniger geordnet, systematisch und zielgerichtet ablaufen, da sich die Anforderungen an den Lernenden vom Beobachten und Registrieren zum aktiven Durchführen verlagern. Der reine Erkenntnisgewinn steht nicht mehr alleine im Fokus, sondern auch der Erwerb experimenteller Fertigkeiten und fachspezifischer Arbeitsweisen durch direkten Bezug zu den Phänomenen. Auch die Entwicklung sozialen Verhaltens, sprich die Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit durch Partner- bzw. Gruppenarbeit sowie Selbstständigkeit, Freude an der Eigentätigkeit und Ausdauer werden dadurch verstärkt gefördert.<sup>457</sup> Nach Merzyn müssen deshalb die schriftlichen Darstellungen zu Experimenten unterteilt werden. Dabei unterscheidet er so genannte „Experimentierbeschreibungen“ von „Experimentieranleitungen“, je nachdem ob es sich um einen „Demonstrationsversuch“ der Lehrkraft handelt oder ob die Angaben den Schülern Anleitung zum eigenen Experimentieren sein sollen. „Experimentbeschreibungen“ erfordern keine genauen Handlungsanweisungen, weil der Lehrer mit der Durchführung vertraut sein sollte und ihm außerdem Lehrband und Spezialliteratur als weitere Hilfestellungen zur Verfügung stehen. Es geht also vielmehr darum, durch die entsprechende Versuchsanordnung (oft mit Bildern) bzw. die kontrollierten Variablen dem Leser „die experimentelle Idee in ihren Grundzügen“<sup>458</sup> verständlich zu machen, also gewissermaßen die Lücke zwischen „einleitenden Fragestellungen und fertigen Antworten zu schließen.“<sup>459</sup>

„Experimentierangaben“ dagegen haben die Aufgabe dem Schüler Anleitung und Hilfe beim selbstständigen Experimentieren zu sein, was ersichtliche Widersprüche mit sich bringt: Denn

---

<sup>454</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 251]

<sup>455</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 250-253]

<sup>456</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 22]

<sup>457</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 259]

<sup>458</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 22]

<sup>459</sup> [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 22]

einerseits sollen die Anleitungen zum Versuchsaufbau einheitlich sein, sich also auf eine eindeutige Anordnung beziehen, andererseits sollen sie an unterschiedlich ausgestatteten Schulen verwendet werden. Des Weiteren sollen die Anleitung sehr detaillierte Ausführungen bieten, jedoch keinesfalls die Leselust und Lesefähigkeit der Schüler überstrapazieren und noch dazu den schwierigen Spagat meistern zwischen Selbstständigkeit und Hilfestellung auf der einen und Gängelei auf der anderen Seite.<sup>460</sup> Klautke formuliert die hohen Ansprüche, die Versuchsanleitungen in Schülerlehrbüchern erfüllen sollen, folgendermaßen: „Experimente, Beobachtungsaufgaben, Arbeitsanweisungen: Sie müssen klar und eindeutig, mit verständlichen und vollständigen Angaben versehen sein. Zudem verlangen wir, daß sie leicht durchführbar sind und das Versuchsergebnis gut erkennbar bzw. erschließbar ist, daß sie ungefährlich in der Ausführung sind.“<sup>461</sup>

Für nachfolgende Analyse soll lediglich eine Tendenz aufgezeigt werden, ob das Schulbuch vermehrt auf „Experimentbeschreibungen“ oder „Experimentieranleitungen“ zurückgreift. Dies lässt sich damit erklären, dass bei vielen Experimenten nicht auf den ersten Blick erkennbar ist, ob sie vom Lehrer oder von den Schülern durchgeführt werden sollen, was zum Teil auch beabsichtigt ist, um den Lehrer nicht vollends in seiner didaktischen Handlungsfreiheit einzuschränken. Außerdem greifen die Autoren auch auf Mischformen zurück, was eine eindeutige Zuordnung und somit ein stichhaltiges, exaktes Messergebnis unmöglich macht. Auch die quantitative Messung der Häufigkeit von Experimenten kann im Allgemeinen nicht als eindeutiger Indikator für den Stellenwert von Experimenten innerhalb der Konzeption eines Buches angesehen werden, was nachfolgende Analyse aufzeigen soll. Um hier ein einigermaßen repräsentatives Messresultat erzielen zu können, müssten weitere Messungen durchgeführt werden, die den Rahmen dieser Arbeit deutlich übersteigen. Diese müssten beispielsweise nicht nur den Umfang, sondern auch die Art bzw. den Zusammenhang, in dem das Experiment auftritt, erfassen. Denn es macht einen deutlichen Unterschied nicht nur im Messergebnis, sondern auch für die Schüler, ob der Versuch lediglich kurz, gewissermaßen als offener Arbeitsauftrag oder Experimentieraufgabe gestellt wird oder ob er ausführlich mit genauen Anleitungen, Beobachtungen und vor allem Ergebnissen dargestellt wird. Ist dies der Fall, wird den Schülern wahrscheinlich die Motivation fehlen, den Versuch trotzdem noch durchzuführen. Andererseits fehlt ihnen die Kontrollmöglichkeit, wenn Versuchsergebnisse nicht im Buch enthalten sind. Auch Prioritäten der Schulbücher hinsichtlich oben aufgeführter Klassifizierung sollen nur grob dargestellt werden, sprich ob das Werk vermehrt qualitative oder quantitative Versuche heranzieht oder ob die bereits erläuterten „Freihandversuche“ beachtet werden etc. Stattdessen soll der Ort der Anleitungen bzw. Beschreibungen sowie hauptsächlich deren Gestaltung wieder verstärkt in den Vordergrund gestellt werden. Dabei soll untersucht werden, ob die Anleitungen besonders hervorgehoben sind, beispielsweise durch farbigen Druck, Umrandungen, Markierungen oder ein entsprechendes Symbol. Ein

---

<sup>460</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 22-23]

<sup>461</sup> [Kloutke, Kriterien zur Beurteilung von Schulbüchern in Biologie, 1974, S. 30]

weiterer Aspekt in dieser Hinsicht ist, ob die Anleitungen in den eigentlichen Text integriert sind, oder ob es ein separates Kapitel gibt, das sich ausschließlich mit Experimenten beschäftigt bzw. ob sie als Experimentieraufgaben vermehrt bei den Aufgaben vorzufinden sind. Dabei soll auch die Verteilung der Experimente auf die einzelnen Themengebiete nicht unerwähnt bleiben und Schwerpunkte, sprich Inhalte, die mit vielen Versuchen versehen sind, deutlich herausgearbeitet werden.

Dass es sich bei nachfolgender Analyse um Werke der 7. Jahrgangsstufe handelt, muss ebenfalls betont werden. Denn aufgrund der ersten Begegnung der Schüler mit den fachspezifischen Techniken und Denkmethoden der Physik ist es von besonders großer Wichtigkeit, dass das Werk den Schülern die neuartige Arbeitsweise „Experimentieren“ zunächst ausführlich vorstellt. Auch jegliche Gerätschaften und Messtechniken sind den Schülern zunächst unbekannt und bedürfen deshalb gründlicher Darstellungen, am besten unterstützt durch veranschaulichende Abbildungen. Es ist wichtig, die Schülerinnen und Schüler von Beginn an mit grundlegenden Regeln des naturwissenschaftlichen Experimentierens vertraut zu machen. Deshalb sollten in den Werken eindringlich auf entsprechende Gefahren bzw. Vorsichtsmaßnahmen beim physikalischen Experimentieren hingewiesen werden, um die Sicherheit der Jugendlichen nicht zu gefährden. In diesem Zusammenhang sollten auch Versuche, die nur vom Lehrer durchzuführen sind, deutlich gekennzeichnet sein.

## ii) Analyse der Werke

### Experimente in „Impulse“

Im Werk „Impulse“ werden zwar sehr viele Experimente aufgeführt, die jedoch nicht sehr detaillierte Experimentbeschreibungen oder gar Experimentieranleitungen enthalten. Meist werden die Versuche kurz in ein bis zwei Sätzen unter Zuhilfenahme einer erkennbar dazugehörigen Abbildung dargestellt. Anschließend wird ein zusammenfassender Ergebnissatz angehängt. Die Häufigkeit der Versuche steht in keinem Verhältnis zum Umfang, was sich beispielsweise daran zeigt, dass beim Thema „Beschleunigung“ die drei Versuche samt Abbildungen auf weniger als einer halben Seite abgehandelt werden.<sup>462</sup> Dies ist auch der Grund, warum etwa eine Messung der Anzahl der Experimente pro Seite keinen Aufschluss darüber gibt, welchen wahren Stellenwert dieses Strukturelement im Buch einnimmt. Ein für das Werk typisches Beispiel sieht folgendermaßen aus: „Ein Fahrzeug, z.B. der Gleiter einer Luftkissenfahrbahn, bewegt sich auf der etwas geneigten Bahn abwärts (Abb. ► 2). Mit einem Fahrtenschreiber wird bei verschiedenen Neigungen ein  $t$ - $v$ -Diagramm aufgenommen. Es ergeben sich Geraden durch den Ursprung.“<sup>463</sup> Man erkennt deutlich, dass außer einer darstellenden Zeichnung die Schüler keinerlei Informationen zur Luftkissenfahrbahn erhalten. Auch auf den Fahrtenschreiber wird hier nicht näher eingegangen. Erst auf der übernächsten Seite,

---

<sup>462</sup> Siehe „Impulse“ Seite 90

<sup>463</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 90]

in der so genannten „Werkstatt“, erhält der Leser nähere Informationen, wobei keinerlei Verweis auf diesen Bereich vorliegt. Lediglich das Resultat des Versuchs wird vorweggenommen, wobei in diesem Fall die Kontrollmöglichkeit unnötig ist, da der Versuch ohne entsprechende Experimentieranleitung mit Einführung der Luftkissenbahn nicht als selbstständige Schülerübung durchgeführt werden kann. Dass es bei diesem Versuch um einen reinen Lehrerversuch handelt, liegt hauptsächlich daran, dass eine Schule maximal eine Luftkissenfahrbahn zur Verfügung hat. Das Werk kann durch diese Art der Aneinanderreihung von auffällig kurzen Versuchsbeschreibungen lediglich Anregungen für die Unterrichtspraxis liefern, die dann vom Lehrer umzusetzen sind. Aus diesem Grund bieten sich für diese Art der Experimentbeschreibung Versuche an, die keine neuartigen Geräte oder Messtechniken benötigen, wie etwa Versuch V1 beim Thema „Geschwindigkeit“, bei dem die Schüler abgemessene Streckenabschnitte mit ihrem Fahrrad durchfahren müssen.<sup>464</sup> Diese „Freihandversuche“ mit alltäglichen Dingen der Schüler werden jedoch gerade bei den Experimenten zu den kinematischen Grundgrößen nur selten herangezogen, nehmen jedoch im weiteren Verlauf des Werkes deutlich zu. Auch werden teilweise Inhalte unter „Versuche“ abgespeichert, die keine gezielte Aufforderung enthalten wie etwa die reine Auflistung von Messwerten beim Thema „Beschleunigung“ bzw. die beispielhafte Gegenüberstellung von Schlagballweitwurf und Kugelstoßen beim Kapitel „Die Masse“ oder die schematischen Darstellungen beim Zusammensetzen von Kräften.<sup>465</sup>

Die größte Zahl an Experimenten weist das Werk in den Kapiteln „Kräfte wirken überall“ und „Vergleich: Verschiedene Kräfte in der Natur“ auf, wobei auch hier nur zum Teil von physikalischem Experimentieren im Sinne einer fachspezifischen Arbeitsweise gesprochen werden kann. Denn teilweise werden lediglich Ergebnisse als eigenständige Versuche aufgelistet, die vom Sprachstil sehr an Merksätze erinnern: „Wir ziehen unterschiedlich stark an einer Schraubenfeder. Je stärker wir ziehen, desto mehr verlängert sich die Feder.“<sup>466</sup>

Positiv erwähnt werden muss die Idee der „Heimversuche“ im Anschluss an die übergeordneten Themengebiete „Bewegungen“ und „Kräfte in der Natur und Technik“, die wie der Name schon sagt, zum selbstständigen Experimentieren der Schüler beitragen sollen. Jedoch wäre bei der Umsetzung etwas mehr Einfallsreichtum bzw. Ausführlichkeit sicher angebracht gewesen, denn es werden nur jeweils zwei kurze Versuche angeboten, die zudem noch von der Art mit den bereits Beschriebenen übereinstimmen.<sup>467</sup>

Von der äußeren Gestaltung werden die Experimentieranleitungen, soweit man in diesem Werk davon sprechen kann, auffällig durch eine „Fahne“ mit der Aufschrift „Versuche“ in entsprechender Kapitelfarbe vom eigentlichen Basistext abgegrenzt. Auch die einzelnen Versuche werden durch fettgedruckte Symbole, deutliche Abstände sowie Nummerierungen als

---

<sup>464</sup> Siehe „Impulse“ Seite 88

<sup>465</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 90, 99 und 108

<sup>466</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 96]

<sup>467</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 94 und 117

kompakte Abschnitte dargestellt und augenscheinlich voneinander getrennt. Auffällig ist, dass diese immer zu Beginn des Kapitels noch vor dem „Basiswissen“ aufgeführt werden, so dass auch aufgrund der wenigen Worte zur Anordnung vermutet werden kann, dass sie hauptsächlich als Einstiegsversuche in den Unterricht vorgesehen sind. Diese sollen zunächst lediglich ein Problembewusstsein schaffen und Denkanstöße geben. Ein weiteres Indiz für diese These ist, dass es sich bei den aufgelisteten Experimenten fast ausschließlich um qualitative Versuche handelt. Jedoch muss auch erwähnt werden, dass eigentlich bei Einstiegsversuchen nur Grundwissen vorausgesetzt werden kann, was bei vielen hier dargestellten Versuchen nicht der Fall ist. Deshalb wäre hier zu empfehlen, die Versuche so aufzuteilen, dass der Teil der Versuche, der sich auf das Basiswissen stützt, erst im Anschluss und dafür ausführlicher dargestellt wird. Im Fließtext zur Erarbeitung und Prüfung von Hypothesen sowie zur Datenerfassung werden nur ganz vereinzelt Experimente herangezogen, die jedoch in völligem Kontrast zu den Versuchen zu Beginn des Kapitels stehen. Denn sie sind völlig in den Grundlagentext integriert und werden weder durch typographische noch durch sonstige Mittel von diesem abgegrenzt. Außerdem sind sie hauptsächlich quantitativer Art, sprich durch entsprechende Messreihen samt graphischen Auswertungen unterstützt, so dass insgesamt deutlich ausführlicher auf sie eingegangen wird.<sup>468</sup>

Das nötige Werkzeug erhält der Leser auf einer Doppelseite zu den Themen „Messgenauigkeit- geltende Ziffern“ sowie zur „Auswertung von Diagrammen“.<sup>469</sup> Daneben wird deutlich am Beispiel des „Hooke’schen Gesetzes“ zunächst das Erfassen von Daten, sowie anschließende Erkennen und Formulieren von Gesetzmäßigkeiten vorgestellt. In dieser Hinsicht wird ausführlich sowohl die graphische als auch die rechnerische Auswertung hervorgehoben, was eigentlich nicht Gegenstand der 7. Jahrgangsstufe sein sollte.<sup>470</sup>

Als absolutes Prunkstück in Relation zum Großteil der Vergleichswerke stellt sich im „Impulse“ die sehr anschaulich und farbenfroh gestaltete Seite zu den „Grundregeln für das Experimentieren“ heraus, die nicht nur schrittweise über entsprechende Sicherheitsvorkehrungen beim Experimentieren aufklärt, sondern auch Gefahrensymbole auf übersichtliche Art und Weise vorstellt. Auch mögliche Notfallmaßnahmen werden unter Zuhilfenahme charakteristischer Abbildungen aufgezeigt.<sup>471</sup> Außerdem werden als „gefährlich“ eingestufte Versuche, die nur von der Lehrkraft bzw. unter Aufsicht durchgeführt werden dürfen, durch ein entsprechendes Symbol deutlich gekennzeichnet.<sup>472</sup>

---

<sup>468</sup> Siehe „Impulse“ beispielsweise Seiten 88 und 103

<sup>469</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 92-93

<sup>470</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 103-105

<sup>471</sup> Siehe „Impulse“ Seite 119

<sup>472</sup> Siehe „Impulse“ Seite 4

### **Experimente in „Ikarus“**

Im Werk „Ikarus“ wird noch erkennbarer als im „Impulse“ im Basistext auf Experimente mit gezielten Beschreibungen bzw. Anleitungen verzichtet. Als einzige Ausnahme werden Messversuche mit ausführlichen Messreihen sowie graphischen Auswertungen bei der Herleitung des Hooke'schen Gesetzes herangezogen. Auch um die Grenzen dieser Gesetzmäßigkeit aufzuzeigen werden ein Eisendraht bzw. ein Plastiklineal immer weiter verformt und die zugehörigen Kräfte aufgezeichnet.<sup>473</sup> Ansonsten werden unzählige Beispiele, großteils aus dem Alltag der Schüler, stichpunktartig aufgelistet, die durchaus auch als Experiment von den Schülern selbst durchgeführt werden könnten. Beispielsweise beim Thema „Große Kraft, kleine Kraft – wie kann ich sie bestimmen?“ heißt es: „Stell dir vor, du springst von einem Stuhl. Wenn du den Sprung ‚abfederst‘, d.h. bei der Landung etwas in die Knie gehst, dauert die Abbremsung (Geschwindigkeitsänderung) länger und die Kräfte, die deine Knie aushalten müssen, sind kleiner.“<sup>474</sup> Eine gezielte Aufforderung der Durchführung des Sprungs, bei dem der Schüler die kleinere Kraft gewissermaßen „am eigenen Körper“ spürt, wäre hier sicher nicht nur interessanter sondern auch lehrreicher.

Experimentieranleitungen bzw. -beschreibungen treten ansonsten ausnahmslos gemeinsam mit den Aufgaben im Bereich „Anregungen und Anwendungen“ auf. Insgesamt weist das Werk zwar weniger Experimente auf als beispielsweise das Werk „Impulse“, führt diese aber deutlich umfassender aus und gestaltet sie auch um einiges gründlicher. Auch die inhaltliche Verteilung zeigt keine auffälligen Prioritäten, so dass zu allen Themengebieten Experimente angeboten werden. Durch diese Verknüpfung mit den Aufgabenstellungen will es außerdem zum Ausdruck bringen, dass man insbesondere am eigenständigen Experimentieren der Schüler interessiert ist. Dies belegt auch der vermehrte Gebrauch ausführlicher Experimentieranleitungen, die sich unterstützt durch sorgfältig beschriftete Abbildungen, zum Teil auf beinahe eine ganze Seite ausdehnen, wie beispielsweise der Versuch „Spuren verfolgen“ deutlich macht.<sup>475</sup> Bisweilen erscheinen die Versuchsdurchführungen als Teilaufgaben, sind also direkt mit den Aufgaben verbunden und fordern den Leser explizit auf, die theoretischen Grundlagen, die er zuvor berechnet oder erklärt hat, in die Praxis umzusetzen. Beispielsweise heißt es bei der Aufgabe „Auf und ab“ in Teilaufgabe c): „Führe die Aufzugfahrt als Experiment selbst durch.“<sup>476</sup>

Jedoch werden großteils die Experimente zu Versuchsreihen geeint, bei denen nacheinander an der Versuchsanordnung kleine Änderungen durchgeführt werden, die neue Erkenntnisse nach sich ziehen. Es handelt sich in dieser Hinsicht fast ausschließlich um Freihandversuche, bei denen die Schüler großteils ohne neuartige Geräte auskommen, wie etwa die Versuchsrei-

---

<sup>473</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 162-164

<sup>474</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 124]

<sup>475</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 107

<sup>476</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 118]

he „Träge Tricks“ verdeutlicht.<sup>477</sup> Falls bisher unbekannte Gerätschaften herangezogen werden, wie beispielsweise der Kraftmesser, werden diese mit beschrifteter Zeichnung vorgestellt.<sup>478</sup> Auffällig ist zudem, dass sehr oft auch das handwerkliche Geschick der Schülerinnen und Schüler gefordert wird, wie etwa beim Bau einer „Schiefen Ebene“ aus Papier<sup>479</sup>, beim „Modellversuch“ zum „T-Träger“<sup>480</sup> oder beim Brückenbau aus diversen Materialien. Dieses Beispiel zeigt auch den fächerübergreifenden Aspekt der Experimente mit der Informatik deutlich auf, denn neben dem Bau der Brücken soll zuvor ein Hypertext zu diesem Thema erstellt werden.<sup>481</sup> Dieses enorme Einfallsreichtum, das das Werk bei Experimenten an den Tag legt, erkennt man auch an den umgewandelten variantenreichen Anforderungen. Beispielsweise soll der Leser beim Versuch „U-Häkchen-Forschung“ zu einer dargestellten Versuchsanordnung eine Versuchsdurchführung, also eine beschriftete Skizze mit Beschreibungen entwerfen, mit der ein Dehnungs-Kraft-Diagramm bestimmt werden kann.<sup>482</sup>

Durch die gut strukturierte Seite „Physik im Wettbewerb“ werden den Schülern zusätzlich anhand von Beispielen die physikalischen Wettbewerbe vorgestellt, wie etwa „Schüler experimentieren“ oder „Experimente antworten“. Dadurch zeigt ihnen das Werk eine Möglichkeit sich auch außerhalb des Unterrichts experimentell zu betätigen.<sup>483</sup>

Bei der Gestaltung der Experimente muss angemerkt werden, dass diese nicht von den Aufgaben abgegrenzt werden, was sich teils auch deshalb nicht so einfach umsetzen lässt, weil sie bisweilen als Teilaufgaben aufgeführt sind. Nichtsdestotrotz könnten sie durch entsprechende Markierungen oder farbliche Hervorhebungen auch hier deutlicher betont werden. Das gilt insbesondere bei reinen Versuchsreihen, die zwar zum Teil durch Überschriften wie etwa „Schau hin – mach mit“<sup>484</sup> oder „Experimente am Schreibtisch“<sup>485</sup> hervorgehoben werden, aber räumlich nicht von den eigentlichen Rechen- bzw. Transferaufgaben abgesteckt werden. Es ist deshalb zu bedenken, ob dieser ständige Wechsel zwischen Experimenten und Aufgaben nicht die Orientierung und dabei insbesondere das schnelle Auffinden bestimmter Aufgabentypen erschwert.

Das physikalische Experimentieren im „Ikarus“ einen sehr großen Stellenwert einnimmt, zeigt sich bereits im Einleitungskapitel „Physik – ein Blick in die Spielregeln der Natur“, das den Schülern schrittweise aufzeigt, wie sich Zusammenhänge bzw. Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen, nach denen Vorgänge in der Natur ablaufen.<sup>486</sup> Daneben wird der Leser im An-

---

<sup>477</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 119

<sup>478</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 167

<sup>479</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 157

<sup>480</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 167

<sup>481</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 157-158

<sup>482</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 174

<sup>483</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 181

<sup>484</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 133

<sup>485</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 168

<sup>486</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 5-6

hang sehr komprimiert über entsprechende Regeln beim Experimentieren sowie über die Genauigkeit der Angabe von Ergebnissen aufgeklärt.<sup>487</sup> Hinweise zu möglichen Gefahren sowie Sicherheitsvorkehrungen bzw. mögliche Notfallmaßnahmen werden im Ikarus nicht zusammenfassend erwähnt und finden insgesamt wenig Beachtung. Es existiert lediglich ganz vereinzelt das Symbol „Vorsicht Gefahr“, das zur Beachtung bestimmter Schutzmaßnahmen auffordert.

### **Experimente in „NuTC“**

Im „NuTC“ werden im Allgemeinen, analog zum Werk „Ikarus“, beim Basistext keine physikalischen Experimente verwendet, um bestimmte Gesetzmäßigkeiten zu erschließen, mit einer Ausnahme, dem „Gesetz von Hooke“. Hier wird unter dem Abschnitt „Grundlagen: Zu jeder Kraft genau eine Verformung“ eine Messreihe zum Dehnungsverhalten einer Stahlfeder samt graphischer Auswertung als so genannter „Erarbeitungsversuch“ zwischen zwei Experimenten aufgeführt. Das Ergebnis wird durch einen anschließenden Merksatz festgehalten.<sup>488</sup> Ansonsten werden die Versuche nicht nur deutlich vom Basiswissen getrennt, sondern auch untereinander durch fettgedruckte Überschriften, blaue Nummerierungen und deutliche Abstände abgegrenzt. Auch die einzelnen Teilaufgaben werden durch aufeinander folgende alphabetische Kleinbuchstaben in blauer Farbe offensichtlich gekennzeichnet.

Die Versuche im „NuTC“ werden streng in die Abschnitte „Probiers mal!“ und „Experimente“ eingeteilt, die augenscheinlich in grüner Farbe hervorgehoben werden. Die Aufforderung zeigt, dass es sich bei Erstgenannten um Versuche handelt, die die Schüler mit einfachen Materialien auch außerhalb der Schule erproben können. Das Werk legt dabei sehr großen Wert auf das selbstständige Experimentieren der Schüler, was sich daran zeigt, dass diese Freihandversuche gleichmäßig verteilt in allen Kapiteln der Mechanik vorliegen. Lange Anleitungen sind meist nicht nötig, da großteils keine neuen physikalische Gerätschaften oder Arbeitsweisen gebraucht werden, sondern mit bekannten alltäglichen Dingen, wie etwa einem Skateboard oder einem Einkaufswagen hauptsächlich qualitativ experimentiert wird. Dabei greift das Werk jedoch auch auf gewissermaßen „erfinderische“ Instrumente zurück wie etwa auf eine Schneekugel als Beschleunigungsmesser.<sup>489</sup> Bisher unbekannte Hilfsmittel, wie etwa einen Kraftmesser stellt das Werk nicht einfach nur vor, sondern fordert die Schüler gezielt auf, einen solchen mit eigenen Händen zu bauen. Eine ausführlich beschriftete Abbildung unterstützt sie dabei.<sup>490</sup> Zu erwähnen ist auch, dass die Schüler nicht ausschließlich aufgefordert werden, vorgefertigte Versuchsanordnungen nachzukonstruieren, sondern bisweilen auch eigene Verfahren entwerfen müssen.<sup>491</sup> Auch werden sie zum Teil vor knifflige Fragestellungen

---

<sup>487</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 180

<sup>488</sup> Siehe „NuTC“ Seite 153

<sup>489</sup> Siehe „NuTC“ Seite 121

<sup>490</sup> Siehe „NuTC“ Seite 138

<sup>491</sup> Siehe „NuTC“ Seite 113

gen gestellt, deren Beantwortung das Werk offen lässt, wie etwa die Frage, wie man beim Versuch zur trägen Masse von Tennisbällen feststellen kann, welcher schwerer ist.<sup>492</sup>

In den „Experimenten“ werden Versuche dargestellt, deren Durchführung eher für das Physiklabor vorgesehen ist. Denn es wird teilweise auf Gerätschaften bzw. Versuchsanordnungen zurückgegriffen, wie etwa die Luftkissenbahn<sup>493</sup>, die lediglich in der Schule zur Verfügung stehen, auf die das Werk aber gründlich durch beschriftete Abbildungen sowie zugehörigen Begleittext eingeht. Diese Versuche für die Unterrichtspraxis sind bei weitem nicht so gleichmäßig über die Mechanik verteilt, wie dies bei den Freihandversuchen der Fall ist. Insbesondere fällt auf, dass zu den „Grundgrößen der Kinematik“ Geschwindigkeit und Beschleunigung keine Experimente vorliegen, wohingegen sie verstärkt im Kapitel „Wenn Kräfte einen Winkel bilden“, beim „Wechselwirkungsgesetz“ sowie beim „Gesetz von Hooke“ auftreten.<sup>494</sup> Dabei sind vor allem die Experimente zur Kräfteaddition bzw. zur Vertiefung des Zusammenhangs von Kraft und Dehnung quantitativer Art, sprich es sollen Messwerte aufgenommen und anschließend ausgewertet werden. In diesen beiden Fällen weicht das Werk auch ganz offensichtlich von der bisherigen einheitlichen Linie ab, die es hinsichtlich der Einbindung von Experimenten in bestimmte Unterrichtsphasen an den Tag legt. Denn üblicherweise treten beide Arten von Versuchen innerhalb der Kapitel entweder vor den eigentlichen Grundlagen auf, sind in diesem Fall also gewissermaßen als „Einstiegsversuche“ zur thematischen Hinführung gedacht, oder werden dem Basiswissen zur Vertiefung bzw. Verständniskontrolle angehängt. Doch nun werden quantitative Experimente, bei denen sowohl graphische als auch rechnerische Auswertungen gefordert werden, vor den eigentlichen Grundlagentext gestellt. Es ist in dieser Hinsicht zu bedenken, wie die Schüler diese ohne das nötige theoretische Werkzeug bewerkstelligen sollen?<sup>495</sup>

Über das handwerkliche Werkzeug zu quantitativen Experimenten werden die Schüler unter dem Gesichtspunkt „Methoden“ anhand konkreter Beispiele umfassend aufgeklärt. So erfahren sie bei der Besprechung des Themas „Brechung von Licht“ alles Wissenswerte über die „Grafische Auswertung von Messreihen“ sowie beim Thema „Geschwindigkeit“, wie sie mit Messwerten sinnvoll umzugehen haben.<sup>496</sup> Eine Überblicksseite, wie beispielsweise im „Impulse“, auf der die Grundregeln des Experimentierens zusammengefasst werden, liegt nicht vor. Auch auf mögliche Gefahren, Sicherheitsvorkehrungen und Notfallmaßnahmen beim physikalischen Experimentieren wird der Lernende nicht hingewiesen.

---

<sup>492</sup> Siehe „NuTC“ Seite 131

<sup>493</sup> Siehe „NuTC“ Seite 125

<sup>494</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 135, 149 und 153

<sup>495</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 149-153

<sup>496</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 28 und 115

### **Experimente in „NuTDP“**

Im Werk „NuTDP“ werden im Grundlagentext zur Mechanik keinerlei Experimentieranleitungen bzw. -beschreibungen verwendet. Diese werden in den Abschnitten „Experimente“ zusammengefasst, der die Schüler „zum selbstständigen Experimentieren, Probieren und Überprüfen eigener Ideen“<sup>497</sup> anregen soll. Dieses Teilgebiet erscheint fettgedruckt in weißen Lettern, die lila unterlegt sind und wird durch ein großes charakteristisches Symbol deutlich gekennzeichnet, so dass dem Leser auf den ersten Blick ersichtlich ist, dass im Folgenden experimentiert wird. Die Abgrenzung zu den restlichen Strukturelementen gelingt auch dadurch sehr gut, dass ausschließlich komplette Seiten für die Darstellung der Experimentieranleitungen verwendet werden. Jedoch unterscheidet sich das Werk hinsichtlich Häufigkeit und Umfang der Experimente gravierend von den Vergleichswerken, denn es werden in der Mechanik nur zwei der 43 Seiten für die Darstellung von Versuchsanleitungen herangezogen, jeweils eine Seite im Anschluss an die übergeordneten Themengebiete „Grundgrößen der Kinematik“ sowie „Kraftarten, ihre Ursachen und Wirkungen“.<sup>498</sup> Dabei ist es etwas verwunderlich, warum beim dritten übergeordneten Themengebiet „Kräfte und Bewegungsänderungen“ keine Experimente vorliegen. Hier wird lediglich am Ende des Kapitels unter dem Aspekt „Physik in Natur und Technik“, welcher Begriffe und Gesetzmäßigkeiten auf Probleme bzw. Fragestellungen aus dem Alltag der Schüler überträgt, ein so genannter „Modellversuch“ zum Wasserspringen durchgeführt. Dabei dient eine biegsame Holzleiste gewissermaßen als Modell für das Sprungbrett und es wird experimentell ermittelt, dass die Wirkung der Gewichtskraft auf ein Sprungbrett sowohl vom Betrag als auch vom Angriffspunkt der Kraft abhängig ist. Entsprechende schematische Zeichnungen helfen dabei die Zusammenhänge auf das Original zu übertragen.<sup>499</sup>

Die Versuche werden durch ein fettgedrucktes „Experimente“ mit anschließender Nummerierung aneinandergereiht. Dies trägt in gewisser Weise zu dem überaus systematischen Aufbau bei, der sich in der strengen Einteilung in die ebenfalls fettgedruckten Gesichtspunkte „Vorbereitung“, „Durchführung“ und „Auswertung“ äußert. Auf einen einleitenden Satz, der den Schülern das Problem bzw. die Aufforderung vor Augen führt, folgen in der „Vorbereitung“ sehr knapp ausgedrückte Tipps bzw. Hinweise zu Messgeräten oder sonstigen Hilfsmitteln, teilweise als Frage formuliert. In der „Durchführung“ wird dem Schüler Schritt für Schritt das genaue Vorgehen nahe gelegt, wobei sprachlich auch wieder die kurzen Sätze auffallen: „a) Markiere eine Strecke von 50 m! b) Fahre diese Strecke möglichst gleichmäßig mit 10 km/h! c) Miss die Zeit für diese Strecke!“<sup>500</sup> Auch bei der abschließenden „Auswertung“ beschränkt sich das Werk mit sehr knapp formulierten Aufforderungen auf das Wesent-

---

<sup>497</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 1]

<sup>498</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 124 und 153

<sup>499</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 136

<sup>500</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 124]

liche. Oft heißt es hier lediglich: „Beschreibe wie du vorgegangen bist!“<sup>501</sup> oder etwa „Was beobachtest du? Versuche zu erklären!“<sup>502</sup>

Grundsätzlich muss gesagt werden, dass insgesamt die Experimentieranleitungen deutlich zu zusammengedrängt ausfallen. Man hat als Leser gewissermaßen den Eindruck dem Verfasser steht lediglich eine Seite zur Verfügung, auf die er möglichst viele Versuche packen will, ohne seine systematische Vorgehensweise, die sehr viel Platz in Anspruch nimmt, aufzugeben. Insbesondere bei der Versuchsanordnung wird oft nur entweder auf eine beschriftete Abbildung oder einen sehr knappen Text zurückgegriffen. So heißt es zum Beispiel beim „Experiment 4“ zum Thema „Kraftarten, ihre Ursachen und Wirkungen“ lediglich: „Ordne ein langes und biegsames Lineal so an, wie es die Skizze zeigt!“<sup>503</sup> Ein kurzer Begleittext zur Abbildung, der die wesentlichen Punkte der Versuchsanordnung noch einmal verdeutlicht, würde hier mit Sicherheit zu einem besseren Verständnis beitragen. Obwohl betont werden muss, dass großteils „Freihandversuche“ ohne großen apparativen Aufwand aufgeführt werden, greift das Werk doch vereinzelt auf Geräte zurück, mit denen sich die Schüler erstmalig beschäftigen. Beispielsweise die Funktionsweise des Federkraftmessers wird in den meisten Vergleichswerken ausgiebig erläutert, dagegen im „NuTDP“ stillschweigend vorausgesetzt.<sup>504</sup> Insgesamt ergibt sich ein ausgewogenes Verhältnis von quantitativen Versuchen, die eine objektive Datenaufnahme, Datenverarbeitung sowie Auswertung verlangen, und qualitativen Versuchen, die eher auf die unmittelbare Erfassung durch die Sinne ausgerichtet sind.

Als einzigartig unter den Vergleichswerken stellt sich das sechsseitige Einführungskapitel „Arbeitsweisen in der Physik“ heraus. Vor dem eigentlichen Experimentieren werden zunächst die grundlegenden Arbeitsweisen wie „beobachten“, „beschreiben“ und „messen“ ausgiebig unter Zuhilfenahme von Beispielen vorgestellt, sowie die wichtigsten Punkte in Merksätzen gespeichert. In diesem Zusammenhang wird auch intensiv darauf eingegangen, welche „Messfehler“ vorliegen können und wie diese die „Messgenauigkeit“ beeinflussen können. Daneben wird das Modell an sich als „Vereinfachung der Wirklichkeit“ beschrieben, durch das relevante physikalische Prinzipien leichter erfassbar werden als in komplexen, realen Systemen. Im letzten Abschnitt des Kapitels gibt das Werk „NuTDP“ Hinweise zu möglichen Gefahren, die beim Experimentieren entstehen können und wie man sich am besten davor schützen kann. Die wichtigsten Punkte werden zusammenfassend in dem deutlich gekennzeichneten rot eingerahmten Merkkasten „Regeln zum sicheren Experimentieren“ aufgelistet.<sup>505</sup>

Angesichts dieser ausführlichen Einführung, die allen Gesichtspunkten, die beim physikalischen Experimentieren wichtig sind, die nötige Beachtung schenkt, ist es deshalb verwunder-

---

<sup>501</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 124]

<sup>502</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 153]

<sup>503</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 153]

<sup>504</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 153

<sup>505</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 16-21

lich, warum im Kapitel „Mechanik“ den Schülern nicht vermehrt Gelegenheit dazu gegeben wird, das theoretische Werkzeug in die Tat umzusetzen. Denn trotz der Wichtigkeit theoretischer Grundlagen sollte doch beim experimentellen Arbeiten das aktive Durchführen gemäß dem Motto „Learning by doing“ an oberster Stelle stehen

### **Experimente in „Netzwerk“**

Im Schulbuch „Netzwerk“ nehmen Experimente einen großen Stellenwert ein. Insbesondere werden sie im Vergleich zu den anderen untersuchten Werken verstärkt zur Erarbeitung des Grundwissens herangezogen. Dabei wird zu den meisten Themengebieten ein so genannter „zentraler Versuch“ geboten, aus dem Daten erfasst bzw. Hypothesen entwickelt werden. In den Kapiteln „Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften“ sowie „Kraftarten und ihre Ursachen“ wird von dieser Verknüpfung von Theorie und Experiment besonders Gebrauch gemacht<sup>506</sup>, wohingegen im übergeordneten Themengebiet „Bewegungen“ lediglich beim Thema „Geschwindigkeit“ ein so genannter „Erarbeitungsversuch“ eingesetzt wird. In den Kapiteln „Hooke’sche Gesetz“, „Newtonsche Gesetz“ und „Wechselwirkungsgesetz“ dagegen werden sie wieder verstärkt herangezogen, jedoch hier eher zur qualitativen und quantitativen Herleitung bzw. Prüfung entsprechender Gesetzmäßigkeiten.<sup>507</sup> Die Versuche werden immer durch genau eine Abbildung, zumeist eine Fotografie, unterstützt, die die Anordnung verdeutlichen soll. Das Bild wird deutlich blau eingerahmt und durch die Überschrift „zentraler Versuch“ in weißen Buchstaben mit blauem Hintergrund zusätzlich hervorgehoben, so dass sie beim Lesen des Textes diesem eindeutig zugeordnet werden kann. Wie bereits beim Strukturelement „Abbildungen“ aufgezeigt, sind diese „darstellenden Bilder“ jedoch weder beschriftet, nummeriert noch durch irgendeinen auffälligen Hinweis im Text gekennzeichnet, was die augenscheinliche Zuordnung Bild → Versuchstext unmöglich macht. Dies wird auch dadurch unterstützt, dass diese „zentralen Versuche“ ihrem Namen unter gestalterischen Aspekten nicht gerecht werden, da ihre zentrale Rolle im Basistext nicht erkennbar herausgearbeitet wird. Der Einsatz deutlicher Ränder, Markierungen oder typographischer Mittel, welche den Versuchstext offensichtlich im Basistext eingrenzen, würde sicher zu einer verbesserten Orientierung im Werk beitragen.

Neben den „zentralen Versuchen“, die in den Text integriert sind, bietet das Werk separate Abschnitte, mit „Versuche und Aufträge“ bezeichnet, in denen „die relevanten physikalischen Inhalte anhand einfacher Freihandversuche oder problemorientierter Gedankenversuche selbstständig erarbeitet werden.“<sup>508</sup> Die zahlreichen Anleitungen erweisen sich jedoch bei genauerer Betrachtung als nicht geeignet für das eigenständige Experimentieren der Schüler, denn es werden weder ausreichende Angaben über den Aufbau noch über die Durchführung oder gar über die Ergebnisse angeboten. Dies erkennt man daran, dass teilweise fünf Versuche

---

<sup>506</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 154-156

<sup>507</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 132-138

<sup>508</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 2]

auf deutlich weniger als einer halben Seite abgehandelt werden, so dass vergleichbar zum Werk „Impulse“ Häufigkeit und Umfang der Versuche in keinem ausgewogenen Verhältnis stehen, auch angesichts der Tatsache, dass die Anleitungen den Schülern zur selbstständigen Arbeit dienen sollen.<sup>509</sup> Die Tatsache, dass das Werk in keinem der vielen Versuche bzw. Aufträge, die es über den kompletten Bereich „Mechanik“ den Schülern näher bringen will auch nur auf eine einzige Abbildung zurückgreift unterstreicht dies deutlich und steht in auffälligem Kontrast zu den „zentralen Versuchen“, bei denen konsequent Abbildungen herangezogen werden. Dabei muss man jedoch dem Werk zu Gute halten, dass es sich bei den hauptsächlich qualitativen Experimenten großteils um Freihandversuche handelt, bei denen mit Dingen aus dem Alltag der Schüler, wie etwa einem Skateboard oder einem Medizinball Untersuchungen durchgeführt werden, so dass keine explizite Beschreibung der Gerätschaften nötig ist. Dies zeigt sich auch daran, dass sehr häufig handwerkliches Geschick der Schüler gefragt ist, wie beispielsweise beim Bau einer Sonnenuhr oder eines Federkraftmessers aus Kugelschreiberfeder, Draht und Papphülsen.<sup>510</sup> Jedoch wird dabei teilweise mit Dingen experimentiert, wie beispielsweise einem „Bollerwagen, der an der Deichsel geschoben wird“<sup>511</sup>, die nicht allen Schülern der 7. Jahrgangsstufe ohne zusätzliche darstellende Abbildungen bzw. Erklärungen ein Begriff sein dürften. Auch schematische Zeichnungen würden vor allem bei den Experimentieranleitungen zum Thema „Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften“ eine große Hilfe darstellen. Beispielsweise der Versuch, bei dem an einem schweren Getränkekasten Seile so befestigt werden sollen, dass sie verschiedene Winkel bilden, ruft regelrecht nach einer entsprechenden anschaulichen Darstellung.<sup>512</sup>

Bei der inhaltlichen Verteilung fällt auf, dass zu den Gesetzmäßigkeiten „Hooke'sches Gesetz“, „Newtonsches Gesetz“ sowie „Wechselwirkungsgesetz“ keine Versuche bzw. Aufträge vorliegen, während sie bei den Themengebieten „Masse und Gewichtskraft“, „Fallbewegungen“ sowie insbesondere beim Thema „Reibung“ verstärkt angeboten werden. Aufbauend auf dem Detailwissen zu einem Sachgebiet erscheinen sie immer am Ende von Abschnitten bzw. Kapiteln, womit zum Ausdruck gebracht werden soll, dass sie hauptsächlich den Zweck der Vertiefung und Verständniskontrolle erfüllen sollen.

Positiv zu erwähnen ist die offensichtliche Abgrenzung von den übrigen Strukturelementen, wie etwa dem Text oder dem Aufgabenteil, was auf den Einsatz vieler gestalterischer Mittel zurückzuführen ist. Die „Versuche und Aufträge“ werden nicht nur durch eine blaue Fahne mit entsprechender Aufschrift deutlich gekennzeichnet, sondern werden auch in einem Kasten mit blauer Hintergrundfarbe zusammengefasst. Eine deutlich fettgedruckte Überschrift betont die Zuordnung des „Versuchsblocks“ zum jeweiligen Kapitel. Die fettgedruckten Abkürzungen „V“ bzw. „A“ unterscheiden zudem, ob es sich eher um „Versuche“ oder „Aufträge“ han-

---

<sup>509</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 144

<sup>510</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 117 und 130

<sup>511</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 155]

<sup>512</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 155

delt, wobei hier ein deutliches Übergewicht der stärker praxisorientierten „Versuche“ zu erkennen ist. Durch zusätzliche Nummerierungen im Anschluss an die Symbole sowie deutliche Platzabstände werden die einzelnen Versuche bzw. Aufträge voneinander abgegrenzt, so dass ein sehr gut strukturiertes Gesamtbild entsteht.

Den Schülern werden über das Werk verteilt in den nicht umsonst mit „Werkzeug“ bezeichneten Abschnitten die grundlegenden Arbeitstechniken und Fertigkeiten beigebracht, die sie für das physikalische Experimentieren benötigen. So klärt die Doppelseite „Protokollieren von Versuchen“ nicht nur ausführlich über die Vorbereitung, Durchführung sowie Auswertung von Experimenten auf sondern auch über eine entsprechende Fehlerbetrachtung.<sup>513</sup> Eine zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Gesichtspunkte findet man im Anschluss an die Optik unter dem Aspekt „Vom Fragen zum Wissen oder Wie Naturwissenschaftler arbeiten“.<sup>514</sup> Auch auf das „Erstellen und Interpretieren von Diagrammen“ wird unter Betrachtung eines Beispiels zum Thema „Bewegungen“ ausgiebig eingegangen<sup>515</sup>, obwohl das der Lehrplan erst für die neunte Jahrgangsstufe vorsieht. Kritisiert werden muss dabei etwas die willkürliche Verteilung dieser so immens wichtigen Anleitungen zum richtigen Experimentieren. Ein Einführungskapitel wie etwa im „NuTDP“ oder eine Sammlung in einem möglichen Anhang würden sicherlich zu einem schnelleren Auffinden beitragen.

Auch Gefahrenhinweise bzw. Sicherheitsvorkehrungen werden zwar zum Teil der Besprechung der einzelnen Themengebiete angesprochen, finden aber insgesamt zu wenig Beachtung.

### **Experimente in „EidM“**

Auch im Werk „EidM“ nehmen Versuche einen großen Stellenwert ein. Im Vergleich zu den anderen untersuchten Werken werden diese jedoch ausschließlich in den Basistext eingebunden und nicht in einem separaten Komplex oder gemeinsam mit den Aufgaben zusammengefasst. Die Versuche werden regelmäßig über das Buch verteilt und finden lediglich zu Beginn und am Ende des Werkes in den Kapiteln „Die Beschreibung und Darstellung von Bewegungen“ und „Wenn mehrere Kräfte wirken“ keine Beachtung. Besonders oft eingesetzt werden sie in den Kapiteln „Zusatzgeschwindigkeit“, „Die Newtonsche Bewegungsgleichung“ sowie bei den „Kraftarten“. Sie dienen dabei zum Teil als Einstiegsversuche, wie beispielsweise Versuch 1 beim Thema „Die Zusatzgeschwindigkeit als Folge einer Einwirkung“, bei dem die Schüler lediglich zwei Übungen zum Fußballtraining auf dem Sportplatz ausführen sollen. Zumeist jedoch werden die Versuche als so genannte „Erarbeitungsversuche“ eingesetzt, um bestimmte Hypothesen zu entwickeln, wie beispielsweise der Versuch 2 zeigt. Bei diesem sollen die Schüler entsprechende Übungen aus dem Sportplatz in einem „Simulationsversuch“ mithilfe einer Murmel sowie Stiften als Torpfosten mit dem Ziel nachbilden, um die

---

<sup>513</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 34-35

<sup>514</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 59

<sup>515</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 120

relevanten physikalischen Prinzipien leichter erfassbar zu machen.<sup>516</sup> Bei der Newtonschen Bewegungsgleichung werden Experimente herangezogen, um entsprechende Proportionalitäten zwischen Zusatzgeschwindigkeit und Einwirkungsstärke, Einwirkungsdauer sowie Masse zu erarbeiten. Nur in seltenen Fällen, wie etwa beim „Beharrungsprinzip“ oder beim „Wechselwirkungsgesetz“ werden die Versuche im Anschluss an entsprechende Merkkästen aufgeführt, bauen also gewissermaßen auf dem Wissen auf und sollen hier mehr der Vertiefung bzw. Intensivierung dienen.<sup>517</sup>

Wie bereits beim Strukturelement „Abbildungen“ festgestellt, sind auch die Versuche größtenteils mit sportlichen Aktivitäten, insbesondere aus dem Bereich Fußball verbunden, was gerade bei den Mädchen Desinteresse auslösen könnte. Auch das wiederholte Aufgreifen des zentralen Kugelstoßversuches bei der Herleitung der „Newtonschen Bewegungsgleichung“ lässt auf den ersten Eindruck eine gewisse Eintönigkeit vermuten, die sich aber als didaktisch gewollt herausstellt, da dieser im „EidM“ einen sehr großen Stellenwert einnimmt, wie die Untersuchungen zur Sachstruktur zeigen werden.<sup>518</sup> Dabei greift das Werk auch auf interessante neuartige Versuche zurück, wie etwa der Einstiegsversuch zum Kapitel „Wie schnell? Wohin?“ „Blindes Fangen in Zeitlupe“ deutlich macht.<sup>519</sup> In diesem Zusammenhang sei auch der Versuch erwähnt, bei dem eine Kugel durch den Luftstrom eines bzw. zweier Föns abgelenkt wird, um die Abhängigkeit der Zusatzgeschwindigkeit von der Einwirkungsdauer, in diesem Fall des Gebläses, zu verdeutlichen.<sup>520</sup> Man erkennt deutlich, dass es sich bei den Versuchen größtenteils um „Freihandversuche“ handelt, die alltägliche Dinge aus der Wirklichkeit der Schüler aufgreifen. Nur selten, wie etwa beim „Beharrungsprinzip“, wird mit eher technischen Gerätschaften, wie einer Luftkissenbahn experimentiert, die den meisten Schülern mit Sicherheit nicht bekannt sein dürfte. Aus diesem Grund ist es etwas verwunderlich, warum gerade dieser Versuch weder mit einer darstellender Abbildung der Versuchsanordnung versehen wird noch dem Darstellungsschema genügt, nach dem die meisten Versuche aufgebaut werden<sup>521</sup>. Denn beim Großteil der Versuche folgt auf den Versuchsaufbau bzw. die Durchführung, zumeist unterstützt durch entsprechende Abbildungen der Versuchsanordnung, in deutlichem Abstand ein durch Fettdruck hervorgehobenes „Beobachtung“. Dadurch werden noch einmal die wesentlichen Punkte, die erkannt werden sollen, hervorgehoben, die dann in einer anschließenden Auswertung qualitativ aufgearbeitet werden. Diese ausführlichen Experimentieranleitungen sind insbesondere auf das aktive, zum Teil auch eigenständige Durchführen der Experimente ausgerichtet. Dabei werden von den Schülern vor allem Fähigkeiten zu präziser Arbeit und zur Verknüpfung von Theorie und Experiment gefordert.

---

<sup>516</sup> Siehe „EidM“ Seite 10

<sup>517</sup> Siehe „EidM“ Seiten 23-25

<sup>518</sup> Siehe „EidM“ Seiten 17 und 19

<sup>519</sup> Siehe „EidM“ Seite 3

<sup>520</sup> Siehe „EidM“ Seite 18

<sup>521</sup> Siehe „EidM“ Seite 23

Durch ein fettgedrucktes Symbol „V“ plus Nummerierung sowie deutliche Freiräume werden die Versuche offensichtlich vom eigentlichen Grundlagentext, sowie von den übrigen Strukturelementen abgegrenzt.

Die Grundregeln der Arbeitsweise „Physikalisches Experimentieren“ finden im „EidM“ keinerlei Beachtung. Auch auf Messgeräte bzw. Messtechniken wird genauso wenig eingegangen wie auf mögliche Gefahren bzw. Sicherheitsvorkehrungen.

### **Vergleichende Analyse**

In den Werken „Ikarus“, „NuTC“ und „NuTDP“ wird im Allgemeinen im Basistext auf Experimente mit gezielten Beschreibungen bzw. Anleitungen verzichtet. Als einzige Ausnahme werden hier Messversuche mit ausführlichen Messreihen sowie graphischen Auswertungen bei der Herleitung des Hooke'schen Gesetzes herangezogen. Im „Impulse“ werden diese auch beim Kraftbegriff sowie beim Thema „Geschwindigkeit“ zur quantitativen Herleitung bzw. Prüfung weiterer Gesetzmäßigkeiten eingesetzt. In den Werken „Netzwerk“ und „EidM“ werden vermehrt qualitative Versuche zur Erarbeitung und Prüfung von Hypothesen in den Fließtext eingebunden. Während diese im „Netzwerk“ als „zentrale Versuche“ bezeichneten Experimente, genau wie im „Impulse“, nahtlos in den Grundlagentext integriert sind und weder durch typographische noch durch sonstige Mittel von diesem abgegrenzt werden, werden sie im „EidM“ durch fettgedruckte Symbole sowie deutliche Freiräume herausgearbeitet. Dazu trägt auch die strukturierte Art der Darstellung bei. Denn einerseits werden die zugehörigen Abbildungen immer direkt im Anschluss an die Versuchsbeschreibung aufgeführt, was unterstützt durch ausdrückliche Hinweise im Begleittext, eine schnelle Zuordnung Bild ↔ Versuchsbeschreibung nach sich zieht. Andererseits folgt beim Großteil der Versuche in deutlichem Abstand auf den Versuchsaufbau bzw. die Durchführungshinweise ein durch Fettdruck hervorgehobenes „Beobachtung“, das den Schülern Anhaltspunkte gibt, worauf sie ihr Hauptaugenmerk legen sollen.

Während im Werk „EidM“ im Vergleich zu den anderen untersuchten Werken die Versuche ausschließlich in den Basistext eingebunden sind, führen die Werke „Impulse“ und „Netzwerk“ noch zahlreiche Experimentierangaben in einem separaten Abschnitt auf. Diese erweisen sich jedoch bei genauerer Betrachtung als nicht geeignet für das eigenständige Experimentieren der Schüler, denn es werden weder ausreichende Angaben über den Aufbau noch über die Durchführung oder gar über die Ergebnisse angeboten. Dies erkennt man daran, dass teilweise fünf Versuche auf deutlich weniger als einer halben Seite abgehandelt werden, so dass Häufigkeit und Umfang der Versuche in keinem ausgewogenen Verhältnis stehen. Angesichts der Tatsache, dass die Anleitungen den Schülern zur selbstständigen Arbeit dienen sollen, sollte man erwarten, dass neue Gerätschaften ausgiebig vorgestellt werden. Während „Impulse“ hier wenigstens auf Abbildungen zurückgreift bzw. Gerätschaften teilweise zu einem späteren Zeitpunkt im Werk erklärt, greift das Werk „Netzwerk“ in keinem der vielen „Versuche und Aufträge“, die es über den kompletten Bereich „Mechanik“ den Schülern näher bringen will, auch nur auf eine einzige Abbildung zurück. Positiv zu erwähnen ist in bei-

den Werken die offensichtliche Abgrenzung von den übrigen Strukturelementen, wie etwa dem Text oder dem Aufgabenteil, was auf den Einsatz vieler gestalterischer Mittel zurückzuführen ist. Die Versuche werden nicht nur durch eine „Fahne“ in charakteristischer Kennfarbe mit entsprechender Aufschrift deutlich gekennzeichnet, sondern werden auch in einem Kasten mit blauer Hintergrundfarbe bzw. durch deutliche Linien eingegrenzt. Auch die einzelnen Versuche werden durch fettgedruckte Symbole, deutliche Abstände sowie Nummerierungen als kompakte Abschnitte dargestellt und augenscheinlich voneinander getrennt. Auffällig ist außerdem, dass die Versuche im „Impulse“ immer zu Beginn des Kapitels noch vor dem „Basiswissen“ aufgeführt werden, so dass, auch aufgrund der wenigen Worte zur Anordnung, vermutet werden kann, dass sie hauptsächlich als Einstiegsversuche in den Unterricht vorgesehen sind. Dagegen findet man die Versuchskomplexe im „Netzwerk“ immer am Ende von Abschnitten bzw. Kapiteln, womit zum Ausdruck gebracht werden soll, dass sie hauptsächlich den Zweck der Vertiefung und Verständniskontrolle erfüllen sollen. Das gleiche Ziel verfolgen die Experimentieranleitungen bzw. -beschreibungen im „Ikarus“, die ausnahmslos gemeinsam mit den Aufgaben im Bereich „Anregungen und Anwendungen“ auftreten. Diese sind zwar bei weitem nicht so zahlreich wie etwa im „Impulse“ oder „Netzwerk“, werden aber deutlich umfangreicher ausgeführt, so dass sie sich teilweise unter Zuhilfenahme sorgfältig beschrifteter Abbildungen auf fast eine ganze Seite ausbreiten. Falls bisher unbekannte Gerätschaften herangezogen werden, wie beispielsweise der Kraftmesser, werden diese konsequent mit zugehöriger Zeichnung vorgestellt. Bei der Gestaltung der Experimente jedoch muss angemerkt werden, dass diese nicht deutlich genug von den Aufgaben abgegrenzt werden, wobei insbesondere der ständige willkürliche Wechsel zwischen Experimenten und Aufgaben augenscheinlich die Orientierung und dabei insbesondere das schnelle Auffinden bestimmter Aufgabentypen behindert. Das Werk „NuTDP“ dagegen fasst die Versuche im Block „Experimente“ zusammen, der fettgedruckt in weißen Lettern mit lilafarbigem Hintergrund und durch ein großes charakteristisches Symbol deutlich gekennzeichnet wird. Es unterscheidet sich jedoch hinsichtlich Häufigkeit und Umfang der Experimente gravierend von den Vergleichswerken, denn es werden in der kompletten Mechanik nur zwei Seiten für die Darstellung von Versuchsanleitungen herangezogen, was zur Folge hat, dass diese deutlich zu konzentriert ausfallen. Insbesondere bei der Versuchsanordnung wird oft nur entweder auf eine beschriftete Abbildung oder eine sehr knappen Text mit auffällig kurzen Sätzen zurückgegriffen, was auch auf den überaus systematischen, aber nicht gerade Platz sparenden Aufbau der einzelnen Versuche zurückzuführen ist. Dieser äußert sich in der strengen Einteilung in die fettgedruckten Gesichtspunkte „Vorbereitung“, „Durchführung“ und „Auswertung“.

Eine weitaus größere Rolle spielen dagegen Experimentierangaben im Werk „NuTC“, was unter anderem auf die strenge Einteilung in die Abschnitte „Probiers mal!“ und „Experimente“ zurückzuführen ist. Dabei werden Versuche, die die Schüler mit einfachen Materialien auch außerhalb der Schule erproben können, unterschieden von Experimenten, deren Durchführung aufgrund neuartiger bzw. gefährlicher Gerätschaften eher für das Physikkabor vorgesehen ist. „NuTC“ legt außerdem sehr großen Wert auf das selbstständige Experimentieren

der Schüler, was sich daran zeigt, dass Freihandversuche in großer Zahl und gleichmäßig verteilt zu allen Kapiteln der Mechanik vorliegen. Dabei greift das Werk auf Dinge aus der Wirklichkeit der Schüler zurück, wie etwa auf eine Schneekugel, die als Beschleunigungsmesser umfunktioniert wird. Auch bisher unbekannte Hilfsmittel, wie etwa der Kraftmesser werden nicht einfach nur vorgestellt, sondern die Schüler werden gezielt aufgefordert, unterstützt durch eine ausführliche Anleitung sowie eine beschriftete Abbildung, einen solchen mit eigenen Händen zu bauen. Jedoch muss in diesem Zusammenhang deutlich gemacht werden, dass auch die anderen untersuchten Werke allesamt, unabhängig von ihrer Gesamtanzahl an Versuchen, vermehrt auf Freihandversuche zurückgreifen und somit deren immense Bedeutung vor allem für Schüler der 7. Jahrgangsstufe erkannt haben.

Deutliche Unterschiede zeigen sich dagegen in der Art und Weise sowie insbesondere in der Ausführlichkeit, mit der die einzelnen Werke die grundlegenden Regeln des naturwissenschaftlichen Experimentierens sowie die fachspezifischen Techniken vorstellen. Dabei überzeugt vor allem das Werk „NuTDP“ durch das sechsseitige Einführungskapitel „Arbeitsweisen in der Physik“, in dem zusammengefasst alle wichtigen Facetten des Experimentierens ausführlich dargestellt werden. Betont werden muss in diesem Fall die deutliche Diskrepanz zwischen der Präzision, mit der sich das Werk der Theorie des Experimentierens widmet und dem geringen Stellenwert von Experimentierangaben in den einzelnen Kapiteln. Während sich „Ikarus“ in dieser Hinsicht noch ähnlich zum Werk „NuTDP“ präsentiert und neben einem Einleitungskapitel hauptsächlich den Anhang heranzieht, werden sowohl im „Impulse“ als auch im „NuTC“ und im „Netzwerk“ die grundlegenden experimentellen Arbeitstechniken und Fertigkeiten über das Werk verteilt bei der Besprechung bestimmter Themengebiete vorgestellt.“ Im Werk „EidM“ dagegen wird auf die Grundregeln des Experimentierens genauso wenig eingegangen wie auf mögliche Gefahren, Sicherheitsvorkehrungen bzw. Notfallmaßnahmen. Während insbesondere die Sicherheitsvorkehrungen beim Experimentieren auch in den Werken „Ikarus“, „NuTC“ und „Nertzwerk“ zu wenig Beachtung finden, klärt das Werk „Impulse“ auf einer übersichtlich gestalteten Seite nicht nur schrittweise über diese auf, sondern stellt auch Gefahrensymbole und mögliche Notfallmaßnahmen mithilfe aussagekräftiger Abbildungen vor.

## **h) Strukturelement „Aufgaben“**

### **i) Allgemeine Überlegungen**

Ein weiteres bemerkenswertes Strukturelement sind die Aufgaben, nach Meinung vieler das wichtigste Strukturelement schlechthin. So ergab eine Lehrerbefragung von Bauer und Godau,

dass sage und schreibe 81 % der befragten Lehrkräfte den Aufgabenteil des Schulbuches für ihren Unterricht nutzen.<sup>522</sup>

Häußler und Lind definieren Aufgaben als „wohldefinierte Probleme, die (mindestens) eine Lösung haben und deren Bearbeitung in relativ kurzer Zeit möglich ist“<sup>523</sup> und grenzen diese in gewisser Weise von Schülerexperimenten ab, die nicht hauptsächlich auf die Beherrschung und Anwendung physikalischer Begriffe und Gesetze, sondern auf das Einüben physikalischer Arbeitsweisen ausgerichtet sind. Geuther dagegen schließt diese offensichtlich mit ein, denn ihrer Ansicht nach ist eine Aufgabe „eine an den Schüler gerichtete Aufforderung, die ihn veranlassen soll, ein bestimmtes Ziel mit Hilfe einer bestimmten Tätigkeit durch selbständige Arbeit zu erreichen.“<sup>524</sup> Insbesondere das Ziel „selbstständiges Lernen“ steht dabei auch bei Kahlert an oberster Stelle: „Ein gutes Schulbuch muss entsprechende Aufgaben enthalten, um diese Fähigkeiten zu fördern. Es sollte sowohl Aufgaben anbieten, die sinnvoll in Einzelarbeit, als auch Aufgaben, die in Partner- oder Gruppenarbeit erledigt werden können. Das Aufgabenangebot muss differenziert sein, sowohl vom Anspruchsniveau her als auch von der Methodik, mit der die Aufgaben zu bewältigen sind.“<sup>525</sup>

Aufgaben werden im naturwissenschaftlichen Unterricht meist genutzt, um den Unterricht zu strukturieren und Unterrichtsinhalte zur Rekonstruktion fachlicher Inhalte anzubieten. Sie werden also hauptsächlich in Übungs- und Wiederholungsphasen zur Ergebnissicherung eingesetzt und bieten dem Schüler und auch dem Lehrer so die Möglichkeit der Kontrolle des Verständnisses bzw. Lernfortschritts, weshalb sie auch vermehrt an das Ende von Abschnitten und Kapiteln platziert werden.<sup>526</sup> Nach Häußler und Lind sollten Aufgaben auch in der Erarbeitungsphase und insbesondere verstärkt in der Einstiegsphase des Schulbuches eingesetzt werden, um die Schüler mit einer interessanten Fragestellung am besten aus ihrem Erfahrungs- und Lebensbereich zu konfrontieren. Beispielsweise könnte eine Zeitungsnotiz zu einem Verkehrsunfall zur Frage führen, wie die Polizei in der Lage war aus den Bremsspuren auf die überhöhte Geschwindigkeit des Fahrzeuges zu schließen. Eine entsprechende Lösung der Aufgabe ist nur nach intensiver Beschäftigung mit den zugrunde liegenden Grundprinzipien der Mechanik möglich, wodurch ein erkennbares Lernmotiv geschaffen wird.<sup>527</sup>

Insbesondere die TIMSS-Studie hat eindrucksvoll nachgewiesen, dass die Schülerinnen und Schüler hierzulande gravierende Schwächen beim Lösen von Aufgabenstellungen haben und dem Anforderungsprofil bei weitem nicht gewachsen sind. Lediglich etwa 60 % der Schüler sind in der Lage Aufgaben auf dem Niveau naturwissenschaftlichen Alltagswissens zu lösen und nur 43 % können einfache Aufgaben lösen, die eine Abstraktion vom Alltagswissen for-

---

<sup>522</sup> Vgl. [Bauer, Zum Einsatz des Lehrbuches im Physikunterricht, 1977, S. 139]

<sup>523</sup> [Häußler, Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissensch. Unterricht, 1998]

<sup>524</sup> [www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf](http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf)

<sup>525</sup> [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/),

<sup>526</sup> Vgl. [Merzyn, Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, 1994, S. 23]

<sup>527</sup> Vgl. [Häußler, Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissensch. Unterricht, 1998]

dern.<sup>528</sup> In der Folge rückten Aufgaben zunehmend in den Fokus fachdidaktischer Forschung und wurden als ein Ansatzpunkt für die Verbesserung der Qualität von Unterricht erkannt.

Die Ursachen für das schlechte Abschneiden sind nach Müller sehr vielseitig: Zum einen die geringe fachdidaktische Forschung auf dem Gebiet der Aufbereitung von Aufgabenstellungen, die im Grunde erst mit der Auswertung der TIMSS-Studie begann. Zum anderen wird in der Lehrerfort- und -ausbildung zu wenig Wert auf die physikalische Aufgabenthematik gelegt. Als wichtigster Kritikpunkt, auch hinsichtlich nachfolgender Analyse wird das uniforme Muster des Einsatzes von Physikaufgaben aufgeführt. Es stehen im Wesentlichen Routineaufgaben und das Einüben besprochener Stoffinhalte im Mittelpunkt, was letztlich auf ein einseitiges Aufgabenangebot in Physiklehrbüchern zurückgeführt werden muss. Lehrbuchanalysen verschiedener deutscher Lehrbuchverlage haben nachgewiesen, dass hauptsächlich Routineaufgaben bzw. formale Aufgaben und auch nur zu gegenwärtigen Themengebieten angeboten werden. Aufgaben, die Alltagsvorstellungen der Schüler aufgreifen oder die bereits behandelte Stoffinhalte wieder aufnehmen und auf diese Weise zum Vernetzen von Stoffinhalten beitragen, sind kaum vorzufinden. Auch Fragestellungen zur Entwicklung von Eigenaktivität und Problemlösekompetenz sind nicht oder nur dürftig vorhanden.<sup>529</sup>

Häußler und Lind fordern deshalb eine Weiterentwicklung der Aufgabenkultur zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts:

- Die Weiterentwicklung von Aufgaben des klassischen Typs, die sich auf lediglich auf Begriffe, Regeln und Gesetze des Themengebiets beziehen hin zu einer „reflektierteren Praxis des Übens, Übertragens und Wiederholens“<sup>530</sup> durch abwechslungsreiche Anwendungsaufgaben in variierenden Kontexten.
- Stärkere Berücksichtigung kreativer Aufgabenstellungen, die die Bedeutung der Naturwissenschaften in unserer Zeit sowie Chancen und Grenzen ihrer Nutzung widerspiegeln.
- Vermehrter Einsatz unterrichtsmethodischer Maßnahmen, so dass Kooperation, Eigenverantwortung und Selbstvertrauen durch die Auseinandersetzung mit Aufgabenstellungen gefördert werden. Dazu zählt insbesondere auch der Einsatz von Aufgaben in jeder Phase des Unterrichts.<sup>531</sup>

Auch Leisen sieht in der Umgestaltung und Weiterentwicklung der Aufgabenkultur ein „effektives Mittel, um die Inhalte und Methoden des Physikunterrichts zu reformieren. Das Lösen von Aufgaben sollte nicht nur der Lernerfolgskontrolle der im Unterricht erarbeiteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten dienen, sondern in erweitertem Sinne als Arbeitsaufträge auch zur Initiierung und Unterstützung des Lernprozesses eingesetzt werden.“<sup>532</sup>

---

<sup>528</sup> Vgl. [Baumert, 1997] zitiert nach [Kircher, Physikdidaktik, 2000, S. 303]

<sup>529</sup> Vgl. [Mikelskis, Physikdidaktik, S. 234-235]

<sup>530</sup> [Häußler, Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissensch. Unterricht, 1998]

<sup>531</sup> Vgl. [Häußler, Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissensch. Unterricht, 1998]

<sup>532</sup> [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

Der Begriff „Aufgabenkultur“ beinhaltet „Art und Qualität der Aufgaben, deren Vernetzungen untereinander und vor allem die Einbettung der Aufgaben in das gesamte Unterrichtsgeschehen.“<sup>533</sup> Leisen sieht diese als „ein Teil der Unterrichtskultur, die sich in der Choreographie des Unterrichts zeigt“<sup>534</sup> und beleuchtet diese vier Aspekte sowie deren Zusammenwirken ausgiebig. Er stellt dazu so genannte „Lernaufgaben“ in das Zentrum der Aufgabenkultur und greift in gewisser Weise die Vorstellungen von Häußler und Lind auf, indem er fordert Aufgaben verstärkt zur Erarbeitung neuer Lerninhalte heranzuziehen: „In Deutschland wird im Unterschied zu anderen Ländern Neues über das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch und weniger über Aufgabenstellungen, Selbstlernmaterialien und Informationsinputs gelehrt. Dieses Verfahren ist zeitintensiv und zeigt oft nicht den erwarteten Erfolg.“<sup>535</sup> Diesen Lernaufgaben liegt ein Phänomen bzw. ein kleines Experiment oder eine Problemfrage zu Grunde, zu der die Lernenden ihre Vermutungen offenbaren, um sich später ihren Lernzuwachs bewusst zu machen. Im nächsten Schritt wird das Programm, gewissermaßen eine Auftragssammlung als geordnete Abfolge von Bearbeitungsschritten vorgestellt, damit Struktur und vor allem Zielrichtung der Aufgabe ersichtlich werden. Dabei sollten diese so gestellt sein, dass der Schüler, zum Teil durch experimentelle Selbsterfahrung, sich den neuen Stoff selbstständig erarbeitet. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass Lernen immer auf der Basis des Vorwissens stattfindet. Aufgabe des Lehrers soll sein, den Lernenden zu unterstützen, das neu erworbene Wissen zu strukturieren und in den Begriffs- und Wissenskontext einzubinden. Dadurch wird die Aufgabe in gewisser Weise „zu einem anmoderierten ‚Setting‘, dem Arbeitsaufträge in Form von Fragen oder Aufforderungen mittels Operatoren folgen, damit sich die Lernenden umgehend an die möglichst erfolgreiche Bearbeitung begeben können.“<sup>536</sup>

Jedoch muss in diesem Zusammenhang festgestellt werden, dass „der Weg zur Expertise im Problemlösen über eine gewisse Routineexpertise“<sup>537</sup> führt. Das beinhaltet neben der kontinuierlichen Erhöhung der Transferleistungen bzw. der Selbstständigkeit insbesondere, dass die Schülerinnen und Schüler über einen sicheren Bestand an mathematischen Grundkenntnissen und -fertigkeiten sowie über ausreichend Vorwissen verfügen. Denn sonst ist die Gefahr des Misslingens besonders groß, was bei Lernaufgaben wie bei allen anderen Aufgaben auch, Demotivierung und Frustration und damit einen geringen Lernerfolg nach sich zieht: „Nicht der Aufgabengegenstand, nicht die tolle Einkleidung machen eine Aufgabe zur ‚guten Aufgabe‘, sondern dass Schüler sich als fähig erleben und ihre Kompetenzen ausbauen können. Gute Lernaufgaben entwickeln und stärken das Könnensbewusstsein der Schüler.“<sup>538</sup> Nachfol-

---

<sup>533</sup> [Aufschnaiter, Eine neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht, 2001, S. 410] zitiert nach [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

<sup>534</sup> [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

<sup>535</sup> [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

<sup>536</sup> Vgl. [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

<sup>537</sup> [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

<sup>538</sup> [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

gende Analyse soll untersuchen, ob diese von Häußler und Lind geforderte Weiterentwicklung der Aufgabenkultur bzw. die von Leisen geforderten „Lernaufgaben“ in gewisser Weise im Ansatz in den einzelnen Schulbüchern zu erkennen ist.

Für Geuther sollte zur Veränderung der Aufgabenkultur, die „Innere Differenzierung“ systematisch und effektiv in Schulbüchern integriert werden. Differenzierung des Unterrichts ist ein unterrichtsmethodischer Grundbegriff, der sehr vielfältig verwendet wird. Oftmals wird Differenzierung auch als Gegenbegriff zum Klassenunterricht gebraucht. Die Ansätze zur Systematisierung der Differenzierung sind sehr unterschiedlich. Grundsätzlich muss man aber äußere und innere Differenzierung unterscheiden. Äußere Differenzierung meint, dass es keine homogene Lerngruppe gibt, da die Schüler nach unterschiedlichen Kriterien gruppiert sind, wie zum Beispiel nach Jahrgangszugehörigkeit, nach Schulform oder nach Fachleistung innerhalb des Jahrgangs einer Schule. Jede Form der äußeren Differenzierung sollte durch innere Differenzierung ergänzt werden, damit unterschiedliche Lernvoraussetzungen berücksichtigt werden können. Diese bedeutet „die Anpassung von Lehrzielen, -inhalten, -hilfen und -methoden an die individuellen Bedürfnisse des Lernenden“<sup>539</sup> und wird als eine der wichtigsten Maßnahmen zur Lernförderung infolge des „Pisa-Schocks“ gesehen und deshalb intensiv gefordert. So sollen zwar alle Schüler ein bestimmtes Grundangebot an Aufgaben erhalten, aber zusätzlich Aufgaben angeboten werden, die Schüler je nach Kenntnisstand und Arbeits-tempo differenziert fordern.<sup>540</sup>

Astleitner hat in dieser Hinsicht gar eine Didaktik-Theorie zur Inneren Differenzierung in Schulbüchern entwickelt. Zur Konzipierung dieses so genannten „Aufgaben-Rad-Modells“ wurden Forschungsarbeiten zur Qualität von Schulbüchern, aber auch zur Inneren Differenzierung herangezogen, so dass präskriptive Aussagen darüber gemacht werden, wie Schulbücher gestaltet und eingesetzt werden sollen, um die individuellen Ansprüche zu erfüllen. Dieses Modell beinhaltet vier Prinzipien, die die Lernaktivität anregen sollen: Dabei sind zum einen die geordneten Aufgabenmengen und der hierarchische Wissensaufbau zu nennen. Dieser umfasst die Trennung der lehrstoffrelevanten Aufgaben nach einer angenommenen bzw. geschätzten durchschnittlichen Aufgabenschwierigkeit. Demnach gibt es je ein „Aufgaben-Rad“, sprich eine Sammlung von Aufgaben, mit leichten, mit mittelschweren und mit schweren Aufgaben. Damit einher geht die Variation der Aufgabenschwierigkeit als Förderprinzip, d.h. der Vergleich der Aufgabenbearbeitungen mit entsprechenden Lösungshilfen, was als „Lerndiagnose“ bezeichnet wird. Bei positivem Ausfall ist der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben aufgrund der gemachten Lernfortschritte zu erhöhen, bei negativem Ausfall entsprechend zu senken. Ziel dieser Lernförderung ist das Prinzip der Erfolgsorientierung, also Aufgaben zu finden, die dem eigenen Leistungsstand entsprechen, um möglichst langfristig Erfolge anzustreben und Misserfolge möglichst schnell durch Erfolge zu kompensieren. Dies soll durch das Prinzip der Selbststeuerung erreicht werden, welches vorsieht, dass Übung und

---

<sup>539</sup> [Astleitner, Eine Didaktik-Theorie zur Inneren Differenzierung in Schulbüchern, 2009]

<sup>540</sup> Vgl. [www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf](http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf)

Lernförderung „selbstgesteuert“ mit dem Schulbuch einhergehen und die Lehrkraft lediglich als Berater zur Seite steht.<sup>541</sup> In nachfolgender Analyse soll geprüft werden, inwieweit die einzelnen Werke die Umsetzung dieses Aufgaben-Rad-Modells fördern. Insbesondere ob eine gewisse Stufung der Aufgaben nach Aufgabenschwierigkeit erkennbar ist und ob diese auch gestalterisch deutlich gemacht werden, sei es durch eine offensichtliche Sequenzierung oder durch entsprechende Kennzeichnung entsprechender Aufgaben. Insgesamt erweist sich die Gestaltung von Aufgaben als gangbarer Weg, die Differenzierungsfunktion von Schulbüchern zu verstärken. Dies äußert sich auch in der Verständlichkeit und Vollständigkeit der dargestellten Informationen, die in verbaler, bildhafter und symbolischer Form präsentiert werden. Als weitere viel versprechende Chance, diese Differenzierungsfunktion von Schulbüchern zu forcieren, kann auf verschiedene Aufgabenformen zurückgegriffen werden. Dabei gibt es unzählige Möglichkeiten Übungsaufgaben zu typisieren. Geuther beispielsweise unterteilt nach der „Art der Aufforderung“, nach der „Komplexität der Hirntätigkeit“ sowie hinsichtlich des „unterschiedlichen Informationsgehaltes“ und hinsichtlich der „unterschiedlichen äußeren Form“.<sup>542</sup> In nachfolgender Analyse sollen in dieser Hinsicht nur gravierende Auffälligkeiten erwähnt werden. Stattdessen soll die Kategorisierung von Godau verstärkt aufgegriffen werden, der Aufgabentypen nach vier Kriterien einteilt:

- Lebensweltbezogenheit
- Schülerhandlungen
- Lösungsmethoden
- Lösungsanforderungen

Eine Aufgabenauswahl nach Lösungsanforderungen (z.B. freie Beantwortung, Auswahlantworten, etc.) oder nach Lösungsmethoden (algorithmisch lösbar oder nicht algorithmisch lösbar) spielt bei der Gestaltung von Übungsphasen eine entscheidende Rolle. Nachfolgende Analyse soll sich, getreu nach Godau, auf die ersten beiden Aspekte beschränken: „Zum einen sind Übungsphasen stark handlungsorientiert, zum anderen ist der Lebensweltbezug beim Üben und Anwenden ein wichtiges Kriterium für die Akzeptanz von Aufgaben durch die Schüler und Schülerinnen.“<sup>543</sup> Diese Aufgaben, die lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge herstellen und an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen, regen das Interesse der Schüler besonders an, was in gewisser Weise zu einem erfolgreichen Lösen beiträgt. Beim Aspekt der Lebensweltbezogenheit unterscheidet er formale Aufgaben, formale Aufgaben mit Anknüpfungen an die Lebenswelt der Schüler und Anwendungsaufgaben, die reale Situationen nachgestalten. Den Aspekt der Schülerhandlungen unterteilt Godau in Wissen abfragende Aufgaben, mathematisch-rechnerische Aufgaben, grafisch-zeichnerische Aufgaben, qualitative Aufgaben, experimentelle Aufgaben und Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben. Nachfolgende quantitative Analyse soll Klarheit ver-

---

<sup>541</sup> Vgl. [Astleitner, Eine Didaktik-Theorie zur Inneren Differenzierung in Schulbüchern, 2009]

<sup>542</sup> Vgl. [www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf](http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf)

<sup>543</sup> [Godau, Übungsaufgaben in Schulbüchern, 1998, S. 35]

schaffen, inwieweit die einzelnen Werke das vielfältige Potential von verschiedenen Aufgabenformen ausschöpfen und inwieweit eine Neubewertung bzw. Verschiebung des Verhältnisses von „Denkaufgaben“ und „Rechenaufgaben“ stattgefunden hat. Auf diesen Konsens aufbauend, soll diskutiert werden, ob es den Werken gelungen ist, auch neuartige, moderne Aufgaben zu entwerfen. Dazu zählen Aufgaben, die mehrere Lösungswege eröffnen, weil mehrere physikalische Prinzipien zur Lösung angewendet werden können, sprich etwa sowohl rechnerische als auch zeichnerische Lösungen denkbar sind. Dazu gehören auch Aufgaben, die zuerst auf ein qualitatives Verständnis abzielen, bevor quantitative Fragestellungen thematisiert werden. Alle diese Aufgabentypen zeichnen sich durch eine größere Offenheit aus, d.h. sie räumen dem Lernenden einige Freiheiten bei der Art der Aufgabenbearbeitung ein. Ein wesentlicher Vorteil solcher offenen Aufgaben besteht darin, dass sie verschiedene – auch qualitativ unterschiedliche – Lösungswege ermöglichen und sinnvolle Teillösungen denkbar sind. Damit wird Schülerinnen und Schülern eher ein positives Kompetenzerleben ermöglicht, als dies bei Aufgaben möglich wäre, die nur einen einzigen Lösungsweg zulassen. Jedoch stößt diese moderne Form der Aufgabenstellung oft sowohl bei Schulbuch-Redakteuren als auch bei der Lehrerschaft auf Kritik: „Eine klare Frage muss her, so deren Auffassung; Aufgaben ohne Fragen, die aus der geschilderten Situation heraus vom Lernenden selbst gestellt werden sollen, stoßen oft auf entschiedene Ablehnung; nicht so sehr, weil die Redakteure nicht deren Sinn nachvollziehen könnten, sondern weil sie die geharnischte und Marktanteile kostende Kritik der Lehrerschaft fürchten: Da ist ja gar keine Frage gestellt ...!“<sup>544</sup>

Auch so genannte Musteraufgaben mit ausführlichen Lösungen müssen zum geeigneten Zeitpunkt im Schulbuch eingebaut werden: „Zumindest in einem frühen Lernstadium erscheint es bei komplexen Fragestellungen unverzichtbar, zunächst hinreichend viele Lösungsbeispiele vorzugeben und danach erst zu einer eigenständigen Aufgabenbearbeitung überzugehen.“<sup>545</sup>

Solche Lösungsbeispiele enthalten eine Problemformulierung, Lösungsschritte und die Lösung eines gestellten Problems. Zur Lernförderung ist von großer Bedeutung, dass sie mit entsprechenden Hinweisen versehen sind, die eine auf Prinzipien basierende Selbsterklärung des Stoffes beim Lernenden in Gang setzen. Dem Lernenden soll deutlich aufgezeigt werden, wie er beim Lösen von Aufgaben vorzugehen hat und welche Grundregeln zu beachten sind. Gleichmaßen sollte ein Werk Aufgaben enthalten, die fachübergreifende Inhalte ansprechen. Bei Natur und Technik der 7. Jahrgangsstufe bieten sich insbesondere Projektaufgaben an, die bestimmte Themengebiete aus der Informatik aufgreifen. Da Englisch die „lingua franca“ der Naturwissenschaft und Technik ist, sollten auch englischsprachige Aufgaben in den Physikunterricht einfließen. Das Auf-Deutsch-Bearbeiten von englischen Übungsaufgaben erweist sich als sprachlich nicht sonderlich schwer, denn die Fachausdrücke unterscheiden sich in den beiden Sprachen oft nur gering. Andererseits ist die physikalische Fachsprache vergleichbar

---

<sup>544</sup> [www.uni-konstanz.de/ag-moral/lernen/11\\_offenes-lernen/ou\\_mathematik.htm](http://www.uni-konstanz.de/ag-moral/lernen/11_offenes-lernen/ou_mathematik.htm)

<sup>545</sup> [Leisen, Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur]

mit einer Fremdsprache, so dass die Bücher im Grunde bilingual sind, ohne deutlich zu kennzeichnen, wann welche Sprache gesprochen wird.

Hinsichtlich nachfolgender Analyse sei noch einmal ausdrücklich erwähnt, dass Aufgabenblöcke mit mehreren Teilaufgaben, wie sie in allen Werken auftreten, als eine einzige Aufgabe erfasst werden. Das lässt sich damit begründen, dass der Autor ja ein bestimmtes Ziel verfolgt, wenn er statt separater Aufgaben, diese lediglich als Teilaufgaben zumeist einer gemeinsamen Idee zugrunde legt. Teils soll sich der Schüler Schritt für Schritt einem bestimmten Problem unter steigendem Schwierigkeitsgrad nähern, teils soll er dieses lediglich auf verschiedene Art und Weise lösen und teils soll er lediglich eine bestimmte Herangehensweise mehrmals üben, um sie zu verinnerlichen. Für die anschließende Zählung kann beim Aspekt „Lebensweltbezogenheit“ anhand der übergeordneten Situation im Normalfall eindeutig entschieden werden, ob die Aufgabe als Gesamtkonstrukt an die Lebenswelt der Schüler anknüpft. Schwieriger dagegen erweist sich die klare Zuordnung beim Aspekt „Schülerhandlungen“, da die verschiedenen Teilaufgaben ja zumeist unterschiedliche Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten ansprechen sollen. Aus diesem Grund geht beispielsweise eine Aufgabe, bei der eine zunächst qualitative Begründung durch anschließende Rechnung und graphische Auswertung belegt werden soll, gewissermaßen dreimal in die Wertung ein. Aus diesem Grund soll sich der aufmerksame Leser nicht wundern, dass die Summe der verschiedenen Aufgabenformen unter diesem Gesichtspunkt die Gesamtzahl der Aufgaben zum Teil deutlich übersteigt.

## ii) Analyse der Werke

### Aufgaben in „Impulse“

Im „Impulse“ spielen in der Mechanik Aufgaben nur eine untergeordnete Rolle, was die geringe Gesamtanzahl von nur 47 Aufgaben deutlich unterstreicht. Diese unterteilen sich in 32 formale Aufgaben, 13 Aufgaben, die lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge herstellen und an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen und lediglich zwei Anwendungsaufgaben, die eine reale Situation nachstellen. Diese fordern jeweils nach den übergeordneten Themengebieten „Bewegungen“ und „Kräfte in Natur und Technik“ unter dem Aspekt „Rückblick“ auf, existente Erscheinungen auf Bildern unter Beantwortung zugehöriger physikalischer Fragestellungen zu erläutern. So wird beispielsweise auf einer Abbildung ein Fallschirmsprung gezeigt und anschließend gefragt, warum es sich dabei nicht um einen freien Fall handelt.<sup>546</sup> Insbesondere zum Kraftbegriff dabei werden viele interessante Anwendungen und zugehörige Fragestellungen aufgegriffen.<sup>547</sup>

Insgesamt zeigt sich, dass die Aufgaben fast ausschließlich nach den beiden übergeordneten Themengebieten im Teilgebiet „Fragen“ rückblickend zusammengefasst werden. Dabei werden den Schülern beim Themengebiet „Kräfte in der Natur und Technik“ 21 Problemstellun-

---

<sup>546</sup> Siehe „Impulse“ Seite 94

<sup>547</sup> Siehe „Impulse“ beispielsweise Seite 116

gen, unterteilt in Fragen „zu den Kraftwirkungen“, „zum Hooke’schen Gesetz“ und „zur Gewichtskraft und Masse“ präsentiert.<sup>548</sup> Bei den übrigen Kapiteln zum Kraftbegriff werden jeweils ein bis zwei Fragen ohne deutliche Kennzeichnung bzw. Abgrenzung dem „Basiswissen“ angehängt. Das Werk präsentiert sich in dieser Hinsicht alles andere als einheitlich. Denn beim Themengebiet „Bewegungen“ werden nach den einzelnen Kapiteln „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ keine Aufgaben angeboten und auch die Aufgabensammlung am Ende enthält lediglich vier Aufgaben ohne Unterteilung in die einzelnen Kapitel. Lediglich die unter dem Aspekt „Werkstatt“ dargestellte „Auswertung von Diagrammen“ kann durch vier Aufgaben intensiviert werden.<sup>549</sup> In dieser Hinsicht stellt sich die Frage, wie insbesondere Schüler der 7. Jahrgangsstufe, die zumeist noch nicht eigenständig genug sind, um sich anderweitig Aufgaben zu besorgen und deshalb auf das Schulbuch angewiesen sind, ihr Wissen festigen bzw. ihre Kreativität unter Beweis stellen sollen.

Die Verteilung der Aufgabenformen unter dem Aspekt „Schülerhandlungen“ zeigt deutlich auf, dass das Werk mit 19 qualitativen Aufgaben und 12 Wissen abfragenden Aufgaben hauptsächlich auf qualitative Betrachtungen Wert legt. Diese werden auffällig oft im Teilgebiet „Rückblick“ aufgegriffen. Unterteilt in die Aspekte „Begriffe“, „Beobachtungen“, „Erklärungen“ und „Gesetzmäßigkeiten“ werden jeweils die grundlegenden Prinzipien beider übergeordneter Themengebiete wiederholt. In diesem Zusammenhang werden zu den einzelnen Gesichtspunkten die gleichen Aufgabenstellungen herangezogen. So heißt es etwa bei der Fragestellung zu den fundamentalen Begriffen lediglich: „Was versteht man unter [...]“<sup>550</sup>, bevor eine Auflistung der bedeutendsten Schlagwörter der zuvor behandelten Kapitel folgt, beginnend mit dem Begriff „Kraft“ bzw. „Geschwindigkeit“. Experimentelle Aufgaben und Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben finden im Aufgabenbereich mit lediglich zwei bzw. einer Aufgabe wenig Beachtung, was darauf zurückzuführen ist, dass ein separater Abschnitt „Versuche“ vorliegt. Die neun mathematisch-rechnerischen und sechs graphisch-zeichnerischen Aufgaben werden fast ausschließlich bei der „Auswertung von Diagrammen“, bei den rückblickenden Fragen zum Themengebiet „Bewegungen“ sowie bei den Fragen zum Hooke’schen Gesetz verwendet. Auffallend in dieser Hinsicht ist auch, dass beide Arten von Aufgaben in den einzelnen Kapiteln zum Kraftbegriff keine Rolle spielen. Insbesondere beim mit vielen schematischen Zeichnungen dargestellten Thema „Zusammensetzen und Zerlegen“ wird keine einzige graphisch-zeichnerische Aufgabe zur Übung gestellt.<sup>551</sup>

Lediglich auf den rückblickenden Seiten wird eine Musteraufgabe mit Lösung unter dem Aspekt „Beispiel“ dargestellt, die die einzelnen Schritte zur „Konstruktion der Ersatzkraft“ anhand schematischer Zeichnungen aufzeigt.<sup>552</sup> Auch in den einzelnen Kapiteln werden gele-

---

<sup>548</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 117-118

<sup>549</sup> Siehe „Impulse“ Seite 93

<sup>550</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 116]

<sup>551</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 109-110

<sup>552</sup> Siehe „Impulse“ Seite 117

gentlich kurze einfache Beispiele vorgestellt, zum Teil mit zugehöriger Aufgabenstellung als Rechnung<sup>553</sup>, zum Teil lediglich als ergänzende Aussage.<sup>554</sup>

Bei der genauen Analyse der Aufgaben fällt auf, dass nur selten neuartige bzw. kreative Aufgaben gestellt werden, wie etwa die an das Zeichnen eines Zeit-Weg-Diagramms angehängte „Offene Frage“, welche Fragestellungen man mithilfe dieses Diagramms beantworten kann. Die Schüler sollen keine hier vorgefertigte Frage nach festem Muster beantworten, sondern sich selbst passende Fragen ausdenken, was nicht nur Phantasie und Einfallsreichtum sondern auch das physikalische Verständnis fördert.<sup>555</sup> Auch eine deutliche Stufung bzw. Kennzeichnung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad, die zu einer „Inneren Differenzierung“ beiträgt, ist bis auf eine Ausnahme nicht zu erkennen. In diesem Fall wird eine Aufgabe nicht nur ans Ende der Sammlung platziert, sondern auch durch ein deutlich fettgedrucktes „Schwierigere Probleme“ in blauer Farbe gekennzeichnet.<sup>556</sup> Ansonsten weist auch die übrige Gestaltung der Aufgaben deutliche Mängel auf und trägt nicht durch vollständige und verständliche Darstellungen zu einer stärkeren Individualisierung bei. Die Aufgaben werden zumeist äußerst knapp formuliert, besonders auffällig beim Thema „Kraftwirkungen“<sup>557</sup> und nur ganz vereinzelt durch Abbildungen oder durch Symbole unterstützt. Dies zeigt sich insbesondere daran, dass die komplette Aufgabensammlung zum Thema „Bewegungen“ deutlich weniger als eine halbe Seite beansprucht wird. Auch die zusammenfassende Darstellung der immerhin 21 Aufgaben zum Thema „Kräfte in Natur und Technik“ wird auf etwas mehr als einer Seite abgehandelt. Hier zeigt sich erneut, wie bereits bei den Experimentierangaben festgestellt, dass Häufigkeit und Umfang der Aufgaben in keinem guten Verhältnis zueinander stehen. Die einzelnen Aufgaben bzw. Teilaufgaben erscheinen zwar in numerischer bzw. alphabetischer Reihenfolge fettgedruckt, folgen aber ansonsten dicht gedrängt aufeinander ohne deutliche Abstände.

Bei der Untersuchung des Strukturelements „Aufgaben“ im Werk „Impulse“ erweist sich die als „Forschungsvorhaben“ bezeichnete, in die Mechanik einführende „Lernaufgabe“ mit dem Titel „Fahrzeuge anschieben“ als wahres Prunksstück. Es wird zunächst, wie von Leisen gefordert, exakt das Vorhaben formuliert: Es soll in Kleingruppen der Zusammenhang zwischen Schubkraft, Masse und erzielter Beschleunigung untersucht werden. Anschließend wird das schrittweise Vorgehen unter dem Aspekt „Hilfen“ als geordnete Abfolge von Bearbeitungsschritten vorgestellt, damit Struktur und vor allem Zielrichtung der Aufgabe ersichtlich werden. Es ist deutlich erkennbar, dass die experimentelle Selbsterfahrung im Mittelpunkt stehen soll. Lediglich unterstützende Zwischenfragen sollen sicherstellen, dass die Schüler nicht „vom Weg abkommen“. Am Ende soll eine gemeinsam formulierte schriftliche Darstellung

---

<sup>553</sup> Siehe „Impulse“ Seite 105

<sup>554</sup> Siehe „Impulse“ Seite 107

<sup>555</sup> Siehe „Impulse“ Seite 94

<sup>556</sup> Siehe „Impulse“ Seite 118

<sup>557</sup> Siehe „Impulse“ Seite 117

der erkannten Zusammenhänge mit Skizzen angefertigt werden. Auch in dieser Phase werden noch wichtige Kenntnisse zur Lösung durch gezielte Fragen sichergestellt, ohne jedoch den Schülern exakte Antworten zu liefern. Stattdessen werden sie explizit aufgefordert, sich eigenständig anhand des Lehrbuches oder eines Lexikons Informationen zu verschaffen. Erst in einer abschließenden Quintessenz werden die wichtigsten Ergebnisse kurz und bündig zusammengefasst.<sup>558</sup>

### **Aufgaben in „Ikarus“**

Im Werk „Ikarus“ wird viel Wert auf Aufgaben gelegt, was sich nicht nur an der großen Gesamtzahl von 82 Aufgaben ablesen lässt, sondern auch daran, wie die einzelnen Aufgaben aufgebaut sind. Denn es werden fast ausschließlich Aufgaben herangezogen, die mehrere Teilaufgaben – bis zu sieben Stück – beinhalten<sup>559</sup>, deren Aufbau jedoch erkennbare Unterschiede aufweist. Denn nur zum Teil basieren die Teilaufgaben auf einem gemeinsamen Basistext, beziehen sich also alle auf eine kollektive Problemstellung, nämlich genau dann, wenn in den Aufgabenstellungen verschiedene Fertigkeiten von den Schülern verlangt werden. Beispielsweise bei der Aufgabe „Auf und Ab“ wird zunächst das Phänomen beschrieben: „Onkel Heinz steht auf einer Waage, die in einem Aufzug steht. Während der Fahrt ändert sich die Anzeige der Waage. Die Bilder zeigen die Anzeigen der Waage zu verschiedenen Situationen.“<sup>560</sup> Erst im Anschluss werden in den Teilaufgaben a) bis d) von den Schülern der Reihe nach verschiedene Fertigkeiten verlangt, unter anderem die Bilder mit Begründung den verschiedenen Situationen zuzuordnen oder die Aufzugfahrt als Experiment selbst durchzuführen. Auch die Gefühlslage der Hauptperson beim freien Fall des Aufzugs soll näher beschrieben werden.<sup>561</sup> Großteils jedoch verlangen die Teilaufgaben nach einer analogen Herangehensweise bei verschiedenen Fragestellungen und basieren deshalb nicht auf einem allgemeinen Grundproblem. Dabei ist zumeist an den „peppig“ formulierten Überschriften ersichtlich, welche Fertigkeit die Schüler aufbringen müssen. Beispielsweise sind bei der Aufgabe „Drei kleine Rechenübungen“ eindeutig rechnerische Fähigkeiten gefragt, während die Teilaufgaben zu den Aufgaben „Schau hin – mach mit“ und „Denksportaufgaben zur Gravitation“ allesamt experimentelles Geschick bzw. Gedankenarbeit erfordern.<sup>562</sup>

Bei der Untersuchung der verschiedenen Aufgabenformen unter dem Aspekt „Schülerhandlungen“ fällt auf, dass immerhin 28 mathematisch rechnerische Aufgaben vorliegen, denen jedoch nur 14 graphisch-zeichnerische Aufgaben gegenüberstehen. Diese treten vermehrt beim Thema „Kraftvolle Dehnungen“ zur Festigung des „Gesetzes von Hooke“ auf, jedoch

---

<sup>558</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 85-86

<sup>559</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 133-134

<sup>560</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 118]

<sup>561</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 118

<sup>562</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 128, 133 und 143

auch hier zumeist gekoppelt an zugehörige Rechenaufgaben.<sup>563</sup> Diese wiederum sind verstärkt bei der Aufgabensammlung zu den kinematischen Grundgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie bei der Zusammenstellung der Aufgaben zu den Themen „Masse als Ursache der Gravitationskraft“ und „Fallbeschleunigung“ vorzufinden.<sup>564</sup> Wie bereits bei den Experimentierangaben ausführlich dargestellt, werden Versuchsaufträge bzw. Experimentieraufgaben im „Ikarus“ nicht - wie etwa im „Impulse“ - getrennt betrachtet, sondern bilden mit den üblichen Aufgabenformen gemeinsam den Komplex „Anregungen und Anwendungen“, womit sich die mit Abstand größte Zahl von 27 Experimentieraufgaben erklären lässt. Durch die Bezeichnung „Anregungen und Anwendungen“ statt der üblichen einfachen Angabe „Aufgaben“ soll zum einen die Vielfalt der unterschiedlichen Aufgaben zum Ausdruck gebracht werden, aber zum anderen auch das selbstständige Erkunden betont werden. Insbesondere die große Anzahl von 18 Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben sei in dieser Hinsicht zu erwähnen. Dabei soll etwa an die Forderungen von Ludwig und Sittig erinnert werden, Aufgaben zu stellen, die Elemente mit Leiteinrichtungscharakter zur Problemlösung heranziehen.<sup>565</sup> Dieser Appell wird im Werk „Ikarus“ umgesetzt, wie beispielsweise die Aufgabe „Gewicht, Masse, Schwerkraft – was ist das?“ zeigt: Hier werden die Schüler zunächst aufgefordert, für jeden der vier Begriffe mindestens eine Definition im Lexikon zu finden und mit den Festlegungen im Schulbuch zu vergleichen. Besonders hervorzuheben ist jedoch Teilaufgabe c), die die Schüler direkt auffordert im Stichwortverzeichnis anderer Schulbücher gezielt nach dem Begriff „Gewicht“ zu suchen. Mit dieser veränderten Form der Aufgabenstellung soll jedoch nicht nur die Arbeit mit den Leiteinrichtungen des Schulbuchs intensiviert werden, sondern insbesondere auch der wichtige, im Alltag oft vernachlässigte, Unterschied zwischen „Masse“ und „Gewicht“ verdeutlicht und vor allem von den Schülern selbstständig erarbeitet werden. Dies zeigt die „indirekte“ Frage nach der in den Vergleichswerken aufgeführten Einheit des „Gewichts“, die gewissermaßen als Hinweis dient, worauf die Schüler bei der Suche ihr Hauptaugenmerk legen sollen.<sup>566</sup> Zu den Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben zählen auch die vielen ausdrücklich erwähnten fächerübergreifenden „Projekte mit Informatik“. Bei diesen werden die Schüler zumeist aufgefordert Hypertexte zu erstellen, wie etwa bei der Aufgabe „Vorsicht Rutschgefahr“ zur Bedeutung von Reibungseffekten für die Verkehrssicherheit.<sup>567</sup> Auch das im wahrsten Sinne des Wortes ausführliche Projekt zum Thema „Brückenbau“ darf in dieser Hinsicht nicht unerwähnt bleiben, weil es von den Schülern verlangt, sich ausführlich durch die Anfertigung eines Hypertextes mit den verschiedenen Modellen bzw. Techniken auseinanderzusetzen, um diese anschließend mit „eigenen Händen“ nachzukonstruieren.<sup>568</sup> Es wird ersichtlich, dass das Werk verstärkt auf neuartige offene Aufgaben

---

<sup>563</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seiten 167-169

<sup>564</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 104-108 und 141-143

<sup>565</sup> Vgl. [Ludwig, Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung des Physikunterrichts, 1981, S. 194]

<sup>566</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 141

<sup>567</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 149

<sup>568</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 157-158

setzt, die insbesondere Kreativität und Problemlösefähigkeiten der Schüler fordern. Typische Wissen abfragende Aufgabe, wie sie etwa im „Impulse“ vorliegen, passen nicht die Auffassung des Werkes von Aufgaben, was deren geringe Anzahl von lediglich vier Aufgaben deutlich unterstreicht. Jedoch erhalten selbst diese oft als „langweilig“ oder „trocken“ bezeichneten Aufgaben im „Ikarus“ eine solche Aufmachung und Gestaltung, dass sie für die Schüler interessant werden. Beispielsweise wird in der Aufgabe „Erklärungsbedarf“ das Magnetisieren von Eisen nicht einfach nur abgefragt, sondern an einen Brief an eine Mitschüler bzw. eine Mitschülerin gekoppelt.<sup>569</sup> Auch die Aufgabe „Zettelkasten“ unterstreicht eindrucksvoll, wie es dem Werk gelingt, selbst Grundwissen und Formeln auf eine fast spielerische Art und Weise zu wiederholen.<sup>570</sup> Diese ist eine von acht Aufgaben aus der abschließenden Aufgabensammlung „Prüfe dein Grundwissen – Mechanik, Elektrik und Optik“, die nicht nur aus Sicht der verlangten Fertigkeiten, sondern auch von der äußeren Form der Aufgabenstellungen nahezu das komplette Aufgabenspektrum abdeckt. Während beispielsweise bei der Aufgabe „Fragen finden“ – wie der Name schon vermuten lässt – zu vorgefertigten Antworten passende Fragen gefunden werden sollen, wird bei der Aufgabe „Ordnung ist die halbe Physik“ verlangt, Worte in eine bestimmte Reihenfolge zu bringen, so dass sie eine physikalisch sinnvolle Aussage ergeben.<sup>571</sup>

Unter dem Aspekt „Lebensweltbezogenheit“ teilen sich die Aufgaben auf in 36 formale Aufgaben, 36 formale Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler und 10 Anwendungsaufgaben, die eine reale Situation nachstellen. Während die vielen formalen Aufgaben zumeist auf Rechenaufgaben bzw. graphisch-zeichnerische Aufgaben zurückgehen, resultieren die vielen Aufgaben, die an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen, zumeist aus den vielen bereits ausführlich erwähnten Freihandversuchen. Dabei werden auch auffällig oft Experimentieraufgaben bzw. Projekte herangezogen, die das Thema „Verkehrssicherheit“ den Schülern näher bringen sollen, wie beispielsweise die direkt aufeinander folgenden Aufgaben „Federn im Verkehr“ sowie „Sicherheitsgurt und Airbag“ beim Thema „Kraftvolle Dehnungen“.<sup>572</sup> Die Anwendungsaufgaben, die eine reale Situation nachstellen, verteilen sich sehr regelmäßig über die Mechanik. Dabei wird zum Beispiel zur Verdeutlichung des Unterschiedes zwischen Wechselwirkungsgesetz und Kräftegleichgewicht das Tauziehen zwischen Erkan und Stefan anhand einer Zeichnung mit eingezeichneten Kräften imitiert.<sup>573</sup>

Die Gestaltung der Aufgaben überzeugt nicht nur durch ausführliche Texte, sondern auch durch zahlreiche Abbildungen, die diese zusätzlich veranschaulichen. Dabei wird wie im gesamten Werk auch im Abschnitt „Anregungen und Anwendungen“ zumeist auf große, deut-

---

<sup>569</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 149

<sup>570</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 172

<sup>571</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 172-173

<sup>572</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 172

<sup>573</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 134

lich erkennbare, zeichnerische Darstellungen zurückgegriffen. Daraus resultiert auch, dass die Aufgaben nicht nur sehr zahlreich sind, sondern auch ausgesprochen viel Platz im Werk einnehmen – zum Teil bis zu fünf Seiten für ein Kapitel<sup>574</sup> – so dass letztlich von einem ausgewogenen Verhältnis von Häufigkeit und Umfang der Aufgaben gesprochen werden darf.

Die deutliche Kennzeichnung vertiefender und weiterführender Aufgaben erfolgt durch das Symbol einer Lupe. Diese so genannten „Lupenaufgaben“ tragen erkennbar zu einer Stufung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad und somit zur „Inneren Differenzierung“ bei. Daneben erscheint – jedoch nur sehr vereinzelt – neben der Überschrift ein Symbol, das einen kleinen Kegel gemeinsam mit einem großen Kegel zeigt, die gewissermaßen für Schüler und Lehrer bzw. Erwachsenen stehen sollen. Bei diesen Aufgaben soll der Schüler vor der Bearbeitung deren Hilfe zu Rate ziehen. Angesichts der Aufgabenvielfalt, die es unmöglich macht alle Aufgaben zu bearbeiten, werden neben den schwierigen Aufgaben, die zumeist etwas mehr Zeit benötigen, so genannte „Pflichtaufgaben“ deutlich durch roten Text hervorgehoben. Diese sollen insbesondere in der knapp bemessenen Unterrichtszeit bzw. zur Vorbereitung auf Tests gewissermaßen als „Pflichtprogramm“ zur Festigung und Wiederholung von Grundwissen herangezogen werden.<sup>575</sup>

Wie bereits erwähnt, werden gezielte Aufgabenstellungen zumeist am Ende des zugehörigen Kapitels gestellt. Lediglich beim Thema „Kräfteaddition und -zerlegung“ werden Aufgaben zur Erarbeitung der Gesamtkraft bzw. der Teilkräfte eingesetzt. Man erkennt, dass Problemstellung und Lösung deutlich gekennzeichnet voneinander herausgestellt werden und die Lösungsschritte nacheinander anhand farbenfroher Abbildungen dargestellt werden.<sup>576</sup> Ansonsten wird der neue Stoff zwar erkennbar oft durch stichpunktartige Beispiele erarbeitet, die vom Charakter zwar gewissermaßen an Aufgaben erinnern, jedoch keine deutlich erkennbare Fragestellung aufweisen.<sup>577</sup> Typische Lernaufgaben, wie etwa zum Beginn der Mechanik im Werk „Impulse“, spielen im „Ikarus“ genauso wenig eine Rolle wie ausführliche Musteraufgaben. Einzig im Kapitel „Kraftvolle Dehnungen“ wird an das Gesetz von Hooke eine deutlich gekennzeichnete Musteraufgabe angehängt. Diese enthält nicht nur eine ausgearbeitete Lösung, sondern auch detaillierte Erläuterungen zu den zugehörigen Arbeitsschritten.<sup>578</sup> Eine grobe Zusammenfassung der wichtigsten Handlungen, speziell für Rechenaufgaben, wird im Anhang auf der Seite „Empfehlenswerte Arbeitsmethoden“ unter dem Aspekt „Wie löst man eine Aufgabe, bei der gerechnet werden muss?“ angeboten.<sup>579</sup>

---

<sup>574</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 104-108

<sup>575</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 2

<sup>576</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 153

<sup>577</sup> Siehe „Ikarus“ beispielsweise Seite 102

<sup>578</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 165-166

<sup>579</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 180

### Aufgaben in „NuTC“

Auch das Werk „NuTC“ bietet mit insgesamt 76 Aufgaben ein umfangreiches Spektrum an Aufgaben, wobei jedoch betont werden muss, dass diese – etwa in Relation zum „Ikarus“ – deutlich weniger Teilaufgaben enthalten. Das liegt zum Teil auch daran, dass bei manchen Aufgaben mehrere Fragen einfach aneinander gereiht werden, obwohl diese den Schülern unterschiedliche Fertigkeiten abverlangen. Beispielsweise die Aufgabe „Autofahrt: mal langsam, mal schnell“ enthält insgesamt sechs Aufforderungen bzw. Fragestellungen unterschiedlicher Art, so dass man als Leser sehr schnell den Überblick verliert und diese mehrmals lesen muss, um sicher zu gehen, dass man nichts vergisst.<sup>580</sup>

Die Unterteilung nach dem Aspekt „Lebensweltbezogenheit“ spricht im „NuTC“ eine deutliche Sprache. Denn mit insgesamt 48 Aufgaben greift das Werk verhältnismäßig oft auf formale Aufgaben zurück. Insbesondere bei den rückblickenden Aufgaben „Alles klar“ im Anschluss an die Kapitel zu den Grundgrößen der Kinematik bzw. zum Kraftbegriff sowie beim die Mechanik abschließenden „Check up“ stellen die Aufgaben wenig lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge her. Hier werden hauptsächlich Reproduktionsaufgaben herangezogen, wie beispielsweise die Aufgabe „Gravitationskraft – elektrische Kraft“, bei der die Schüler zunächst Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen beiden Aufgaben nennen sollen und anschließend erklären sollen, worauf die Kräfte beruhen und zwischen welchen Körpern sie wirken.<sup>581</sup> Lediglich 23 Aufgaben knüpfen an alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler an und nur sechs Aufgaben stellen eine reale Situation nach. Insbesondere ist hier die Aufgabe „Trampolinsprung“ positiv zu erwähnen, bei der zu einem Stroboskopbild, das den Bewegungsablauf in Abständen von 0,20 Sekunden darstellt, ein  $t$ - $x$ -Diagramm erstellt werden soll.<sup>582</sup> Auch die Aufgabe „Free-Fall-Tower“ konstruiert dieses „Vergnügen“<sup>583</sup> durch Aufteilung in drei Bewegungsphasen mit entsprechenden rechnerischen Größen eindrucksvoll nach.<sup>584</sup> Das Werk belegt also, dass es Phänomene aus der Wirklichkeit der Schüler nachstellen kann, macht dies aber leider insgesamt deutlich zu selten. Beispielsweise beim Thema „Kraft, Masse und Beschleunigung“ lässt sich mit Sicherheit ein für Schüler der 7. Jahrgangsstufe lebensnäheres Thema finden als ein „Dragsterrennen“.<sup>585</sup>

Beim Aspekt „Schülerhandlungen“ ähnelt die Verteilung sehr dem Werk „Impulse“, das ebenfalls hauptsächlich „qualitative Denkaufgaben“ stellt. Vor allem beim Kapitel „Physikalische Kräfte“ enthalten sehr viele Fragestellungen ein „Begründe“ bzw. ein „Warum“.<sup>586</sup> Auch beim „Wechselwirkungsgesetz“ treten auffällig oft Probleme in Erscheinung, die Transferleis-

---

<sup>580</sup> Siehe „NuTC“ Seite 117

<sup>581</sup> Siehe „NuTC“ Seite 158

<sup>582</sup> Siehe „NuTC“ Seite 123

<sup>583</sup> [Fösel, Natur und Technik 7, 2005, S. 157]

<sup>584</sup> Siehe „NuTC“ Seite 157

<sup>585</sup> Siehe „NuTC“ Seite 133

<sup>586</sup> Siehe „NuTC“ beispielsweise Seite 129

tungen erfordern, wie etwa bei der Aufgabe „Autoantrieb“. Ergänzt durch eine lustige Zeichnung einer lachenden Straße, die das Auto mit den Händen anschiebt, heißt es hier schon beinahe aufreizend: „Das gibt’s doch nicht: Die Straße schiebt das Auto an! Oder vielleicht doch ...“<sup>587</sup> Sehr oft sind diese qualitativen Denkaufgaben gekoppelt an eine der insgesamt 23 mathematisch-rechnerischen Aufgaben, die sich sehr regelmäßig über das Werk verteilen, jedoch verhältnismäßig oft bei den Aufgaben zur Methode „Mit Messwerten sinnvoll umgehen“.<sup>588</sup> Auffällig in dieser Hinsicht ist nur, dass das Werk ausschließlich zum „Gesetz von Hooke“ keine einzige abschließende Aufgabe anbietet, wo die Vergleichswerke hier sehr intensiv vor allem auf rechnerische bzw. graphisch-zeichnerische Aufgabe zurückgreifen. Lediglich bei der abschließenden Aufgabensammlung erscheint eine Aufgabe mit dem Titel „Hookesche Federn“. Aus diesem Grund ist es umso erstaunlicher, dass das Werk mit insgesamt 18 graphisch-zeichnerischen Aufgaben in dieser Hinsicht den absoluten Spitzenwert der Analyse erreicht. Insbesondere bei den Aufgaben zu den Grundgrößen der Kinematik wird extrem viel Wert auf die Auswertung von bzw. mit Diagrammen gelegt, wie beispielsweise die Aufgaben „Ausflug im Diagramm“ sowie „Autorennen“ deutlich machen<sup>589</sup>, obwohl diese Art der Verarbeitung laut Lehrplan erst für die neunte Jahrgangsstufe vorgesehen ist. Auch beim Thema „Kräfteaddition und -zerlegung“ wird bei vier der fünf angegebenen Aufgaben explizit nach einer zeichnerischen Lösung verlangt und auch bei der Aufgabe „Schwerstarbeit für Wäscheleinen“ ist eine Zeichnung mit Sicherheit von Nöten, um eine schlüssige Begründung zu liefern.<sup>590</sup> Die 12 Wissen abfragenden Aufgaben erscheinen fast ausschließlich bei den Rückblicken „Alles klar“ sowie bei der abschließenden Aufgabensammlung „Check up“ zur Wiederholung der grundlegenden Begriffe und Gesetzmäßigkeiten. Bei den 11 Experimentieraufgaben präsentieren sich über die Mechanik verteilt ein paar Unregelmäßigkeiten. Dies zeigt sich insbesondere daran, dass die unter „Probiere mal“ deutlich von den Experimenten und Aufgaben getrennten Versuche nur zum Teil zu den Aufgaben gezählt werden, was sich an den Nummerierungen erkennen lässt. Erscheinen Versuche, wie beispielsweise im Kapitel „Wechselwirkungsgesetz“, sowohl zu Beginn als auch am Ende des Kapitels, werden nur die Versuche zur Vertiefung des Stoffinhalts den Aufgaben angerechnet.<sup>591</sup> Dagegen zählen im Kapitel „Gravitationskraft und elektrische Kraft“ auch die beiden Einstiegsversuche zum Aufgabenblock.<sup>592</sup> Außerdem sind die Versuche zum Teil deutlich von den eigentlichen Aufgaben getrennt und durch Grundlagentext unterbrochen, so dass eine fortlaufende Nummerierung nicht gerechtfertigt ist. Daneben werden trotz der strengen Unterteilung der Versuche in „Experimente“ und „Probiere mal“ auch zum Teil in den Aufgaben „reine“ Ver-

---

<sup>587</sup> [Fösel, Natur und Technik 7, 2005, S. 139]

<sup>588</sup> Siehe „NuTC“ beispielsweise Seite 117

<sup>589</sup> Siehe „NuTC“ Seite 122

<sup>590</sup> Siehe „NuTC“ Seite 151

<sup>591</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 135-139

<sup>592</sup> Siehe „NuTC“ Seite 141

suchsaufgaben gestellt, wie etwa die Aufgabe „Fallversuch“.<sup>593</sup> Das Werk sollte, wenn es die Experimentieraufgaben schon so offensichtlich vom Rest der Aufgaben abgrenzt – was prinzipiell etwa im Vergleich zum „Ikarus“ sehr zur Übersicht beiträgt – dieser Linie auch treu bleiben.

Zur sonstigen Gestaltung lässt sich sagen, dass es dem Werk gelingt, sowohl durch ein fettgedrucktes „Aufgaben“ in dunkelgrüner Schrift als auch durch offensichtliche hellgrüne farbliche Unterlegungen den Bereich der Aufgabenstellungen von den übrigen Strukturelementen abzugrenzen. Ebenfalls in kräftigem Grün werden die einzelnen Aufgaben durchnummeriert, sowie die Teilaufgaben alphabetisch gekennzeichnet. Auch die zum Teil in „Kindersprache“ gewählten lustigen Überschriften, hervorgehoben durch Kursivdruck, sprechen die Schüler mit Sicherheit an. Beispielsweise die Aufgabe „Lara Crofts Hammerfaust“ lässt bestimmt kein Schüler unbeachtet.<sup>594</sup> Jedoch dient dieses Beispiel auch sehr gut als Beleg, dass das Werk zum Teil bei der Illustration der Aufgaben auf Abbildungen zurückgreift, bei denen diese nicht unbedingt notwendig gewesen wären, während zum Teil – wie etwa in diesem Fall – ein comicartige Zeichnung unumgänglich ist, insbesondere bei der Fragestellung nach der technischen Bewerkstellung solcher Szenen. Auch bei den weiteren Aufgaben zum Wechselwirkungsprinzip „Notfall im Weltraum“ und „Vorderlader“ wäre eine erklärende Abbildung besser angebracht, als bei den Aufgaben „Krauschwimmen“ und „Autoantrieb“, unter denen sich die Schüler eher etwas vorstellen können.<sup>595</sup> Die Zuordnung Aufgabentext ↔ Abbildung gelingt durch die deutlichen Hinweispeile samt Nummerierung in auffällig blauer Farbe weitestgehend gut. Lediglich in den Aufgabensammlungen „Alles klar?“ werden durch den Wechsel von blauer zu schwarzer Farbe sowie in Einzelfällen durch ungeschickte Anordnung Mängel sichtbar, wie etwa bei der Aufgabe „Aufzug“. Bei dieser wird die schematische Zeichnung des Fahrstuhls mit entsprechenden Kräften in ungefähr gleicher Größe direkt neben die darstellende Abbildung des Free-Fall-Towers aus der Aufgabe zuvor platziert, so dass auf den ersten Blick der Eindruck der Zusammengehörigkeit entsteht.<sup>596</sup> Eine offensichtliche Stufung der Aufgaben bzw. Kennzeichnung nach Schwierigkeitsgrad – wie etwa im „Ikarus“ – ist im „NuTC“ nicht auszumachen.

Dagegen legt das Werk bei den Aufgabenstellungen großen Wert auf Kreativität, was sich nicht nur an den vielfältigen Inhalten zeigt, die jedoch teilweise zu oft auf Beispiele aus der Astronomie beziehen, sondern vor allem an der Aufgabenvielfalt hinsichtlich der äußeren Form. Es liegen Lückentexte, Auswahlaufgaben, Fehlersuchen und sogar eine Textaufgabe vor, bei der die Schüler zunächst aus einem Drehbuchtext die physikalischen Fehler herauslesen und anschließend die Geschichte fortfahren sollen.<sup>597</sup> Auch die Aufgabe „Versuchsanwei-

---

<sup>593</sup> Siehe „NuTC“ Seite 133

<sup>594</sup> Siehe „NuTC“ Seite 139

<sup>595</sup> Siehe „NuTC“ Seite 139

<sup>596</sup> Siehe „NuTC“ Seite 157

<sup>597</sup> Siehe „NuTC“ Seite 129

sung“ stellt die Schüler vor eine neuartige kreative Herausforderung, denn sie sollen zu den vorgegebenen Themen „Geschwindigkeitsmessung“ und „Kraft und Dehnung bei Stahlfedern“ jeweils eine „präzise algorithmische Versuchsbeschreibung anfertigen, so dass auch ein Laie die Experimente durchführen und auswerten kann.“<sup>598</sup> Daneben zeigt das Werk durch eine Vielzahl gekennzeichnete Musteraufgaben mit vollständiger Lösung den Erwartungshorizont der Aufgaben auf. Besonders auffällig ist, dass den Schülern auf einer ausführlich gestalteten Seite mit entsprechenden Diagrammen die Herangehensweise vorgestellt wird, bevor sie sich eigenständig mit den Aufgaben zur Mechanik beschäftigen sollen.<sup>599</sup> Auch die gut gestaffelte Angabe von Lösungen zu den „Check-up-Aufgaben“ im Anhang des Werkes – die sich (leider) als einmalig unter den Vergleichswerken erweist – stellt mit Sicherheit eine große Hilfe dar, auch aufgrund der farbenfrohen Abbildungen und tabellarischen Übersichten.<sup>600</sup> Eine tolle Idee in dieser Hinsicht ist auch, dass die Schüler, bevor sie die eigenen Ergebnisse mit den Musterlösungen vergleichen, zunächst ihrem Ansatz einen entsprechenden Smiley zuordnen sollen, je nachdem ob sie die Aufgabe komplett, nur teilweise oder gar nicht lösen konnten. Dadurch lernen die Schüler nicht nur ihre Kenntnisse und Fähigkeiten selbst besser einzuschätzen, sondern können gewissermaßen auch in die Rolle des Lehrers schlüpfen, um noch mehr Rückschlüsse aus ihren Fehlern zu ziehen. Auf typische Lernaufgaben, die nach dem Vorstellungen Leisens aufgebaut sind, greift das Werk jedoch nicht zurück und setzt stattdessen Aufgaben fast ausschließlich zur Vertiefung von bereits erläuterten Stoffinhalten ein. Lediglich beim Thema „Gravitationskraft und elektrische Kraft“ weicht das Werk von dieser Linie ab und nutzt die Möglichkeit von Aufgaben zur Erarbeitung von neuen Erkenntnissen. In diesem Fall werden die Aufgaben offensichtlich vor die Grundlagen gesetzt, um anhand vorgegebener Tabellen die Abstandsabhängigkeit der beiden Kräfte zu erschließen.<sup>601</sup>

### **Aufgaben in „NuTDP“**

Im Werk „NuTDP“ wird zwar auf ein zahlreiches Angebot an Aufgaben Wert gelegt, jedoch nicht in dem Ausmaß wie etwa in den Vergleichswerken „Ikarus“ und „NuTC“. Das Werk kommt zwar zahlenmäßig mit insgesamt 72 Aufgaben im Teilbereich Mechanik an die beiden Vergleichswerke heran, jedoch werden nicht nur deutlich weniger Teilaufgaben gestellt, sondern es stellt sich auch heraus, dass Häufigkeit und Umfang der Aufgaben in keinem guten Verhältnis zueinander stehen. Dies zeigt sich insbesondere daran, dass für die kompletten 72 Aufgaben lediglich acht vollends ausgefüllte Seiten in Anspruch genommen werden. Das Werk bleibt also auch bei den Aufgaben – wie bereits bei den Experimentierangaben festgestellt – seiner Linie treu und handelt einzelne Strukturelemente nur auf vollständigen Seiten ab, so dass sich das Problem der Abgrenzung von den anderen Elementen erübrigt. Die ge-

---

<sup>598</sup> [Fösel, Natur und Technik 7, 2005, S. 157]

<sup>599</sup> Siehe „NuTC“ Seite 116

<sup>600</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 163-166

<sup>601</sup> Siehe „NuTC“ Seite 141

ordnete zweiseitige Textstruktur wird genauso konsequent eingehalten, wie die ausnahmslose Präsentation von Aufgaben am Ende der drei übergeordneten Themengebiete „Grundgrößen der Kinematik“, „Kräfte und Bewegungsänderungen“ und „Kraftarten, ihre Ursachen und Wirkungen“. Die Aufgabenblöcke mit jeweils 18, 21 bzw. 33 Aufgaben werden in gelber Farbe durchnummeriert sowie die Teilaufgaben leicht verschoben mit alphabetischen Buchstaben gekennzeichnet, so dass wie bei den Experimenten ein sehr geordnetes Schema entsteht. Das Werk verzichtet auch auf entsprechende Überschriften, was das strenge, fast sachliche Bild der Aufgabengestaltung weiter prägt. Insbesondere die 21 Aufgaben zum Kraftbegriff werden auf zwei Seiten zusammengedrängt, was sehr knapp formulierte Aufgabenstellungen zur Folge hat, die ausschließlich wichtige Informationen und keine Ausschweifungen enthalten.<sup>602</sup> Wenn Teilaufgaben auftreten, werden diese zumeist in einer bzw. zwei Zeilen ohne erkennbare Platzabstände abgehandelt. Auch unterstützende Abbildungen spielen wie bei den Experimenten nur eine untergeordnete Rolle, da sie weder im Aufgabentext erwähnt, noch nummeriert, noch durch einen Untertitel versehen werden. Diese großteils darstellenden Bilder fallen, wie bereits beim Strukturelement Abbildungen festgestellt, sehr klein aus und können so in den freien Raum neben dem Aufgabentext gepackt werden, tragen jedoch in keiner Weise zur Problemlösung bei, sondern sind schlichtweg unterhaltend, wie beispielsweise das Bild einer Büroklammer oder die darstellende Zeichnung des Kraftprotzes.<sup>603</sup> Unterstützende Abbildungen mit deutlichen schematischen Zeichnungen, die die Aufgabenstellungen hervorheben – wie etwa im „Ikarus“ – würden zu viel Platz in Anspruch nehmen und sind deshalb im „NuTDP“ nicht tragbar.

Bei der Untersuchung der Aufgaben unter dem Aspekt „Lebensweltbezogenheit“ stellt sich heraus, dass im „NuTDP“ „formale Aufgaben“ und „formale Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler“ mit jeweils 32 Nennungen die Mechanik auf gleiche Weise prägen. Die formalen Fragestellungen sind dabei großteils Rechenaufgaben, die zum Teil extrem sachlich und sehr knapp formuliert nur die Größen bzw. Werte in den Mittelpunkt stellen und damit nicht nur nicht an die Lebenswelt der Schüler anknüpfen, sondern auch sonst keinerlei Anwendungsbezug herstellen. Beispielsweise sieht eine Aufgabe zum Thema „Grundgrößen der Mechanik“ wie folgt aus: „Gib die Geschwindigkeiten 0,1 m/s, 3 m/s, 20 m/s und 100 m/s in km/h an!“<sup>604</sup> oder beim Thema „Kraftarten, ihre Ursachen und Wirkungen“ heißt es schlichtweg: „Vergleiche die Masse von 1dm<sup>3</sup> Blei und 1dm<sup>3</sup> Wasser!“<sup>605</sup>

Die 32 Aufgaben, die lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge herstellen und an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen, sind insbesondere bei den beiden Aufgabensammlungen zum Kraftbegriff vorzufinden. Immerhin acht Anwendungsaufgaben stellen eine reale Situation nach, unter anderem die „Fahrt“ auf einer Rolltrepp-

---

<sup>602</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 138-139

<sup>603</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 138

<sup>604</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 117

<sup>605</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 154

pe oder die Abfahrt auf Skiern.<sup>606</sup> Auch werden - analog zum „Impulse“ - existente Erscheinungen auf Bildern dargestellt, zu denen die Schüler jeweils die tätigen Kräfte sowie deren Wirkungen angeben sollen.<sup>607</sup>

Bei der Untersuchung der verschiedenen Aufgabenformen unter dem Aspekt „Schülerhandlungen“ fällt auf, dass immerhin 30 mathematisch-rechnerische Aufgaben vorliegen, denen jedoch nur sieben graphisch-zeichnerische Aufgaben gegenüberstehen. Diese sind zumeist Teil eines Aufgabenblockes, bei dem zu einer vorgegebenen Tabelle von Messwerten das zugehörige Diagramm gezeichnet werden soll. Auffallend ist, dass insbesondere bei der Aufgabensammlung zu den „Grundgrößen der Kinematik“ sowie zum Thema „Zusammensetzung von Kräften“ sehr wenig auf graphisch-zeichnerische Betrachtungen Wert gelegt wird, wo doch die Vergleichswerke gerade bei diesen Themen ihr Hauptaugenmerk auf diese Art von Aufgaben legen.

Mit 30 Rechenaufgaben dagegen stellt das Werk den Spitzenwert der Analyse und übertrifft dabei selbst das Werk „Ikarus“. Dies lässt sich jedoch damit erklären, dass beim „Ikarus“ teilweise mehrere rechnerische Fragestellungen – sogar zu unterschiedlichen Themen – zu einer Aufgabe zusammenfasst werden und deshalb nur einfach in die Wertung eingehen, während im „NuTDP“ die meisten Rechenaufgaben zwar sehr kurz, aber als eigenständige Aufgaben aneinandergereiht werden. Fragestellungen mit mehreren Teilaufgaben treten zwar selten auf, sind aber zumeist so aufgebaut, dass zumindest ein Aspekt der Betrachtungen mathematisches Geschick erfordert, so dass auch diese als mathematisch-rechnerische Aufgabe in die Zählung eingeht. Bei der genaueren Betrachtung der Rechenaufgaben fällt auf, dass sie in Relation zu vielen Vergleichswerken sehr regelmäßig über das Werk verteilt werden. Bei den Aufgaben zu den „Grundgrößen der Kinematik“ wird dabei sehr viel Wert auf die Umrechnung der Geschwindigkeit von km/h in m/s gelegt wird.<sup>608</sup>

Daneben machen die qualitativen Denkaufgaben mit 28 Zählungen die zweithäufigste Art von Aufgaben aus. Auffallend ist, dass insbesondere auch bei den Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung Aufgaben eingesetzt werden, die ihr Hauptaugenmerk auf qualitative Betrachtungen legen, wie etwa die Frage, ob eine Person auf einer Rolltreppe in Ruhe ist oder in Bewegung.<sup>609</sup> Hauptsächlich werden jedoch Denkaufgaben beim Thema „Kräfte und Bewegungsänderungen“ verwendet. Hier werden die Schüler mit Anwendungen oder Phänomenen aus ihrem Alltagsleben bzw. späteren Leben konfrontiert, die dann erklärt bzw. begründet werden sollen. Beispielsweise tauchen die Fragen auf, warum man beim schnellen Anfahren in den Sitz gedrückt wird oder warum ein PKW mit defekten Bremsen nicht mit einem Seil abgeschleppt werden darf. Auch soll der Schüler frühzeitig begreifen, warum die Ladung auf Dachgepäckträgern ausreichend befestigt werden muss und warum ruckartiges Anheben von

---

<sup>606</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 125 und 155

<sup>607</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 154

<sup>608</sup> Siehe „NuTDP“ beispielsweise Seite 125

<sup>609</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 125

schweren Koffern oftmals dazu führt, dass der Griff reißt.<sup>610</sup> Durch diese Art der Aufgaben sollen die Schüler erkennen, dass die Physik ihnen hilft Probleme im Alltag nicht nur zu meistern, sondern auch genauer zu hinterfragen, um gewissermaßen einen physikalischen Blick für die Dinge ihrer Umwelt zu entwickeln. Auch beim Thema „Kraftarten, ihre Ursachen und Wirkungen“ wird diese Herangehensweise deutlich. Hier werden qualitative Denkaufgaben verstärkt eingesetzt, um den Schülern die Sicherheit im Straßenverkehr in Erinnerung zu rufen.<sup>611</sup> Experimentelle Aufgaben treten in der Mechanik im „NuTDP“ nicht in Erscheinung, was größtenteils darauf zurückzuführen ist, dass ein separater Abschnitt „Experimente“ vorliegt. Nichtsdestotrotz macht das Werk durch ein entsprechendes Symbol für „experimentelle Aufgaben“ deutlich, dass es auch in den Aufgaben zum Teil auf Versuche zurückgreift, was sich auch in den Aufgaben zur Optik und Elektrik erkennen lässt. Auch Wissen abfragende Aufgaben finden im Aufgabenbereich mit lediglich vier Aufgaben wenig Beachtung, was zum großen Teil daran liegt, dass keine rückblickende Aufgabensammlung vorliegt, die grundlegende Prinzipien und fundamentale Begriffe anhand reiner Reproduktionsaufgaben wiederholt. Auf Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben dagegen wird großen Wert gelegt, was durch die große Zahl von zwölf Aufgaben dieser Art unterstrichen wird. Dabei sollen die Schüler unter anderem Vorträge zu den Themen „Geschwindigkeiten in Natur und Technik“, „Die Dichte der Stoffe“ und zum Phänomen „Reibung“ vorbereiten.<sup>612</sup> Dabei werden sie in allen Aufgabenstellungen ausdrücklich darauf hingewiesen auf das Internet als Vorbereitungsquelle zurückzugreifen. Als weiteres fächerübergreifendes Konzept mit der Informatik sollen die Schüler eine Hypertextstruktur für ein Projekt „Physik in Klasse 7“ entwerfen.<sup>613</sup> Dabei werden alle Aufgaben, bei denen auf das Medium Computer zurückgegriffen wird, offensichtlich durch ein entsprechendes Symbol gekennzeichnet. Auch „knifflige Aufgaben“ werden durch einen kleinen Stern vor der Aufgabenstellung abgegrenzt, der jedoch deutlicher ausfallen könnte, um möglichst auf den ersten Blick eine Stufung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad zu erkennen. In dieser Hinsicht sei positiv zu erwähnen, dass es dem Werk gelingt, diese besonders schweren Aufgaben zumeist als letzte Teilaufgabe zu stellen. Das ermöglicht auch den leistungsschwächeren Schülern sich Schritt für Schritt in die Aufgabe hineinzuversetzen, um gewissermaßen Selbstvertrauen zu sammeln für die letzte schwere Etappe. Denn wenn es einem Schüler gelingt, die ersten beiden Teilaufgaben zu lösen, steigen eventuell die Motivation und der Anreiz, sich auch mit der letzten Teilaufgabe auseinanderzusetzen.

Als Glanzleistung erweisen sich die Fragestellungen, die unter dem Aspekt „Physik in Natur und Technik“ abgehandelt werden und gewissermaßen eine Mischung aus Musteraufgaben und Lernaufgaben darstellen. Sie erscheinen im Werk im Anschluss an die Grundlagen und

---

<sup>610</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 138

<sup>611</sup> Siehe „NuTDP“ beispielsweise Seite 157

<sup>612</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 124, 154 und 156

<sup>613</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 157

werden immer vor den eigentlichen Aufgaben abgegrenzt. Diese Probleme nehmen im „NuTDP“ einen sehr hohen Stellenwert ein, was die dafür in Anspruch genommenen Seitenanzahlen belegen, denn immerhin werden insgesamt betrachtet mehr Seiten verwendet als für die eigentlichen Aufgabenstellungen. Im Vorspann heißt es in dieser Hinsicht: „Auf diesen Seiten wird gezeigt, wie physikalische Begriffe und Gesetzmäßigkeiten auf Erscheinungen aus der Natur, der Technik und dem Alltag angewendet werden können. An typischen Beispielen wird vorgestellt, wie Problemstellungen gelöst und Aufgaben gemeistert werden können.“<sup>614</sup> Dabei unterscheidet sich die Art von Musteraufgaben im „NuTDP“ von denen der meisten Vergleichswerke, denn sie sind aufgebaut wie Lernaufgaben, d.h. es werden nicht nur Fragestellung und Lösung dargestellt, sondern die Fragestellung folgt in Kursivdruck deutlich gekennzeichnet auf eine allgemeine Einführung in das Phänomen. Beispielsweise geht die Aufgabe „Auf dem Mond ist alles leichter“ vor der eigentlichen Problemstellung zunächst auf die erste Mondlandung durch Neil Armstrong ein.<sup>615</sup> Zudem sind die Lösungen um einiges ausführlicher als die Resultate, die von den Schülern erwartet werden können. Die Ergebnisse der mathematisch-rechnerischen Aufgaben „Zeitplanung ist alles“ und „O Schreck – die Schrecksekunde“ sind untergliedert in die Lösungsschritte „Analyse“, „Lösung“ und „Ergebnis“.<sup>616</sup> Hier spiegelt sich der systematische Aufbau wider, der bereits bei den Experimenten festgestellt wurde. Jedoch werden unter dem Aspekt „Physik in Natur und Technik“ nicht nur mathematisch-rechnerische, sondern auch graphisch-zeichnerische Aufgaben gewissermaßen als Musteraufgaben herangezogen, wie die Aufgabe „Bei hohen Geschwindigkeiten schweben“ deutlich belegt, die auf die Auswertung von Messreihen mithilfe von Diagrammen eingeht.<sup>617</sup> Im Unterschied zu anderen Werken werden aber auch experimentelle Aufgaben und vor allem qualitative Denkaufgaben gestellt, deren ausführliche Lösungen zur Erarbeitung neuer Lerninhalte herangezogen werden. Diese werden jedoch nicht mehr so strukturiert und systematisch dargestellt, wie noch bei den Rechenaufgaben, sondern enthalten auch zusätzliche interessante Informationen, die über die Lösung des Problems hinausgehen, wie beispielsweise die detaillierten Ausführungen zur Aufgabe „Trägheit im Straßenverkehr“ deutlich untermauern.<sup>618</sup>

### **Aufgaben in „Netzwerk“**

Das Werk „Netzwerk“ stellt mit insgesamt 103 Aufgaben im Themengebiet Mechanik mit Abstand die meisten Aufgaben zur Verfügung. Jedoch enthalten diese in Relation zu den Vergleichswerken nicht nur deutlich weniger Teilaufgaben, sondern werden auch bei weitem nicht so umfangreich und ausführlich dargestellt, wie beispielsweise im „Ikarus“. Dies zeigt

---

<sup>614</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 1

<sup>615</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 150

<sup>616</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 122

<sup>617</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 123

<sup>618</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 137

sich insbesondere auch daran, dass im „Netzwerk“ Aufgaben nicht auf separaten Seiten abgehandelt werden, sondern gemeinsam auf einer Seite mit Grundlagen oder Versuchen platziert werden. Da das Werk Wert darauf legt, sie konsequent ans Ende der zugehörigen Themengebiete zu setzen, rutschen sie gewissermaßen immer an den Rand der Seiten. Man gewinnt deshalb als Leser den Eindruck, dass die Aufgaben im „Netzwerk“ gewissermaßen nur ein „Randthema“ darstellen, die, so scheint es, zum Teil genau den noch freien Platz auf der Seite einnehmen sollen.<sup>619</sup> Sie werden zwar durch eine rote Fahne mit weißer Schrift von den üblichen Strukturelementen genauso abgegrenzt, wie die einzelnen Aufgaben untereinander durch rote Nummerierungen. Jedoch muss insgesamt festgestellt werden, dass die Gestaltung der Aufgaben gravierende Mängel aufweist: Sehr oft fehlt es den Aufgaben an vollständigen und verständlichen Darstellungen. Die Fragestellungen werden zumeist äußerst knapp formuliert und nur ganz vereinzelt durch Abbildungen ergänzt. Symbole zur Kennzeichnung bzw. Stufung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad werden nicht verwendet. Teilaufgaben werden zwar durch fettgedruckte alphanumerische Buchstaben gekennzeichnet, jedoch entsteht durch ihr willkürliches Anordnungsschema ein ungeordnetes Bild. Denn nur zum Teil werden sie wie in den Vergleichswerken direkt untereinander gestaffelt. Stattdessen erscheinen sie zumeist leicht versetzt oder werden sogar nebeneinander platziert.<sup>620</sup> Offensichtliche Freiräume sind zwischen den Teilaufgaben und insbesondere auch zwischen den einzelnen Aufgaben nicht erkennbar. Diese Art der Darstellung lässt bei den Schülern das Bild einer aneinander gereihten Auflistung von Aufgaben entstehen, die gewissermaßen stichpunktartig abgearbeitet werden soll. Dies führt dazu, dass beispielsweise die acht Aufgaben zum Thema „Masse und Gewichtskraft“ weniger als eine Drittel Seite beanspruchen.<sup>621</sup> Um in dieser Hinsicht noch einmal die gravierenden Verhältnisunterschiede zu verdeutlichen, sollte man sich daran erinnern, dass zum Beispiel im „Ikarus“ zum Teil mehr als eine Seite für eine einzige Aufgabe in Anspruch genommen wird. Durch diese Herangehensweise trägt die Aufgabengestaltung im „Netzwerk“ mit Sicherheit nicht zur Motivation oder gar Individualisierung der Schülerschaft bei.

Die Aufgaben verteilen sich insgesamt sehr regelmäßig über alle Kapitel der Mechanik. Lediglich zu einzelnen Themen wie etwa „Gravitationskraft“, „Fallbewegungen“ und „Magnetische Kräfte“ werden keine Aufgaben angeboten.<sup>622</sup> Die meisten Aufgaben – insgesamt 18 – befinden sich in der die Mechanik abschließenden Aufgabensammlung „Prüfe dein Wissen“. Die Wahl der Überschrift „Kräfte“ stellt sich dabei als ungeeignet heraus, da auch Aufgaben zu den kinematischen Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung vorhanden sind. Die Darstellung der Aufgaben unterscheidet sich hier zum Teil gravierend von den Aufgabenblöcken der einzelnen Themengebiete, was insbesondere auf die Tatsache zurückzuführen ist,

---

<sup>619</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 125

<sup>620</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 116

<sup>621</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 125

<sup>622</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 144-149

dass komplette Seiten ausschließlich den Aufgaben gewidmet werden. Daraus resultiert eine deutlich umfangreichere und ästhetischere Aufgabengestaltung mit offensichtlichen Abständen zwischen den Aufgaben und deutlich erkennbaren Abbildungen.<sup>623</sup>

Analysiert man die Aufgaben unter dem Aspekt Lebensweltbezogenheit, so überwiegt der Anteil der formalen Aufgaben mit 52 Zählungen leicht gegenüber den 48 formalen Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler. Anwendungsaufgaben, die eine reale Situation nachstellen, kommen nur in drei Fällen vor. Werden die Aufgaben unter dem Aspekt Schülerhandlungen kategorisiert, so konstatiert man, dass analog zu den meisten Vergleichswerken hauptsächlich auf mathematisch-rechnerische Aufgaben und qualitative Denkaufgaben mit jeweils 43 bzw. 44 Zählungen zurückgegriffen wird. Insbesondere bei den kinematischen Grundgrößen „Beschleunigung“ und „Geschwindigkeit“ finden typischerweise Rechenaufgaben vermehrt Anklang, werden jedoch zum Teil durch qualitative Betrachtungen ergänzt. Vor allem der Unterschied zwischen gleichförmiger und ungleichförmiger Bewegung, das heißt zwischen Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit liegt hier im Fokus der Betrachtungen.<sup>624</sup> Ausnahmslos quantitative Aufgaben werden dagegen beim Thema „Das Hooke’sche Gesetz“ angeboten<sup>625</sup>, während im Kapitel „Masse und Gewichtskraft“<sup>626</sup> immerhin sieben der acht Aufgaben rechnerisches Geschick erfordern. Hier werden im Unterschied zur Kinetik auch öfter lebensnähere Rechenaufgaben herangezogen, wie beispielsweise: „Berechne die Gewichtskräfte deiner Familienmitglieder.“<sup>627</sup> Der Übergang bei den qualitativen Aufgaben im „Netzwerk“ von Wissen abfragenden Aufgaben zu Denkaufgaben sowie Aufgaben, bei denen beobachtet bzw. erkundet werden soll, ist zum Teil fließend und hängt insbesondere sehr stark vom Kenntnisstand des einzelnen Schülers ab. Dies zeigt sich daran, dass die Aufgaben sehr oft darauf ausgerichtet werden, Beispiele zu überlegen, zu beobachten oder einfach nur zu nennen, wo sich bestimmte Stoffinhalte oder Phänomene, wie etwa Reibung oder verschiedene Bewegungsarten, im Alltag oder in der Umwelt wieder finden lassen. Anhand entsprechender Formulierungen wurden die Aufgaben dann zugeteilt, was letztlich immerhin zu insgesamt 8 Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben und 16 Wissen abfragenden Aufgaben führt. Bei diesen reproduktiv zu lösenden Aufgaben stellt sich insbesondere die Aufgabe „A1“ der abschließenden Sammlung „Kräfte“ als Besonderheit heraus, denn die Schüler erhalten – wie bereits beim Strukturelement Merkstoff beschrieben – einen Merktzettel der wichtigsten Begriffe der Mechanik, zu denen sie zunächst bestimmte Fragen beantworten sollen, wie etwa: „Was bedeutet der Begriff? [...] Gibt es Formeln dafür? Gibt es sonst noch Wissenswertes über den Begriff?“<sup>628</sup> In den weiteren Teilaufgaben werden sie explizit zu-

---

<sup>623</sup> Siehe „Netzwerk“ beispielsweise Seite 158-159

<sup>624</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 121

<sup>625</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 133

<sup>626</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 143

<sup>627</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 143]

<sup>628</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 158]

nächst zur Selbsteinschätzung sowie anschließend zur selbstständigen Aufarbeitung entsprechender Mängel aufgefordert. Dabei sollen die nicht gewussten Begriffe im Buch nachgelesen werden – was durch eine entsprechende Angabe von Seitenzahlen auf dem Merkzettel erleichtert wird – und schließlich schriftlich auf Karteikarten festgehalten werden.<sup>629</sup> Zu den qualitativen Denkaufgaben sei erwähnt, dass diese beim „Wechselwirkungsgesetz“ eine Schlüsselrolle einnehmen, denn die Schüler werden in allen Aufgaben mit Anwendungen oder Phänomenen aus ihrem Alltagsleben bzw. späteren Leben konfrontiert, die dann erklärt bzw. begründet werden sollen. Interessant ist beispielsweise für Schüler die Fragestellung, warum es leichter ist von einem Skateboard seitlich herunter zu springen als nach hinten, um einen möglichen Sturz zu vermeiden.<sup>630</sup> Die 17 graphisch-zeichnerischen Aufgaben haben im Werk zum Teil eine andere Struktur als in den Vergleichswerken. Während diese nahezu ausschließlich nach graphischen Auswertungen anhand entsprechender Diagramme verlangen, greift das „Netzwerk“ beispielsweise beim Thema „Bewegungen“ auch auf neuartige Aufgabenformen zurück, wie die Zeichnung einer Bobbahn mithilfe entsprechender Konstruktionshinweise.<sup>631</sup> Insbesondere beim Thema „Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften“ rücken zeichnerische Fragestellungen in den Vordergrund, wie etwa die graphische Umsetzung des Abschleppvorganges eines Ozeanriesen mit je zwei Schleppern in einem Kräfteparallelogramm.<sup>632</sup>

Experimentelle Aufgaben können im „Netzwerk“ nur in fünf Fällen ausgemacht werden, wobei es sich dabei sehr oft um Aufgaben handelt, bei denen Funktionsweise und Anwendung von technischen Gerätschaften, wie etwa Federkraftmesser oder Elektroskop im Zentrum der Beobachtungen stehen. Beispielsweise soll eine entsprechender Versuch erläutert werden, mit dessen Hilfe sich herausfinden lässt, ob ein Elektroskop positiv oder negativ geladen ist.<sup>633</sup>

Das Werk präsentiert über die Mechanik verteilt insgesamt sechs Musteraufgaben, bei denen es sich jedoch ausschließlich um typische Rechenaufgaben handelt, was sich bereits daran erkennen lässt, dass sie in fünf Fällen mit „Rechenbeispiel“ und einmal mit „Umrechnung der Geschwindigkeitseinheiten“ titulierte werden. Die Lösungen sind zumeist sehr knapp, unterteilt nach gegebenen und gesuchten Größen sowie anschließenden rechnerischen Lösungsschritten und abschließendem Antwortsatz. Hinweise oder Tipps zur Vorgehensweise oder sonstige Zusatzinformationen werden keine gegeben. Die Aufgaben werden dunkelgrau eingerahmt, so dass die Überschriften in weißer Schrift erkennbar werden, während Fragestellung und Lösung mit einem hellgrauen Hintergrund versehen werden. Diese „Farbensprache“ ist deshalb notwendig, um die Musteraufgaben von der Vielzahl der übrigen Strukturelemente abzugrenzen, die zumeist auf der gleichen Seite erscheinen. Lernaufgaben oder ähn-

---

<sup>629</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 158

<sup>630</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 138

<sup>631</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 116

<sup>632</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 155

<sup>633</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 148

liche Aufgabenstellungen zum Einstieg oder zur Erarbeitung neuer Stoffinhalte der Mechanik lassen sich im „Netzwerk“ nicht ausmachen.

Als fächerübergreifende Besonderheit zur Informatik geht das Werk unter dem Aspekt „Hyperlinkseiten selbst gemacht“ ausführlich Schritt für Schritt auf Vorgehensweisen und Arbeitstechniken bei der Projektorganisation und Internetrecherche ein. In diesem Zusammenhang wird der Schüler nicht nur über Urheberrecht aufgeklärt, sondern auch und zur kritischen Kontrolle der dargebotenen Informationen aufgefordert. Mögliche Themen für Hyperlink-Seiten runden die sehr übersichtlich gestaltete Seite ab. Dabei werden zur Mechanik drei mögliche Themen samt entsprechenden Schlagwörtern angeboten, wobei insbesondere auch die zugehörigen Formulierungen in Jugendsprache, wie etwa „Geschwindigkeit ist keine Hexerei“<sup>634</sup> die Schüler für das entsprechende Projekt begeistern sollen.<sup>635</sup>

### **Aufgaben in „EidM“**

Das Werk „EidM“ greift über die Mechanik verteilt auf insgesamt nur 61 Aufgaben zurück und liegt somit, was die Aufgabenanzahl betrifft, deutlich hinter den meisten Vergleichswerken. Die Aufgabengestaltung erinnert teilweise an das Werk „Netzwerk“, denn die Aufgaben werden nicht auf separaten Seiten aufgeführt, sondern meist direkt an die Grundlagen angehängt. Dabei unterscheiden sich die Werke in der Hinsicht, dass „EidM“ diese nicht streng auf einer Seite platziert, sondern bisweilen auch die nächste Seite in Anspruch nimmt. Dabei werden zum Teil in der Hinsicht gestalterische Mängel deutlich, dass Aufgaben unterbrochen und dann auf der nächsten Seite fortgesetzt werden, was den Lesefluss erkennbar erschwert. Beispielsweise bei der Aufgabe 3 zum Thema „Die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen“ wird lediglich ein Satz zur Aufgabe auf der einen Seite niedergeschrieben, bevor der Rest der ausführlichen Aufgabe auf der nächsten Seite folgt.<sup>636</sup> Ansonsten zeigen der Umfang der Aufgaben und auch die Verwendung von Abbildungen offensichtliche Unregelmäßigkeiten. Zumeist werden zu Beginn der Aufgabenblöcke sehr kurze Aufgaben ohne Abbildungen herangezogen, während am Ende zum Teil auf ausführliche Aufgabenstellungen zurückgegriffen wird. Dies zeigt sich besonders auffällig bei den Aufgaben zum Thema „Kraftarten“. Hier werden insgesamt 14 Aufgaben präsentiert, von denen 13 auf etwas mehr als einer halben Seite dargestellt werden ohne eine einzige unterstützende Abbildung, während die letzte Aufgabe eine ganze Seite beansprucht und dabei auf zwei darstellende Bilder zurückgreift.<sup>637</sup> Jedoch lässt sich diese Stufung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad nur vermuten, da keinerlei Symbole oder sonstige Kennzeichen verwendet werden, um schwierigere Aufgaben zu betonen. Insgesamt werden analog zum „Netzwerk“ nur sehr wenig bildliche Darstellungen herangezogen, obwohl diese teilweise bei der Veranschaulichung der Versuchsanordnung

---

<sup>634</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 153]

<sup>635</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 153

<sup>636</sup> Siehe „EidM“ Seiten 2-3

<sup>637</sup> Siehe „EidM“ Seiten 30-31

hilfreich wären, wie etwa folgendes Aufgabenbeispiel zeigt: „Wenn der Kopf eines Hammers locker ist, schlägt man den Hammer mit dem unteren Stielende fest auf den Boden, so dass der Hammerstiel stark abgebremst wird. Warum sitzt der Hammerkopf danach wieder weiter unten fest auf dem Stiel?“<sup>638</sup> Die Frageblöcke werden zwar durch ein fettgedrucktes „Aufgaben“ angekündigt, aber ansonsten weder durch farbliche Mittel noch durch erkennbare Ränder hervorgehoben bzw. von den übrigen Strukturelementen abgegrenzt. Zur deutlichen Trennung der Aufgaben untereinander trägt neben der Nummerierung die zusätzliche Einkreisung der Zahlen bei.

Die Analyse unter dem Aspekt „Schülerhandlungen“ zeigt deutliche Unterschiede zu den Vergleichswerken auf. Als größte Besonderheit fällt in diesem Zusammenhang auf, dass das Werk über die ganze Mechanik keine einzige mathematisch-rechnerische Aufgabe aufgreift. Selbst beim Thema „Die Newtonsche Bewegungsgleichung“ werden in den Aufgaben lediglich Einflussfaktoren auf die „Zusatzgeschwindigkeit“ diskutiert, die jedoch nicht an die gezielte quantitative Anwendung dieser Grundgleichung der Mechanik gekoppelt sind. Es werden in allen Aufgaben nur qualitative Aussagen verlangt, die nach den bereits im Merkstoff dargestellten Je-desto-Formulierungen aufgebaut sind.<sup>639</sup> Dies dient unter anderem auch als Erklärung dafür, dass die 14 graphisch zeichnerischen Aufgaben sich gravierend von denen der anderen untersuchten Werke unterscheiden, denn es handelt sich nicht um typische Auswertungsdiagramme von Messreihen oder Darstellungen in entsprechenden Koordinatensystemen. Stattdessen sollen die Schüler vermehrt graphische Bilder anfertigen, in denen bestimmte Größen durch entsprechende Pfeile dargestellt werden. Insbesondere bei den Themen „Geschwindigkeit“ und „Zusatzgeschwindigkeit“ sollen bestimmte Situationen durch genaue Anordnung entsprechender Geschwindigkeitspfeile nachgestellt werden, beispielsweise der Schmetterball beim Tischtennis oder das Abtreiben beim Surfen.<sup>640</sup> Auffallend bei den zeichnerischen Aufgaben ist jedoch, dass das Werk im Kapitel „Wenn mehrere Kräfte wirken“ nur eine einzige Fragestellung aufgreift, bei der der resultierende Kraftpfeil konstruiert werden soll.<sup>641</sup> Insgesamt machen in diesem Kapitel, wie auch im kompletten Werk, qualitative Denkaufgaben mit 25 Zählungen den größten Teil aus. Dabei legt das Werk zum Teil großen Wert auf Gruppen- bzw. Partnerarbeit, was sich daran erkennen lässt, dass die Schüler direkt aufgefordert werden, mit ihren Mitschülern bzw. ihrem Banknachbar über entsprechende Aufgaben zu diskutieren.<sup>642</sup> Oftmals werden qualitative Denkaufgaben auch als Meinungen von Schülern dargestellt. Beispielsweise heißt es bei Aufgabe 4 zum Thema „Kraftarten“: „Diskutiere mit deinen Mitschülern folgende Behauptungen: Hannah sagt: ‚Der Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit und der Pfeil der Endgeschwindigkeit zeigen bei allen Bewegungen immer in

---

<sup>638</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 24]

<sup>639</sup> Siehe „EidM“ Seite 20

<sup>640</sup> Siehe „EidM“ Seite 16

<sup>641</sup> Siehe „EidM“ Seite 34

<sup>642</sup> Siehe „EidM“ beispielsweise Seite 34

die gleiche Richtung.’ [...]“<sup>643</sup> Durch Verwendung von alltäglichen Namen sollen sich die Schüler besser in den Problemstellungen widerspiegeln, als wenn lediglich von „einem Schüler“ die Rede ist. Dabei werden zum Teil auch Alltagsvorstellungen als Schülerbehauptungen dargestellt, die dann von den Schülern widerlegt werden sollen, wie beispielsweise die Ansicht, dass wenn zwei Autos das gleiche Ziel haben, deren Pfeile auch in die gleiche Richtung zeigen.<sup>644</sup> Mit 13 Wissen abfragenden Aufgaben legt das Werk zudem sehr viel Wert auf Wiederholung und Festigung entsprechender Grundlagen und das obwohl keine rückblickende Aufgabensammlung vorliegt, die diese Art der Aufgaben naturgemäß gerne aufgreift. Dagegen beziehen sich im „EidM“ diese reproduzierenden Aufgaben sehr oft spezifisch auf die zuvor erarbeiteten Stoffinhalte. Zum Beispiel wurde die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen anhand des Weißstorches „Max“ erarbeitet. Aufgabe 1 zu diesem Thema verlangt von den Schülern zu beschreiben, wie die Bewegung des Storches aufgezeichnet wurde, sprich die zuvor erarbeiteten Inhalte reorganisierend in eigenen Worten wieder zu geben.<sup>645</sup> Bei den fünf Experimentieraufgaben unterscheidet sich das Werk ebenfalls von den Vergleichswerken, denn es wird von den Schülern fast ausschließlich verlangt eigene Versuche zu konstruieren, wie beispielsweise ein Experiment, mit dem sich das Tempo eines ferngesteuerten Autos bestimmen lässt.<sup>646</sup> Auf so genannte Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben legt das Werk keinen großen Wert, denn diese lassen sich nur in zwei Fällen ausmachen, wobei insbesondere Aufgabe 4 bei der Darstellung und Beschreibung von Bewegungen zu erwähnen ist. Hier sollen die Schüler einen Film „bildweise“ ablaufen lassen, um dem Prinzip des Videodrehs nach zu gehen.<sup>647</sup>

Unter dem Aspekt „Lebensweltbezogenheit“ teilen sich die Aufgaben auf in 23 formale Aufgaben, 30 formale Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler und immerhin 8 Anwendungsaufgaben, die eine reale Situation nachstellen. Dieser hohe Anteil lässt sich unter anderem auf die vielen Stroboskopbilder zurückführen, die auch bei den Aufgabenstellungen zur Darstellung von realen Bewegungsabläufen herangezogen werden. Die geringe Anzahl formaler Aufgaben lässt sich durch die fehlenden rechnerisch-mathematischen Aufgaben erklären, was jedoch zum Teil durch die hohe Zahl an reproduzierenden Aufgaben wieder ausgeglichen wird. Das Werk zieht jedoch hauptsächlich moderne Aufgabenstellungen heran, die lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge herstellen und an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen. Insbesondere Sportarten, die bei den Schülern aktuell Gesprächsthema sind, wie beispielsweise Biathlon oder Mountainbike, werden verwendet: „Mountainbiker fahren oft ‚Fullies‘. Schau nach, was das bedeutet und erkläre, warum das bei einem Downhill hilfreich ist“.<sup>648</sup> Zu dieser Fragestellung sei angemerkt, dass

---

<sup>643</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 16]

<sup>644</sup> Siehe „EidM“ Seite 7

<sup>645</sup> Siehe „EidM“ Seite 2

<sup>646</sup> Siehe „EidM“ Seite 6

<sup>647</sup> Siehe „EidM“ Seite 3

<sup>648</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 23]

sie mit Sicherheit den Großteil der Lehrer vor größere Probleme stellen wird als die Schüler, denen die Begriffe vertrauter sein dürften.

Auf den ersten Blick erscheinen klare Fragestellungen im „EidM“ lediglich am Ende der zugehörigen Kapitel. Jedoch fällt bei genauerer Betrachtung auf, dass das Werk bei der Vielzahl von Beispielen gezielt Fragestellungen einbaut, anhand derer dann die einzelnen Stoffinhalte verdeutlicht werden. Besonders auffällig ist dies im Kapitel „Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung“, in dem verschiedene Vorgänge aus dem Alltag der Schüler beschrieben werden. Zum Beispiel taucht im Zusammenhang mit dem Thema „Elfmeterschießen“ die Frage auf, wie ein Torwart auf einen entsprechenden Schuss reagieren sollte, um sein Verletzungsrisiko zu minimieren.<sup>649</sup> Meist werden die Fragen direkt im Anschluss ausführlich besprochen, jedoch bleiben sie teilweise auch offen, wie das Beispiel „Beladenes Auto“ deutlich zeigt.<sup>650</sup>

### Vergleichende Analyse

	„Impulse“	„Ikarus“	„NuTC“	„NuTDP“	„Netzwerk“	„EidM“
<b>Summe Aufgaben Mechanik</b>	47	82	76	72	103	61
<b>Formale Aufgaben</b>	32	36	48	32	52	23
<b>Formale Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler</b>	13	36	23	32	44	30
<b>Anwendungsaufgaben die reale Situation nachstellen</b>	2	10	5	8	7	8

Tabelle 6 Kategorisierung der Aufgaben unter dem Aspekt Lebensweltbezogenheit

Betrachtet man zunächst lediglich die Gesamtanzahl der Mechanikaufgaben in den untersuchten Werken, fallen bereits deutliche Unterschiede auf. Immerhin bietet das Aufgabenangebot des Werkes „Netzwerk“ mit 103 Aufgabenstellungen den Schülern mehr als doppelt so viele Gelegenheiten wie das Werk „Impulse“ mit lediglich 47 Aufgaben. Jedoch enthält das Werk „Netzwerk“ insbesondere in Relation zum Werk „Ikarus“ deutlich weniger Teilaufgaben, was damit einhergeht, dass diese bei weitem nicht so umfangreich und ausführlich dargestellt werden. Die Aufgabenstellungen im „Netzwerke“ lassen oftmals vollständige und verständliche Darstellungen vermissen, sind zumeist nur äußerst knapp formuliert und werden nur ganz vereinzelt durch Abbildungen ergänzt. Im „Ikarus“ dagegen überzeugt die Gestaltung der Aufgaben. Nicht nur ausführliche Texte, sondern vor allem auch zahlreiche und insbesondere

<sup>649</sup> Siehe „EidM“ Seite 20

<sup>650</sup> Siehe „EidM“ Seite 22

große, deutlich erkennbare zeichnerische Darstellungen führen letztlich zu einem ausgewogenen Verhältnis von Häufigkeit und Umfang der Aufgaben, wie es in keinem anderen Werk auch nur ansatzweise feststellbar ist.

Analysiert man die Aufgaben unter dem Aspekt Lebensweltbezogenheit, fällt auf, dass insbesondere die Werke „Impulse“ und „NuTC“ verstärkt auf formale Aufgaben zurückgreifen und Aufgabenstellungen, die lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge herstellen und an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen, nur sehr wenig Beachtung finden. Ein ausgeglichenes Verhältnis in dieser Hinsicht weist das Werk „NuTDP“ auf, während es dem Werk „EidM“ als einzigem der untersuchten Werke gelingt, verstärkt auf Aufgaben zurückzugreifen, die an die Lebenswelt der Schüler anknüpfen. Dies lässt sich damit erklären, dass moderne Aufgaben gestellt werden, die auf Themengebiete, insbesondere aus dem Bereich Sport, aufbauen. Auf Anwendungsaufgaben, die reale Situationen nachstellen, greifen die Werke „Ikarus“, „NuTDP“ und „EidM“ absolut betrachtet am häufigsten zurück, wobei relativ betrachtet angesichts der geringsten Gesamtanzahl an Aufgaben das Werk „EidM“ heraussticht. Dieser hohe Anteil lässt sich zum großen Teil auf die vielen Stroboskopbilder zurückführen, die auch bei den Aufgabenstellungen zur Darstellung von realen Bewegungsabläufen herangezogen werden.

	„Impulse“	„Ikarus“	„NuTC“	„NuTDP“	„Netzwerk“	„EidM“
<b>Wissen abfragende Aufgaben</b>	12	4	12	4	16	13
<b>Mathematisch-rechnerische Aufgaben</b>	9	28	22	30	43	/
<b>Grafisch-zeichnerische Aufgaben</b>	6	8	18	7	17	14
<b>Qualitative Denkaufgaben</b>	19	14	29	28	44	25
<b>Experimentelle Aufgaben</b>	2	27	11	/	5	5
<b>Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben</b>	1	18	2	12	2	2

**Tabelle 7 Kategorisierung der Aufgaben unter dem Aspekt Schülerhandlungen**

Bei der Kategorisierung der Aufgaben unter dem Aspekt Schülerhandlungen fällt auf, dass die Werke „NuTC“ und „Impulse“ erkennbare Gemeinsamkeiten aufweisen. Dies zeigt sich insbesondere daran, dass sie hauptsächlich auf qualitative Denkaufgaben, aber auch auf Wissen abfragende Aufgaben und mathematisch-rechnerische Aufgaben zurückgreifen, während Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben keine Rolle spielen. Trotzdem stellt sich das Werk „NuTC“ unter allen Vergleichswerken als das „Vielseitigste“ heraus, da es nicht nur alle Fähigkeiten der Schüler anspricht, sondern auch großen Wert auf Kreativität legt, was sich ins-

besondere an der Aufgabenvielfalt hinsichtlich der äußeren Form erkennen lässt. Es liegen Lückentexte, Auswahlaufgaben, Fehlersuchen und sogar eine Textaufgabe vor, bei der die Schüler zunächst aus einem Drehbuchtext die physikalischen Fehler herauslesen und anschließend die Geschichte fortfahren sollen.

Ein anderes Bild zeigt sich bei der Kategorisierung in den Werken „Ikarus“ und „NuTPD“, die ebenfalls offensichtliche Gemeinsamkeiten aufweisen. Zum einen überwiegen in beiden Werken die mathematisch-rechnerischen Aufgaben gegenüber den qualitativen Denkaufgaben, zum anderen wird in Relation zu den Vergleichswerken auf Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben großen Wert gelegt, was durch die große Zahl von 12 bzw. 18 Aufgaben dieser Art unterstrichen wird. Dabei greifen beide Werke zum Teil auf fächerübergreifende Konzepte, insbesondere mit der Informatik zurück. Während im „Ikarus“ die Schüler in dieser Hinsicht zumeist aufgefordert werden, Hypertexte zu erstellen, sollen sie im „NuTDP“ lediglich in einem Fall eine Hypertextstruktur für ein Projekt „Physik in Klasse 7“ entwerfen. Stattdessen sollen sie verstärkt Vorträge zu bestimmten, bereits erarbeiteten Stoffgebieten vorbereiten, wobei sie in allen Aufgabenstellungen ausdrücklich darauf hingewiesen werden, auf das Internet als Vorbereitungsquelle zurückzugreifen. Es wird ersichtlich, dass beide Werke verstärkt auf neuartige offene Aufgaben setzen, die insbesondere Kreativität und Problemlösefähigkeiten der Schüler fordern. Wissen abfragende Aufgaben passen dabei nicht in ihr Aufgabenbild, was die geringe Anzahl von lediglich vier Zählungen in beiden Werken deutlich unterstreicht.

Als deutlicher Ausreißer bei der Kategorisierung der Aufgaben unter dem Aspekt Schülerhandlungen präsentiert sich das Werk „EidM“. Als auffälligster Unterschied zu den Vergleichswerken fällt in dieser Hinsicht auf, dass das Aufgabenangebot keinerlei mathematisch-rechnerische Aufgaben darbietet. Die Tatsache, dass quantitative Betrachtungen keine Beachtung finden, wirkt sich offensichtlich auf den Charakter der grafisch-zeichnerischen Aufgaben aus, denn es handelt sich ausschließlich um graphische Bilder, in denen bestimmte Größen durch entsprechende Vektorpfeile dargestellt werden. Bei den Experimentieraufgaben lässt sich der extreme hohe Wert im „Ikarus“ darauf zurückführen, dass die Versuche nicht wie in den Vergleichswerken von den Aufgaben getrennt werden, sondern hier gemeinsam dargestellt werden.

Bei der Gestaltung der Aufgaben weisen alle Werke bis auf „Ikarus“ erkennbare Mängel auf. Den Aufgaben in den Werken „NuTDP“, „Netzwerk“ und „EidM“ fehlt es dabei insbesondere aufgrund sehr knapper Formulierungen und geringer Anzahl an hilfreichen Abbildungen oftmals an Vollständigkeit und Verständlichkeit, was letztlich dazu führt, dass Häufigkeit und Umfang der Aufgaben in keinem guten Verhältnis zueinander stehen. Dies zeigt sich etwa im „NuTDP“ daran, dass für die kompletten 72 Aufgaben lediglich acht Seiten in Anspruch genommen werden. Wenn man sich in dieser Hinsicht in Erinnerung ruft, dass beispielsweise das Werk „Ikarus“ zum Teil für ein Kapitel fünf Seiten heranzieht, werden die Unterschiede in der Ausführlichkeit der Darstellung sichtbar.

Die Abgrenzung der Aufgaben sowohl von den übrigen Strukturelementen als auch untereinander gelingt insgesamt betrachtet bis auf wenige Ausnahmen ganz gut, was insbesondere auf die Darstellung einzelner Aufgaben bzw. Teilaufgaben in numerischer bzw. alphabetischer Reihenfolge zurückzuführen ist. Besonders zu erwähnen ist in dieser Hinsicht das Werk „NuTC“ nicht nur aufgrund der vielen typographischen Mittel, Überschriften, deutlichen Abstände etc., sondern vor allem auch aufgrund der vorbildlichen Zuordnung Aufgabentext ↔ Abbildung. Jedoch muss bei diesem Werk die fehlende Stufung bzw. Kennzeichnung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad kritisiert werden, die zu einer Individualisierung im Sinne einer „Inneren Differenzierung“ beiträgt. Diese ist lediglich in den Werken „NuTDP“ und „Ikarus“ durch die deutliche Kennzeichnung vertiefender und weiterführender Aufgaben anhand entsprechender Symbole erkennbar. Im „Ikarus“ werden zusätzlich angesichts der Aufgabenvielfalt, die es unmöglich macht alle Aufgaben zu bearbeiten, so genannte „Pflichtaufgaben“ deutlich durch roten Text hervorgehoben.

Bei der Verwendung von Musteraufgaben zeigt sich in den Werken erneut ein unterschiedliches Bild. Während in den Werken „Impulse“ und „Ikarus“ und „EidM“ Musteraufgaben nahezu überhaupt keine Rolle spielen, werden im „Netzwerke“, „NuTC“ und „NuTDP“ viele Musteraufgaben herangezogen, die jedoch in der Art der Ausarbeitung und in der Gestaltung nicht zu vergleichen sind. Im Werk „Netzwerk“ handelt es sich dabei ausschließlich um Rechenaufgaben. Die Lösungen sind zumeist sehr knapp, unterteilt nach gegebenen und gesuchten Größen sowie anschließenden rechnerischen Lösungsschritten und abschließendem Antwortsatz. Hinweise oder Tipps zur Vorgehensweise oder sonstige Zusatzinformationen werden keine gegeben. Im „NuTC“ sind diese zwar auch rein quantitativ, jedoch sind sie nicht nur deutlicher gekennzeichnet, sondern zeigen auch durch vollständigere und gründlichere Lösungen den Erwartungshorizont der Aufgaben besser auf. Die Art der Musteraufgaben im „NuTDP“ unterscheidet sich von denen der Vergleichswerke in vielen Aspekten: Zum einen sind sie eher aufgebaut wie Lernaufgaben mit Lösungen, die um einiges ausführlicher als die Resultate sind, die von den Schülern erwartet werden können. Zum anderen werden auch experimentelle Aufgaben und vor allem qualitative Denkaufgaben gestellt, deren ausführliche Lösungen zur Erarbeitung neuer Lerninhalte herangezogen werden.

Typische Lernaufgaben, die entsprechend den Vorstellungen Leisens aufgebaut sind und gewissermaßen in den Unterrichtsprozess zur gemeinsamen Erarbeitung neuer Stoffinhalte integriert sind, lassen sich nur in einem Fall, nämlich in einem in die Mechanik einführenden Forschungsvorhaben im Werk „Impulse“ finden. Die anderen Werke, wie etwa „Ikarus“ greifen nur zum Teil einzelne Ansätze auf, wie etwa die Forderung nach „offenen Aufgaben“.

Abschließend muss noch erwähnt werden, dass kein einziges der untersuchten Werke auch nur eine englischsprachige Aufgabe aufgreift und damit der Forderung nach bilingualer Bildung gerecht wird.

## **6) SCHÜLERVORSTELLUNGEN UND SACHSTRUKTUREN**

### **a) Generelle Aspekte zu Schülervorstellungen**

Schülerinnen und Schüler haben bestimmte Vorstellungen zu den im Unterricht behandelten Begriffen und Prinzipien entwickelt, die sich zum einen aus der sprachlichen Konfrontation mit diesen im Alltag, jedoch zumeist aus sinnlichen Erfahrungen, beim Umgang mit bestimmten Alltagsphänomenen ergeben. Diese vielen einstürmenden Sinneseindrücke werden durch das Denken erweitert, verändert, verknüpft und schließlich geordnet: „Die im Denken hergestellten Zusammenhänge und Gedanken werden dann für wahr gehalten, wenn sie mit vielen Eindrücken sinnvoll ergänzt werden können, also auf einem breiten und sicheren Fundament im Bereich der Sinneswahrnehmung ruhen.“<sup>651</sup> Diese tiefe Verankerung rührt daher, dass sich die Vorstellungen in bestimmten Alltagssituationen bestens bewährt und in der Umwelt des Schülers als hilfreich erwiesen haben. Die Bezeichnung „kontextabhängige Wahrheiten“<sup>652</sup> macht deutlich, dass diese Auffassungen zwar ausreichen, um alltägliche Erscheinungen zu erklären, jedoch zumeist in den wesentlichen Punkten nicht mit der tiefgründigeren physikalischen Denkweise übereinstimmen. Diese tief in Alltagserfahrungen verankerten Schülervorstellungen erlauben das Verstehen der physikalischen Begriffe und Prinzipien nicht so ohne Weiteres und führen deshalb automatisch zu Lernschwierigkeiten: „Lernen der Naturwissenschaften bedeutet für die Schülerinnen und Schüler in aller Regel, eine ganz neue Sichtweise zu erlernen. Sie müssen von einem Konzept (nämlich den Alltagsvorstellungen) zu einem neuen Konzept (der physikalischen Sichtweise) wechseln.“<sup>653</sup> Dabei ist man sich in der Didaktik einig, dass dieser Wechsel nur vom Schüler aktiv vollzogen werden kann und nur dann, wenn der Lehrer das Wissen auf der Basis der vorhandenen Vorstellungen aufbaut: „Der wichtigste Faktor beim Lernen ist, was der Lernende schon weiß – man berücksichtige dies und lehre entsprechend.“<sup>654</sup> Die Schülervorstellungen übernehmen deshalb beim Lernen gewissermaßen eine Doppelrolle: Sie sind einerseits Lernhemmnis, aber andererseits vor allem notwendiger Anknüpfungspunkt des Lernens: „Alltagsvorstellungen bestimmen das Lernen, weil man das Neue nur durch die Brille des bereits Bekannten ‚sehen‘ kann.“<sup>655</sup> Es ist deshalb nicht möglich und soll auch keinesfalls Ziel des Unterrichts sein die Schülervorstellungen konsequent zu eliminieren: „Auch der angehende Physiker wird weiterhin [...] sich in alltägli-

---

<sup>651</sup> [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 6]

<sup>652</sup> [Fischer, 1992, S. 64] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 6]

<sup>653</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 615]

<sup>654</sup> [Ausubel, 1968] zitiert nach [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 610]

<sup>655</sup> [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 605]

chen Gesprächen, in denen seine Partner in aller Regel Nichtphysiker sind, zweckmäßig der angemessenen Alltagssprache bedienen“<sup>656</sup> Stattdessen geht es vielmehr darum, die Schülerinnen und Schüler davon zu überzeugen, dass die naturwissenschaftlichen Sichtweisen in bestimmten Situationen angebrachter und hilfreicher sind als die vorunterrichtlichen Alltagsvorstellungen.

Für einen solchen „Konzeptwechsel“ geben Posner et al. folgende Bedingungen an:

1. Die Schüler müssen mit dem bereits verfügbaren Konzept in einer Situation unzufrieden sein.
2. Ein neues Konzept muss logisch verständlich sein. Es muss also minimal begriffen werden, wie Erfahrung mit dem neuen Konzept ausreichend strukturiert werden kann.
3. Ein neues Konzept muss intuitiv einleuchtend erscheinen.
4. Ein neues Konzept muss fruchtbar sein, das heißt, das Potential in sich tragen, auf neue Situationen erfolgreich ausgeweitet werden zu können.<sup>657</sup>

In der didaktischen Diskussion sind in den letzten Jahren viele Lernwege aufgetaucht, wie ein solcher Konzeptwechsel erreicht werden kann. Grundsätzlich unterscheidet man in dieser Hinsicht zwischen kontinuierlichen und diskontinuierlichen Lernstrategien: Bei den kontinuierlichen Wegen (Aufbaustrategien) versucht man schrittweise an bestehende Vorstellungen anzuknüpfen, das heißt sie zum Teil aufzunehmen und neu abzugrenzen, um letztlich einen „bruchlosen Übergang“ von der vorunterrichtlichen Vorstellung zur physikalischen Sicht zu erreichen. Eine spezielle Variante wäre etwa, dass man gerade den Schülern der Sekundarstufe I verständlich macht, dass sie mit ihren Vorstellungen durchaus etwas Richtiges meinen, dass man aber in der Physik anders darüber spricht. Beispielsweise beim einfachen elektrischen Stromkreis ist bei vielen Schülern die Vorstellung verankert, der Strom werde im elektrischen Gerät verbraucht, was zu der Auffassung führt, der Stromfluss in Rückleitung sei kleiner als in Hinleitung. Bei einer kontinuierlichen Herangehensweise könnte man an dieser Vorstellung anknüpfen und sie lediglich umdeuten. Das würde in diesem Fall bedeuten, dass man den Schülern deutlich macht, dass es nicht Strom ist, der „verbraucht“ (eigentlich umgewandelt) wird, sondern Energie. In ähnlicher Weise könnte man in der Mechanik im Falle des Kraftbegriffs die gängige Vorstellung der Schüler aufgreifen, es müsse immer eine Kraft in Bewegungsrichtung geben. Hierbei ist den Lernenden deutlich zu machen, dass sie zwar etwas Richtiges denken, die korrekte physikalische Bezeichnung dafür jedoch der Impuls ist.<sup>658</sup> Jung schlägt in dieser Hinsicht deshalb vor, den Schülern die physikalische Sichtweise nicht als die einzig richtige zu präsentieren, sondern als die in der Physik akzeptierte und bewährte: „Selbst wenn es nicht gelingt, den Lerner von der physikalischen Sichtweise zu überzeugen, und ihn dazu zu veranlassen, die Welt mit der ‚physikalischen Brille‘ zu sehen, kann doch

---

<sup>656</sup> [Hericks, 1993, S. 132] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 12]

<sup>657</sup> Vgl. [Posner et al., 1982] zitiert nach [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 615]

<sup>658</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 617]

erreicht werden – und darin mag sogar ein Lernerreiz liegen –, daß der Lerner probe- und vergleichsweise immer auch die physikalische Brille aufsetzt: Sie hat sich jedenfalls vielfältig bewährt. Wenn der Lerner am Ende seine Brille als ebenso gut, oder vielleicht sogar besser, beurteilt, sollte man sie ihm lassen, lernen soll er die physikalische als physikalische aber trotzdem.<sup>659</sup>

Bei der diskontinuierlichen Vorgehensweise konfrontiert man die Schüler bewusst mit der Unzulänglichkeit ihrer Fehlvorstellung, um sie in einen „kognitiven Konflikt“ zu bringen, der sie letztlich von der wissenschaftlichen Sichtweise überzeugen soll. Dabei gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Einerseits werden die Vorstellungen der Lernenden und die physikalischen Vorstellungen deutlich voneinander abgegrenzt. Andererseits zieht man die Voraussagen der Schüler zum Ausgang eines Experiments heran, um mithilfe des konträren tatsächlichen Ergebnisses einen kognitiven Konflikt zu erzeugen. Für Wiesner zeigen die Experimente häufig nicht deutlich genug die Diskrepanzen zwischen beiden Sichtweisen auf, was dazu führt, dass die Schüler den kognitiven Konflikt nicht so erfahren und vor allem nicht so auffassen wie er beabsichtigt ist.<sup>660</sup> Eine Untersuchung von Champagne, Gunstone und Klopfer macht in diesem Zusammenhang deutlich, dass der Erfolg einer Konfliktstrategie einschneidend von der Bereitschaft und der Fähigkeit der Schüler abhängt, diesen kognitiven Konflikt überhaupt zu erkennen. Dabei wurden Schüler der Mittelstufe und Schüler der High-School nach einer speziellen Konfliktstrategie unterrichtet, wobei sich herausstellte, dass letztgenannte davon deutlich mehr profitierten und vor allem ihre eigenen Denkweisen stärker reflektierten. Wodzinski führt den vergleichsweise geringen Erfolg der jüngeren Untersuchungsteilnehmer darauf zurück, dass bei ihnen „das Bedürfnis nach begrifflicher Konsistenz und metakognitive Fähigkeiten wie z.B. die Fähigkeit zur Selbstreflexion noch nicht so ausgeprägt sind wie bei den High-School-Studenten.“<sup>661</sup> Außerdem betont sie, dass den älteren Schülern die Unterrichtsinhalte (Kraft und Bewegung) als Schulwissen nicht neu waren, was zu einer stärkeren Motivation führt als der Konflikt mit den unreflektierten Alltagsvorstellungen, da sie entsprechendes Wissen nicht haben, obwohl sie den Stoff bereits gelernt haben. Dreyfus et al. machen darauf aufmerksam, dass die Anwendung von Konfliktstrategien sehr stark von affektiven Parametern beeinflusst wird und negative Folgen nach sich ziehen kann, wie Verlust von Selbstvertrauen oder ein negatives Selbstbild.<sup>662</sup>

Auch Jung hat sich bereits sehr früh gegen eine generelle Konfliktstrategie ausgesprochen: „Es kann nicht empfohlen werden, dass der Lehrer erst die Vorstellungen und Theorien erhebt, um sie dann im Laufe des Unterrichts induktiv bzw. experimentell zu widerlegen, um zugleich, oder danach, die ‚richtige‘ Vorstellung oder Theorie induktiv zu erzeugen. Eine ex-

---

<sup>659</sup> [Jung et al. 1981, S. 10] zitiert nach [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 29]

<sup>660</sup> Vgl. [Kircher, Physikdidaktik, 2009, S. 618]

<sup>661</sup> [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 27]

<sup>662</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 27-28]

perimentelle Widerlegung elaborierter ‚falscher‘ Vorstellungen ist nicht immer möglich und das schon aus Zeitgründen. Weder gibt es eine logisch zwingende Widerlegung, weil man stets auf den breiten Hintergrund vieler weiterer Annahmen ausweichen kann, wenn man das will, noch gibt es eine zwingende Herleitung von Theorien und Phänomenen. ‚Das Experiment entscheidet‘ ist zumindest eine zweifelhafte Maxime, wie wissenschaftstheoretische und historische Diskussionen der letzten Jahrzehnte gezeigt haben.<sup>663</sup>

## **b) Schülervorstellungen zur Mechanik**

Da die Mechanik sich mit Phänomenen und Begriffen beschäftigt, mit denen die Schüler im Alltag in der Regel häufiger in Kontakt treten, die also der Erfahrung der Schüler näher stehen als andere Teilgebiete der Physik, gibt es gerade zu diesem Teilgebiet besonders viele Schülervorstellungen: „Unsere Vorstellungen über Kraft und Bewegung beruhen auf physischen Empfindungen, und so unterscheiden wir natürlich zwischen dem Zustand der Bewegung und dem der Ruhe. Wir wissen, dass wir uns anstrengen müssen, um gegenüber unserer Umgebung in Bewegung zu bleiben, und deshalb sind wir tief in unserem Inneren davon überzeugt, dass eine Kraft nötig ist, um Bewegung aufrecht zu erhalten, und dass diese Bewegung in die Richtung der einwirkenden Kraft erfolgt. Physiker dagegen gehen davon aus, dass Kräfte nur zur Änderung einer Bewegung erforderlich sind – eine Vorstellung, die dem ‚Alltagsverständnis‘ total widerspricht.“<sup>664</sup>

In der heutigen Zeit lässt sich recht gut nachkonstruieren, welche inhaltspezifischen Vorstellungen oder sehr allgemeinen Rahmenvorstellungen spontan von den Schülern aktiviert werden und welche Vorstellungen letztlich nach dem Unterricht vorhanden sind. Das Forschungsgebiet „Schülervorstellungen“ gibt es erst seit den Siebziger Jahren in der Naturwissenschaftsdidaktik und ist somit noch eine relativ neue Forschungsrichtung. Nichtsdestotrotz findet man in der Bibliographie „Students’ and Teachers’ Conceptions and Science Education“ von Duit, die im März 2009 abgeschlossen wurde, unzählige englische und deutsche Einträge zu diesem Thema, d.h. Literaturhinweise auf Artikel über empirische Forschung und auf theoretische Veröffentlichungen. Dabei fällt insbesondere auf, dass die meisten Untersuchungen zu Schülervorstellungen mit Abstand im Gebiet Mechanik durchgeführt wurden.<sup>665</sup> Nachfolgende Analyse kann deshalb aus dieser Vielfalt nur eine begrenzte Zahl aufgreifen und stützt sich im Wesentlichen auf die Abhandlungen von Schüller<sup>666</sup>, Wilhelm<sup>667</sup>, Wiesner<sup>668</sup>

---

<sup>663</sup> [Jung et al., 1981, S. 9] zitiert nach [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 26]

<sup>664</sup> [Warren, 1979] zitiert nach [Hopf, Physikdidaktik als nutzerorientierte Grundlagenforschung, 2009, S. 3]

<sup>665</sup> Vgl. [www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/](http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/)

<sup>666</sup> Vgl. [Schüller, Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7, 2007]

<sup>667</sup> Vgl. [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005]

<sup>668</sup> Vgl. [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994]

und Wodzinski<sup>669</sup>. Im folgenden Abschnitt werden verbreitete Vorstellungen und Lernschwierigkeiten zu den kinematischen Grundbegriffen und zum Begriff „Kraft“ dargestellt. Nicht betrachtet werden der gesamte Bereich der Statik sowie Rotationsbewegungen und die damit verbundenen Probleme mit der Zentripetalkraft.

### **i) Schülervorstellungen zum Begriff „Geschwindigkeit“**

Während die deutsche Umgangssprache lediglich den Ausdruck „Geschwindigkeit“ kennt, werden im Englischen auch im Alltag durch die Bezeichnungen „velocity“ und „speed“ die Begriffe Geschwindigkeit und ihr Betrag deutlich voneinander abgegrenzt. Schüler der 7. Jahrgangsstufe haben zwar bereits eine intuitive Empfindung für Geschwindigkeit. Diese reduziert jedoch den Begriff lediglich auf eine skalare Größe, das heißt nur der Betrag der Geschwindigkeit wird berücksichtigt, den man mit Schnelligkeit bzw. Tempo bezeichnen können. Der physikalische Geschwindigkeitsbegriff ist dagegen definiert als die zeitliche Ableitung des Ortes und damit eine vektorielle, also gerichtete Größe. Der Begriff „Richtung“ wird im Unterricht zu wenig thematisiert, so dass letztlich kein physikalisches Verständnis aufgebaut werden kann. Beispielsweise spricht man umgangssprachlich häufig bei einer Bewegung zweier Körper auf das gleiche Ziel zu von einer Bewegung in die gleiche Richtung, unabhängig davon, von wo aus sich die Körper diesem Ziel nähern. Physikalisch betrachtet dagegen haben zwei Körper nur dann die gleiche Richtung, wenn ihre Geschwindigkeitsvektoren in die gleiche Richtung zeigen.<sup>670</sup> Dies bedeutet, dass sich bei eindimensionalen Bewegungen der Richtungscharakter der Geschwindigkeit im Vorzeichen bemerkbar macht. Die Vorstellung von negativen Geschwindigkeiten bei Bewegungen in negative Koordinatenrichtung trifft bei Schülern zumeist auf Unverständnis. Die Vernachlässigung des Richtungscharakters wird aber auch dadurch verstärkt, dass die Schüler im Anfangsunterricht bzw. im Mathematikunterricht die vereinfachte Darstellung  $v = s/t$  so fest verankern, dass ihnen zum Teil nicht klar wird bzw. nicht deutlich genug aufgezeigt wird, dass diese nur für eindimensionale Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit ohne Anfangsort gilt: „Die Schüler meinen aus dem Alltagsgebrauch bereits zu wissen, was Geschwindigkeit ist und im Unterricht nur die entsprechenden Formeln dazu lernen zu müssen. So wird auch die Richtung nur der ‚eigentlichen‘ Geschwindigkeit, die für die Schüler die Schnelligkeit ist, hinzugefügt, ohne dass Schnelligkeit und Richtung zu einer neuen Größe verschmelzen.“<sup>671</sup>

Im Dynamikunterricht spielt diese Unterscheidung jedoch eine entscheidende Rolle, denn auf einen Körper wirkt genau dann eine Kraft, wenn er seine Geschwindigkeit ändert, also seinen Betrag oder seine Richtung. Schüler, die die Geschwindigkeit nach ihrer Sichtweise interpretieren, kommen fast unvermeidlich zu der Fehlvorstellung, dass auf einer Kreisbahn mit kon-

---

<sup>669</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996]

<sup>670</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 7]

<sup>671</sup> [Schecker, 1985, S. 254] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 14]

stanter Geschwindigkeit keine Kraft wirken muss. Um diese Vorstellung zu korrigieren, ist es angebracht, von Anfang an den Geschwindigkeitsbetrag als Schnelligkeit oder Tempo zu bezeichnen, um später diesen Begriff zusammen mit der Richtung zur eigentlichen Geschwindigkeit zu verschmelzen. Entsprechende vektorartige Formelzeichen sollen nicht im Vordergrund stehen. Stattdessen soll bei den Schülern die bildliche Assoziation zwischen Geschwindigkeit und Pfeil entstehen, der immer in Bewegungsrichtung zeigt und je nach Tempo seine Länge variiert.<sup>672</sup>

Ein weiteres Missverständnis entsteht oftmals bei der Betrachtung von Kreisbewegungen, da man im Alltag manchmal von einer unveränderten Richtung spricht und lediglich zwischen „links herum“ und „rechts herum“ unterscheidet. Die Bewegungsrichtung (und damit auch die Geschwindigkeit) ändert sich jedoch aus physikalischer Sicht fortwährend, da hier die momentane Bewegung betrachtet wird und nicht wie in der Alltagsvorstellung der Bewegungsablauf als Ganzes. Schülerinnen und Schüler neigen in dieser Hinsicht zu ganzheitlichen Bewegungsbeschreibungen, sie kennen schnelle Bewegungen, kreisförmige Bewegungen etc., jedoch dauernde Bewegungsänderungen wie etwa bei der Kreisbewegung sind dem Alltagsdenken eher fremd. Die geläufigen Kategorisierungen von Bewegungsabläufen zum Beispiel in gleichförmige Bewegungen, gleichmäßig beschleunigte Bewegungen, lineare Bewegungen und Kreisbewegungen tragen eher zu dieser ganzheitlichen Sichtweise von Bewegungsmustern bei, als dass sie die dynamische Betrachtungsweise mit Hauptaugenmerk auf momentane Bewegungsänderungen unterstreicht.<sup>673</sup> Eine deutliche stärkere Differenzierung zwischen den Punktgrößen Ort und Zeit(punkt) und den Intervallgrößen Weg und Zeit(dauer) würde sicherlich dazu beitragen, diesen wichtigen Unterschied zwischen der Durchschnittsgeschwindigkeit und der Momentangeschwindigkeit offensichtlicher hervorzuheben.

## ii) Schülervorstellungen zum Begriff „Beschleunigung“

Wie bereits erwähnt spielen als Folge der ganzheitlichen Betrachtungsweise von Bewegungsmustern, die Bewegungsänderungen in den Köpfen der Schüler eine deutlich geringere Rolle als die generelle Beschreibung von Bewegungen. Das führt dazu, dass die Schüler sich unter dem Begriff Beschleunigung intuitiv nicht so viel vorstellen können, wie etwa unter dem Begriff Geschwindigkeit. Wiesner führt diese Lernschwierigkeit auf das fehlende Wahrnehmungsvermögen des Menschen für Beschleunigung zurück. Interessant in dieser Hinsicht ist die Hypothese von Holland, der diesen Mangel evolutionären Gründen zuschreibt, weil es angeblich für die Menschen früher von größerer Bedeutung war, wie schnell sich der Feind bewegte, als die Art und Weise wie er beschleunigte.<sup>674</sup> Es lässt sich erkennen, dass Beschleunigung ein komplexer Begriff ist, was unter anderem auch auf die Definition der Beschleunigung als zweite Ableitung des Ortes nach der Zeit - als Veränderung der Veränderung

<sup>672</sup> Vgl. [Schüller, Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7, 2007, S. 7]

<sup>673</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 41]

<sup>674</sup> Vgl. [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 123]

des Ortes mit der Zeit – zurückzuführen. Deshalb wird er von den Schülern im Alltagsgebrauch oft mit dem Begriff Geschwindigkeit gleichgesetzt oder auf das „Schnellerwerden“, also eine Zunahme der Schnelligkeit, das heißt des Betrages der Geschwindigkeit, reduziert. Analog zur Geschwindigkeit wird der Richtungscharakter vernachlässigt, sprich Änderungen der Bewegungsrichtung gelten nicht als Beschleunigung. Hinzu kommt, dass Verzögerungen, also Verringerungen des Tempos nicht als (negative) Beschleunigungen aufgefasst werden. Stattdessen wird die Beschleunigung ausschließlich auf das Ergebnis der „Tempoverschärfung“ bezogen, statt auf den Prozess der Geschwindigkeitsänderung. Beispielsweise ist jedem Schüler bewusst, dass eine Zunahme des Geschwindigkeitsbetrages von 0 km/h auf 100 km/h eine Beschleunigung ist. Wegen dieses Differenzcharakters, den die Beschleunigung für viele Schüler hat, kann sich die Beschleunigung eines Körpers für diese jedoch nur auf einen Zeitraum und niemals auf einen Zeitpunkt beziehen: „Beschleunigung ist demnach keine auf den zeitlichen Verlauf des Vorgangs bezogene Größe, sondern eine Bilanzgröße, die aus dem Vergleich von Anfangs- und Endzustand ermittelt wird. Daher ist verständlich, dass mit einer großen Beschleunigung eher das Erreichen großer Endgeschwindigkeiten assoziiert wird als eine starke zeitliche Änderung, die auch bei kleinen Differenzen kleiner Absolutbeträge auftreten kann.“<sup>675</sup> Um diese Verständnisprobleme beim Beschleunigungsbegriff zu bewältigen, rät Schüller zunächst Vektor- und Quotienteneigenschaften getrennt zu betrachten. Dabei soll zunächst die Richtungsabhängigkeit ausdrücklich betont werden und die Geschwindigkeitsänderung  $\vec{v}_{\text{Ende}} - \vec{v}_{\text{Anfang}}$  durch einen Pfeil  $\Delta\vec{v} = \vec{v}_{\text{Ende}} - \vec{v}_{\text{Anfang}}$  beschrieben werden. Mit dieser „Zusatzgeschwindigkeit“, gewissermaßen als Hilfsgröße, soll der Schüler einen Pfeil assoziieren, der umso länger ist, je größer der Betrag der Geschwindigkeitsänderung ist und dessen Richtung deutlich macht, in welche Richtung diese Änderung erfolgt. Damit wird die Wichtigkeit des Richtungscharakters der Beschleunigung den Schülern auf anschauliche Art und Weise aufgezeigt, denn je nach Lage kann der Zusatzgeschwindigkeitspfeil den Geschwindigkeitspfeil verlängern, verkürzen oder drehen. Mit diesem Zwischenschritt und der Betonung der Richtungseigenschaft soll dann erst der zeitliche Verlauf betrachtet werden und somit ein umfassenderes Verständnis der Beschleunigung im physikalischen Sinne erreicht werden.<sup>676</sup> Das hier beschriebene Vorgehen zur Erarbeitung des Beschleunigungsbegriffs, das in den Ursprüngen auf Jung zurückgeht, wird bei der Analyse der gängigen Sachstrukturen zur Mechanik noch einmal aufgegriffen.

---

<sup>675</sup> [Schecker, 1985, S. 264] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 14-15]

<sup>676</sup> Vgl. [Schüller, Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7, 2007, S. 8-9]

### iii) Schülervorstellungen zum Begriff „Kraft“

„So übernehmen die Kräfte die Rolle scholastischer virtus, eine Art Geister, auf die man das Bewirken, das ja rätselhaft bleibt, schieben kann, gerade weil man sie nicht sieht und von ihnen eigentlich nichts weiß. [...] Die Anziehung des Nagels (vom Magneten), dass er in Bewegung gesetzt wird, muss eine Ursache haben, das muss einer machen. Kräfte sind die verdinglichten Ursachen und die postulierten Täter. Man muss sie erfinden und verdinglichen, weil der Magnet selbst, der ‚Gegenstand‘, so sichtbar passiv herumliegt. Der ist sicher nicht der Täter!“<sup>677</sup>

Die Schwierigkeiten, die Lernende mit dem Kraftbegriff haben, sind seit langem bekannt. Bereits 1979 beschrieb Warren in seinem Werk „Understanding Force“ einige grundlegende Probleme und Schwierigkeiten, mit denen sich Schüler und Studenten aufgrund ihrer falschen oder zumindest ungenauen Vorstellungen vom Newton’schen Kraftbegriff auseinandersetzen müssen. Seitdem hat es immer wieder didaktische Diskussionen gegeben, die zu einigen alternativen Vorschlägen zur Einführung des Kraftbegriffs geführt haben, die jedoch an Lernschwierigkeiten der Schüler und auch Studenten nur wenig geändert haben. Diese beruhen vor allem darauf, dass das Wort „Kraft“ auch in der Alltagssprache viel verwendet, häufig in ganz unterschiedlichen Zusammenhängen und mit stark variierenden Bedeutungen, die selbst dort, wo eine physikalische Interpretation nahe liegt, nur sehr wenig mit dem physikalischen Kraftbegriff zu tun haben: „‚Kraft‘ ist dabei nur ein sprachliches Zeichen für den Clusterbegriff Energie/Kraft/Schwung/Wucht/Stärke/Gewalt usw.: es sind verschiedene Namen, die den gleichen Clusterbegriff beschreiben. [...] Es ist nicht so, dass der Schüler das eine Wort ‚Kraft‘ für verschiedene Begriffe verwendet, die er inhaltlich trennen kann, oder dass er nur die Begriffe wie Vokabeln verwechselt; vielmehr sieht er keinen Unterschied zwischen diesen Begriffen.“<sup>678</sup> Der Bedeutungsinhalt vom Kraftbegriff im Alltag ist dagegen deutlich näher beim physikalischen Energiebegriff angesiedelt, denn Kräfte werden als Eigenschaften von Körpern gesehen und nicht im physikalischen Verständnis als formale Größe zur Beschreibung von Wechselwirkungen aufgefasst: „Alle mechanischen Vorgänge (In-Bewegung-Setzen, Bewegung, Bewegungsänderung, Verformung) erfolgen unter dem Einfluss von Kräften. Körper können Kraft haben, Kraft ausüben, eine Kraft erfahren, Kraft speichern, Kraft verbrauchen usw. Kräfte sind die bestimmenden Antriebe für alle Veränderungen in den Konfigurationen der materiellen Dinge.“<sup>679</sup> Kräfte sind also in das Aktivitätsschema eingeordnet, werden also gewissermaßen als Kennzeichen von Aktivität gesehen und deshalb im Allgemeinen nur bewegten Körpern zugeschrieben und zwar umso mehr, je schneller dieser sich bewegt: „Wechselwirkungspartner, denen nach Alltagsverständnis keine Aktivität zuge-

<sup>677</sup> [Jung, Verständnisschwierigkeiten beim physikalischen Kraftbegriff, 1981, S. 85]

<sup>678</sup> [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 17-18]

<sup>679</sup> [Schecker, 1985, S. 270] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 17]

schrieben wird, können auch keine Kräfte ausüben. Wird ein Ball an der Wand reflektiert, dann übt für die meisten Befragten die Wand keine Kraft aus.“<sup>680</sup> Schüler haben also die Vorstellung von Kraft als etwas Substanzartigem, das sich übertragen lässt, gewissermaßen im Sinne von Kraftstoßfähigkeit, wie Jung betont: „Die Vorstellung von Kraft als eigener Entität, die von ‚Kraftverursachern‘ ausgeht und dann als ‚eigenständig‘ Bewegungen verändert und Körper verformt, liegt hier sehr nahe. Meiner Ansicht nach lassen sich eine Reihe von Lernschwierigkeiten vermeiden, wenn man auf die Kategorisierung von Kräften als Ursachen prinzipiell verzichtet. Dies hat außerdem zur Folge, daß die Blickrichtung der Schülerinnen und Schüler sich weniger auf die ‚unsichtbaren‘ Kräfte konzentriert, als vielmehr auf die real beobachtbaren Wechselwirkungen.“<sup>681</sup> Aus diesem Grund rät Wodzinski von einem Ursache-Wirkungs-Denken und entsprechenden Formulierungen von „Kraft als Ursache von Bewegungsänderungen“ oder „wirkenden Kräften“ ab und bevorzugt diese konsequent durch Formulierungen wie „ein Körper übt auf den anderen eine Kraft aus“ zu ersetzen. Diese Sätze machen deutlich, dass mit dem physikalischen Kraftbegriff nicht eine Eigenschaft eines Körpers beschrieben wird, sondern dass er eine symmetrische Beziehung zwischen zwei gleichberechtigten Wechselwirkungspartnern zum Ausdruck bringt. Der Kraftbegriff dient von Anfang an lediglich zur Beschreibung des Umstandes, dass zwei Körper aufeinander einwirken. Kraft selbst wird dadurch keine handelnde Rolle und auch keine Ursachenbedeutung zugeschrieben.<sup>682</sup> Insofern kann das dritte Newton'sche Axiom als konstitutiv für die physikalischen Kraftbegriff angesehen werden, da es die Wechselwirkung von zwei Körpern in den Mittelpunkt rückt und damit den physikalischen Kraftbegriff von Beginn an deutlich gegen den Alltagsbegriff abgrenzt. Viele Schüler werden dabei insbesondere durch ungeschickte Formulierungen wie „actio gleich reactio“ oder „Kraft gleich Gegenkraft“ in der Ansicht gestärkt, dass die Wechselwirkungskräfte am gleichen Körper angreifen: „Die 'Gegenkraft' wird von einem Körper als passiver Widerstand gegen eine von außen einwirkende Kraft mobilisiert.“<sup>683</sup> Zudem neigen die Schüler dazu, die Kraft in eine zeitliche Reihenfolge von aktiver Ursache und passiver Wirkung einzuteilen, wodurch eine Unsymmetrie suggeriert wird, die dem physikalischen Kraftbegriff nicht eigen ist. Den Umfang der Schwierigkeiten mit dem Wechselwirkungsgesetz machen beispielsweise die Ergebnisse einer Analyse von Steinberg, Brown & Clement aus dem Jahre 1990 deutlich, bei der nur 5 % der Studenten erkannten, dass beim Bowlingwurf, die Kraft auf Kugel und Kegel gleich groß sind.<sup>684</sup>

Bao et al. untersuchten in dieser Hinsicht bei Problemlöseaufgaben von welchen Merkmalen die Antworten von Studenten nach entsprechendem Unterricht abhängen: Sie kamen dabei zu

---

<sup>680</sup> [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 123]

<sup>681</sup> [Jung, 1981, S. 191] zitiert nach [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 50]

<sup>682</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 43]

<sup>683</sup> [Schecker, 1985, S. 311] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 20]

<sup>684</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 45]

dem Resultat, dass sich zu einem großen Teil die falschen Antworten auf stabile Vorstellungen wie „Der schwere Körper übt eine größere Kraft aus.“ und „Der schnellere Körper übt eine größere Kraft aus.“ zurückführen lassen. Abhängig vom Unterricht wird auch häufig die Ansicht gestärkt „Der Aktive übt die größere Kraft aus.“, wobei hier aber auch die Erfahrung eine Rolle spielen kann, dass der Stoßende ebenso gestoßen wird.<sup>685</sup>

Damit eng verknüpft ist die weit verbreitete Vorstellung, dass auf einen Körper, der sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, eine Antriebskraft in Bewegungsrichtung wirken müsse, um Bewegungswiderstände und Trägheitskräfte zu überwinden und gewissermaßen die Bewegung aufrechtzuerhalten. Hericks spricht in diesem Zusammenhang von der „Kraft (bzw. Energie) zum Bewegen“.<sup>686</sup> Denn viele Schüler neigen zu einer Schwellenvorstellung, nach der sich ein Körper erst dann bewegt, wenn die einwirkende Kraft größer als die Trägheitskraft ist, die nach deren Ansicht entgegenwirkt und die gesamte äußere Kraft verringert.<sup>687</sup> In diesem Zusammenhang zeigt sich auch, dass Schüler die Addition von Kräften gewissermaßen als eine Art „Wettstreit“ sehen, bei dem einer gewinnt und dabei den anderen neutralisiert. Jung nennt diese Art der Schüleransichten „Gewinnvorstellung“ und betrachtet sie als Teilaspekt der so genannten „Überwindungsvorstellungen“, die er als einer der Hauptgründe von Lernschwierigkeiten in der Mechanik ausmacht.<sup>688</sup>

Bei der Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Kraft und Geschwindigkeit bzw. Bewegung allgemein, wird die Kraft dabei in aller Regel nur mit der Endgeschwindigkeit, also dem Produkt der Einwirkung in Verbindung gebracht. Ein hohes Tempo lässt darauf schließen, dass eine große Kraft vorhanden sein muss. Der Zeitaspekt wird dabei zumeist genauso vernachlässigt wie der Einfluss der Anfangsbewegung vor der Einwirkung, wie Untersuchungen von Mc Closkey (1983) und Jung et al. (1981) zum senkrechten Stoß deutlich aufzeigen. Diese ergaben, dass nach Ansicht des Großteils der Schüler und Studenten allein die Kraft die Bewegung des Körpers am Ende festlegt.<sup>689</sup>

Daraus resultiert letztlich auch die Fehlvorstellung, dass Ruhe und Bewegung wesensmäßig total verschieden sind: „Denn unsere Erfahrungen in einer Welt in der stets Reibungskräfte wirken, führen zu der Ansicht, dass das ‚Zur-Ruhe-Kommen‘ eine natürliche Eigenschaft von Körpern ist. Diese Denkweise zu überwinden, ist ein entscheidender, schwerer Schritt auf dem Weg zur Newtonschen Mechanik, in der gleichförmige Bewegung und Ruhe nur vom Bezugssystem abhängen und deshalb nicht fundamental verschieden sind.“<sup>690</sup>

---

<sup>685</sup> Vgl. [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 19]

<sup>686</sup> [Hericks, 1993, S. 131] zitiert nach [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005, S. 19]

<sup>687</sup> Vgl. [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 123]

<sup>688</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 39-40]

<sup>689</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 44]

<sup>690</sup> [Schüller, Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7, 2007, S. 11]

### c) Generelle Aspekte zur Sachstruktur

Die Physikdidaktik ist eine relativ junge, interdisziplinäre Wissenschaft, die sowohl fachlich-physikalische Inhalte und als auch pädagogisch psychologische Aspekte des Lehrens und Lernens von Physik in gleichen Maßen berücksichtigen sollte. Bis in die 70er Jahre war die Physikdidaktik eng am Fach und seinen Inhalten orientiert und zu einer so genannten „Stoffdidaktik“ reduziert: „Diese Stoffdidaktik ging mit einer Transportvorstellung vom Lehren und Lernen einher, in der der ‚Stoff‘ metaphorisch direkt vom Lehrer zum Schüler übertragen wird. In dieser Sichtweise des Lehrens und Lernens reduzierte sich die Qualität der Erklärung auf ihre physikalisch-fachliche Richtigkeit. Als Schülervariable entschied über den Lernerfolg allenfalls das ‚geistige Verarbeitungspotenzial‘.“<sup>691</sup> Die Unterrichtsforschung der letzten Jahre und ihre fachdidaktisch orientierten Zweige haben eine Reihe wichtiger Faktoren oder Variablen für gelingenden Unterricht identifiziert: „Die ‚Stofflehrpläne‘ haben sich zu ‚Bildungsplänen‘ entwickelt, deren Schwerpunkt heute allerdings immer noch auf der Vermittlung fachimmanenter Inhalte liegt.“<sup>692</sup> Die Fachstruktur wird dabei als so umfassend aufgefasst, „dass sie für den Physikunterricht als ‚Ideengeber‘ oder ‚Wegweiser‘ verstanden werden kann, aber keinesfalls als vollständiger systematischer Lehrgang für den Physikunterricht geeignet ist.“<sup>693</sup> Stattdessen wurde nicht länger ignoriert, „dass der ‚Stoff‘ von den Lernenden verarbeitet und in ihre je eigenen Wissensstrukturen, den genannten Schülervorstellungen, integriert werden muss.“<sup>694</sup> Diese Einsicht wurde von der Physikdidaktik mit dem konstruktivistischen Paradigma anerkannt, nach dem der Lernerfolg nur dann erzielt werden kann, wenn die Schülervorstellungen der Lernenden beim Lernprozess Berücksichtigung finden. Mit dem konstruktivistischen Paradigma traten zudem andere „nicht-fachliche“ Variablen in den Vordergrund, wie etwa die Frage nach dem Schülerinteresse und schülergemäßen Themenkontexten.<sup>695</sup> Dieses Inhaltsangebot im Zusammenhang mit dem „Vernetzungsangebot der Inhalte“ macht letztlich den komplexen Begriff „Sachstruktur“ aus, der nun im Folgenden näher analysiert werden soll:

„Unter Sachstruktur verstehen wir eine durch Begriffe und deren Relationen (Urteile) erschlossene Struktur von Sachen (Objekten) und deren Zusammenhänge (Sachverhalten).“<sup>696</sup>

Diese formale, statische Definition beschreibt den Kern sachstruktureller Merkmale und macht deutlich, dass sich der Begriff „Sachstruktur“ grundsätzlich aus zwei Anteilen zusammenfügt: Es geht also einerseits um die Sache, also gewissermaßen den Stoff (Inhalt). Auf den Physikunterricht bezogen sind in dieser Hinsicht einerseits physikalische Begriffe und

---

<sup>691</sup> [Staraushek, Hat die physikalische Sachstruktur einen Einfluss auf das Lernen von Physik?, 2009, S. 5]

<sup>692</sup> [Bleichroth et al. 1999] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 91]

<sup>693</sup> [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 53]

<sup>694</sup> [Staraushek, Hat die physikalische Sachstruktur einen Einfluss auf das Lernen von Physik?, 2009, S. 5]

<sup>695</sup> Vgl. [Staraushek, Hat die physikalische Sachstruktur einen Einfluss auf das Lernen von Physik?, 2009, S. 5]

<sup>696</sup> [Niederer, 1974, S.5] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 53]

Gesetze gemeint, andererseits aber auch Aspekte, die über diese Sichtweise hinausgehen, wie etwa die historische Entwicklung, technische Anwendungen und deren gesellschaftliche Bedeutung: „Somit beschreibt der Anteil der ‚Sache‘ nicht allein die fachwissenschaftlich beschriebenen Begriffe und Konzepte, sondern bindet die Legitimation der Bestimmung und Beschreibung der Inhalte mit ein.“<sup>697</sup> Die Kennzeichnung „Struktur“ macht darüber hinaus deutlich, dass auch die Beziehungen zwischen diesen Begriffen, Regeln und weiteren Inhalten berücksichtigt werden müssen.<sup>698</sup>

Im Physikunterricht wird der so umschriebene Begriff „Sachstruktur“ lediglich auf die „Sachstruktur der Wissenschaft Physik“ bezogen, das bedeutet auf elementare sachliche Inhalte reduziert, wie sie etwa in Lehrbüchern niedergeschrieben sind, beispielsweise auf die Maxwellsche Theorie bei der Betrachtung des elektrischen Stromkreis. In der Literatur wird deshalb in Hinblick auf den Unterricht und dessen Planung Wert darauf gelegt den Unterschied des Begriffes der „Sachstruktur für den Physikunterricht“ vom Begriff der „Sachstruktur der Wissenschaft Physik“ zu verdeutlichen und beide Begriffe voneinander abzugrenzen, wie nachfolgende Definition deutlich macht: „Unter dem Begriff Sachstruktur für den Physikunterricht wird die sachliche, unter logischen und systematischen Gesichtspunkten gegliederte Struktur der fachlichen Inhalte verstanden. Diese fachlichen Inhalte beziehen sich sowohl auf Begriffe, Konzepte, Modelle und Prinzipien als auch auf die Methoden, Denk- und Arbeitsweisen und die Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. Historische, technische und gesellschaftliche Aspekte der fachlichen Inhalte müssen ebenso berücksichtigt werden.“<sup>699</sup>

Aus dieser Definition wird deutlich, dass die Sachstruktur für den Physikunterricht deutlich mehr umfasst als eine reduzierte Sachstruktur der Wissenschaft Physik. Zum einen werden neue Inhaltsbereiche, wie zum Beispiel die Bedeutung der Physik für die Erklärung von Umweltsituationen bzw. technischen Gerätschaften oder ihre Bedeutung im gesellschaftlichen Raum mit unter den Begriff der Sachstruktur für den Physikunterricht gefasst. Auch veränderte Aspekte wie Denk- und Arbeitsweisen der Wissenschaft Physik und fächerüberschreitende Gesichtspunkte sollen als gleichberechtigte Inhalte neben die fachlich-physikalischen Inhalte treten. Zum anderen können die Sachstrukturen der Wissenschaft im Physikunterricht nicht unverändert vermittelt werden. Es sind deshalb Vereinfachungen, so genannte Elementarisierungen nötig, um diese in die Sachstrukturen des Physikunterrichts überzuführen.<sup>700</sup> „Ohne diese Elementarisierung ist eine Sachstruktur der Physik ein Gebilde von Worthülsen, die der Lernende nur schwer durchblickt und die er sich nur schwer zu eigen machen kann.“<sup>701</sup> Duit bezieht sich dabei auf die Ausführungen von Jung, der sieben Arten der fachlichen Vereinfachungen

---

<sup>697</sup> [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 56]

<sup>698</sup> Vgl. [Duit, Unterricht Physik, 1981, S. 36]

<sup>699</sup> [Reinhold, 2006] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 53]

<sup>700</sup> Vgl. [Duit, Unterricht Physik, 1981, S. 36-37]

<sup>701</sup> [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 57]

chungen unterscheidet, die wichtige didaktische Reduktionen von Sachstrukturen der Wissenschaft kennzeichnen. Jung geht dabei von der These aus, dass die wissenschaftliche Sachanalyse selbst immer eine Vereinfachung ist, so dass jede Art der Vereinfachung nicht nur beim Vermittlungsprozess, sondern auch beim Erkenntnisprozess selbst eine Rolle spielt.<sup>702</sup> Damit ließen sich aber die unterschiedlichen Arten der Vereinfachung ohne weiteres von der Absicht ablösen, eine Sachstruktur für den Physikunterricht zu planen, was zu der Kritik führte, da „die didaktische Reduktion ohne Vermittlung zwischen Sachstruktur und Lernstruktur der Schülerinnen und Schüler keinen Sinn machen würde.“<sup>703</sup> Das „Prinzip der didaktischen Elementarisierung“ im Umgang mit Sachstrukturen für den Unterricht wird nach den PISA-Ergebnissen immer häufiger in Frage gestellt, da oftmals Elementarisierung als „Weglassen“ einzelner Fachbegriffe bzw. ganzer Themenbereiche verstanden wird, so dass die vereinfachten Inhalte nicht nur ihre fachliche Relevanz verlieren, sondern auch von den Schülern missverstanden werden. Für Reinhold reicht deshalb die didaktische Reduktion nicht aus, um eine Sachstruktur für den Physikunterricht zu entwerfen: „Die Inhalte des Physikunterrichts lassen sich nicht allein dadurch bestimmen, dass man sich auf Physik als Wissensbestand, Methode oder Denkgebäude bezieht. Vielmehr sind Überlegungen zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit einzubeziehen.“<sup>704</sup> Die Elementarisierung von Sachverhalten wird dabei von verschiedenen Aspekten begleitet: „Die Auswahl der relevanten Inhalte, das Bestimmen des Elementaren, die Zerlegung in methodische Schritte und die (empirische) Erprobung im Unterricht.“<sup>705</sup> Dabei muss die Sachstruktur des Physikunterrichts an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (Vorstellungen, Interessen, Einstellungen) angepasst werden, darf aber dabei nicht die Ziele des Physikunterrichts aus den Augen verlieren.<sup>706</sup> Reinholds Ansichten decken sich mit den Vorstellungen Labuddes, der die Bedeutung der Sachstruktur für den Unterricht dadurch hervorhebt, dass er neben dem fachlichen Rahmen auf einen weiteren Rahmen verweist, der für die Unterrichtsvorbereitung und -durchführung von entscheidender Bedeutung ist: „Physikalische Inhalte, ihre Bedeutung für Wissenschaft und Allgemeinbildung spannen den fachlichen Rahmen für Unterrichtsvorbereitung und -durchführung auf. Den zweiten Rahmen bilden Vorwissen, Lernprozesse und Lernschwierigkeiten der Jugendlichen. Beide sind wichtig und gleichermaßen zu berücksichtigen. Die Fachdidaktik spricht hier von didaktischer Rekonstruktion der physikalischen Sachstruktur.“<sup>707</sup> Das „Modell der didaktischen Rekonstruktion“ hilft zum einen Lehrerinnen und Lehrern bei der Unterrichtsplanung und dient zum anderen als theoretisches Rahmenmodell für fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. Bei der Didaktischen Rekonstruktion „werden fachliche Vorstellungen, wie sie in Lehrbüchern und anderen wissenschaftlichen

<sup>702</sup> Vgl. [Jung, 1972] zitiert nach [Duit, Unterricht Physik, 1981, S. 38-42]

<sup>703</sup> [Jank & Meyer, 1997, S. 81] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 61]

<sup>704</sup> [Reinhold, 2006] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 61]

<sup>705</sup> [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 62]

<sup>706</sup> Vgl. [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 62]

<sup>707</sup> [Labudde, 2001, S. 2] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 1]

Quellen Ausdruck finden, mit Schülerperspektiven so in Beziehung gesetzt, dass daraus ein Unterrichtsgegenstand entwickelt werden kann.“<sup>708</sup> Solche Theorien und Modelle bilden die Grundlage für empirische Studien zur allgemeinen Frage, was eigentlich „guten“ Unterricht auszeichnet. Bezogen auf die Sachstruktur treten dabei immer wieder zwei Merkmale in den Vordergrund: Inhaltliche Klarheit und die Strukturierung des Unterrichts.<sup>709</sup> Duit und Wodzinski haben diese Merkmale dann auf den Physikunterricht abgebildet und um eine fachdidaktische Perspektive erweitert, mit dem Ziel sie hinsichtlich der Sachstruktur weiter auszudehnen.<sup>710</sup> Die eher statistische Auffassung des Begriffs „Sachstruktur“ in der Wissenschaft wird also insbesondere im Hinblick auf die Sachstrukturen für den Physikunterricht durch den Lehrenden, der diese verändert und adaptiert, zu einer dynamischen Auffassung ergänzt: „Die Lehrperson plant und strukturiert ihren Physikunterricht, indem sie elementare sachliche Inhalte festlegt und diese mit Hilfe sachstruktureller Elemente unter Berücksichtigung des Vorwissens und der Lernschwierigkeiten organisiert. Somit gestaltet die Lehrperson aktiv die Sachstruktur des Unterrichts.“<sup>711</sup> Dieser dynamische Zugang zum Begriff „Sachstruktur“ führt zu der Erkenntnis, dass nicht von der einen Sachstruktur gesprochen werden kann, sondern dass es individuelle an die Lehr- und Lernbedürfnisse angepasste Sachstrukturen gibt, die sich im Grundgedanken der „Vermittlung eines Verständnisses von Physik als Disziplin“<sup>712</sup> wieder vereinen.

#### **d) Sachstrukturen in der Mechanik**

„Jener Teil der Physik, welcher der älteste und einfachste ist und daher auch als Grundlage für das Verständnis vieler anderer Teile der Physik betrachtet wird, beschäftigt sich mit der Untersuchung der Bewegung und des Gleichgewichts der Massen. Er führt den Namen Mechanik.“<sup>713</sup>

Ob die Mechanik tatsächlich der einfachste Teilbereich der Physik ist, ist nicht nur unter fachdidaktischen Aspekten mehr als fraglich, denn sie ist seit Anfang der 70er Jahre der in der Fachdidaktik am intensivsten untersuchte Bereich der Physik, ergänzt durch eine parallel verlaufende langjährige Entwicklung und Evaluation von Unterrichtskonzepten.<sup>714</sup> Zahlreiche nationale und internationale Erhebungen haben gezeigt, dass der konventionelle Mechanikunterricht nahezu wirkungslos ist, da die meisten Schüler auch nach der Unterrichtung kein Verständnis für den newtonschen Kraftbegriff und keine richtige physikalische Vorstellung des

<sup>708</sup> [Kattman et al., 1997, S. 3] zitiert nach [Staruschek, Hat die physikalische Sachstruktur einen Einfluss auf das Lernen von Physik?, 2009, S. 6]

<sup>709</sup> Vgl. [Helmke, 2007; Meyer, 2005] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 63]

<sup>710</sup> Vgl. [Duit & Wodzinski, 2008] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 63]

<sup>711</sup> [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 241]

<sup>712</sup> [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 57]

<sup>713</sup> [Mach, 1883] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 18]

<sup>714</sup> Siehe [Wiesner, Dynamik in den Mechanikunterricht, 2010]

Beschleunigungsbegriffes erworben haben.<sup>715</sup> Die Gründe für die großen Lernschwierigkeiten in der Mechanik sind zahlreich: Ein nahe liegender Aspekt ist sicher der, dass – wie vermutlich jede Leserin und jeder Leser selbst erlebt hat – dieses Gebiet der Physik tatsächlich schwierig ist. Die Konzepte der Newtonschen Mechanik sind an vielen Stellen überaus kompliziert und oft wenig intuitiv zu nennen. Daneben ist ein weiterer Grund, dass Alltagsvorstellungen weitestgehend von Oberflächenmerkmalen bestimmt werden, die direkt betrachtet werden, während die physikalische Sichtweise Tiefenstrukturen prüft, die der Beobachtung nicht direkt zugänglich sind. Als weitere Ursache für die unbefriedigenden Unterrichtsergebnisse und die Lernschwierigkeiten in der Mechanik werden die unzureichenden Lernangebote des Physikunterrichts, sprich die ungeeigneten Sachstrukturen gesehen, die für Schülerinnen und Schüler zumeist schwer verständlich sind.<sup>716</sup> Mach zeigt die grundsätzlichen Inhalte auf, die in der Mechanik und somit auch im Physikunterricht eine entscheidende Rolle spielen, nämlich die Beschreibung von Bewegung und die Betrachtung von Körpern (Massen) im Gleichgewicht. Seine Ausführungen implizieren eine unterschiedliche physikalische Betrachtungsweise des Kraftbegriffs unter dem statischen und dem dynamischen Aspekt, was aus fachdidaktischer Sicht insbesondere beim Unterrichtseinstieg eine Rolle spielt: Der statische Kraftbegriff bezieht sich dabei auf den Fall, dass Kräfte auf ruhende Körper im Gleichgewicht sind. Deshalb rufen sie keine Bewegungsänderungen hervor, wohl aber Verformungen an Gegenständen. Der dynamische Kraftbegriff jedoch wird gerade über Bewegungsänderungen, also über Änderungen von Richtung oder Betrag der Geschwindigkeit definiert.<sup>717</sup>

Der bayerische Gymnasiallehrplan schrieb dabei bis in die 90er Jahre vor, in der 10. Jahrgangsstufe mit der Statik den Kraftbegriff einzuführen und dynamische Prozesse auf die 11. Jahrgangsstufe zu verlegen. Die Dynamik galt als sehr schwer, was durch die Entwicklungspsychologie bestätigt wurde. Der Lehrplan der 90er Jahre veränderte sich zwar in der Hinsicht, dass er für die 8. Jahrgangsstufe eine dynamische Einführung vorsah, die jedoch sehr kurz ausfiel, während das Hauptaugenmerk hier erneut auf die – zwar etwas reduzierte – Statik gelegt wurde. Der Schwerpunkt der Dynamik lag also nach wie vor in der 11. Jahrgangsstufe. Erst der Lehrplan für das bayerische achtjährige Gymnasium aus dem Jahre 2004 unterstützt die Entwicklung, die Newtonsche Mechanik früher und qualitativer zu unterrichten. Er fordert eine erste qualitative dynamische Einführung in die Mechanik bereits in der 7. Jahrgangsstufe und schreibt keine explizite Behandlung des statischen Kraftbegriffs mehr vor. Erst in der 9. Jahrgangsstufe sieht der Lehrplan quantitative Betrachtungen bei eindimensionalen Bewegungen anhand von Gleichungen und Diagrammen vor, die dann in der 10. Jahrgangsstufe bei zweidimensionalen Bewegungen vertieft werden.<sup>718</sup> Es zeigt sich also eine Verlagerung der Unterrichtsinhalte von der Statik zur Dynamik mit einem früheren quali-

---

<sup>715</sup> Vgl. [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005]

<sup>716</sup> Vgl. [Wilhelm, Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht, 2009]

<sup>717</sup> Vgl. [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 18-19]

<sup>718</sup> Vgl. [Wilhelm, Einführung in die Fachdidaktik I, 2010]

tativen Einstieg in die Mechanik Newtons, der durch dessen enormen „Bildungswert“ für Schülerinnen und Schüler mehr als gerechtfertigt ist: „Der Newtonsche Kraftbegriff ist [...] ein besonders gutes Beispiel dafür, wie aus Gründen der Einfachheit der Theorie aus dem Alltag stammende Begriffe in der Physik neu besetzt werden. An diesem Beispiel kann deshalb die Konstruiertheit von physikalischen Begriffsbildungen deutlich werden.“<sup>719</sup> Jedoch stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage; ob man gerade deshalb, weil die Newtonsche Sicht bei der Beobachtung von Phänomenen so deutlich von der Alltagssicht abweicht, mit Dynamikunterricht in der Sekundarstufe I den Lernschwierigkeiten in der Mechanik sinnvoll begegnen kann. Wodzinski sieht gerade darin die Chance, „deutlich zu machen, daß Physik wesentlich von einer bestimmten Sicht auf die Welt bestimmt wird. Physiker sehen die Welt anders. Und warum sie das tun, auch darauf kann man mit der Newtonschen Mechanik eine Antwort geben, nämlich indem man zeigt, dass wie sich aus dieser neuen Sicht heraus mit Hilfe von wenigen Kernaussagen eine Fülle von Anwendungen erschließen lassen.“<sup>720</sup> Sie will damit deutlich machen, dass es in der Sekundarstufe I nicht darum gehen kann eine möglichst umfassende und genaue Herleitung der Newtonschen Axiome zu liefern, sondern darum, die Grundideen des Perspektivwechsels von Alltagssicht zur physikalischen Sicht zu verdeutlichen. Somit schafft es die Newtonsche Mechanik vielleicht das zu realisieren, was Jung als die ideale Leistung von Physikunterricht bezeichnet, „daß die Art der Betrachtung von Ereignissen in der Welt verändert wird, zumindest, daß mehr Möglichkeiten verfügbar sind.“<sup>721</sup>

Lange Zeit jedoch wurde – durch den Lehrplan festgelegt – in die Mechanik eingeführt, indem man von statischen Kräften ausging und erst viel später zur Dynamik überging. Wodzinski stellte bei einer Schulbuchanalyse fest, dass der Unterricht in einem Schulbuch aus dem Jahre 1958 von der Statik mit ihren typischen Themen wie schiefe Ebene, Hebel, Gleichgewicht etc. bestimmt wird, während dynamische Aspekte wie Trägheit, Wechselwirkung, Reibung etc. nur in geringem Umfang, gewissermaßen als Anhang, Berücksichtigung fanden.<sup>722</sup>

Auch die Erläuterungen im „Handbuch des Physikunterrichts – Band1“ unterstreichen die damalige Dominanz des statischen Kraftbegriffs und machen deutlich, dass dynamische Kraftwirkungen entweder gar nicht oder nur in Abgrenzung zu den statischen Kraftwirkungen thematisiert wurden: „Die Einführung des Kraftbegriffs kann in der Sekundarstufe I nicht durch Behandlung der Newtonschen Mechanik erfolgen. Zwar wird bei der phänomenologischen Inhaltsbestimmung des Kraftbegriffs auch auf die dynamischen Kraftwirkungen eingegangen, diese werden aber – zumindest bei der ersten einführenden Behandlung des Kraftbegriffs – nicht auch quantitativ erfasst und zur Größendefinition der Kraft herangezogen. Die

---

<sup>719</sup> [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 52]

<sup>720</sup> [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 52]

<sup>721</sup> [Jung, 1983, S. 84] zitiert nach [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 52]

<sup>722</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 46]

Kraft wird vielmehr unter Bezugnahme auf die statischen Kraftwirkungen als Grundgröße eingeführt.<sup>723</sup>

Jedoch wurde die Kritik an dieser Vorgehensweise immer lauter und ist noch heute aktuell. Duit spricht von einer „verkürzten Darstellung des Kraftbegriffs“<sup>724</sup> und insbesondere Wiesner stellt fest, dass „die Dominanz der Statik im traditionellen Unterricht zu Vorstellungen führt bzw. solche Vorstellungen verstärkt, die das Lernen der Dynamik erschweren.“<sup>725</sup> Von diesen Lernschwierigkeiten sollen einige hier kurz zusammengefasst werden: In der Statik sind vor allem die am gleichen Körper angreifenden Kräfte von Interesse und ob sich diese in ihrer Wirkung gegenseitig kompensieren. In diesem Denkschema bietet sich die leicht fehlinterpretierbare Reaktionskraft als am gleichen Körper angreifende Gegenkraft geradezu an. Außerdem führt die Übertragung dieses Denkmusters auf die Dynamik häufig zur Vorstellung, dass Trägheit als eine Art Gegenkraft gesehen wird. Statistischem Denken entsprechend ist für die Mehrzahl der Schüler Kräftegleichgewicht gleichbedeutend mit einem Ruhezustand. Wird dieses Gleichgewicht gestört, bewegt sich der Körper ihrer Ansicht nach in Richtung der nun nicht mehr verschwindenden resultierenden Kraft. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt der Dynamik ist, dass die Auswirkung einer einwirkenden Kraft, also die Geschwindigkeitsänderung, entscheidend davon abhängt, wie lange die Kraft ausgeübt wird. Dieser wichtige Aspekt der Zeitdauer ist aus der Statik eliminiert.<sup>726</sup> Weiterhin muss beachtet werden, dass sich der statische Kraftbegriff (Kräftegleichgewicht) lediglich als Sonderfall des dynamischen Kraftbegriffs ergibt, nämlich genau für den Fall, dass die resultierende Kraft und die Geschwindigkeit gleich Null sind. Deshalb ist es schwierig von der Statik ausgehend durch Verallgemeinerungen zur Newtonschen Mechanik zu gelangen. Wiesner macht dies anhand einiger Beispiele deutlich. Zudem liefert er eine Reihe didaktischer Argumente, die für eine Einführung über den dynamischen Kraftbegriff sprechen, unter anderem die geringere Bedeutung der Statik im heutigen Alltag. Während einfache Maschinen und Kraftwandler bis in die 50er Jahre die Alltagserfahrungen der Menschen bestimmten und deshalb eine große Rolle spielten, ist die Statik aus heutiger Sicht ein weitgehend uninteressanter Spezialfall der Mechanik, der lediglich für einige Spezialisten (z.B. Bauingenieure) von Bedeutung ist und deshalb im Unterricht nicht mehr gerechtfertigt ist.<sup>727</sup>

Die dargebotenen Aspekte sowie die Einführung des neuen Lehrplans in Bayern führten letztlich dazu, dass sich in der Gegenwart im Physikunterricht der 7. Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasiums eine veränderte Sachstruktur etabliert hat. Diese führt anhand von nur eindimensionalen Bewegungen zügig die kinematischen Grundgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung ein, meist über den Quotienten aus Ortsänderung  $\Delta x$  bzw. Geschwindigkeits-

---

<sup>723</sup> [Langensiepen et al., 1990, S.109] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 19-20]

<sup>724</sup> [Duit, 1988] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 24]

<sup>725</sup> [Wiesner, Zum Einführungsunterricht in die Mechanik, 1994, S. 16]

<sup>726</sup> Vgl. [Wiesner, Zum Einführungsunterricht in die Mechanik, 1994, S. 16]

<sup>727</sup> Vgl. [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 125]

änderung  $\Delta v$  und dem zugehörigen Zeitintervall  $\Delta t$ . Diese so immens wichtigen Formeln werden kaum geübt und verinnerlicht. Stattdessen wird möglichst schnell zu den Newtonschen Axiomen übergegangen. Dadurch haben die Größen Beschleunigung bzw. Geschwindigkeit in der Vorstellung mancher Schüler Differenzcharakter, sind also gewissermaßen „Bilanzgrößen“, die sich aus dem Vergleich von Anfangs- und Endzustand ermitteln lassen. Die Bewegung eines Körpers kann sich in ihrer Sicht lediglich auf einen Zeitraum und niemals auf einen Zeitpunkt beziehen. Da ein entsprechender Grenzübergang  $\Delta t \rightarrow 0$  für die 7. Jahrgangsstufe mathematisch zu anspruchsvoll und zudem didaktisch ungeschickt wäre, da er nicht zu einem qualitativen Verständnis beitragen würde, wäre es trotzdem ratsam, deutlich darauf hinzuweisen, dass  $\Delta t$  nicht ausschließlich für die gesamte bewegte Zeit steht, sondern auch sehr kleine Zeitintervalle umfassen kann. Denn die ganzheitliche Sichtweise von Bewegungsmustern trägt einerseits dazu bei, dass die Schüler den zeitlichen Verlauf des Vorgangs, also momentane Bewegungsänderungen vernachlässigen. Andererseits wird auch mit einer großen Beschleunigung eher das Erreichen großer Endgeschwindigkeiten assoziiert als eine starke zeitliche Änderung, die auch bei kleinen Differenzen kleiner Absolutbeträge auftreten kann. Anstatt der so wichtigen allgemeingültigen Definitionen von Geschwindigkeit und Beschleunigung werden zum Teil als Elementarisierung lediglich die Formeln  $v = s/t$  bzw.  $a = v/t$  verwendet, ohne den Schülern deutlich aufzuzeigen, dass diese nur für den Spezialfall eindimensionaler Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung ohne Anfangsort bzw. Anfangsgeschwindigkeit gelten. Ziel ist es dabei möglichst schnell ein eindimensionales dynamisches Verständnis des Kraftbegriffs im Sinne von „Kraft als Ursache von Bewegungsänderungen“ aufzubauen, um sich intensiv der Newtonschen Axiomatik, beginnend mit dem Trägheitssatz, widmen zu können. Das zweite Newtonsche Axiom wird daraufhin in der Form  $F = m \cdot a$  dargestellt, bevor unmittelbar das Wechselwirkungsgesetz folgt. Im Anschluss werden dann statistische Betrachtungen anhand der Themen Kräfteaddition und -zerlegung, sowie Kraft und Verformung, meist am Beispiel des Gesetzes von Hooke, durchgeführt.

Leisen macht in dieser Hinsicht deutlich, dass auch beim kinematischen Einstieg der Blick auf die zentralen Begriffe der Mechanik ausgerichtet werden soll und das Thema Bewegung nicht ausschließlich unter kinematischen Gesichtspunkten betrachtet werden soll: „Wer das Verstehen von Begriffen zum Thema Bewegung angeht, muss von Anfang an die Begriffe der Kinematik und der Dynamik gleichzeitig mit im Blick und im Klassenraum haben.“<sup>728</sup> Er zeigt in dieser Hinsicht auch auf, dass es, insbesondere aufgrund der Fehlvorstellungen der Schüler zum Beschleunigungs- bzw. Kraftbegriff, von Vorteil sein kann, den Impulsbegriff in das Zentrum des Themas „Bewegungen“ zu stellen und die Kinematik von der Dynamik aus zu betrachten. Bisher wird der Impulsbegriff üblicherweise im Unterricht erst in der Sekundarstufe II behandelt.<sup>729</sup>

<sup>728</sup> [Leisen, Kinematik ohne Dynamik, 2004, S. 10]

<sup>729</sup> Vgl. [Leisen, Kinematik ohne Dynamik, 2004, S. 10-11]

In diesem Zusammenhang bietet es sich an, kurz die völlig abgeänderte Sachstruktur des Karlsruher Physikkurses vorzustellen, die nämlich genau den Impulsbegriff an den Anfang und in das Zentrum der Mechanik stellt und dementsprechend die Newtonsche Axiomatik radikal umformuliert. Die Kinematik wird nicht gesondert behandelt und reduziert sich auf die Betrachtung des Geschwindigkeits- und Zeitbegriffs, so dass sich die Mechanik als derjenige Teil der Physik charakterisieren lässt, der die mengenartige Größe Impuls und ihre Ströme beschreibt. Die Entwickler dieses Unterrichtskonzeptes definieren Kraft als Stärke eines Impulsstromes  $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$  (exakt:  $F = \dot{p}$ ), wobei Impuls weder erzeugt noch vernichtet werden kann.<sup>730</sup> Dabei wird das Hauptaugenmerk darauf gelegt, konsequent die in den Definitionen formulierten Begriffe Impuls bzw. Impulsstromstromstärke zu verwenden. Gerade deshalb, weil der „Karlsruher Physikkurs“ so deutlich vom üblichen Sprachgebrauch abweicht, ist er sowohl in der fachdidaktischen als auch in der fachwissenschaftlichen Diskussion umstritten.<sup>731</sup> Auch Duit weist darauf hin, dass das Unterrichtskonzept zwar manche Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Kraftbegriff auf geschickte Art und Weise löse, es aber eine Reihe neuer Probleme, insbesondere beim Verständnis erzeuge.<sup>732</sup>

An der gegenwärtigen Sachstruktur wird insbesondere kritisiert, dass die Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung eindimensional eingeführt werden, wofür in der Regel nur sehr wenig Unterrichtszeit verwendet wird. Dadurch wird unterstützt, dass viele Schüler den Geschwindigkeitsbegriff auf eine Betragsgröße reduzieren und somit den vektoriellen Charakter außer Acht lassen. Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias haben deshalb ein Mechanikkonzept für die 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums konzipiert, das schon bei der Einführung der Geschwindigkeit von zweidimensionalen Bewegungen ausgeht. Zentraler Aspekt ist dabei die Einführung der Geschwindigkeitsänderung als eigenständige Größe und die Verwendung der integralen Form der Newtonschen Bewegungsgleichung, so dass es möglich ist, dynamische Aspekte ohne Einführung des Beschleunigungsbegriffs zu betrachten.<sup>733</sup> Die Unterrichtskonzeption geht in ihren Ursprüngen auf einen Vorschlag von Jung aus dem Jahre 1980 zurück, der vor allem zweidimensionale Bewegungen betont und die beiden Begriffe Geschwindigkeit und Tempo unterscheidet: „Mit der Einführung des Geschwindigkeitspfeils, der die Bewegung zu jedem Zeitpunkt repräsentiert, wird das Erkennen von Bewegungsänderungen erheblich erleichtert, denn es kann auf die ‚sichtbare‘ Veränderung des Geschwindigkeitspfeils reduziert werden.“<sup>734</sup> Dabei wird auch darauf hingewiesen, im Unterricht Fälle zu betrachten, bei denen sich tatsächlich die Richtung der Geschwindigkeit ändert, wie beispielsweise eine Kurvenfahrt mit konstantem Tempo, um deutlich zu machen, dass eine Ge-

---

<sup>730</sup> Vgl. [Leisen, Kinematik ohne Dynamik, 2004, S. 11]

<sup>731</sup> Vgl. [Herzog, 2007] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 28]

<sup>732</sup> Vgl. [Duit, 1988] zitiert nach [Brückmann, Sachstrukturen im Physikunterricht, 2009, S. 30]

<sup>733</sup> [Wilhelm, Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht, 2009, S. 1]

<sup>734</sup> [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 55]

schwindigkeitsänderung nicht nur durch eine Tempoänderung erzielt werden kann. Untersuchungen von Jung, Reul und Schwedes belegen, dass der fachlich korrekte Geschwindigkeitsbegriff als nicht zu schwierig für die Mittelstufe erachtet werden kann, da bereits Grundschüler den vektoriellen Geschwindigkeitsbegriff lernen können: Dazu wurde ein qualitativer Kinematik-Dynamik-Unterricht mit einfachen Experimenten für die Jahrgangsstufen 3-6 konzipiert, der vorsah Bewegungsabläufe mit Schülern zu behandeln, bevor diese überhaupt beginnen ihre eigenen Erfahrungen aus dem Alltag selbst zu deuten. Im Zentrum stand dabei der Aufbau qualitativer Vorstellungen über den vektoriellen Zusammenhang von Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Die besten Unterrichtserfolge wurden dabei in der 4. Jahrgangsstufe erzielt, was deutlich macht, dass wenn der Mechanikunterricht zu spät einsetzt, er bereits gegen eigenständig aufgebaute Vorstellungen anarbeiten muss.<sup>735</sup> Diese Ergebnisse sind im Einklang mit den Resultaten aus dem Forschungsprogramm von Wilkening und Lamsfuß, die deutlich machen, dass die Misskonzepte bei Kindern nicht als Symptome altersspezifischer kognitiver Beschränkungen interpretiert werden dürfen: „Bereits das naive Wissen von Kindern im Vor- und Grundschulalter erweist sich als in hohem Maße aufgaben- und kontextabhängig und kann auf unterschiedlichen Repräsentationsebenen jeweils andere Formen annehmen.“<sup>736</sup> Aus diesem Konsens über die beträchtliche Leistungsfähigkeit jüngerer Kinder lässt sich folgern, dass es sich nach neuestem Forschungsstand nachteilig auswirkt, den Forderungen Piaget Folge zu leisten und mit dem Mechanikunterricht bis in die höheren Jahrgangsstufen zu warten, da bereits Grundschulkindern die grundlegenden Konzepte der Mechanik (u.a. der vektorielle Geschwindigkeitsbegriff) vermittelt werden können.<sup>737</sup> Zudem ist nach Ansicht Wodzinskis der Additionsalgorithmus bei Geschwindigkeiten einfacher zu verstehen als bei Kräften, wo er üblicherweise in der Statik im Zusammenhang mit dem Kräfteparallelogramm eingeführt wird.<sup>738</sup>

Neben der Einführung der Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta\vec{v}$  als Elementarisierung von  $\vec{a}$ , auf die bereits im Zusammenhang mit den Schülervorstellungen zum Beschleunigungsbegriff eingegangen wurde, ist das Jung'sche Konzept geprägt vom Impuls als grundlegender Größe und der Folgerung, bei der Betrachtung der Newtonschen Bewegungsgleichung den Weg über die Geschwindigkeit und Masse zu gehen. Dabei wird die träge Masse über die Impulserhaltung festgelegt und die Kraft über eine neue Größe  $Sto\beta = m \cdot \Delta\vec{v}$  gewissermaßen als Stoßrate  $\vec{F} = Sto\beta / \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v} / \Delta t$  eingeführt. Jung führt in diesem Zusammenhang drei grundlegende Ideen aus, die ein umfassendes qualitatives Verständnis dynamischer Erscheinungen ermöglichen sollen:

---

<sup>735</sup> Vgl. [Jung, Reul & Schwedes, 1977] zitiert nach [Wilhelm, Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden, 2002]

<sup>736</sup> [Wilkening & Lamsfuß, 1993] zitiert nach [Wiesner, Dynamik in den Mechanikunterricht, 2010, S. 7]

<sup>737</sup> Vgl. [Wiesner, Dynamik in den Mechanikunterricht, 2010, S. 7]

<sup>738</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 56]

- Eine Einwirkung, z.B. ein Stoß, fügt zu der Anfangsgeschwindigkeit eine Zusatzgeschwindigkeit und führt zu einer Geschwindigkeitsänderung  $\Delta\vec{v}$  in Einwirkungs- bzw. Stoßrichtung und umgekehrt.
- Die Größe der Zusatzgeschwindigkeit bzw. Geschwindigkeitsänderung hängt von der Stärke der Einwirkung und ihrer Dauer ab.
- Bei gleicher Einwirkung bzw. Stoß hängt das Ausmaß der Geschwindigkeitsänderung  $\Delta\vec{v}$  von einer Eigenschaft des gestoßenen Körpers ab, nämlich von seiner (trägen) Masse.<sup>739</sup>

Hierbei sei erwähnt, dass Wiesner hier bereits allgemein von Einwirkung spricht. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass er in seinem Konzept die Newtonsche Bewegungsgleichung in der obigen Form über Plausibilitätsüberlegungen einführt und auf die Größe Stoß als Zwischenkonzept verzichtet, da sie sich im Unterricht als umständlich und schwer nachvollziehbar herausstellte: „Die Zusatzbewegung wird zwar noch für den senkrechten Stoß als die Bewegung veranschaulicht, die die Kugel ausführen würde, wenn sie vor dem Stoß in Ruhe ist, für andere Anwendungen wird sie schlicht als das Ergebnis der Vektordifferenz aus Anfangs- und Endbewegung betrachtet.“<sup>740</sup> Außerdem sind nach Ansicht Wodzinskis die Vorstellungen der Schüler zum Begriff „Einwirkung“ dem physikalischen Kraftbegriff relativ nahe und weniger vieldeutig als die Alltagskraftvorstellungen. Dies zeige sich unter anderem daran, dass „Einwirkung“ nicht so stark wie „Kraft“ an Aktivität anknüpft, da im Alltag auch passiven Körpern die Fähigkeit zugesprochen wird, auf Körper einwirken zu können.<sup>741</sup> Ansonsten übernehmen Wiesner und Wodzinski weitestgehend das Konzept von Jung. Lediglich auf die Förderbandanalogie mit dem für Schüler recht anspruchsvollen Wechsel der Bezugssysteme wird verzichtet, mit denen die Zusatzgeschwindigkeit als eine als eine reale Geschwindigkeit interpretiert werden sollte. Insbesondere die Newtonsche Bewegungsgleichung in der Version  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$  rückt ins Zentrum der Konzeption von Wiesner und Wodzinski und die Mechanik wird gezielt daraufhin ausgerichtet bzw. auf dieser aufgebaut. Die Kraft wird hier nicht als von der Newtonschen Bewegungsgleichung unabhängig definierbare Größe betrachtet, sondern als physikalische Festlegung von Stärke und Einwirkung eingeführt. Damit wird die Newtonsche Bewegungsgleichung hier nicht als Naturgesetz, sondern als Definitionsgleichung für die Kraft aufgefasst.<sup>742</sup> Diese Auslegung wird ausführlich in dem Beitrag „Die Grundlagen der Dynamik und Newtons 2. Axiom“ von Westphal diskutiert.<sup>743</sup> Diese veränderte Version hat nach Auffassung Wodzinskis gegenüber der Form  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  den Vorteil, dass die erheblichen Probleme der Schüler mit dem Beschleunigungsbegriff ausgeblendet

<sup>739</sup> Vgl. [Jung, 1980, S. 36] zitiert nach [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 126]

<sup>740</sup> [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 66]

<sup>741</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 265]

<sup>742</sup> Vgl. [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 126]

<sup>743</sup> Siehe [Westphal, 1967, S. 558-561]

werden. Außerdem werde in dieser Darstellung explizit auf die Wichtigkeit der Einwirkungsdauer hingewiesen.<sup>744</sup> Die Missachtung der Zeit sieht Jung als eine der Hauptursachen für die Fehlvorstellung von Kraft und Bewegung: „Daß die Zeit nicht erwähnt wird, ist [...] schwerlich ein Zufall. Sie wird genau deshalb nicht erwähnt, weil sie ebenso selbstverständlich vorausgesetzt wie für das Verständnis von Kraftausübung unerheblich ist: Kraft korrespondiert dem Endresultat, nicht dem Vermittlungsprozeß.“<sup>745</sup> Außerdem verweist Wiesner darauf, dass es mit der gewählten (integrativen) Produktform  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$  leichter ist, plausible Je-desto-Beziehungen auf niedrigem Niveau zu formulieren, die aus der Darstellung  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  nicht unmittelbar hervorgehen. Zum Beispiel, dass bei gleicher Stärke der Einwirkung und gleicher Masse, die Geschwindigkeitsänderung (Zusatzgeschwindigkeit) umso größer ist, je länger die Einwirkung dauert. Nach seiner Ansicht akzeptieren die Schüler das allgemeine Schema: „Eine Einwirkung führt zu einer Änderung“ oder wie es in Schülersprache oft heißt: „Von nichts kommt nichts“. Durch diese wechselseitige Beziehung Kraft (Einwirkung)  $\leftrightarrow$  Zusatzgeschwindigkeit ( $\vec{v}$  – Änderung) lasse sich zudem das Trägheitsprinzip „zwanglos“<sup>746</sup> folgern, so dass es nicht „über eine Sequenz abnehmender Bewegungswiderstände als idealisierter Grenzfall eingeführt wird.“<sup>747</sup> Nach Ansicht Wodzinskis hat der Trägheitssatz für die Newtonsche Dynamik lediglich die Funktion ein System festzulegen, in dem die Newtonsche Bewegungsgleichung gilt: „Im Einführungsunterricht dominiert die Erde als spontan gewähltes Bezugssystem und kann in guter Näherung als Inertialsystem angesehen werden. Fragen der Existenz von Inertialsystemen spielen deshalb nur eine untergeordnete Rolle.“<sup>748</sup> Sie macht zwar deutlich, dass es für ein umfassendes Verständnis der Newtonschen Dynamik von Bedeutung ist zu wissen, wie sich ein Körper ohne Einwirkung von Kräften bewegt, jedoch nicht als Einstieg in die Dynamik, sondern als logische Folgerung aus dem Zusammenhang zwischen Kraft und Bewegungsänderung. Die gleiche Position vertritt auch Mach: „Sind einmal Kräfte als beschleunigungsbestimmende Umstände erkannt, so folgt sofort, daß ohne Kräfte nur unbeschleunigte, also geradlinige und gleichförmige Bewegungen denkbar sind.“<sup>749</sup> Auch das Thema „Reibung“ ist für Wodzinski unverzichtbar, allerdings rät sie auch hier, diese erst nach der Herleitung der Newtonschen Bewegungsgleichung – gewissermaßen als Anwendung – zu thematisieren: „Denn die Erwähnung der Reibung zu Beginn führt dazu, daß man sie auch in den nachfolgenden Betrachtungen immer wieder mit einbe-

---

<sup>744</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 55]

<sup>745</sup> [Jung et al., 1981, S. 95] zitiert nach [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 55]

<sup>746</sup> [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 126]

<sup>747</sup> [Wiesner, Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik, 1994, S. 126]

<sup>748</sup> [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 58]

<sup>749</sup> [Mach, 1905, S. 138-139] zitiert nach [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 58]

ziehen muß, was am Anfang den Blick für die Grundstruktur erheblich erschwert.“<sup>750</sup> Das Wechselwirkungsprinzip als drittes Newtonsches Axiom, das wie bereits erwähnt als konstitutiv für den physikalischen Kraftbegriff angesehen wird, da es die Wechselwirkung zwischen zwei Körpern in den Mittelpunkt rückt, findet sich ebenfalls relativ am Ende der Konzeption wider, da eine Reihe von Vorarbeiten nötig sind, um gewissermaßen den qualitativen Rahmen abzustecken.<sup>751</sup> Das detailliert ausgearbeitete Unterrichtskonzept von Wiesner und Wodzinski<sup>752</sup> wurde mehrfach in 10. Jahrgangsstufen (Mittelstufe) in Frankfurt unterrichtet und führte zu erfolgreichen Testergebnissen. Auch Sen griff im Jahre 2006 deren Ansatz auf und führte Vergleichsuntersuchungen ebenfalls in zehnten Klassen in Ankara durch, die ebenso positiv ausfielen.<sup>753</sup>

Durch diese bisherigen positiven Ergebnisse angeregt, wurde von Schüller 2008 ein entsprechendes Unterrichtskonzept zur Einführung in die Mechanik entworfen, das die Konzeption von Wiesner und Wodzinski (Mittelstufe) aufgreift und an den aktuellen G-8-Lehrplan der 7. Jahrgangsstufe im Fach „Natur und Technik“ anpasst. Alle ausführlich dargestellten grundlegenden Ideen (zweidimensionale Betrachtungen von Bewegungen, Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta\vec{v}$ , Newtonsche Bewegungsgleichung in der Form  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$ , Trägheitsprinzip erst im Anschluss als Spezialfall etc.) werden dabei übernommen. Es zeigt sich also insgesamt eine konsequent dynamische Einführung der Kraft. Die Statik findet lediglich bei der Kräfteaddition bzw. beim Kräftegleichgewicht Beachtung, jedoch auch nur als Spezialfall der Dynamik (Kräfte kompensieren sich). Da Wiesner und Wodzinski damals noch nicht über neue Medien verfügten, wurde die „mediale Modernisierung“<sup>754</sup> durch Wilhelm vorangetrieben. Dieser entwickelte ein Konzept für die elfte Jahrgangsstufe, das darauf ausgerichtet ist, verschiedene Formen für die Darstellung physikalischer Größen und ihrer Zusammenhänge zu nutzen. Man spricht in diesem Zusammenhang von verschiedenen Codierungen. In dieser Hinsicht bietet der Einsatz des Videoanalyseprogramms „measure dynamics“ eine revolutionäre Lösung, um mit einem Computer neben Messergebnissen, die für die 7. Jahrgangsstufe ungeeignet sind, auch Animationen eines realen oder simulierten Versuchsvorgangs dynamisch mit den passenden zeitlichen Veränderungen am Bildschirm aufzuzeigen. Die resultierenden Zusammenhänge können dann mit piktogrammartigen Darstellungen wie Säulen, Vektoren oder Verbindungslinien aufgezeigt werden. Diese werden als dynamisch ikonische Repräsentationen bezeichnet und wurden bei den gestalterischen Aspekten unter dem Strukturelement „Abbildungen“ umfassend vorgestellt.<sup>755</sup> Auch diese Vorlagen werden letztlich in das zum aktuellen Lehrplan für die 7. Jahrgangsstufe passende Unterrichtskonzept von Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/

---

<sup>750</sup> [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 58]

<sup>751</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 62]

<sup>752</sup> Vgl. [Wodzinski, Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik, 1996, S. 62-63]

<sup>753</sup> Vgl. [Wiesner, Dynamik in den Mechanikunterricht, 2010, S. 11]

<sup>754</sup> [Schüller, Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik, 2007, S. 38]

<sup>755</sup> Vgl. [Wilhelm, Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs, 2005]

Waltner/ Tobias integriert, wobei bei der Umsetzung Wert auf die geforderten Grundsätze Schülernähe, Alltagsrelevanz und Anschaulichkeit gelegt wird, also ein qualitatives Grundverständnis im Vordergrund steht. Um nun die Wirksamkeit der neuen Sachstruktur mit der traditionellen Sachstruktur in einer Studie vergleichen zu können, war es notwendig entsprechende Unterrichtsmaterialien zu entwickeln. Daraufhin wurde im Sommer 2008 das Werk „EidM“ ausgearbeitet und anhand der Ergebnisse einer Vorstudie zur Erprobung des Lehrgangs im Würzburger Raum im ersten Schulhalbjahr 2008/09 überarbeitet.<sup>756</sup> Die Hauptstudie fand schließlich im Münchner Raum statt, in der zehn Lehrkräfte bereits im Sommer 2008 nach dem traditionellen Konzept als Kontrollgruppe (14 Klassen) und im Sommer 2009 nach dem nun überarbeiteten zweidimensional-dynamischen Konzept als Treatmentgruppe (13 Klassen) unterrichteten, so dass die Konstanz der Lehrpersonen in Kontroll- und Treatmentgruppe sichergestellt werden konnte. In dieser integrativen Studie wurden sowohl quantitative Tests, als auch qualitative Tests zur Erhebung herangezogen, um durch Fragebögen, Lehrer- und Schülerinterviews sowie Videoanalysen von Unterrichtsstunden insbesondere den Einfluss der verschiedenen Sachstrukturen auf die Entwicklung von Wissen und Einstellungen (Interesse, Selbstkonzept, Selbstwirksamkeit etc.) zu untersuchen. Detaillierte Ergebnisse der Interviewstudie bzw. Vorgehensweisen sowie Resultate der quantitativen Tests wurden von Jetzinger<sup>757</sup> und Tobias<sup>758</sup> dargestellt, während die Ergebnisse der Unterrichtsvideos bei Bauernschuster<sup>759</sup> nachzulesen sind. Zusammenfassend lässt sich in dieser Hinsicht zur Interviewstudie sagen, „dass das entwickelte Unterrichtskonzept einen äußerst erfolgreichen Weg für die Einführung in die Newtonsche Mechanik darstellt.“<sup>760</sup> Denn nach dem Fazit von Jetzinger haben die Schülerinnen und Schüler nicht nur ein hohes intuitives und qualitatives Verständnis von Bewegungen mit Geschwindigkeitsänderungen bzw. vom vektoriellen Geschwindigkeitsbegriff entwickelt, sondern haben auch die physikalischen Inhalte der Newtonschen Bewegungsgleichung verstanden und können diese zudem anwenden.<sup>761</sup> Des Weiteren stellt sich nach den quantitativen Testergebnissen der Einfluss der Sachstruktur auf den Lernerfolg als höchst signifikant heraus, insbesondere auch bei der Geschlechterfrage: „Bei Unterricht nach zweidimensional-dynamischem Konzept sind im Gegensatz zum Unterricht nach traditionellem Konzept keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern im Lernerfolg feststellbar.“<sup>762</sup>

Wie unter anderem durch diese Testergebnisse gezeigt werden konnte, hängt der Lernerfolg bedeutsam von der jeweiligen Sachstruktur und damit von der Bereitstellung von funktionierendem Unterrichtsmaterial ab. Auch Brückmanns aktuelle Videostudie macht in dieser Hin-

---

<sup>756</sup> Siehe [Wilhelm, Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht, 2009]

<sup>757</sup> Siehe [Jetzinger, Dynamischer Mechanikunterricht- Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie, 2010]

<sup>758</sup> Siehe [Tobias, Dynamischer Mechanikunterricht- Ergebnisse einer quantitativen Vergleichsstudie, 2010]

<sup>759</sup> Siehe [Bauernschuster, Dynamischer Mechanikunterricht, 2010]

<sup>760</sup> [Jetzinger, Dynamischer Mechanikunterricht- Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie, 2010, S. 5]

<sup>761</sup> Vgl. [Jetzinger, Dynamischer Mechanikunterricht- Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie, 2010, S. 5]

<sup>762</sup> [Tobias, Dynamischer Mechanikunterricht- Ergebnisse einer quantitativen Vergleichsstudie, 2010, S. 5]

sicht deutlich, dass den angebotenen Unterrichtsinhalten und deren Struktur eine besondere Bedeutung im Lernprozess zugeschrieben werden. Die Auswertungen machen deutlich dass, die sachstrukturellen Unterrichtsskripte insbesondere durch den Lehrplan beeinflusst werden.<sup>763</sup> Jedoch spielt in dieser Hinsicht auch das Schulbuch, gewissermaßen als „heimlicher Lehrplan“, eine nicht zu verachtende Rolle: „Begriffe und Größen sind aufgrund ihrer Art und Weise sowie Reihenfolge und der mehr oder weniger in die Tiefe gehenden Behandlung häufig ein Spiegelbild für eine methodische Konzeption, die in einem Stoffgebiet verfolgt wird.“<sup>764</sup> Die nachfolgende Analyse der sechs Schulbücher greift genau diese Aspekte auf. Dabei soll es weniger um Vor- und Nachteile entsprechender Sachstrukturen gehen, die ja bereits ausführlich dargestellt wurden. Stattdessen sollen vor allem Unterschiede bei der Frage herausgearbeitet werden, wie die einzelnen Themen eingeführt werden und was die unterschiedliche Gewichtung der Themen angeht, beispielsweise beim Kraftbegriff hinsichtlich Statik und Dynamik oder in der Kinematik zwischen ein- und zweidimensionaler Bewegung. Eine gemeinsame Untersuchung von Sachstrukturen und Schülervorstellungen muss aufgrund des unmittelbaren Zusammenhangs als sinnvoll erachtet werden, denn wie im Vorspann bereits dargestellt, fördern manche Sachstrukturen nachweislich Fehlvorstellungen, während andere Lernschwierigkeiten bewiesenermaßen vermeiden. In dieser Hinsicht sei noch einmal auf das Unterrichtskonzept von Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias verwiesen, das ja auf Grundlage der Beschäftigung/Erforschung von Schülervorstellungen entwickelt wurde und nur von daher durchdacht ist.

## e) Analyse der Werke

### Schülervorstellungen und Sachstruktur in „Impulse“

Die Sachstruktur im Werk „Impulse“ zeigt viele Gemeinsamkeiten mit der Sachstruktur, die sich in Bayern seit der Einführung des neuen Lehrplans etabliert hat, beginnend beim Thema „Bewegungen“ mit einer rein eindimensionalen Einführung der kinematischen Grundgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung. Dabei wird zunächst quantitativ über entsprechende Messwerte und Diagramme gezeigt, dass die zurückgelegte Strecke  $s$  und die dafür benötigte Zeit  $t$  bei einer gleichförmigen Bewegung proportional zueinander sind, um daraus die neue Größe Geschwindigkeit (Proportionalitätskonstante) als Quotient  $v = s/t$  einzuführen. Es wird zwar betont, dass diese Formel lediglich für konstante Geschwindigkeiten gilt, jedoch wird nicht erwähnt, dass sie sich nur auf Bewegungen ohne Anfangsort und -zeit beschränkt. Bei der Definition der Beschleunigung dagegen wird der Differenzcharakter durch die Darstellung  $a = \Delta v / \Delta t = (v_2 - v_1) / (t_2 - t_1)$  deutlich herausgestellt, wobei auch unter Zuhilfenahme eines Rechenbeispiels auf negative Beschleunigungen (Verzögerungen) eingegangen wird. Hier wird erst im Anschluss die Bewegung bei konstanter Beschleunigung betrachtet. Es ist

<sup>763</sup> Vgl. [www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/buecher/buch\\_sachstrukturen.html](http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/buecher/buch_sachstrukturen.html)

<sup>764</sup> [Jupe, Schulbücher unter die Lupe genommen (IV), 1992, S. 194]

deshalb fraglich, warum diese für Schüler sicher verständlichere Vorgehensweise von der ganzheitlichen Sichtweise zum Spezialfall der konstanten Bewegung, nicht auch beim Geschwindigkeitsbegriff herangezogen wird. Das Werk weist zwar beim Thema „Bewegung mit konstanter Beschleunigung“ auf den Unterschied zwischen Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit hin und fragt ihn gleich zu Beginn des Aufgabenteils ab, jedoch wäre es mit Sicherheit von Vorteil diese oft mit Schülervorstellungen kollidierende Problematik auch beim eigentlichen Thema „Geschwindigkeit“ zu thematisieren. Insgesamt fällt bei der Einführung der kinematischen Grundgrößen auf, dass sehr viel Wert auf quantitative Analysen mit Messwerten und deren Darstellungen in Diagrammen gelegt wird, obwohl doch eigentlich – auch nach Lehrplanvorgaben – zunächst ein qualitatives Verständnis im Vordergrund stehen sollte.<sup>765</sup> Dies zeigt sich auch insbesondere daran, dass im Anschluss an die Einführung der Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung sehr umfassend auf die Themen „Messgenauigkeit“ und „Auswertung von Diagrammen“ eingegangen wird.<sup>766</sup> Der eigentliche Inhalt des Themengebiets „Bewegungen“ nimmt dagegen im Werk nur einen geringen Stellenwert ein, was sich insbesondere daran zeigt, dass sowohl für den Geschwindigkeits- als auch für den Beschleunigungsbegriff nur jeweils eine Doppelseite beansprucht wird. Es wird stattdessen sehr schnell übergegangen zum Thema „Kräfte in Natur und Technik“, in dem die Kräfte – gemäß üblicher Sachstruktur – eindimensional als Ursache von Bewegungsänderungen und Verformungen über ihre Kraftwirkungen eingeführt werden. In dieser Hinsicht muss erwähnt werden, dass der Lehrplan hier eigentlich nur die Betrachtung von Bewegungsänderungen, aber nicht von Verformungen, vorsieht. Dabei stellt es sich im „Impulse“ als didaktisch sinnvoll heraus, dass die Änderung der Bewegungsrichtung explizit als Kraftwirkung ausgezeichnet wird und dass das Werk unter Zuhilfenahme entsprechender Kraftpfeile genau aufzeigt, dass die Wirkung einer Kraft nicht nur vom Betrag, sondern insbesondere auch von der Richtung der Kraft abhängt. Kritisch betrachtet werden muss hingegen die Aufnahme des Angriffspunktes als weiteres Bestimmungsstück einer Kraft, neben Betrag und Richtung. Der Anfangsunterricht zur Mechanik befasst sich lediglich mit der Punktmechanik, d.h. wir betrachten zunächst nur Translationsbewegungen von Massenpunkten. Hier gibt es keinen Angriffspunkt der Kraft bzw. es ist immer der Schwerpunkt. Ergänzend sei erwähnt, dass der Angriffspunkt auch bei Rotationsbewegungen, also bei der Betrachtung von Kräften an ausgedehnten Körpern keine Rolle spielt, sondern lediglich der Abstand der Wirklinie vom Drehpunkt. In diesem Zusammenhang sei auch noch einmal darauf hingewiesen, dass eine zu starke Fixierung auf den Begriff der Kraftwirkung leicht zur Annahme führen könnte, der Kraftbegriff beschreibe einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang. Kritisch sollte deshalb auch der anschließende Vergleich unterschiedlicher Kraftarten anhand ihrer Wirkungen hinterfragt werden, da er dazu beitragen könnte, dass die Schüler Kräfte in das Aktivitätsschema

---

<sup>765</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 88-91

<sup>766</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 92-93

einordnen: „Zwei Kräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  sind gleich, wenn sie unter gleichen Bedingungen die gleiche Wirkung bei Körpern hervorrufen.“<sup>767</sup> Insbesondere der Ausdruck „hervorrufen“ lässt die Kraft gewissermaßen als aktiven „Täter“ erscheinen, der beim passiven Körper etwas auslöst, ohne dass dieser eine Reaktion zeigt.

Im weiteren Verlauf wird anhand einer Versuchsreihe die Grundgleichung der Mechanik in der Form  $F = m \cdot a$  hergeleitet. Dabei wird ein Wagen durch die Zugkraft eines Gewichtstücks in Bewegung gesetzt und gezeigt, „dass die nötige Kraft, um eine bestimmte Beschleunigung zu erzielen, proportional zur Masse ist.“<sup>768</sup> Positiv zu erwähnen ist hierbei, dass durch die Formulierungen deutlich wird, dass sich infolge der Kraft eine Beschleunigung ergibt und nicht – wie Schüler oft denken – dass aus Masse und Beschleunigung eine Kraft entsteht.

Besonderes Augenmerk wird auf die Masse als Eigenschaft eines jeden Körpers gelegt, was sich insbesondere daran zeigt, dass zwischen träger und schwerer Masse unterschieden wird. Lediglich die Formulierungen in dieser Hinsicht erscheinen etwas irreführend gewählt. Denn zu sagen: „Die Masse ist die Ursache dafür, dass ein Körper schwer ist.“<sup>769</sup> kann leicht zu der Fehlvorstellung führen, die Gewichtskraft als unveräußerlichen Besitz eines Körpers anzusehen und nicht als Anziehungskraft, die der Körper erst in Wechselwirkung mit der Erde erfährt. Das Thema „Gewichtskräfte“ wird nicht, wie es der aktuelle Lehrplan vorsieht, gemeinsam mit anderen Kraftarten besprochen, sondern wird unmittelbar an das Thema „Die Masse“ angehängt. Dabei wird ein verstärktes Augenmerk auf die Richtung der Gewichtskraft gelegt, wobei insbesondere betont wird, dass für alle Punkte auf der Erdoberfläche die Gewichtskraft immer zum Erdmittelpunkt gerichtet ist. Der Übergang vom „Spezialfall“ der Gewichtskraft als Anziehungskraft zwischen Körper und Erde zum allgemeinen Fall der Gravitationskraft zwischen zwei Massen wird anhand eines Versuches zur Drehwaage verdeutlicht und in einem anschließenden Merksatz festgehalten. Die Betrachtung der Fallbeschleunigung, die der Lehrplan in Zusammenhang mit der Gewichtskraft vorsieht, findet im „Impulse“ nur wenig Beachtung. Sie wird lediglich mit entsprechendem Zahlenwert angehängt und dabei erwähnt, dass sie für alle Körper in Bodennähe gleich ist. Aus der Kombination aus Fallbeschleunigung und Newton'scher Grundgleichung wird schließlich als Ergebnis die Gleichung  $F = m \cdot g$  für die Gewichtskraft präsentiert. Es ist zu bedenken, ob aus dieser knappen Schlussfolgerung klar hervorgeht, dass die Gleichung für die Gewichtskraft lediglich eine einzelne Kraftfunktion beschreibt, während die Bedeutung von  $F = m \cdot a$  allgemein gültig ist. Es ist anzunehmen, dass die beiden Gleichungen jedoch vom Großteil der Schüler als gleich bedeutsam gesehen werden, so dass ein Verzicht auf eine mathematische Darstellung der Gewichtskraft aus didaktischer Sicht als sinnvoll erachtet werden kann.<sup>770</sup>

---

<sup>767</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 97]

<sup>768</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 99]

<sup>769</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 99]

<sup>770</sup> Siehe „Impulse“ Seite 100

Als erkennbare Abweichung von der üblichen Sachstruktur lässt sich der Trägheitssatz ausmachen, denn er wird nicht – wie es die Newtonsche Axiomatik nahe legt – an den Anfang gesetzt, sondern folgt erst gewissermaßen als Spezialfall der Newtonschen Bewegungsgleichung und zwar in der knappen, aber fachlich korrekten Form: „Ohne äußere Einwirkung ändert sich die Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung eines Körpers nicht.“<sup>771</sup> Diese Formulierung ist zwar aufgrund der Vorteile des Begriffs „Einwirkung“, auf die bereits mehrfach hingewiesen wurden, als positiv zu bewerten. Jedoch sei angemerkt, dass korrekterweise im Begriff „Geschwindigkeit“ die Bewegungsrichtung schon enthalten ist, was leicht dazu führen kann, dass die Schüler die Geschwindigkeit auf eine Betragsgröße reduzieren. In der Formulierung wäre es also sinnvoller von Tempo bzw. Schnelligkeit und Bewegungsrichtung zu sprechen.

Ein weiterer Unterschied zur etablierten Sachstruktur hinsichtlich der Reihenfolge der Themen lässt sich beim Wechselwirkungsgesetz feststellen, denn es wird im „Impulse“ erst im Anschluss an das Thema „Kraft und Verformung“ besprochen. In diesem werden sehr ausführlich, unter Zuhilfenahme mehrerer Messreihen sowie rechnerischer und graphischer Auswertungen zu Schraubenfedern, entsprechende Proportionalitäten des Hooke’schen Gesetzes aufgezeigt, obwohl diese Thema im aktuellen Lehrplan nur fakultativ für die Unterrichtsbehandlungen vorgesehen ist. In dieser Hinsicht trifft jedoch die Schulbuchautoren keine Schuld, da sie noch den ungekürzten G-8 Lehrplan aus dem Jahre 2004 als Grundlage hatten, der das Gesetz von Hooke als Pflichtthema vorsieht. (siehe Kapitel „Lehrplanvorgaben“) Es wird letztlich mit Betonung der Federhärte, als charakteristischer Wert des Quotienten aus wirkender Kraft  $F$  und Dehnung  $s$  in der Form  $F/s = D = konst.$  definiert: Aus dieser Art der Darstellung geht im Vergleich zu der üblichen Darstellungsform  $F = D \cdot s$  mit  $D = konst.$  deutlicher hervor, dass der Quotient (Federhärte) von der eingesetzten Feder abhängt und einen bestimmten kennzeichnenden Wert annimmt. Als Zusatz werden ausführlich verschiedene Kraftmesser vorgestellt.<sup>772</sup>

Das Wechselwirkungsgesetz, das als konstitutiv für ein qualitatives Verständnis des physikalischen Kraftbegriffs gilt, wird direkt im Anschluss auf lediglich etwas mehr als einer halben Seite abgehandelt, was unterstreicht, dass das Werk – entgegen den Lehrplanvorgaben – sein Hauptaugenmerk auf quantitative Analysen legt. Nichtsdestotrotz muss die entsprechende Formulierung des Wechselwirkungsprinzips als positiv beurteilt werden: „Übt ein Körper eine Kraft auf einen zweiten Körper aus, so wirkt stets gleichzeitig eine Kraft vom zweiten auf den ersten Körper. Kräfte treten immer paarweise auf. Beide Kräfte haben denselben Betrag, sind aber entgegengesetzt gerichtet.“<sup>773</sup> Denn diese Ausdrucksweise beinhaltet keine Aussage über Ursache und Wirkung, wie etwa das Schlagwort „*actio = reactio*“ und unterstützt durch das

---

<sup>771</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 101]

<sup>772</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 103-106

<sup>773</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 107]

Wort „gleichzeitig“ auch keinerlei zeitliche Reihenfolge, so dass insgesamt die symmetrische Beziehung zwischen den Wechselwirkungspartnern erfasst wird.<sup>774</sup>

Ebenfalls sehr ausführlich behandelt wird das anschließende Thema „Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften“, wobei in diesem Zusammenhang auch auf das Thema Kräftegleichgewicht sehr umfassend eingegangen wird. Dabei wird – wie bereits bei der Einführung des Kraftbegriffs festgestellt wurde – auch bei den Themen „Kräfteaddition“ und „Kräftezerlegung“ sehr viel Wert auf entsprechende Pfeildarstellungen der Kräfte gelegt. Dies zeigt sich unter anderem auch an den vielen gründlichen Konstruktionsvorschriften, die beispielsweise die Vorgehensweise bei der Konstruktion der Ersatzkraft sehr genau lenken. In dieser Hinsicht darf nicht unerwähnt bleiben, dass das Thema „Kräftezerlegung“ im Werk behandelt wird, obwohl es eigentlich infolge der überarbeiteten G-8 Lehrpläne nicht mehr vorgesehen ist. Auch das typisch statische Thema „Schiefe Ebene“ wird aufgegriffen, obwohl der aktuelle Lehrplan es nicht explizit vorschreibt. Das Kräftegleichgewicht folgt im „Impulse“ deshalb direkt auf die Kräfteaddition, weil es auf die Ersatzkraft zurückgeführt und letztlich über diese definiert wird: „Es herrscht Kräftegleichgewicht, wenn die Ersatzkraft aller Teilkräfte den Betrag 0 N hat.“<sup>775</sup> An dieser Abfassung, sowie den zusätzlichen Erläuterungen muss bemängelt werden, dass nicht klar genug der Unterschied zwischen Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungsprinzip hervorgeht.<sup>776</sup>

Zum Abschluss des Themas „Kräfte in der Natur und Technik“ geht das Werk in einem eigenen zweiseitigen Kapitel auf Reibungskräfte ein, wobei insbesondere die Unterscheidung zwischen Haftreibung und Gleitreibung sowie das Reibungsgesetz im Vordergrund der Betrachtungen stehen.<sup>777</sup> Schließlich wird die Mechanik mit einer vergleichenden Gegenüberstellung verschiedener Kräfte in der Natur abgeschlossen. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass lediglich elektrische und magnetische Kräfte betrachtet werden, obwohl der Lehrplan in dieser Hinsicht insbesondere eine gemeinsame Betrachtung und Gegenüberstellung von Gravitationskraft und elektrischer Kraft vorsieht und dafür den magnetischen Kräften nur eine geringe Aufmerksamkeit schenkt.<sup>778</sup>

Insgesamt lässt sich sagen, dass im „Impulse“ ein in etwa ausgeglichenes Verhältnis statischer und dynamischer Betrachtungen erkennbar ist. Denn das Werk widmet sich den Themen „Kraftmessung“, „Verformung und Dehnungsverhalten“ sowie „Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften“, welches die Betrachtung des Kräftegleichgewichts sowie der schiefen Ebene mit einschließt, in vergleichbarem Umfang, wie es sich mit dem Themen „Bewegungen“, „Reibung“ sowie der Newtonschen Axiomatik auseinandersetzt. Das bedeutet, dass das

---

<sup>774</sup> Siehe „Impulse“ Seite 107

<sup>775</sup> [Donat, Impulse, 2005, S. 110]

<sup>776</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 108-110

<sup>777</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 112-113

<sup>778</sup> Siehe „Impulse“ Seiten 112-115

Schulbuch „Impulse“ noch sehr an den früheren Lehrplan verhaftet ist und die Intentionen des neuen Lehrplans nicht erfasst hat.

### **Schülervorstellungen und Sachstruktur in „Ikarus“**

Auch die Sachstruktur im Werk „Ikarus“ orientiert sich stark an der Sachstruktur, die sich in Bayern seit der Einführung des neuen Lehrplans etabliert hat. Dies zeigt sich bereits bei dem dynamischen Einstieg in die Mechanik über die eindimensionale Einführung der Grundgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung. Anders als im „Impulse“ werden jedoch im „Ikarus“ beide Größen zunächst über Beispiele eingeführt und schließlich einheitlich über die Darstellung definiert, die den Änderungscharakter betont:  $v = \Delta s / \Delta t$  bzw.  $a = \Delta v / \Delta t$ . Dabei wird ausdrücklich auf das Symbol  $\Delta$  hingewiesen. Zudem sind die Beispiele didaktisch geschickt gewählt, da sie deutlich aufzeigen, dass Ort, Geschwindigkeit und Zeit zu Beginn des Bewegungsvorgangs nicht Null sein müssen. So wird etwa beim Einleitungsbeispiel zum Geschwindigkeitsbegriff der zurückgelegte Weg  $\Delta s$  über den Stand eines Kilometerzählers vor und nach der Bewegung bestimmt und der dafür benötigte Zeitabschnitt  $\Delta t$  am Stand der Uhr vorher und nachher abgelesen.<sup>779</sup> Jedoch sei in dieser Hinsicht angemerkt, dass leicht bei Schülern die Fehlvorstellung entstehen kann, Geschwindigkeit und Beschleunigung seien Bilanzgrößen. Das bedeutet, die Bewegung eines Körpers kann sich in ihrer Sicht lediglich auf einen Zeitraum und niemals auf einen Zeitpunkt beziehen. Diese Sichtweise wird im „Ikarus“ auch dadurch unterstützt, dass der Unterschied zwischen Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit nicht deutlich genug herausgearbeitet wird, da die vielen Beispiele zum Geschwindigkeitsbegriff jeweils nur die Durchschnittswerte berechnen. Das Werk weist zwar auf diese Tatsache hin, jedoch erscheint es hier wenig aussagekräftig im Anschluss lediglich zu sagen, „ein Läufer wird während der ersten Sekunden immer schneller, der Radfahrer fährt manchmal etwas schneller, manchmal etwas langsamer.“<sup>780</sup> Dagegen kann es als positiv erachtet werden, dass im Werk auf die Kategorisierung von Bewegungsabläufen verzichtet wird. Denn eine – zum Teil willkürliche – Unterteilung zum Beispiel in gleichförmige Bewegungen, gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und Kreisbewegungen würde eher weiter zu dieser ganzheitlichen Sichtweise von Bewegungsmustern beitragen, als dass sie die dynamische Betrachtungsweise mit Hauptaugenmerk auf momentane Bewegungsänderungen unterstreicht. Insgesamt kann festgestellt werden, dass das Werk versucht durch die stichpunktartige Darstellung vieler Beispiele – auch aus dem Alltag der Schüler – die grundsätzlichen Aspekte zum Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbegriff nicht nur zu erwähnen, sondern auch deren Bedeutung für die Wirklichkeit klar zu machen. Beispielsweise wird durch die mathematische Betrachtung eines Bremsvorganges verdeutlicht, dass die Beschleunigung auch negative Werte annehmen kann.<sup>781</sup> Jedoch fällt insgesamt auf, dass die hier verwendeten Bei-

---

<sup>779</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 99

<sup>780</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 101]

<sup>781</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 102

spiele allesamt Rechenbeispiele sind und somit eher zu einem quantitativen Verständnis beitragen, obwohl doch eigentlich in der 7. Jahrgangsstufe eine qualitative Betrachtungsweise im Vordergrund stehen sollte.

Im folgenden Abschnitt wird die Kraft gemäß Lehrplanvorgaben als Ursache einer Bewegungsänderung definiert. Auf die Kraftwirkung der Verformung wird hier noch nicht näher eingegangen. Dabei ist zu erkennen, dass das Werk viel Wert darauf legt, Fehlvorstellungen der Schüler bei der Einführung des Kraftbegriffs gezielt anzusprechen und aus dem Weg zu räumen. Dies zeigt sich etwa unmittelbar im ersten Satz zum Thema „Kräfte“: „Was wir in der Physik unter einer Kraft verstehen wollen, ist nicht einfach festzulegen. Eine Kraft ‚gehört‘ nicht einem einzelnen Gegenstand, sondern sie ergibt sich als ‚Wechselwirkung‘ mit einem anderen Gegenstand.“<sup>782</sup> Auch wird den Schülern durch ein fettgedrucktes Achtung samt Ausrufezeichen sofort unmissverständlich klargemacht, dass sie sich bewusst machen sollen, wann sie Kraft im physikalischen Sinn und wann sie Kraft im umgangssprachlichen Sinn verwenden: „‚Willenskraft‘ oder ein ‚Kraftausdruck‘ haben nichts mit einer Bewegungsänderung zu tun. Genauso wenig stimmt die Aussage ‚Ich habe Kraft‘.“<sup>783</sup> Nach der Einführung des Kraftbegriffs weicht das Werk – anders als beispielsweise das Werk „Impulse“ – nicht von der traditionellen Sachstruktur ab und behandelt das Thema „Kräftegleichgewicht“ unmittelbar im Zusammenhang mit der Betrachtung der Kraftpfeile, gewissermaßen als Spezialfall: „Wenn zwei Kräfte so auf einen Gegenstand wirken, dass sie gleichen Betrag, gleichen Angriffspunkt und entgegengesetzte Richtungen haben, heben sie sich auf.“<sup>784</sup> Auch der Trägheitssatz behält seinen Platz getreu der Nummerierung der Newtonschen Axiomatik bei und wird nicht, wie etwa im „Impulse“ als Sonderfall des zweiten Newtonschen Axioms erst im Anschluss an dieses betrachtet. Bei der Formulierung des Trägheitssprinzips wird auch auf das Kräftegleichgewicht zurückgegriffen, wodurch die Schüler davor gewarnt werden, Kräftegleichgewicht lediglich als einen Ruhezustand anzusehen.<sup>785</sup> Entsprechende Anwendungen im Straßenverkehr insbesondere zum Thema „Verkehrssicherheit“ werden im „Ikarus“ nach wie vor behandelt.<sup>786</sup> Das ist – wie bereits erwähnt – darauf zurückzuführen, dass der aktuell gültige Lehrplan erst überarbeitet wurde, als das Werk bereits geschrieben war. (siehe Kapitel „Lehrplanvorgaben“)

Im Anschluss an den Trägheitssatz wird anhand von Beispielen das zweite Newtonsche Axiom induktiv eingeführt, wobei auf die Masse im Grunde zu diesem Zeitpunkt nicht näher eingegangen wird, denn es heißt lediglich: „Die Beispiele zeigen, dass es bei Kraftwirkungen neben der Beschleunigung auch darauf ankommt, wie schwer der Gegenstand ist, oder besser ausgedrückt, wie viel Materie beschleunigt wird [...] In den Naturwissenschaften verwendet

---

<sup>782</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 112]

<sup>783</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 112]

<sup>784</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 114]

<sup>785</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 115

<sup>786</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 116

man als Fachausdruck das Wort Masse und kürzt es mit  $m$  ab. In Kap. 14 wirst du noch Genaueres zur Masse erfahren.<sup>787</sup> Jedoch wird in diesem, wie schon die Überschrift „Massenhafte Gravitation“ deutlich macht, die Masse lediglich als Ursache der Gravitationskraft betrachtet, was im neuen Lehrplan eigentlich nicht mehr vorgesehen ist. Insbesondere der Unterschied zwischen träger und schwerer Masse wird in diesem Zusammenhang vom Werk nicht mehr aufgegriffen und bleibt somit insgesamt unerwähnt. Stattdessen wird auch in diesem Abschnitt Wert darauf gelegt, stabile Fehlvorstellungen zu den im Unterricht behandelten Begriffen und Prinzipien, die wie im Fall des Begriffes „Gewicht“ aus der sprachlichen Konfrontation mit diesen im Alltag rühren, direkt anzusprechen und mit der physikalischen Brille zu betrachten. Hier wird unter Verwendung des Symbols „Achtung“, das extra zur Vermeidung von Fehlvorstellungen eingeführt wurde, darauf hingewiesen, dass der physikalische Begriff „Gewicht“ eine Kraft meint und nicht, wie im umgangssprachlichen Gebrauch üblich, als Masse angesehen werden darf.<sup>788</sup> Das zweite Newtonsche Axiom wird getreu den Lehrplanvorgaben als Produkt von Masse und Beschleunigung in der Form  $F = m \cdot a$  eingeführt. Dabei ist zu bezweifeln, ob die im „Ikarus“ gewählte zusätzliche wörtliche Formulierung didaktisch sinnvoll ist. Denn zu sagen, „erfährt ein Gegenstand der Masse  $m$  eine Beschleunigung  $a$ , dann wirkt auf ihn die Kraft  $F$ “<sup>789</sup>, hört sich so an, als ob aus Masse und Beschleunigung letztlich eine Kraft entsteht.

Analog zur üblichen Sachstruktur folgt im „Ikarus“ auf das zweite Newtonsche Axiom unmittelbar das Wechselwirkungsgesetz, das über den typischen Rollschuh- bzw. Schlittschuhversuch eingeführt wird. Dabei versuchen zwei Schüler jeweils den anderen zu sich heranzuziehen.<sup>790</sup> Ein Problem ist in dieser Hinsicht, dass Wechselwirkungsgesetz und Kräftegleichgewicht leicht verwechselt werden können. Aus diesem Grund weist das Werk „Ikarus“ unter der Überschrift „Vorsicht nicht gleich verwechseln“ auf einer kompletten Seite unter Zuhilfenahme des Fallbeispiels „Fallschirmspringers“ auf diese mögliche Gefahr ausdrücklich hin und rät deshalb dazu bei der Unterscheidung immer zu prüfen, an welchen Gegenständen die Kräfte angreifen.<sup>791</sup> Zur Formulierung des Wechselwirkungsgesetzes sei erwähnt, dass die gleichberechtigte Beziehung zwischen den Wechselwirkungspartnern erfasst wird und auch durch den Zusatz, dass Kräfte immer paarweise auftreten, verstärkt wird. Jedoch sollte vielleicht noch deutlicher herausgestellt werden, dass zwischen den Kräften keinerlei zeitliche Reihenfolge vorliegt. Im „Impulse“ beispielsweise hat man dazu das kleine Wörtchen „gleichzeitig“ in den Satz eingebaut. Auch ist zu bedenken, ob die Zusatzinformation, dass es die Kurzform „actio gegengleich reactio“ gibt, zu einem umfassenderen Verständnis des Wechselwirkungsgesetzes beiträgt. Wie im Vorspann bereits ausführlicher erklärt, kann diese

---

<sup>787</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 124]

<sup>788</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 137

<sup>789</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 124]

<sup>790</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 131

<sup>791</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 132

Formulierung zu Missverständnissen führen, da sie bei Fehlinterpretation Aussagen über Aktivität und Passivität bzw. Ursache und Wirkung beinhaltet.

Reibungskräfte werden im „Ikarus“ nicht in einem separaten Kapitel behandelt, sondern gemeinsam mit elektrischen und magnetischen Kräften im Kapitel „Eine Sammlung von Kräften“ unmittelbar im Anschluss an das Wechselwirkungsgesetz. In dieser Hinsicht sei noch einmal daran erinnert, dass das Werk – analog zum Werk „Impulse“ – die Gravitationskraft getrennt von den übrigen Kraftarten betrachtet, obwohl der Lehrplan in dieser Hinsicht insbesondere eine gemeinsame Betrachtung und Gegenüberstellung von Gravitationskraft und elektrischer Kraft vorsieht. Jedoch muss positiv bewertet werden, dass im „Ikarus“ auch beim Thema „Gravitation“ qualitative Betrachtungen im Vordergrund stehen, die letztlich durch Jdesto-Beziehungen über die Abstandabhängigkeit bzw. den Zusammenhang von Gravitationskraft und Masse zum Ausdruck gebracht werden.<sup>792</sup> Auf die Reibung wird dagegen nicht viel Wert gelegt, was sich insbesondere daran zeigt, dass sie ohne erkennbaren Merksatz bzw. abschließendes Resultat lediglich auf einer halben Seite abgehandelt wird.<sup>793</sup> Stattdessen wird umfassend über elektrische Ladungen als Ursache von elektrischen Kräften berichtet, sowie auf die Ionenbindung hingewiesen. Es zeigt sich also erneut, dass auf Themen eingegangen wird, die erst infolge der Lehrplanüberarbeitung 2008 gestrichen wurden, aber im ersten Lehrplan für G-8, der ja die Grundlage für die Erstellung des Werkes „Ikarus“ war, noch enthalten waren. (siehe Kapitel „Lehrplanvorgaben“) Dies zeigt sich auch im weiteren Verlauf. Denn anschließend werden analog zum Werk „Impulse“ die Themen „Kräfteaddition und -zerlegung“ sehr intensiv behandelt, obwohl die Kräftezerlegung im aktuellen Lehrplan eigentlich nicht mehr vorgesehen ist. Auch die schiefe Ebene sei in diesem Zusammenhang erwähnt, die auf einer ganzen Seite Berücksichtigung findet, obwohl sie ebenfalls in den Lehrplanvorgaben nicht aufgeführt wird.<sup>794</sup> Bei den Formulierungen zum Thema „Kräfteaddition“ fällt auf, dass sie zum Teil etwas negativ formuliert erscheinen und dadurch an Aussagekraft verlieren. Dies zeigt sich beispielsweise an der irreführenden Überschrift „Gemeinsam sind wir schwächer“ sowie an der Ausdrucksweise des Ergebnisses zum Thema „Kräfteaddition“: „Bei Kräften, deren Richtungen nicht gleich gerichtet oder gegen einander gerichtet sind, dürfen die Beträge nicht einfach addiert oder subtrahiert werden, um die resultierende Kraft zu erhalten.“<sup>795</sup> Die Sachstruktur weicht hier bei der Reihenfolge der Themen geringfügig von der Sachstruktur ab, die sich seit der Lehrplanänderung etabliert hat, da das Thema „Kraft und Verformung“ erst im Anschluss an die Kräfteaddition behandelt wird und somit ans Ende der Mechanik gerutscht ist. Erst im Kapitel 17 wird den Schüler verdeutlicht, dass Kräfte neben Bewegungsänderungen auch Verformungen an Körpern nach sich ziehen können. In diesem Zusammenhang wird die Mechanik mit der – für das Werk untypischen – quantitativen Her-

---

<sup>792</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 138

<sup>793</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 147

<sup>794</sup> Siehe „Ikarus“ Seite 155

<sup>795</sup> [Deger, Ikarus, 2005, S. 152]

leitung des Hooke'schen Gesetzes unter Zuhilfenahme entsprechender Messreihen und grafischer Darstellungen abgeschlossen.<sup>796</sup>

Die Tatsache, dass statische Betrachtungen im „Ikarus“ mit Ausnahme des Kräftegleichgewichts komplett am Ende des Werks vorzufinden sind, unterstreicht zwar auf der einen Seite, dass dynamische Betrachtungen im Vordergrund stehen. Jedoch darf auf der anderen Seite nicht unerwähnt bleiben, dass typische Themen der Statik, wie etwa die Kräftezerlegung oder die Schiefe Ebene, im „Ikarus“ nicht nur aufgeführt, sondern auch intensiv behandelt werden. In dieser Hinsicht muss insgesamt festgestellt werden – wie sich auch an der Aufnahme der Themen „Anwendungen des Trägheitssatzes im Straßenverkehr“, „Masse als Ursache der Gravitationskraft“ sowie „Elektrische Ladung als Ursache der elektrischen Kraft“ gezeigt hat – dass sich das Werk stark an den Vorgaben des ersten, ungekürzten G-8 Lehrplans orientiert. Dies kann letztlich auch als einer der Gründe angesehen werden, warum „Ikarus“ mit einer Seitenanzahl von 73 Seiten für die Mechanik unter allen untersuchten Schulbüchern am deutlichsten von der Richtzahl 33 Seiten abweicht, die für eine ausgeglichene aber nicht überbelastende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch ermittelt wurde.

### **Schülervorstellungen und Sachstruktur in „NuTC“**

Die Sachstruktur im Werk „NuTC“ stimmt in vielen Punkten mit der Sachstruktur überein, die sich in Bayern seit der Einführung des neuen Lehrplans etabliert hat, beginnend beim Thema „Grundgrößen der Kinematik“ mit einer eindimensionalen Einführung der Geschwindigkeit. Dabei wird anhand von Beispielen aus dem Alltag der Schüler deutlich gemacht, dass die Geschwindigkeit  $v$  angibt, welche Strecke man in einer bestimmten Zeitspanne zurücklegt. Jedoch werden die Schüler durch diese Herangehensweise und insbesondere auch durch die didaktisch ungeschickte Überschrift „Die Geschwindigkeit – ein Maß für die Schnelligkeit“<sup>797</sup> dazu verleitet die beiden Begriffe Geschwindigkeit und Schnelligkeit gleichzusetzen, was dazu beiträgt, dass sich die Schüler in ihrer Alltagsvorstellung bestätigt fühlen, Geschwindigkeit als skalare Größe zu betrachten.<sup>798</sup> Mithilfe eines weiteren Beispiels, das deutlich macht, dass Ort und Zeit zu Beginn des Bewegungsvorgangs nicht Null sein müssen, wird die Geschwindigkeit letztlich über die Formel  $v = \Delta s / \Delta t$  definiert und anschließend der Unterschied zwischen Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit aufgezeigt. In diesem Zusammenhang wird großer Wert auf die Messung entsprechender Geschwindigkeitswerte gelegt sowie über die physikalische Methode „Mit Messwerten sinnvoll umgehen“ die generelle quantitative Analyse von Messwerten näher vorgestellt.<sup>799</sup> Es ist zu bedenken, ob diese Informationen zur Genauigkeit der Angabe von Messwerten in der 9. Jahrgangsstufe nicht besser aufgehoben wären, weil sie doch eher zu einem quantitativen Verständnis beitragen und in

---

<sup>796</sup> Siehe „Ikarus“ Seiten 162-165

<sup>797</sup> [Fösel, Natur und Technik, 2005, S. 113]

<sup>798</sup> Siehe „NuTC“ Seite 113

<sup>799</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 114-115

der 7. Jahrgangsstufe zunächst eine qualitative Betrachtung von Bewegungen im Mittelpunkt stehen sollte.

Auch der Beschleunigungsbegriff wird eindimensional in der Form  $a = \Delta v / \Delta t$  eingeführt. Hierbei fällt erneut auf, dass die Formulierung der Überschrift „Die Beschleunigung – ein Maß für die Änderung der Geschwindigkeit“<sup>800</sup> auf der Definition von Geschwindigkeit als Schnelligkeit aufbaut. Damit werden falsche Vorstellungen zur Beschleunigung verankert, denn es wird nicht auf die zeitliche Änderung der Geschwindigkeit eingegangen, so dass die Gefahr groß ist, dass die Schüler einen auf das „schneller werden“ bezogenen Beschleunigungsbegriff erlernen. Dazu trägt auch bei, dass im „NuTC“ negative Beschleunigungen keinerlei Aufmerksamkeit geschenkt wird, weder in den Ergänzungen noch in den Beispielen. Die Grundlagen des Beschleunigungsbegriffes werden auf etwas mehr als einer halben Seite abgehandelt, finden also im „NuTC“ zu wenig Beachtung, insbesondere angesichts der besonderen Hindernisse, die der Begriff bei der Vermittlung in der Sekundarstufe I birgt.<sup>801</sup> Stattdessen wird die Fallbeschleunigung als „eine besondere beschleunigte Bewegung“<sup>802</sup> mit unter den Beschleunigungsbegriff gefasst und nicht erst, wie in der üblichen Sachstruktur bzw. nach Lehrplanvorgaben, gemeinsam mit der Gewichtskraft abgehandelt.

Bei der Einführung des Kraftbegriffes dagegen orientiert sich das Werk wieder stark an den Lehrplanvorgaben sowie an der gegenwärtig im bayerischen Gymnasium gewohnten Sachstruktur. Dies zeigt sich daran, dass die Kapitel zum Thema „Kräfte“ genau nach Lehrplanvorgaben in die Überbegriffe „Kräfte und ihre Wirkungen“, „Kraftarten und ihre Ursachen“, „Kräfteaddition und -zerlegung“ und „Kraft und Verformung“ unterteilt werden. Der Kraftbegriff wird der traditionellen Sachstruktur entsprechend als Ursache von Bewegungsänderungen und Verformungen eindimensional eingeführt. Auch die Reihenfolge der darauf folgenden Themen „Kraftpfeile“, „Trägheitssatz“ und „Kräftegleichgewicht“ entspricht der Abfolge, die die zurzeit übliche Sachstruktur vorgibt. Jedoch werden diese Inhalte im „NuTC“ nur äußerst knapp abgehandelt – insgesamt nur auf etwa eineinhalb Seiten – und werden deshalb bei der Einführung des Kraftbegriffs mit unter das Unterkapitel „Physikalische Kräfte“ gefasst.<sup>803</sup> Unmittelbar nach Einstieg in den Kraftbegriff anhand von Beispielen aus der Umwelt wird darauf hingewiesen, dass bestimmte alltägliche Verwendungen des Begriffes „Kraft“, wie etwa „Willenskraft“ oder „Waschkraft“ „keine naturwissenschaftlich definierten, messbaren Größen“<sup>804</sup> sind. Der Trägheitssatz erscheint unter der didaktisch sinnvollen Überschrift „Wann Körper ihren Bewegungszustand beibehalten“ und führt die Trägheit als „Beharrungsvermögen“<sup>805</sup> ein, was ebenfalls als gelungen erachtet werden kann, da sich

---

<sup>800</sup> [Fösel, Natur und Technik, 2005, S. 120]

<sup>801</sup> Siehe „NuTC“ Seite 120

<sup>802</sup> [Fösel, Natur und Technik, 2005, S. 121]

<sup>803</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 126-127

<sup>804</sup> [Fösel, Natur und Technik, 2005, S. 126]

<sup>805</sup> [Fösel, Natur und Technik, 2005, S. 127]

die Schüler auf diese Weise von der Schwellenvorstellung entfernen, nach der sich ein Körper erst bewegt, wenn die einwirkende Kraft größer als die Trägheitskraft ist. Diese Fehlvorstellung hängt auch damit zusammen, dass die Schüler den Begriff „Trägheit“ aus ihrem Alltag nur im Sinne von „zur Ruhe kommen“ kennen, während „Trägheit“ im physikalischen Sinne auch bedeuten kann, dass der Körper seine Geschwindigkeit beibehalten will.

Im folgenden Kapitel „Kraft, Masse und Beschleunigung“ wird zunächst sehr ausführlich anhand vieler Beispiele der Zusammenhang zwischen Trägheit und Masse verdeutlicht, um darüber letztlich die Kraft als Produkt von Masse und Beschleunigung in der Form  $F = m \cdot a$  zu definieren. Jedoch sollte das Werk bei seinen Formulierungen etwas sorgfältiger darauf achten, dass sie physikalisch korrekt sind. So heißt es beispielsweise: „Die Ursache für die unterschiedlich große Trägheit ist das verschieden große Gewicht von [...]“<sup>806</sup> Durch diese Ausdrucksweise wird es schwer werden, die Schüler zu einem späteren Zeitpunkt davon zu überzeugen, dass der physikalische Begriff „Gewicht“ nicht nur – wie im umgangssprachlichen Gebrauch üblich – als Masse angesehen werden darf.

Analog zur üblichen Sachstruktur folgt im „NuTC“ auf das zweite Newtonsche Axiom unmittelbar das Wechselwirkungsgesetz, das sehr ausführlich in einem separaten Kapitel über mehrere Seiten mit vielen Anwendungsbeispielen aus der Technik bzw. aus dem Sport veranschaulicht wird.<sup>807</sup> Dabei wird ähnlich wie im „Ikarus“ auch hier als zentrales Beispiel das so genannte „Seilziehen auf Rollen“ herangezogen, das jedoch die Gefahr der Verwechslung von Wechselwirkungsprinzip und Kräftegleichgewicht birgt. Auch aus der Formulierung des Wechselwirkungsgesetzes, die zwar die „wechselseitige“ Beziehung zwischen den Körpern betont, geht der Unterschied zum Kräftegleichgewicht nicht durchsichtig hervor.<sup>808</sup> Deshalb wird unmissverständlich in einem gesonderten Abschnitt mit gekennzeichneten Merksatz der Unterschied klargestellt: „Beim Kräftegleichgewicht wirken die Kräfte immer auf ein und denselben Körper. Beim Wechselwirkungsprinzip greifen die Kräfte dagegen an zwei verschiedenen Körpern an.“<sup>809</sup> Das Kapitel „Wechselwirkungsgesetz“ wird mit dem Thema „Kraftmessung“ abgeschlossen. In dieser Hinsicht erscheint es aus didaktischen Gesichtspunkten zweifelhaft, ob das statische Messen von Kräften hier nicht eher irreführend ist und die beiden Themen nicht erneut gegeneinander ausspielt. Es ist zu bedenken, ob es nicht besser wäre, das entsprechende Messverfahren, das hier schrittweise vorgestellt wird, im Zusammenhang mit dem zugehörigen Thema „Kräftegleichgewicht“ zu behandeln oder beim Thema „Kraft und Verformung“ zu besprechen.<sup>810</sup>

Bei der Vorstellung der Kraftarten werden nur die beiden Kräfte Gravitationskraft und elektrische Kraft genauer unter die Lupe genommen, d.h. entsprechende Lehrplanvorgaben, die auch

---

<sup>806</sup> [Fösel, Natur und Technik, 2005, S. 131]

<sup>807</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 134-137

<sup>808</sup> Siehe „NuTC“ Seite 136

<sup>809</sup> [Fösel, Natur und Technik, 2005, S. 137]

<sup>810</sup> Siehe „NuTC“ Seite 138

auf die Reibungs- bzw. die magnetische Kraft verweisen, werden im „NuTC“ nicht umgesetzt. Das Hauptaugenmerk wird dabei einerseits auf die Ursachen der Kräfte gelegt, wobei im Zusammenhang mit der Masse, als Ursache der Gravitationskraft, der Unterschied zwischen träger und schwerer Masse zunächst im Merksatz verankert wird und anschließend unter dem Gesichtspunkt „Wie man Massen messen kann – die Balkenwaage“ erneut aufgegriffen wird.<sup>811</sup> Andererseits wird besonderes Augenmerk auf die Abstandsabhängigkeit der Kräfte gelegt. Dabei wird in den Grundlagen eine qualitative Betrachtungsweise in den Vordergrund gestellt, die mithilfe von Je-desto-Beziehungen deutlich macht, dass Gravitationskraft bzw. elektrische Kraft mit zunehmendem Abstand von der Erde bzw. zwischen den geladenen Körpern abnimmt. Die Aufgaben dagegen legen besonderen Wert auf eine quantitative Analyse, ausgehend von tabellarischen Gegenüberstellungen genauer Kraft- und Abstandswerte.<sup>812</sup> Neben dem „Hinweis auf Reibungs- und magnetische Kraft“ schreibt der zu Grunde liegende Lehrplan beim Thema „Überblick über Kraftarten und ihre Ursachen“ auch vor, an dieser Stelle näher auf „Fallbeschleunigung und Gewichtskraft“ einzugehen. Während die Fallbeschleunigung im Zusammenhang mit dem Beschleunigungsbegriff besprochen wird, wird die Gewichtskraft im „NuTC“ lediglich knapp und in veränderten Begrifflichkeiten als „Gravitationskraft der Erde“ und „Schwerkraft“ erwähnt. Dadurch weicht das Werk von den Vorgaben des Lehrplans ab und geht der Konfliktsituation zwischen der Bedeutung von Gewicht(kraft) im umgangssprachlichen und im physikalischen Sinn gezielt aus dem Weg.<sup>813</sup> Die statistischen Themen zum Kraftbegriff am Ende des Werkes „Kräfteaddition und -zerlegung“ und „Kraft und Verformung“ werden in den Grundlagen nur knapp besprochen und bauen stattdessen – wie auch der Lehrplan vorschreibt – eher auf einfachen Beispielen aus dem Alltag der Schüler auf oder ziehen Versuche heran, die die Schüler mit einfachen Mitteln auch zu Hause ausprobieren können. Beispielsweise wird zum Einstieg in das Thema „Wenn Kräfte einen Winkel bilden“ das „Schweben“ in der Hängematte experimentell unter Zuhilfenahme von Kraftmessern in einem entsprechenden Modell nachgestellt. Auch die Grundlagen zur Kräfteaddition greifen auf die zeichnerische Darstellung des Versuches „Tauziehen zu dritt“ zurück, der zuvor von den Schülern unter „Probier’s mal“ als Vorbereitung durchgeführt werden soll.<sup>814</sup> Die Zerlegung von Kräften findet die gleiche Beachtung wie die Addition von Kräften, was darauf zurückzuführen ist, dass das Thema im ersten Lehrplan für das bayerische achtjährige Gymnasium 2004 noch enthalten war und erst im Jahre 2008 in die 9. Jahrgangsstufe verlegt wurde. (siehe Kapitel „Lehrplanvorgaben“) Beim Thema „Kraft und Verformung“ steht ebenfalls ein qualitatives Verständnis anhand vieler elementarer Beispiele aus dem Alltag der Schüler im Vordergrund. Es werden zwar die entsprechenden Proportionalitäten des Gesetzes von Hooke anhand einfacher Messwerte sowie einer graphische Darstel-

---

<sup>811</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 142-143

<sup>812</sup> Siehe „NuTC“ Seite 141

<sup>813</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 141-145

<sup>814</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 148-150

lung aufgezeigt, jedoch fällt die quantitative Analyse bei weitem nicht so umfangreich aus wie etwa in den Vergleichswerken „Impulse“ oder „Ikarus“. Auch die zugehörige Formel des Gesetzes von Hooke spielt keine Rolle und wird nicht einmal erwähnt. Das Werk zielt darauf ab, die Schüler zu qualitativen Aussagen über den Zusammenhang von Kraft und Dehnung zu befähigen und legt dabei großen Wert auf den Begriff der „Proportionalität“.<sup>815</sup>

Insgesamt lässt sich also im „NuTC“ ein erkennbares Übergewicht dynamischer Betrachtungsaspekte feststellen, was neben der Knappheit mit der die statischen Inhalte wie Kräftegleichgewicht, Kräfteaddition etc. ausgeführt werden, vor allem darauf zurückzuführen ist, dass sich das Werk stärker als die Vergleichswerke an die Lehrplanänderungen im Zuge der G-8 Reform hält. Diese sehen weniger statische Themen für den Mechanikunterricht der 7. Jahrgangsstufe vor. Dies spiegelt sich beispielsweise darin wider, dass der schiefen Ebene im „NuTC“ keine Beachtung geschenkt wird.

### **Schülervorstellungen und Sachstruktur in „NuTDP“**

Auch das Werk „NuTDP“ steigt mit dem Kapitel „Grundgrößen der Kinematik“ in die Mechanik ein. Jedoch werden dabei zunächst unter dem Aspekt „Bewegung von Körpern“ die kinematischen Grundgrößen Zeit und Ort beschrieben, die im ursprünglichen G-8 Lehrplan 2004 noch Pflicht waren und erst infolge der Lehrplanüberarbeitung 2008 keine gesonderte Rolle mehr spielen sollen. Daraufhin folgt eine Kategorisierung von Bewegungsabläufen nach der Form der Bahn in geradlinige Bewegungen, krummlinige Bewegungen und Schwingungen. In dieser Hinsicht sei erwähnt, dass die gewählte Kategorisierung nicht eindeutig ist, da es sich bei der Schwingung um eine spezielle geradlinige Bewegung handeln kann. Die Kreisbewegung wird lediglich als „spezielle krummlinige Bahn“<sup>816</sup> bezeichnet, ohne näher darauf einzugehen. Stattdessen folgt unmittelbar die Definition der gleichförmigen Bewegung im Unterschied zur ungleichförmigen Bewegung. Den Schülern wird dabei jedoch keinesfalls klar gemacht, dass sich aus physikalischer Sicht bei einer gleichförmigen Kreisbewegung die Bewegungsrichtung (und damit die Geschwindigkeit) fortwährend ändern. In ihrer Vorstellung bleibt die Richtung unverändert, da im Alltag bei Kreisbewegungen lediglich zwischen „links herum“ und „rechts herum“ unterschieden wird. Durch diese Herangehensweise der Kategorisierung von Bewegung werden die Schüler in ihrer Ansicht bestätigt, den Bewegungsablauf nur als Ganzes zu erfassen, während momentane Bewegungen mit dauernden Bewegungsänderungen, wie etwa bei der Kreisbewegung, im „NuTDP“ unberücksichtigt bleiben. Damit einher geht die eindimensionale Einführung Geschwindigkeit als „Schnelligkeit einer Bewegung“<sup>817</sup>. Das Werk bestätigt also gewissermaßen die Fehlvorstellung der Schüler, Geschwindigkeit lediglich als skalare Größe anzusehen, die zudem nicht negativ werden kann. Der Richtungscharakter der physikalischen Größe Geschwindigkeit bleibt dabei

---

<sup>815</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 152-153

<sup>816</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 118]

<sup>817</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 119]

erneut völlig unbeachtet. Für quantitative Zwecke wird die Geschwindigkeit über die Formel  $v = s/t$  eingeführt. Es wird zwar darauf hingewiesen, dass diese Formel lediglich für konstante Geschwindigkeiten und damit für gleichförmige Bewegungen gilt, jedoch wird nicht erwähnt, dass sie sich nur auf Bewegungen ohne Anfangsort und -zeit beschränkt. Der Unterschied zwischen Durchschnittsgeschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit wird zunächst anhand der Formel  $v = s/t$  erläutert, indem das Werk deutlich macht, dass mithilfe der Gleichung nur eine mittlere Geschwindigkeit errechnet werden kann. Erst im Anschluss wird versucht, die Momentangeschwindigkeit anschaulich über Tachometer oder Fahrradcomputer zu erläutern.<sup>818</sup>

Die Beschleunigung wird analog zur Geschwindigkeit gemäß der traditionellen Sachstruktur eindimensional eingeführt. Positiv erwähnt werden muss dabei, dass anhand anschaulicher Abbildungen deutlich gemacht wird, dass nicht allein die Geschwindigkeitsänderung für die Beschleunigung verantwortlich ist, sondern dass diese unterschiedlich schnell erfolgen kann. Gerade deshalb weil dem Zeitaspekt bei der Einführung des Beschleunigungsbegriffs sinnvollerweise so viel Beachtung geschenkt wird, verwundert es umso mehr, warum die Beschleunigung über die Formel  $a = \Delta v/t$  statt  $a = \Delta v/\Delta t$  eingeführt wird, also erneut lediglich Bewegungen aus der Ruhe betrachtet werden. Auch die Beispiele betrachten einzig Bewegungen aus dem Stand. Dadurch werden die Schüler – wie schon beim Geschwindigkeitsbegriff – in ihrer Vorstellung unterstützt, Ruhe und Bewegung als wesensmäßig verschieden anzusehen, was weit reichende Folgen, wie etwa Missverständnisse beim Trägheitsprinzip nach sich ziehen könnte.<sup>819</sup>

Im zweiten Kapitel „Kräfte und Bewegungsänderungen“ werden gemäß der Sachstruktur, die sich in Bayern seit der Einführung des neuen Lehrplans etabliert hat, Kräfte eindimensional über ihre Wirkungen eingeführt. Dabei heißt es gleich zu Beginn des Kapitels: „Im Alltag sagen wir über Vorgänge, bei denen Körper bewegt oder verformt werden, dass Körper wirken. Naturkräfte, die bei Erdbeben wirken, können Ortschaften zerstören. Mit Muskelkräften heben wir eine Tasche oder dehnen einen Expander.“ Es ist fraglich, ob dieser Einstieg in den Kraftbegriff didaktisch sinnvoll ist. Denn wie im Vorspann dargestellt, hängen die Lernschwierigkeiten mit dem Kraftbegriff wesentlich mit der vielfältigen Bedeutung von Kraft im Alltagsgebrauch zusammen, dass aber seine Bedeutung selbst dort, wo eine physikalische Interpretation nahe liegt, nicht mit dem physikalischen Kraftbegriff in Einklang zu bringen ist. Der Bedeutungsinhalt im Alltag liegt vielmehr deutlich näher beim physikalischen Energiebegriff. Kräfte werden als Eigenschaften von Körpern gesehen, gewissermaßen als Potenz oder Fähigkeit, die ein Körper hat, ausüben kann, aber nicht muss. Diese Vorstellung von Kraft als Kennzeichen von Aktivität findet jedoch durch die im „NuTDP“ gewählten Beispiele „Naturkräfte“ und „Muskelkräfte“ zunächst weitere Nahrung. Erst allmählich werden Ansätze erkennbar, die verdeutlichen, dass der Kraftbegriff im physikalischen Verständnis lediglich

---

<sup>818</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 119-120

<sup>819</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 121

eine formale Größe zur Beschreibung von Wechselwirkungen ist. Dies zeigt sich an den gewählten Formulierungen „Körper können Kräfte aufeinander ausüben“ bzw. „dass die Einwirkungen der Körper aufeinander wechselseitig sind.“<sup>820</sup>

Auf das Thema Kraftpfeile wird nicht mehr als nötig eingegangen. Es wird lediglich in ein paar kurzen Sätzen erwähnt, dass die Kraft eine gerichtete (vektorielle) Größe ist, die durch Pfeile dargestellt werden kann und durch ein Formelzeichen über dem Pfeil gekennzeichnet wird.<sup>821</sup> Es lässt sich also auch beim Kraftbegriff festhalten, dass der Begriff „Richtung“ im „NuTDP“ zu wenig thematisiert wird, so dass letztlich kein physikalisches Verständnis von diesem aufgebaut werden kann.

Im folgenden Abschnitt weicht das Werk etwas von der traditionellen Sachstruktur ab, indem es das Kräftegleichgewicht dem Trägheitssatz vorzieht. Beide Themen werden ebenfalls sehr kurz – gemeinsam lediglich auf einer Seite – abgehandelt. Zum Kräftegleichgewicht sei positiv erwähnt, dass auch der Fall der bewegten Körper deutlich herausgearbeitet wird, so dass die Schüler von der Vorstellung abrücken, das Gleichgewicht der Kräfte lediglich als Ruhezustand anzusehen. Die Trägheit wird als „Eigenschaft von Körpern, ohne Krafteinwirkung in gleichförmig geradliniger Bewegung oder in Ruhe zu bleiben“ bezeichnet. Bei dieser Formulierung ist zu bedenken, ob die gesonderte Betrachtung des Ruhezustandes nicht erneut zur Alltagsvorstellung beiträgt, Ruhe und Bewegung als wesensmäßig verschieden anzusehen, statt Ruhe aus physikalischer Sicht als Spezialfall ( $v=0$ ) von Bewegung zu betrachten.<sup>822</sup>

Das Newtonsche Grundgesetz wird qualitativ über Je-desto-Aussagen der Zusammenhänge zwischen Kraft  $F$ , Masse  $m$  und Beschleunigung  $a$  hergeleitet, aus denen klar ersichtlich wird, dass der Körper durch die Kraft eine Beschleunigung erhält und nicht umgekehrt. Auch die Formulierung des zugehörigen Merksatzes betont diesen Sachverhalt, der oft von Schüler verwechselt wird. Auffällig ist, dass auch das zweite Newtonsche Axiom im „NuTDP“ äußerst knapp auf weniger als einer Seite bearbeitet wird, während beispielsweise das Thema „Trägheit im Straßenverkehr“ auf einer ganzen Seite ausgeführt wird.<sup>823</sup> Zwischen zweitem Newtonschen Axiom und Wechselwirkungsgesetz wird besonderes Augenmerk auf die Masse von Körpern gelegt, insbesondere unter dem Aspekt der Unterscheidung zwischen schwerer und träger Masse. Lediglich die Formulierungen in dieser Hinsicht erscheinen etwas irreführend gewählt. Denn zu sagen: „Die Eigenschaft eines jeden Körpers, schwer zu sein, kann durch die physikalische Größe Masse beschrieben werden.“<sup>824</sup> kann leicht zu der Fehlvorstellung führen, die Gewichtskraft als unveräußerlichen Besitz eines Körpers anzusehen und nicht als Anziehungskraft, die der Körper erst in Wechselwirkung mit der Erde erfährt. Daneben wird ergänzend sehr ausführlich auf die Dichte von Stoffen eingegangen.<sup>825</sup> Dabei ist kritisch

---

<sup>820</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 129]

<sup>821</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 129

<sup>822</sup> Siehe „NuTC“ Seiten 130

<sup>823</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 131 und 137

<sup>824</sup> [Meyer, Natur und Technik 7, 2005, S. 132]

<sup>825</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 133

zu hinterfragen, ob man einem vertiefendem Thema wie diesem, das auch im Lehrplan keinerlei Beachtung findet, mehr Platz im Werk und somit mehr Aufmerksamkeit widmen sollte, als beispielsweise dem Newtonschen Grundgesetz, das den für die Mechanik grundlegenden Zusammenhang zwischen Kraft und Bewegungsänderung beschreibt. Diese Bedenken erscheinen auch beim Thema „Historisches zu Kräften und Bewegungen“ angebracht.<sup>826</sup>

Bei der Besprechung des Wechselwirkungsgesetzes wird die gleichberechtigte Beziehung zwischen den Wechselwirkungspartnern erfasst und zusätzlich am Rand – wenn auch etwas unauffällig in kleinerer, aber veränderter Schrift – auf den Unterschied zwischen Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungsgesetz hingewiesen. Kritisch hinterfragt werden muss jedoch der didaktisch unnötige Zusatz  $F_1 = F_2$ , der erneut jegliche Beachtung des Richtungscharakters der Kraft vermissen lässt.<sup>827</sup> Dies könnte bei den Schülern zu Missverständnissen führen, da doch beim Thema „Kraftpfeile“ deutlich gemacht wurde, dass die Kraft eine vektorielle Größe ist, deren Wirkung nicht nur vom Betrag, sondern auch vom Angriffspunkt und insbesondere auch von der Richtung abhängt.

Im dritten Kapitel „Kraftarten, ihre Ursachen und Wirkungen“ setzt sich zwar die prinzipielle Aufteilung der Kapitel getreu den zu Grunde liegenden Lehrplanvorgaben fort, jedoch werden hier nicht nur Gravitationskraft und elektrische Kraft betrachtet, sondern das Werk liefert eine ganze Übersicht über verschiedene Arten von Kräften, unter anderem Windkraft, Wasserkraft etc. Auch auf die magnetische Kraft und die Reibungskraft wird in dieser Zusammenstellung hingewiesen.<sup>828</sup> Auf die Reibungskraft wird zudem noch ausführlich auf einer zusätzlichen Seite eingegangen. Dabei wird neben den verschiedenen Arten der Reibung das Hauptaugenmerk auf den bewegungshemmenden Effekt von Reibung gelegt. Ein qualitatives Verständnis steht hier offensichtlich im Vordergrund, was sich neben den anschaulichen Abbildungen insbesondere daran zeigt, dass das entsprechende Reibungsgesetz keine Rolle spielt. Auch bei der Gravitationskraft und der elektrischen Kraft, die neben der Reibungskraft näher beleuchtet werden, stehen qualitative Aussagen über Je-desto-Beziehungen zum Zusammenhang von Kraft, Masse bzw. Ladung und Abstand der (geladenen) Körper im Vordergrund und nicht entsprechende Formeln. Es zeigt sich auch hier – wie schon bei den kinematischen Grundgrößen Zeit und Ort bzw. bei den Anwendungen des Trägheitssatzes im Straßenverkehr –, dass der ungekürzte ursprüngliche G-8 Lehrplan dem Werk zu Grunde liegt, denn es wird ausführlich sowohl auf Masse als Ursache der Gravitationskraft als auch auf elektrische Ladungen als Ursache der elektrischen Kräfte eingegangen. Auch auf die Ionenbindung wird nach wie vor hingewiesen.<sup>829</sup> (siehe Kapitel „Lehrplanvorgaben“) Positiv erwähnt werden muss das Kapitel „Masse und Gewichtskraft“, da es sorgfältig verdeutlicht, dass ein Körper seine Gewichtskraft erst durch die Anziehungskraft der Erde erfährt und nicht schon – wie in der Vorstellung

---

<sup>826</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 135

<sup>827</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 134

<sup>828</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 143

<sup>829</sup> Siehe „NuTDP“ Seiten 142 und 145

mancher Schüler – von Natur aus eine Gewichtskraft hat. Als didaktisch etwas irreführend und deshalb für ein qualitatives Verständnis unnötig erscheint hier jedoch die Gleichung  $F = m \cdot g$ , da sie womöglich als gleich bedeutsam mit  $F = m \cdot a$  angesehen wird. Es kann also gut sein, dass der Unterschied zwischen der universellen Bedeutung des zweiten Newtonschen Axioms gegenüber der Bedeutung spezieller Kraftfunktionen nicht erkannt wird.<sup>830</sup> Bei den Themen „Zusammensetzung bzw. Zerlegung von Kräften“ sowie „Kraft und Verformung“ weicht das Werk „NuTDP“ in dem Punkt vom Lehrplan ab, dass es die beiden Themen mit unter das Kapitel „Kraftarten“ fasst. Bei der Kräfteaddition werden zunächst Kräfte längs einer Wirkungslinie untersucht. Ausgehend von Kräften in gleicher Richtung spielen im Anschluss auch entgegen gesetzte Richtungen eine Rolle, wobei das Kräftegleichgewicht als spezieller Fall beim entgegen gesetzten Wirken zweier Kräfte mit gleichem Betrag separat betrachtet wird. Erst anschließend werden Kräfte unterschiedlicher Richtung behandelt, wobei die Vorgehensweise der zeichnerischen Ermittlung der resultierenden Kraft mithilfe der Konstruktion des Kräfteparallelogramms im Mittelpunkt steht.<sup>831</sup> Im Zusammenhang mit der Kräftezerlegung wird auch auf die schiefe Ebene eingegangen, was wiederum als Indiz gewertet werden kann, dass der Lehrplanreform 2004 im Zuge der Umstellung auf das achtjährige Gymnasium nicht die nötige Aufmerksamkeit geschenkt wird, da statische Themen weniger Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.<sup>832</sup> Die Mechanik abschließend wird beim Thema „Kraft und Verformung“ zunächst der Unterschied zwischen plastischen und elastischen Verformungen dargestellt. Darauf aufbauend wird das Gesetz von Hooke für elastische Federn mit Betonung der Federhärte, als charakteristischer Wert des Quotienten aus wirkender Kraft  $F$  und Dehnung  $s$ , in folgender Form definiert:  $F / s = D = konst.$  Aus dieser Art der Darstellung geht im Vergleich zu der üblichen Darstellungsform  $F = D \cdot s$  mit  $D = konst.$  deutlicher hervor, dass der Quotient von der Feder abhängt und einen bestimmten charakteristischen Wert annimmt.<sup>833</sup>

Im „NuTDP“ lässt sich alles in allem eine stärkere Gewichtung dynamischer Themengebiete festhalten. Diese rührt trotz der geringen Wertschätzung der Newtonschen Axiomatik vor allem daher, dass bestimmte typisch statische Themen, wie etwa „Kraftmessung“ im „NuTDP“ nicht behandelt werden, während bestimmte typisch dynamische Themen, wie beispielsweise „Reibung“, sehr intensiv betrachtet werden.

### **Schülervorstellungen und Sachstruktur in „Netzwerk“**

Das Werk „Netzwerk“ steigt ähnlich wie das Werk „NuTDP“ mit dem allgemeinen Kapitel „Bewegungen“ in die Mechanik ein und weicht in dieser Hinsicht von der gegenwärtig üblichen Sachstruktur ab. Dies lässt sich daran erkennen, dass zunächst verschiedene Bewe-

---

<sup>830</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 144

<sup>831</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 147

<sup>832</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 148

<sup>833</sup> Siehe „NuTDP“ Seite 149

gungsarten mithilfe der kinematischen Grundgrößen Zeit und Ort beschrieben werden, obwohl die traditionelle Sachstruktur diesen Einstieg nicht mehr vorsieht und stattdessen bevorzugt, unmittelbar mit der kinematischen Grundgröße Geschwindigkeit zu beginnen. Als Grund für diese Herangehensweise kann auch hier der erste, noch nicht reduzierte Lehrplan für das G-8 herangezogen werden, der Ausgangspunkt für die Erstellung des Werkes war und die Größen Zeit und Ort noch explizit bei den Grundgrößen der Kinematik aufführt. Vergleichbar zum Werk „NuTDP“ kategorisiert auch das Werk „Netzwerk“ zunächst Bewegungsabläufe nach der Form der Bahn in geradlinige Bewegungen, krummlinige Bewegungen und Hin- und Herbewegungen, wobei darauf hingewiesen wird, dass letztere auch – wie dies im „NuTDP“ der Fall ist – als Schwingungen bezeichnet werden. In dieser Hinsicht sei angemerkt, dass auch hier die Kategorisierung nicht eindeutig ist, da viele Hin- und Herbewegungen bzw. Schwingungen geradlinig sind. Auch die Kreisbewegung wird wieder als Spezialfall der krummlinigen Bahn hervorgehoben, wobei jedoch im „Netzwerk“ im Unterschied zum „NuTDP“ gesagt wird, dass sich bei dieser Art der Bewegung fortwährend die Richtung der Bewegung ändert.<sup>834</sup> Jedoch ist zu bezweifeln, ob Schülern der 7. Jahrgangsstufe diese neuartige physikalische Sicht der Kreisbewegung in einem Satz, ohne ergänzende Darstellungen, unmittelbar einleuchtet. Sie sind zumeist noch sehr von der Alltagsvorstellung geprägt, Bewegungsabläufe als Ganzes zu sehen und deshalb bei der Richtung der Kreisbewegung lediglich zwischen im Uhrzeigersinn bzw. gegen den Uhrzeigersinn zu unterscheiden.

Erst im Anschluss an das Thema „Beschreibung von Bewegungen“ wird die Geschwindigkeit gemäß der üblichen Sachstruktur eindimensional eingeführt. Dabei wird zunächst quantitativ über Messwerte und entsprechende Diagramme gezeigt, dass bei einer gleichförmigen Bewegung in gleichen Zeitabständen  $\Delta t$  gleiche Strecken  $\Delta s$  zurückgelegt werden, um daraus die neue Größe Geschwindigkeit als Quotient  $v = \Delta s / \Delta t$  einzuführen.<sup>835</sup> Jedoch hat die Geschwindigkeit, dadurch in der Vorstellung einiger Schüler Differenzcharakter, ist also gewissermaßen eine „Bilanzgröße“, die sich aus dem Vergleich von Anfangs- und Endzustand ermitteln lässt. Die Bewegung eines Körpers kann sich in ihrer Sicht lediglich auf einen Zeitraum und niemals auf einen Zeitpunkt beziehen. Diese ganzheitliche Sichtweise von Bewegungsmustern, die im „Netzwerk“ auch durch die anfängliche Kategorisierung der Bewegungsabläufe unterstützt wird, trägt dazu bei, dass der zeitliche Verlauf des Vorgangs, also momentane Bewegungsänderungen vernachlässigt werden. Aus diesem Grund kann die ausgiebige Betrachtung des Themas „Ungleichförmige Bewegungen“ im „Netzwerk“ als didaktisch sinnvoll erachtet werden, da auf diese Weise der Unterschied zwischen Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit verdeutlicht wird. Auch die Aufgaben sind sehr auf diese Thematik ausgerichtet.<sup>836</sup> Einziger Kritikpunkt in dieser Hinsicht ist die Art und Weise, wie das Werk vorgeht. Denn es fällt auch hier am ausführlichen „Rechenbeispiel“ auf, was bereits

---

<sup>834</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 116

<sup>835</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 118

<sup>836</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 121

bei der Einführung des Geschwindigkeitsbegriffes festgestellt werden konnte, nämlich dass sehr viel Wert auf quantitative Herangehensweisen gelegt wird. Es werden Messungen und Rechnungen durchgeführt, deren Ergebnissen dann zusätzlich graphisch ausgewertet werden. Dies zeigt sich auch an der ausführlichen Darstellung der Arbeitstechnik „Erstellen und Interpretieren von Diagrammen“.<sup>837</sup> Dabei sollte doch eigentlich – auch nach Lehrplanvorgaben – im Mechanikunterricht der 7. Jahrgangsstufe zunächst ein grundlegendes qualitatives Verständnis der kinematischen Größen im Vordergrund stehen.

Bei der ebenfalls eindimensionalen Einführung der Beschleunigung wird der Änderungscharakter durch die Darstellung  $a = (v_1 - v_0) / (t_1 - t_0) = \Delta v / \Delta t$  noch deutlicher herausgestellt als beim Geschwindigkeitsbegriff. Dadurch will das Werk der Aussage aus dem Fließtext Nachdruck verleihen, dass nicht allein die Geschwindigkeitsänderung für die Beschleunigung verantwortlich ist, sondern dass diese unterschiedlich schnell erfolgen kann. Auch auf negative Beschleunigungen wird im „Netzwerk“ unter dem Aspekt der „verzögerten Bewegung“ ausdrücklich hingewiesen. Die ausführlichere Formel zeigt den Schülern dabei direkt auf, dass bei einer negativen Beschleunigung die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  größer als die Endgeschwindigkeit  $v_1$  ist und damit  $\Delta v = v_1 - v_0$  negativ wird, was aus der verkürzten Darstellung  $\Delta v$  nicht unmittelbar hervorgeht.<sup>838</sup>

Im folgenden Abschnitt „Kraftwirkungen“ werden Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen und Verformungen eingeführt. Dabei werden die Bewegungsänderungen und die Verformungen separat in ausführlicher Form behandelt. Es werden stichpunktartig die verschiedenen Möglichkeiten dargestellt, wie Kräfte die Bewegung eines Körpers verändern können, wobei insbesondere betont wird, dass zur Änderung der Bewegungsrichtung Kräfte nötig sind.<sup>839</sup> Insbesondere wenn die Geschwindigkeit wie hier im „Netzwerk“ eindimensional eingeführt wird, spielt diese Betrachtungsweise eine entscheidende Rolle. Denn nur so kann den Schülern klar gemacht werden, dass auf einen Körper genau dann eine Kraft wirkt, wenn er seinen Geschwindigkeitsbetrag oder seine Bewegungsrichtung ändert. Wird letzterer Fall jedoch nicht ausdrücklich erwähnt, führt dies bei den Schülern, angesichts ihrer Vorstellung von Geschwindigkeit als skalarer Größe, fast unvermeidlich zu der Fehlvorstellung, dass beispielsweise auf einer Kreisbahn mit konstanter Geschwindigkeit keine Kraft wirken muss. Daneben muss positiv erwähnt werden, dass im „Netzwerk“ schon bei der Einführung des Kraftbegriffs deutlich betont wird, dass Kräfte nur zwischen verschiedenen Körpern auftreten können. Auf die Vorteile der entsprechenden Formulierung „Kräfte können nur von einem Körper auf einen anderen Körper ausgeübt werden“<sup>840</sup> wurde bereits mehrfach hingewiesen.

---

<sup>837</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 120

<sup>838</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 122

<sup>839</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 125

<sup>840</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 125]

Im Anschluss an die Formänderungen, die insbesondere auf den Unterschied zwischen elastischer und plastischer Verformung näher eingehen<sup>841</sup>, weicht das Werk von der thematischen Reihenfolge des Lehrplans ab, indem es das statische Kapitel „Kraftmessung“ vorzieht und nicht im Zusammenhang mit dem üblichen Thema „Kraft und Verformung“ am Ende der Mechanik behandelt. Es wird in dem Kapitel zunächst umfassend auf die zu diesem Zeitpunkt sonst übliche „Kraftdarstellung durch Pfeile“ eingegangen, wobei der Richtungscharakter der Kraft insbesondere durch die Überschrift „Kraft hat eine Richtung“ explizit betont wird.<sup>842</sup> Anschließend werden die Themen „Wie groß ist eine Kraft?“ und „Das Hooke'sche Gesetz“ nicht nur vorgezogen, sondern ebenfalls sehr ausführlich behandelt werden. Dabei wird insbesondere das Messprinzip eines Federkraftmessers unter Rückbezug auf die verformende Wirkung der Kraft genau vorgestellt.<sup>843</sup> Beim Hooke'schen Gesetz zeigt sich, dass die Herleitung – analog zu den kinematischen Grundgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung – sehr quantitativ durchgeführt wird und nicht wie etwa im „NuTDP“ über Je-desto-Aussagen. Anhand einer Messreihe samt graphischer Auswertung wird gezeigt, dass „zur doppelten bzw. dreifachen Dehnung einer Schraubenfeder eine genau doppelt bzw. dreimal so große Kraft nötig ist.“<sup>844</sup> Wie man von der Proportionalität letztlich zur Formel gelangt, wird ausführlich unter dem Aspekt „Werkzeug“ erläutert, unter dem „Arbeitstechniken und Fertigkeiten“ vorgestellt und erarbeitet werden, die für eine erfolgreiche Auseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten unabdingbare Voraussetzung sind.<sup>845</sup> In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob es in der 7. Jahrgangsstufe für ein qualitatives Verständnis des Zusammenhangs zwischen Kraft und Verformung „unabdingbar“ ist zu wissen, wie man aus der Quotientengleichheit auf die Proportionalitätskonstante schließen kann, mit deren Hilfe man letztlich über eine Äquivalenzumformung zur Gleichung gelangt.<sup>846</sup>

Im Anschluss an das Gesetz von Hooke geht das Werk unmittelbar über zum Trägheitssatz, bevor es das Kapitel „Kraftmessung“ mit dem Kräftegleichgewicht abschließt. In dieser Hinsicht scheinen Zweifel angebracht, ob das erste Newtonsche Axiom in diesem rein statischen Themengebiet gut aufgehoben ist. Denn in der Statik befindet sich ein Körper im Ruhezustand, wenn sich die Kräfte in ihrer Wirkung kompensieren. Aus diesem Grund kann durch die Übertragung dieses Denkmusters auf die Dynamik leicht der Eindruck entstehen, dass Trägheit gewissermaßen als eine Gegenkraft im statischen Sinne gesehen wird. Dadurch wird der Fall, dass der Körper seine Geschwindigkeit beibehält, vollkommen ausgeblendet. Hinzu kommt, dass unterstützt durch die gesonderte Darstellung des Ruhezustandes in der entsprechenden Formulierung des Trägheitsprinzips, Ruhe und Bewegung als prinzipiell verschieden

---

<sup>841</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 126

<sup>842</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 129

<sup>843</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 128

<sup>844</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 132]

<sup>845</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 2]

<sup>846</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 132-133

angesehen werden.<sup>847</sup> Diese Auffassung wird auch dadurch unterstützt, dass bei der anschließenden Herleitung des Kräftegleichgewichts der Fall der bewegten Körper nicht deutlich genug herausgearbeitet wird. Der Gleichgewichtszustand wird dabei im „Netzwerk“ lediglich als „Unentschieden“ am Beispiel des Tauziehens beschrieben: „Der Körper verhält sich so, als ob keine Kraft angreift – er bleibt in Ruhe.“<sup>848</sup> Diese unvollständige Darstellung führt letztlich dazu, dass für einen Teil der Schüler Kräftegleichgewicht gleichbedeutend mit dem Vorliegen eines Ruhezustandes ist.

Das anschließende Kapitel „Newton’sche Gesetze“ befasst sich ausschließlich mit der Axiomatik Newtons, beginnend mit dem zweiten Newtonschen Axiom. Im Anschluss folgt eine erneute Betrachtung des Trägheitssatzes als „Spezialfall des Newton’schen Grundgesetzes“.<sup>849</sup> Deshalb stellt sich die Frage, warum das Trägheitssprinzip im „Netzwerk“ nicht ausschließlich in diesem Zusammenhang betrachtet wird, was aus didaktischer Sicht als sinnvoll erachtet werden kann, da es sich als schlüssige Folgerung unmittelbar aus der Beziehung zwischen Kraft und Bewegungsänderung ergibt. Zudem lassen sich auf diese Weise die resultierenden Fehlvorstellungen aufgrund der Kollision mit dem Kräftegleichgewicht vermeiden, das direkt im Anschluss behandelt wird. Bei der Herleitung des zweiten Newtonschen Axioms geht „Netzwerk“ – wie bei allen Gesetzmäßigkeiten – wieder den Weg über quantitative Betrachtungen. Mithilfe von Messreihen und zugehörigen graphischen Veranschaulichungen werden dabei entsprechende Proportionalitäten von Kraft und Beschleunigung sowie von Masse und Beschleunigung aufgezeigt, mit deren Hilfe dann das Newtonsche Grundgesetz wie folgt definiert wird: „Wird ein Körper der Masse  $m$  mit der Beschleunigung  $a$  in Bewegung gesetzt, so ist dazu die Kraft  $F = m \cdot a$  erforderlich.“<sup>850</sup> Die Formulierung dieses Merksatzes kann unter didaktischen Gesichtspunkten zu Missverständnissen führen, da er sich so anhört, als ob aus Masse und Beschleunigung letztlich eine Kraft entsteht.

Analog zur üblichen Sachstruktur folgt im „Netzwerk“ auf das zweite Newtonsche Axiom unmittelbar das Wechselwirkungsgesetz, das über den typischen Rollschuhversuch eingeführt wird. Hier kann es leicht passieren, dass Wechselwirkungsgesetz und Kräftegleichgewicht verwechselt werden. Aus diesem Grund ist es fraglich, warum das Werk, trotz umfangreicher Betrachtung der Thematik anhand vieler Beispiele, auf diese „Gefahr“ nicht näher eingeht. Dennoch muss die entsprechende Formulierung des Wechselwirkungsprinzips als positiv beurteilt werden: „Übt ein Körper eine Kraft  $F$  auf einen anderen Körper aus, so übt dieser gleichzeitig eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft auf den ersten Körper aus.“<sup>851</sup> Denn diese Ausdrucksweise macht keine Aussage über Ursache und Wirkung, wie etwa das Schlagwort „*actio= reactio*“ und unterstreicht zudem durch das Wort „gleichzeitig“,

---

<sup>847</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 134

<sup>848</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 134]

<sup>849</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 137]

<sup>850</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 137]

<sup>851</sup> [Appel, Netzwerk Physik, 2005, S. 138]

dass keinerlei zeitliche Reihenfolge vorliegt. Insgesamt wird also genau die symmetrische Beziehung zwischen den Wechselwirkungspartnern erfasst, die das Wechselwirkungsgesetz auszeichnet.

Abweichend von der üblichen Sachstruktur wird im darauf folgenden Abschnitt zunächst die Gewichtskraft thematisiert, bevor allgemein auf Gravitationskräfte eingegangen wird. Dabei wird bei der Gewichtskraft schon anhand der Überschrift „Körper werden von der Erde angezogen“ deutlich betont, dass ein Körper seine Gewichtskraft erst infolge der Anziehungskraft der Erde erfährt, was in der Ansicht vieler Schüler nicht als Selbstverständlichkeit angesehen werden kann. Zudem wird ein verstärktes Augenmerk auf die Richtung der Gewichtskraft gelegt, wobei insbesondere betont wird, dass für alle Punkte auf der Erdoberfläche die Gewichtskraft immer zum Erdmittelpunkt gerichtet ist. Anschließend wird der Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft durch Messung entsprechender Werte für unterschiedliche Gegenstände näher bestimmt, wodurch auf den konstanten Wert der Erdbeschleunigung  $g$  geschlossen wird. In Kombination mit dem Newtonschen Grundgesetz wird schließlich als Ergebnis die Gleichung  $F = m \cdot g$  präsentiert.<sup>852</sup> Dabei sollte das Werk vielleicht in diesem Zusammenhang darauf hinweisen, dass die Gleichung für die Gewichtskraft lediglich eine einzelne Kraftfunktion beschreibt, während die Bedeutung von  $F = m \cdot a$  allgemein gültig ist. Stattdessen stehen neben dem Zahlenwert von  $g$  und ortsbedingten Abweichungen dieses Zahlenwertes vor allem Rechenbeispiele im Mittelpunkt des Interesses, was erneut belegt, dass mathematische Betrachtungen im „Netzwerk“ als zentrales Element gesehen werden.<sup>853</sup>

Auf die Masse als Eigenschaft des Körpers und insbesondere auf den Unterschied zwischen träger und schwerer Masse wird nicht näher eingegangen. Die Überschrift „Alle Körper ziehen einander an“ zum Thema „Gravitationskraft“ ist ein offensichtlicher Rückbezug auf die Überschrift „Körper werden von der Erde angezogen“ zum Thema „Gewichtskraft“.<sup>854</sup>

Im anschließenden Kapitel „Kraftarten und ihre Ursachen“ werden, da Gravitations- bzw. Gewichtskraft bereits betrachtet wurden, lediglich elektrische und magnetische Kräfte unter die Lupe genommen, obwohl der Lehrplan in dieser Hinsicht insbesondere eine gemeinsame Betrachtung und Gegenüberstellung von Gravitationskraft und elektrischer Kraft andeutet und dafür den magnetischen Kräften nur eine geringe Aufmerksamkeit schenkt. Auch auf die Reibung geht das Werk „Netzwerk“ sehr ausführlich ein, wobei es von seiner bisherigen Linie abweicht und bei diesem Thema ein qualitatives Verständnis in den Vordergrund stellt, was sich vor allem daran zeigt, dass die verschiedenen Arten von Reibung im Mittelpunkt stehen, während dem Reibungsgesetz keinerlei Beachtung geschenkt wird.<sup>855</sup>

Analog der traditionellen Sachstruktur und dem ungekürzten G-8 Lehrplan aus dem Jahre 2004 wird die Mechanik auch im „Netzwerk“ mit dem Kapitel „Zusammensetzen und Zerle-

---

<sup>852</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 140-142

<sup>853</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 142

<sup>854</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 144

<sup>855</sup> Siehe „Netzwerk“ Seite 150

gen von Kräften“ abgeschlossen. Bei der Kräfteaddition steht zunächst allgemein die graphische Ermittlung von Größe und Richtung der Ersatzkraft mithilfe des Kräfteparallelogramms im Zentrum des Interesses, bevor am Beispiel des Tauziehens der Sonderfall der Kräfte entlang einer Wirkungslinie besprochen wird. Es wird also genau der umgekehrte Weg zum Werk „NuTDP“ gewählt.<sup>856</sup>

Insgesamt lässt sich im „Netzwerk“ ein ausgeglichenes Verhältnis dynamischer und statischer Elemente ausmachen. Auf der einen Seite werden zwar die typisch dynamischen Themen „Bewegungen“ und „Reibung“ sehr ausführlich behandelt. Auf der anderen Seite wird jedoch dem typisch statischen Thema „Kraftmessung“ viel Aufmerksamkeit geschenkt. Das zeigt sich im Werk insbesondere daran, dass es nicht erst als „Randthema“ am Ende der Mechanik knapp behandelt wird, sondern sehr detailliert sogar noch vor dem Kapitel „Newton’sche Gesetze“.

### **Schülervorstellungen und Sachstruktur in „EidM“**

Die Sachstruktur des Werkes „EidM“ spiegelt die Sachstruktur der Unterrichtskonzeption wider, die Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias für die Mechanik der 7. Jahrgangsstufe entwickelt haben und weicht damit deutlich von der konventionellen Sachstruktur ab, die sich in Bayern seit der Einführung des neuen Lehrplans etabliert hat. Dies zeigt sich bereits im Anfangskapitel „Die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen“, in dem – gewissermaßen als Vorbereitung – das Hauptaugenmerk auf die Beobachtung zweidimensionaler Bewegungsabläufe gelegt wird. In diesem Zusammenhang geht es vor allem darum, den Schülern die experimentellen Möglichkeiten zur Aufzeichnung von Bewegungen und speziell die Stroboskopaufnahmen näher zu erläutern.<sup>857</sup> Sie sollen erkennen, dass sich auf diese Art und Weise die Bewegung eines Körpers sehr exakt dokumentieren und nachvollziehen lässt und dass die Bewegung dabei umso genauer beschrieben wird, „je näher die Zeitpunkte zusammen liegen und umso präziser Ort und Zeit bestimmt worden sind.“<sup>858</sup> Später werden in solche Stroboskopaufnahmen, die unter dem Gesichtspunkt „Abbildungen“ umfassend vorgestellt wurden, Geschwindigkeitspfeile eingetragen, die die anschließende Auswertung zusätzlich erleichtern.

As erkennbare Abweichung von der traditionellen Sachstruktur wird im Kapitel „Wie schnell? Wohin?“ die Geschwindigkeit zweidimensional eingeführt. Dabei wird zunächst unter Rückbezug auf die Überschrift anhand von zwei Versuchen aus dem Alltag der Schüler verdeutlicht, dass man für die vollständige Beschreibung der Bewegung eines Gegenstandes an jedem Punkt der Bewegung angeben muss, wie schnell und wohin er sich fortbewegt. Die Schüler sollen sich dadurch möglichst frühzeitig von der ganzheitlichen Betrachtungsweise verabschieden und erkennen, dass sich die Bewegungsrichtung aus physikalischer Sicht fortwäh-

---

<sup>856</sup> Siehe „Netzwerk“ Seiten 154-155

<sup>857</sup> Siehe „EidM“ Seiten 2-3

<sup>858</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 2]

rend ändert, da hier die momentane Bewegung betrachtet wird und nicht wie in der Alltagsvorstellung der Bewegungsablauf als Ganzes. Es wird zu diesem Zeitpunkt also die Zweckmäßigkeit für die Einführung des vektoriellen Geschwindigkeitsbegriffes begründet, da gezeigt wird, dass bei dauernden Bewegungsänderungen neben der Schnelligkeit auch die Bewegungsrichtung variieren kann und deshalb nicht – wie in der Ansicht vieler Schüler – lediglich als Ziel des Bewegungsablaufes angesehen werden darf.<sup>859</sup>

Anschließend werden zunächst der Betrag der Geschwindigkeit, im „EidM“ mit Tempo bezeichnet, und deren Richtung separat betrachtet, um später die beiden Begriffe zur eigentlichen Geschwindigkeit zu verschmelzen. Das Tempo bzw. die Schnelligkeit wird dabei als Quotient aus zurückgelegter Strecke  $\Delta s$  und dafür benötigter Zeit  $\Delta t$  in der Form  $v = \Delta s / \Delta t$  eingeführt, wobei die Erklärung des Deltasymbols noch einmal deutlich auf den Differenzcharakter hinweist: „Das Symbol  $\Delta$  wird verwendet, weil sowohl die Strecke als auch die Zeit sich auf den Unterschied zwischen Anfangs- und Endpunkt beziehen.“<sup>860</sup> Jedoch kann durch diese Formulierung bei einigen Schülern der Eindruck entstehen, die Geschwindigkeit sei allgemein eine „Bilanzgröße“, die sich aus dem Vergleich von Anfangs- und Endzustand ermitteln lässt. Diese Sichtweise wird im „EidM“ auch durch die Wahl der Beispiele unterstützt, die allesamt – zwar mit deutlichem Hinweis versehen – nur Durchschnittsgeschwindigkeiten zwischen bestimmten Markierungen betrachten. Auch die Übersicht „Tempo in Natur und Technik“ unterstreicht dies, indem sie nur mittlere Geschwindigkeitsbeträge heranzieht. Zwar sollte aufgrund des Anfangskapitels und der hinführenden Versuche der Unterschied zwischen ganzheitlicher und momentaner Bewegung deutlich geworden sein, jedoch ist zu bedenken, ob nicht auch bei der Betrachtung der Schnelligkeit ein klarer Hinweis auf den Unterschied zwischen Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit zu einem besseren Verständnis beitragen würde.<sup>861</sup>

Bei der Betrachtung der „Richtung“ wird die Pfeilnotation eingeführt, d.h. die Richtung der Bewegung spiegelt sich in der Richtung des Pfeils wieder, so dass das Erkennen von Bewegungsänderungen auf eine sichtbare Veränderung des Geschwindigkeitspfeils reduziert werden kann. Auf diese Weise wird anhand einer Spielzeuglokomotive, die auf einem Rundkurs fährt, gezeigt, dass sich bei einer Kreisbewegung die Bewegungsrichtung dauernd ändert. Das gelingt dadurch, dass zur Veranschaulichung ein Pfeil aus Papier auf die Modelleisenbahn geklebt wird, der bei der Kurvenfahrt fortwährend in eine andere Richtung zeigt.<sup>862</sup> Spätestens zu diesem Zeitpunkt sollten die Schüler ihre Alltagsansicht, bei der Richtung der Kreisbewegung lediglich zwischen „im Uhrzeigersinn“ und „gegen den Uhrzeigersinn“ zu unterscheiden, durch die neue physikalische Sicht der Kreisbewegung ersetzen. In einer weiteren Abbildung wird die Schülervorstellung aufgegriffen, dass man umgangssprachlich häufig bei einer Be-

---

<sup>859</sup> Siehe „EidM“ Seiten 2-3

<sup>860</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 4]

<sup>861</sup> Siehe „EidM“ Seiten 4-5

<sup>862</sup> Siehe „EidM“ Seite 6

wegung zweier Körper auf das gleiche Ziel von einer Bewegung in die gleiche Richtung spricht, unabhängig davon, von wo aus sich die Körper diesem Ziel nähern. Die Darstellung zeigt einerseits drei Autos mit deutlich gekennzeichneten Pfeilen, die in die gleiche Richtung zeigen, aber nicht unbedingt das gleiche Ziel verfolgen. Andererseits werden vier Autos gezeigt, die alle auf einen Kreislauf zufahren, also das gleiche Ziel ansteuern, aber jeweils aus verschiedenen Bewegungsrichtungen kommen. Den Schülern sollte also klar geworden sein, dass physikalisch betrachtet zwei Körper nur dann die gleiche Richtung haben, wenn ihre Geschwindigkeitspfeile auch in die gleiche Richtung zeigen.<sup>863</sup> Es lässt sich also offensichtlich erkennen, dass das Werk „EidM“ gezielt an den Fehlvorstellungen zum Begriff „Richtung“ ansetzt und diese auf anschauliche und verständliche Art und Weise kindgerecht widerlegt. Anschließend werden die beiden Begriffe zum Geschwindigkeitsbegriff zusammengefasst, wobei die Länge des Pfeils als einfachste und anschaulichste Möglichkeit festgehalten wird, um neben Bewegungsrichtung auch das Tempo der Geschwindigkeit darzustellen. Dabei soll bei den Schülern die bildliche Assoziation zwischen Geschwindigkeit und Pfeil entstehen, der immer in Bewegungsrichtung zeigt und je nach Tempo seine Länge variiert. Abschließend wird in einem gekennzeichneten Merksatz noch einmal offensichtlich auf den Unterschied zwischen der Alltagssicht und der physikalischen Sicht von Geschwindigkeit hingewiesen: „Im Alltag wird oft ‚Geschwindigkeit‘ gesagt, wenn eigentlich das Tempo gemeint ist. In der Physik besteht jedoch ein wichtiger Unterschied. Du musst immer genau überlegen, ob es um die Geschwindigkeit oder das Tempo geht!“<sup>864</sup>

Auch im nächsten Abschnitt weicht das Werk „EidM“ deutlich von der traditionellen Sachstruktur, indem durch die Einführung der Geschwindigkeitsänderung (Zusatzgeschwindigkeit) als eigenständige Größe, dynamische Aspekte ohne Einführung des Beschleunigungsbegriffs betrachtet werden. Streiten lässt ist in diesem Fall darüber, ob das Werk dadurch, dass es nicht explizit auf den Begriff „Beschleunigung“ zurückgreift, von den Lehrplanvorgaben abweicht, die diese Begrifflichkeit ausdrücklich vorsehen. Jedoch sei in dieser Hinsicht erwähnt, dass die Schüler bei der aus physikalischer Sicht schwierigen und teilweise missverständlichen „Beschleunigung“ spontan den einfacheren Alltagsbeschleunigungsbegriff assoziieren, was – wie bereits gezeigt wurde – leicht zu Komplikationen führt. Das Werk geht dabei so vor, dass zunächst mithilfe einführender Versuche auf die für die Mechanik grundlegende Idee aufmerksam gemacht wird, dass eine Einwirkung zu einer Geschwindigkeitsänderung (Zusatzgeschwindigkeit) führt und umgekehrt eine beobachtete Geschwindigkeitsänderung auf eine Einwirkung schließen lässt. Durch die zweidimensionale Betrachtungsweise lässt sich dies deutlich besser nachvollziehen als im eindimensionalen Fall. „EidM“ greift in diesem Zusammenhang auf Stoßversuche zurück, die den Vorteil haben, dass die Stoßgerade durch Berührungspunkt und Kugelmittelpunkt eindeutig festgelegt ist und damit auch die Einwirkungsrichtung fest ist. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf das Beispiel des senkrechten Stoßes

---

<sup>863</sup> Siehe „EidM“ Seite 6

<sup>864</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 8]

gegen eine rollende Kugel gelegt, welcher auch als „Schlüsselphänomen“ in der dem Werk zu Grunde liegenden Unterrichtskonzeption angesehen werden kann. Denn die Tatsache, dass die Kugel nach dem Stoß nicht in Stoßrichtung weiterläuft, sondern sich irgendwo zwischen der anfänglichen Bewegungsrichtung und der Stoßrichtung bewegt, öffnet den Blick für die Betrachtungsweise, dass die Endgeschwindigkeit immer auch von der bereits vorhandenen Anfangsgeschwindigkeit abhängt.<sup>865</sup> Das Werk „kämpft“ dadurch gezielt dagegen an, dass im Alltagsverständnis oft impliziert wird, dass ein Körper erst durch eine Einwirkung „Geschwindigkeit bekommt“. Dabei stellt sich auch der in der Physik nicht übliche Begriff „Zusatzgeschwindigkeit“ als didaktisch sinnvoll heraus, da er betont, dass die Kugel neben der ursprünglichen Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit  $\vec{v}_A$  gleichzeitig in gewissen Sinne eine zweite „zusätzliche“ Bewegung mit der durch den Stoß hinzugekommenen Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta\vec{v}$  ausführt. Die Konstruktion der Endgeschwindigkeit  $\vec{v}_E$  ergibt sich schließlich aus der geometrischen Vektoraddition und wird als Zusammensetzung der Geschwindigkeitspfeile  $\vec{v}_A$  und  $\Delta\vec{v}$  schrittweise vorgestellt und nachvollziehbar gemacht: „Verbindest du den Pfeilfuß von  $\vec{v}_A$  mit der Pfeilspitze von  $\Delta\vec{v}$  erhältst du den Pfeil der Endgeschwindigkeit  $\vec{v}_E$ .“<sup>866</sup> Auch auf die Konstruktion der Zusatzgeschwindigkeit wird insbesondere unter dem Aspekt der Verschiebung von Geschwindigkeitspfeilen ausführlich eingegangen. Mithilfe von Stroboskopaufnahmen samt eingezeichneten Geschwindigkeitspfeilen wird dieses Verknüpfungsschema an einfachen Beispielen verdeutlicht.<sup>867</sup> Zum Abschluss des Kapitels „Zusatzgeschwindigkeit“ werden die Überlegungen der Stoßversuche in einem separaten Abschnitt auf den Grenzfall der eindimensionalen Bewegungsänderungen übertragen. Hier greift das Werk nicht mehr auf den Prototyp „Stoßversuch“ zurück, da dieser sich nicht als besonders aussagekräftig erweist, wenn es darum geht, Einwirkungen zu realisieren, die nicht zur Richtungsumkehr führen. Stattdessen werden die beiden Fälle Einwirkung in Richtung der Anfangsgeschwindigkeit bzw. Einwirkung entgegen der Richtung der Anfangsgeschwindigkeit anhand von Beispielen aus dem Bereich Sport getrennt voneinander behandelt. Auch hier konnte letztlich gezeigt werden, dass Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta v$  und Einwirkung stets die gleiche Richtung haben.<sup>868</sup>

Im bisherigen Verlauf des Werkes wurde etwas vage vom Begriff der Einwirkung gesprochen. Deshalb wird der Begriff der Einwirkung zu Beginn des Kapitels „Die Newtonsche Bewegungsgleichung“ zum Kraftbegriff präzisiert und analog zum Geschwindigkeitsbegriff, der sich aus Tempo und Richtung zusammensetzt, als Verschmelzung von Stärke und Richtung zweidimensional eingeführt: „In der Physik werden die ‚Einwirkungsstärke‘ und die ‚Einwirkungsrichtung‘ zusammengefasst; dafür verwendet man den Begriff Kraft (Symbol  $\vec{F}$  vom

---

<sup>865</sup> Siehe „EidM“ Seiten 10-11

<sup>866</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 12]

<sup>867</sup> Siehe „EidM“ Seiten 13-14

<sup>868</sup> Siehe „EidM“ Seite 15

englischen Wort force).“<sup>869</sup> Dadurch weicht das Werk auch in dieser Hinsicht auffällig von der traditionellen Sachstruktur ab, die einen eindimensionalen Einstieg des Kraftbegriffes vorsieht und hält sich stattdessen an die Sachstruktur der Unterrichtskonzeption, die Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias für die Mechanik der 7. Jahrgangsstufe entwickelt haben. Jedoch sei in diesem Zusammenhang erwähnt, dass sich das Werk dabei an die Vorgabe des Lehrplans hält, Kraft als Ursache von Bewegungsänderungen einzuführen. Denn das Werk hat zunächst als Anlass für Bewegungsänderungen den didaktisch sinnvolleren Begriff „Einwirkung“ gewählt, um davor zu schützen, dass die Schüler spontan den Alltagsbegriff von Kraft assoziieren, der wie bereits mehrfach erwähnt mit diversen Lernschwierigkeiten verbunden ist. Der Begriff „Einwirkung“ wurde dann in der bereits dargestellten Art und Weise zum Kraftbegriff erweitert.

Im nächsten Abschnitt geht es zunächst darum, den Zusammenhang zwischen Einwirkungsstärke, -richtung und Geschwindigkeitsänderung genauer darzustellen. Dass die Einwirkungsdauer und die Masse als weitere relevante Größen eine Rolle spielen, wird den Schülern anhand einfacher Versuche deutlich gemacht. Beispielsweise wird der qualitative Zusammenhang zwischen Einwirkungsdauer und Zusatzgeschwindigkeit dadurch bewusst gemacht, dass man den kurzzeitigen Stoß gegen die rollende Kugel durch das seitliche Anblasen mit einem Fön ersetzt.<sup>870</sup> Dass die Massigkeit des Körpers von großer Bedeutung für die Zusatzgeschwindigkeit ist, sollen die Schüler am eigenen Körper erfahren, indem sie gefühlsmäßig gleich stark gegen einen Fußball und anschließend gegen einen Medizinball treten.<sup>871</sup> Man erkennt, dass die Abhängigkeiten anhand einfacher Plausibilitätsüberlegungen an grundsätzlichen Beispielen gewissermaßen „fühlbar“ gemacht werden und schließlich in qualitativen Jedito-Aussagen zusammengefasst werden. Beispielsweise heißt es: „Je größer die Masse eines Gegenstands ist, auf den eine Kraft ausgeübt wird, desto kleiner ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta v$ , die der Körper erhält.“<sup>872</sup> In der Computersimulation „Bewegung nach Kraftstoß“ werden die Zusammenhänge zusätzlich veranschaulicht, um beispielsweise in diesem Fall deutlich zu machen, dass mit zunehmender Masse der Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit kürzer wird. Auf den Massebegriff wird dabei im „EidM“ nicht näher eingegangen. Masse tritt lediglich als ein „Einflussfaktor“ auf die Zusatzgeschwindigkeit in Erscheinung und wird als das verstanden, was man in Kilogramm misst. Da es sich hier nicht um eine physikalische Ableitung der Bewegungsgleichung, sondern lediglich um Plausibilitätsüberlegungen handelt, kann als Grund gedeutet werden, warum das Werk auf eine Problematisierung der trägen Masse verzichtet und stattdessen an der Erwartung der Schüler anknüpft: Je schwe-

---

<sup>869</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 17]

<sup>870</sup> Siehe „EidM“ Seite 18

<sup>871</sup> Siehe „EidM“ Seite 19

<sup>872</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 19]

rer der Körper desto kleiner die Zusatzgeschwindigkeit. Wegen der Äquivalenz von schwerer und träger Masse ist diese Vorgehensweise auch weitgehend gerechtfertigt.<sup>873</sup>

Die Newtonsche Bewegungsgleichung wird letztlich als Zusammenfassung aller Einflussfaktoren auf die Zusatzgeschwindigkeit in der Version  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$  eingeführt. Damit weicht das Werk nicht nur von der konventionellen Sachstruktur, sondern auch von den Lehrplangvorgaben ab, die beide das zweite Newtonsche Axiom in der Form  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  darstellen. Im „EidM“ hat die Newtonsche Bewegungsgleichung weniger den Charakter eines Naturgesetzes, sondern eher den einer Definitionsgleichung für die Kraft, die durch die Größen  $\Delta t$ ,  $\Delta \vec{v}$  und  $m$  festgelegt ist. Die riesige Bedeutung, die die Newtonsche Bewegungsgleichung im Werk „EidM“ einnimmt, zeigt sich neben der Ausführlichkeit mit der das Werk das Thema beleuchtet also auch daran, dass die Kraft nicht unabhängig von ihr eingeführt wird. Auf die Vorteile dieser veränderten Form des Newtonschen Grundgesetzes wurde im Vorspann umfassend eingegangen. Es sei in diesem Zusammenhang noch einmal explizit auf die Wichtigkeit der Einwirkungsdauer hingewiesen, die aus der abgeänderten Form unmittelbar hervorgeht. Die Missachtung der Zeit wird als eine der Hauptursachen für die Fehlvorstellung von Kraft und Bewegung angesehen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass es dem Werk „EidM“ gelungen ist, die Newtonsche Bewegungsgleichung auf qualitative Art und Weise durch Plausibilitätsüberlegungen und didaktisch sinnvolle Je-desto-Beziehungen herzuleiten, ohne dabei auf mathematische Rechenregeln bzw. Begrifflichkeiten oder gar auf Diagramme zurückzugreifen. Aus diesem Grund kann es als didaktisch gewollt angesehen werden, dass das Werk nicht explizit darauf hinweist, dass mit der Formulierung in der Form  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$  lediglich zeitliche Durchschnittswerte berechnet werden können.

Das Werk spiegelt insgesamt sehr gut die Idee der Unterrichtskonzeption wider, die Newtonsche Bewegungsgleichung ins Zentrum der Sachstruktur zu stellen und jegliche dynamische Betrachtungen bzw. Anwendungen darauf auszurichten. Dies zeigt sich im ausführlichen Kapitel „Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung“, das zunächst auf mehr als zwei Seiten Vorgänge aus dem Alltag der Schüler aufgreift und diese auf qualitative Art und Weise mithilfe der „Newtonschen Bewegungsgleichung“ erklärt. Selbst unter diesem Aspekt werden keinerlei Rechenbeispiele herangezogen.<sup>874</sup>

Als erkennbare Abweichung von der üblichen Sachstruktur lässt sich der Trägheitssatz ausmachen, denn er wird nicht – wie es die Newtonsche Axiomatik nahe legt – an den Anfang gesetzt, sondern folgt gewissermaßen als Spezialfall unmittelbar auf die Newtonsche Bewegungsgleichung. In diesem Punkt weicht die Sachstruktur des Werkes auch von der Sachstruktur der Unterrichtskonzeption von Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias ab, die den Trägheitssatz aufgrund seiner als gering erachteten Funktion für die Newtonsche Dynamik

---

<sup>873</sup> Siehe „EidM“ Seite 19

<sup>874</sup> Siehe „EidM“ Seiten 21-23

ans Ende platziert. (siehe „Sachstrukturen in der Mechanik“) Positiv erwähnt werden müssen die im „EidM“ gewählte Bezeichnung „Beharrungsprinzip“ sowie dessen Formulierung: „Jeder Körper behält seine Geschwindigkeit (Tempo und Richtung) bei, solange auf ihn keine Kräfte ausgeübt werden.“<sup>875</sup> Als Erklärung wird wie bereits erwähnt die Newtonsche Bewegungsgleichung herangezogen, aus der als logische Folge die wechselseitige Beziehung Kraft ( $\vec{F}$ )  $\leftrightarrow$  Zusatzgeschwindigkeit ( $\Delta\vec{v}$ ) hervorgeht. Wird keine Kraft auf einen Körper ausgeübt, lässt sich damit unmittelbar folgern, dass dieser keine Zusatzgeschwindigkeit erhält, also seine Geschwindigkeit nicht ändert. Die Schwierigkeiten, die insbesondere durch die Unterscheidung der Fälle Bewegung und Ruhe sowie im Zusammenhang mit der Aufrechterhaltung von Bewegung auftreten, lassen sich auf diese Weise vermeiden.<sup>876</sup>

Das Wechselwirkungsprinzip als drittes Newtonsches Axiom nimmt in dem Unterrichtskonzept zur Mechanik, das Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias für die 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums entwickelt haben, einen großen Stellenwert ein. Es wird als konstitutiv für den physikalischen Kraftbegriff angesehen, da es die Wechselwirkung zwischen zwei Körpern in den Mittelpunkt stellt. Dies spiegelt sich auch im Werk „EidM“ wider, denn das Wechselwirkungsprinzip wird ausführlich in einem eigenen gleichnamigen Kapitel vorgestellt. Es wird über den Versuch „Eisstockschießen“ eingeführt, bei dem ein grüner Eisstock so auf einen ruhenden roten Eisstock geschossen wird, dass sich nach dem Zusammenstoß beide Eisstöcke bewegen. Mithilfe einer Stroboskopaufnahme eines zugehörigen Modellversuchs wird dabei gut veranschaulicht, dass nicht nur der rote Eisstock seine Geschwindigkeit (speziell sein Tempo) geändert hat, sondern auch der grüne Eisstock (speziell seine Richtung). Aus der wechselseitigen Beziehung Kraft ( $\vec{F}$ )  $\leftrightarrow$  Zusatzgeschwindigkeit ( $\Delta\vec{v}$ ) wird letztlich gefolgert, dass auch eine Kraft auf den grünen Eisstock ausgeübt wird, wobei als Grund für die Einwirkung nur der rote Eisstock in Frage kommt.<sup>877</sup> Die Formulierung des Wechselwirkungsprinzips im „EidM“ betont noch einmal die gleichberechtigte Beziehung zwischen den Wechselwirkungspartnern, indem es wichtige Begriffe unterstreicht und vor allem durch zusätzlich Kraftindizes deutlich macht, dass die Kräfte an verschiedenen Körpern angreifen: „Übt ein Körper 1 auf einen Körper 2 eine Kraft  $\vec{F}_{1\rightarrow 2}$  aus, so übt Körper 2 auf Körper 1 eine gleichgroße, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft  $\vec{F}_{2\rightarrow 1}$  aus.“<sup>878</sup> Jedoch sollte vielleicht noch deutlicher herausgestellt werden, dass zwischen den Kräften keinerlei zeitliche Reihenfolge vorliegt, um die symmetrische Beziehung der Wechselwirkungspartner noch eindeutiger hervorzuheben. Positiv erwähnt werden muss der abschließende Rückbezug auf die Newtonsche Bewegungsgleichung, der unter dem Gesichtspunkt „Für Spezialisten“ aufgeführt wird. Dieser macht bewusst, dass aus gleich großen Kräften nicht unmittelbar gleich große Geschwin-

---

<sup>875</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 23]

<sup>876</sup> Siehe „EidM“ Seiten 23-24

<sup>877</sup> Siehe „EidM“ Seite 25

<sup>878</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 25]

digkeitsänderungen gefolgert werden können, da das Tempo der Zusatzgeschwindigkeiten von den Massen der Körper abhängt, die zumeist unterschiedlich sind.<sup>879</sup> Es zeigt sich auch hier wieder, dass das Werk die komplette Mechanik auf die Newtonsche Bewegungsgleichung ausrichtet bzw. auf dieser aufbaut.

Im nächsten Kapitel „Kraftarten“ geht das Werk – so wie es aktuelle Lehrplan vorsieht – auf die Kräfte Gravitationskraft, elektrische Kraft, magnetische Kraft und Reibungskraft näher ein. Jedoch wird schon beim Vergleich der Überschrift „Kraftarten“ mit der Vorgabe im Lehrplan „Überblick über Kraftarten und ihre Ursachen“ deutlich, dass das Werk bei der Besprechung der Kraftarten andere Schwerpunkte setzt als die Vergleichswerke. Dies zeigt sich bei der Einführung der Gravitationskraft über Plausibilitätsüberlegungen: Das Werk macht am Beispiel eines vom Baum fallenden Apfels deutlich, dass dieser eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, weshalb ein anderer Körper auf ihn eingewirkt haben muss. Als dieser andere Körper kommt lediglich die Erde in Frage: „Die Erde übt auf alle Gegenstände in ihrer Nähe eine anziehende Kraft aus, die Gravitationskraft.“<sup>880</sup> Anhand einer Stroboskopaufnahme wird dabei veranschaulicht, dass der Pfeil der Gravitationskraft des fallenden Apfels immer gleich lang ist, das heißt die Gravitationskraft auf den Apfel immer gleich groß ist.<sup>881</sup> Auf die Masse als Ursache wird erst im Anschluss kurz eingegangen, wobei es in dieser Hinsicht lediglich heißt: „Immer wenn zwei Körper eine Masse haben, ziehen sie sich gegenseitig an.“<sup>882</sup> Die Begriffe „Gewichtskraft“ und „Fallbeschleunigung“ die der Lehrplan explizit vorsieht, werden im „EidM“ nicht aufgegriffen. Auch magnetische und elektrische Kraft werden im Werk nur sehr knapp behandelt, insbesondere unter experimentellen Gesichtspunkten.<sup>883</sup> Ein verstärktes Augenmerk wird dagegen wieder auf die Reibungskräfte gelegt, da diese – wie im Vorspann dargestellt – in der Konzeption von Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias als unverzichtbar für ein umfassendes Verständnis der Mechanik Newtons betrachtet werden. Sie werden im „EidM“ quasi als Anwendung der Newtonschen Bewegungsgleichung gesehen, da diese gewissermaßen die Fragestellung vorgibt: Der Schüler erkennt, beispielsweise beim Boccia, dass eine rollende Kugel langsamer wird. Daraus wird nun gefolgert, dass es einen Wechselwirkungspartner geben muss, der auf die Kugel eine Kraft ausgeübt hat. Auch in diesem Zusammenhang zeigt sich wieder, dass ein qualitatives Verständnis im Vordergrund steht, was die Alltagsbeispiele „Fahrradfahren“ und „Lenkdrachen“ unterstreichen. Insbesondere das Beispiel „Fahrradfahren“ zeigt noch einmal anschaulich den Fall auf, dass die durch die Reibungskräfte bewirkte Zusatzgeschwindigkeit der Anfangsgeschwindigkeit entgegengerichtet ist.<sup>884</sup>

---

<sup>879</sup> Siehe „EidM“ Seite 26

<sup>880</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 27]

<sup>881</sup> Siehe „EidM“ Seite 27

<sup>882</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 28]

<sup>883</sup> Siehe „EidM“ Seiten 28-29

<sup>884</sup> Siehe „EidM“ Seiten 29-30

Die Statik wird im Werk „EidM“ im abschließenden Kapitel „Wenn mehrere Kräfte wirken“ – analog zur Sachstruktur der zu Grunde liegenden Unterrichtskonzeption – nur am Rande der Mechanik besprochen. Das Werk hält sich dabei an die Vorgaben des überarbeiteten Lehrplans und betrachtet ausschließlich die Kräfteaddition, während die Kräftezerlegung nicht behandelt wird. Das lässt sich darauf zurückführen, dass das Schulbuch erst ab 2008 erstellt wurde, so dass die Änderungen im Lehrplan berücksichtigt werden konnten. Im Mittelpunkt steht bei der Addition von Kräften das schrittweise Vorgehen der Konstruktion der resultierenden Kraft, das sehr ausführlich und vor allem kindgerecht dargestellt wird.<sup>885</sup> Das Kräftegleichgewicht wird nicht - wie es der Lehrplan bzw. die traditionelle Sachstruktur vorsehen - gemeinsam mit den Themen „Trägheitssatz“ und „Kraftpfeile“ behandelt, sondern folgt im „EidM“ erst direkt im Anschluss auf das Thema „Kräfteaddition“ und bildet somit den Abschluss der Mechanik. Dies lässt sich damit erklären, weil das Gleichgewicht der Kräfte auf die Ersatzkraft zurückgeführt und letztlich über diese gewissermaßen als Spezialfall der Dynamik definiert wird, bei dem sich alle angreifenden Kräfte kompensieren: „In diesem Fall, wenn die resultierende Kraft gleich null ist, spricht man von einem Kräftegleichgewicht.“<sup>886</sup> An dieser Abfassung muss bemängelt werden, dass nicht klar genug der Unterschied zwischen Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungsprinzip hervorgeht. Auf diese Ungleichheit, die von den Schülern selbst oft nicht erkannt wird und deshalb zu Missverständnissen führen kann, wird deshalb in einem deutlich hervorgehobenen Merkblock unter Zuhilfenahme eines Beispiels ausführlich eingegangen. Auch die sonstigen Beispiele zum Thema „Kräftegleichgewicht“ sind didaktisch sinnvoll gewählt, da sie noch einmal deutlich davor warnen, Kräftegleichgewicht lediglich als einen Ruhezustand anzusehen. So heißt es etwa beim Beispiel „Fallschirmspringer“: „Es wirken zwei Kräfte auf ihn: Die Gravitationskraft der Erde und die Reibungskraft der Luft. Sind die beiden Kräfte gleich groß, wird die resultierende Kraft null. Das bedeutet, dass der Fallschirmspringer keine Zusatzgeschwindigkeit erhält. In diesem Fall bleibt seine Geschwindigkeit unverändert.“<sup>887</sup>

Das Gesetz von Hooke findet erst in der aktuellen, überarbeiteten Auflage des Werkes „EidM“ (November 2009) keine Beachtung mehr, während es in den Auflagen zuvor (August 2008 bzw. März 2009) noch enthalten war. Die Tatsache, dass der Lehrplan die Behandlung dieses Themas den Lehrern freistellt, führte dazu, dass Lehrkräfte, die nach dem Werk unterrichteten, das Gesetz von Hooke viel stärker thematisierten als im zu Grunde liegenden Konzept vorgesehen. Da es eigentlich nicht in das eher qualitativ und dynamisch ausgerichtete Werk passt, hat man sich bei der Überarbeitung letztlich dazu entschieden, den Zusammenhang von Federkraft und Verformung komplett aus dem Werk zu streichen.

Insgesamt lässt sich sagen, dass das Werk „EidM“ sachstrukturell sehr genau die Ideen der zu Grunde liegenden Unterrichtskonzeption widerspiegelt. Das zeigt sich insbesondere daran,

---

<sup>885</sup> Siehe „EidM“ Seite 32

<sup>886</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 33]

<sup>887</sup> [Hopf, Einführung in die Mechanik, 2009, S. 34]

dass das Werk schon bei der Einführung der Geschwindigkeit von zweidimensionalen Bewegungen ausgeht, aber auch sonst auf eine konsequent dynamische Einführung der Kraft Wert legt. Zentrale Aspekte sind dabei die Einführung der Geschwindigkeitsänderung als eigenständige Größe und die Verwendung der integralen Form der Newtonschen Bewegungsgleichung, die gewissermaßen zunächst das Ziel und anschließend die Grundlage für weitere Betrachtungen darstellt. Die Statik findet lediglich zusammengefasst in einem Kapitel am Ende des Werkes Beachtung und auch nur als Spezialfall der Dynamik (Kräfte kompensieren sich), so dass insgesamt ein deutliches Übergewicht dynamischer Betrachtungen festgehalten werden kann. Das liegt zum Teil auch daran, dass sich das Werk in dieser Hinsicht an die Vorgaben des überarbeiteten Lehrplans aus dem Jahre 2008 hält und im Vergleich zu den zugelassenen Werken auf typisch statische Themen wie Kräftezerlegung, Schiefe Ebene, Gesetz von Hooke etc. verzichtet, dafür jedoch typisch dynamische Themen wie etwa Reibungskräfte ausführlicher behandelt als eigentlich im Lehrplan vorgesehen.

### **Vergleichende Analyse**

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich die Sachstrukturen der fünf zugelassenen Werke stark an der Sachstruktur orientieren, die sich in Bayern seit der Einführung des neuen Lehrplans etabliert hat. Eine erste Gemeinsamkeit zeigt sich bereits beim Einstieg in die Mechanik über die eindimensionale Einführung der Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Werke „NuTDP“ und „Netzwerk“ zuvor kurz das allgemeine Kapitel „Bewegungen“ behandeln, in dem zunächst verschiedene Bewegungsarten mithilfe der kinematischen Grundgrößen Zeit und Ort beschrieben werden, obwohl die übliche Sachstruktur diesen Weg nicht mehr vorsieht. Bei der eindimensionalen Einführung der kinematischen Grundgrößen lassen sich zwischen den Werken deutliche Unterschiede feststellen: Während die Werke „Impulse“ und „NuTDP“ die Geschwindigkeit noch in der Form  $v = s/t$  einführen und erst bei der Beschleunigung auf den Änderungscharakter durch die Darstellungen  $a = \Delta v / \Delta t$  (Impulse) bzw.  $a = \Delta v / t$  („NuTDP“) zu sprechen kommen, werden in den Werken „Ikarus“, „NuTC“ und „Netzwerk“ beide Größen einheitlich über Gleichungen definiert, die den Differenzcharakter betonen:  $v = \Delta s / \Delta t$  bzw.  $a = \Delta v / \Delta t$ . Auch bei der Herleitung der entsprechenden Formeln sind Unterschiede erkennbar: So zeigen die Werke „Impulse“ und „Netzwerk“ zunächst quantitativ über entsprechende Messwerte und Diagramme, dass die zurückgelegte Strecke  $s$  bzw.  $\Delta s$  und die dafür benötigte Zeit  $t$  bzw.  $\Delta t$  bei einer gleichförmigen Bewegung proportional zueinander sind, um daraus die neue Größe Geschwindigkeit (Proportionalitätskonstante) als Quotient  $v = s/t$  bzw.  $v = \Delta s / \Delta t$  einzuführen. Die Werke „Ikarus“ und „NuTC“ dagegen halten sich in dieser Hinsicht eher an die Vorstellungen des Lehrplans, die zunächst ein qualitatives Verständnis vorsehen und führen die Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung über Beispiele ein. Jedoch fällt auch hier auf, dass die hier verwendeten Beispiele allesamt Rechenbeispiele sind, die somit wiederum eher zu einem quantitativen Verständnis beitragen. Das Werk „NuTC“ weicht zudem bei den wei-

terführenden Betrachtungen zu den kinematischen Größen immer mehr von dieser Linie ab und passt sich den Werken „Impulse“ und „Netzwerk“ an, indem es sich intensiv dem sinnvollen Umgang mit Messwerten sowie deren Genauigkeit widmet. Das Werk „Ikarus“ beabsichtigt zumindest durch die stichpunktartige Darstellung vieler einfacher Beispiele – wenn auch ausschließlich Rechenbeispiele – zunächst die grundsätzlichen Aspekte zum Geschwindigkeits- und Beschleunigungsbegriff anzusprechen und deren Bedeutung für die Wirklichkeit der Schüler klar zu machen.

Eine von dieser konventionellen Sachstruktur stark abweichende Sachstruktur zeigt das Werk „EidM“. Diese spiegelt weitestgehend die Sachstruktur der zu Grunde liegenden Unterrichtskonzeption wider, die Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias für die Mechanik der 7. Jahrgangsstufe entwickelt haben. Das Hauptaugenmerk wird dabei zunächst auf die Beobachtung und Beschreibung zwei-dimensionaler Bewegungsabläufe gelegt. In diesem Zusammenhang wird die Zweckmäßigkeit für die Einführung des vektoriellen Geschwindigkeitsbegriffes begründet, da anhand von Stroboskopaufnahmen gezeigt wird, dass bei dauernden Bewegungsänderungen eben der Schnelligkeit auch die Bewegungsrichtung variieren kann. Anschließend wird zunächst der Betrag der Geschwindigkeit – im „EidM“ mit Tempo bezeichnet – als Quotient aus zurückgelegter Strecke  $\Delta s$  und dafür benötigter Zeit  $\Delta t$  in der Form  $v = \Delta s / \Delta t$  eingeführt. Bei der separaten Betrachtung der „Richtung“ steht die Pfeilnotation im Mittelpunkt, d.h. die Richtung der Bewegung spiegelt sich in der Richtung des Pfeils wieder, so dass das Erkennen von Bewegungsänderungen auf eine sichtbare Veränderung des Geschwindigkeitspfeils reduziert werden kann. Erst danach werden die beiden Begriffe zum Geschwindigkeitsbegriff zusammengefasst, wobei die Länge des Pfeils als einfachste und anschaulichste Möglichkeit angesehen wird, um neben Bewegungsrichtung auch das Tempo der Geschwindigkeit darzustellen. Dadurch soll bei den Schülern die bildliche Assoziation zwischen Geschwindigkeit und Pfeil entstehen, welcher stets in Bewegungsrichtung zeigt und je nach Tempo seine Länge variiert. Auch durch die Einführung der Geschwindigkeitsänderung (Zusatzgeschwindigkeit) als eigenständige Größe weicht das Werk „EidM“ deutlich von der traditionellen Sachstruktur ab, indem es dynamische Betrachtungen ohne Einführung des Beschleunigungsbegriffes durchführt. Das Werk greift in diesem Zusammenhang auf Stoßversuche zurück, wobei das Beispiel des senkrechten Stoßes gegen eine rollende Kugel als zentral angesehen werden kann. Dabei erweist sich auch der in der Physik nicht übliche Begriff „Zusatzgeschwindigkeit“ als didaktisch sinnvoll, da er betont, dass die Kugel neben der ursprünglichen Bewegung mit Anfangsgeschwindigkeit  $\vec{v}_A$  gleichzeitig in gewissen Sinne eine zweite „zusätzliche“ Bewegung mit der durch den Stoß hinzugekommenen Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta \vec{v}$  ausführt. Anschließend werden die Überlegungen der Stoßversuche auf den Grenzfall der eindimensionalen Bewegungsänderungen übertragen. Auch hier konnte das Verknüpfungsschema der Verschiebung von Pfeilen durch Stroboskopaufnahmen verdeutlicht werden und es stellte sich auch in diesem Fall heraus, dass Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta \vec{v}$  und Einwirkung stets die gleiche Richtung haben.

Ähnlich wie bei der Betrachtung der kinematischen Grundgrößen zeigt sich auch bei der Einführung des Kraftbegriffes, dass sich die fünf zugelassenen Werke an der gegenwärtig im bayerischen Gymnasium gewohnten Sachstruktur orientieren und Kräfte eindimensional einführen, während das Werk „EidM“ die veränderte Sachstruktur aufgreift und Kräfte zweidimensional einführt. Allen Werken gemeinsam ist, dass sie Kräfte über ihre Wirkungen einführen. Dabei halten sich jedoch lediglich die Werke „Ikarus“ und „EidM“ streng an die Lehrplanvorgaben und führen die Kräfte ausschließlich als Ursache von Bewegungsänderungen ein, während die Werke „Impulse“, „NuTC“, „NuTDP“ und „Netzwerk“ in diesem Zusammenhang auch auf die Eigenschaft von Kräften zu sprechen kommen, Körper zu verformen. Positiv erwähnt werden müssen die Werke „Impulse“ und „Netzwerk“ in der Hinsicht, dass sie sie noch einmal deutlich hervorheben, dass auch zur Änderung der Bewegungsrichtung Kräfte nötig sind. Insbesondere wenn die Geschwindigkeit wie hier eindimensional eingeführt wird, spielt diese Betrachtungsweise eine entscheidende Rolle. Denn nur so kann den Schülern klar gemacht werden, dass auf einen Körper genau dann eine Kraft wirkt, wenn er seinen Geschwindigkeitsbetrag oder seine Bewegungsrichtung ändert. Wird letzterer Fall jedoch nicht ausdrücklich erwähnt, führt dies bei den Schülern, angesichts ihrer Vorstellung von Geschwindigkeit als skalarer Größe, fast unvermeidlich zu der Fehlvorstellung, dass beispielsweise auf einer Kreisbahn mit konstanter Geschwindigkeit keine Kraft wirken muss.

Insgesamt lässt sich zum Umgang mit Fehlvorstellungen sagen, dass insbesondere das Werk „NuTDP“ in dieser Hinsicht einen veränderten Weg wählt, der sich schon bei den kinematischen Grundgrößen abzeichnete und beim Kraftbegriff bestätigt hat. Denn es nimmt die Alltagsvorstellungen der Schüler zum Kraftbegriff nicht sinnvoll zur Abgrenzung auf, sondern verwendet diese zumeist unkritisch als Ausgangspunkt für weitere Betrachtungen. Die übrigen Werke dagegen machen von Anfang an deutlich, dass die Lernschwierigkeiten mit dem Kraftbegriff wesentlich mit der vielfältigen Bedeutung von Kraft im Alltagsgebrauch zusammenhängen, dass aber seine Bedeutung selbst dort, wo eine physikalische Interpretation nahe liegt, nicht mit dem physikalischen Kraftbegriff in Einklang zu bringen ist. Das Werk „EidM“ geht in diesem Zusammenhang zunächst so vor, dass es als Anlass für Bewegungsänderungen den didaktisch sinnvolleren Begriff „Einwirkung“ wählt, um davor zu schützen, dass die Schüler spontan den Alltagsbegriff von Kraft assoziieren. Der Begriff „Einwirkung“ wird dann durch die Verschmelzung von Stärke und Richtung zum zweidimensionalen Kraftbegriff erweitert.

Im Anschluss an die Einführung des Kraftbegriffes lassen sich deutliche Unterschiede in der Reihenfolge der Themen und in der Ausführlichkeit ihrer Darstellungen feststellen. Dabei hält sich lediglich das Werk „NuTC“ streng an die gegenwärtig im bayerischen Gymnasium übliche Sachstruktur, die zunächst die Betrachtung des Trägheitssatzes vorsieht und anschließend das Kräftegleichgewicht ins Auge fasst. Jedoch fällt auf, dass beide Inhalte im Werk nur einen geringen Stellenwert einnehmen, was sich daran zeigt, dass sie nur äußerst knapp abgehandelt werden und zudem noch mit unter das Einführungskapitel zum Kraftbegriff gefasst werden.

Die Werke „NuTDP“ und „Ikarus“ weichen in diesem Bezug nur geringfügig von der traditionellen Sachstruktur ab, da sie beide Themen in unmittelbarem Zusammenhang behandeln und lediglich das Kräftegleichgewicht dem Trägheitssatz vorziehen. Dies lässt sich damit erklären, dass bei der Formulierung des Trägheitssprinzips auf das Kräftegleichgewicht zurückgegriffen wird, was didaktisch als sinnvoll erachtet werden kann, da bei Schülern schnell die Ansicht entstehen könnte, Kräftegleichgewicht lediglich als Ruhezustand anzusehen. Auch im „NuTDP“ werden die Grundlagen zu den beiden Gesetzmäßigkeiten sehr knapp gehalten. Dafür wird ähnlich wie im „Ikarus“ ausführlich auf entsprechende Anwendungen des Trägheitssprinzips im Straßenverkehr insbesondere zum Thema „Verkehrssicherheit“ eingegangen. Eine ähnliche Vorgehensweise zeigen die Werke „Impulse“ und „EidM“ bei der Platzierung der Themen „Trägheitsgesetz“ und Kräftegleichgewicht. Denn als erkennbare Abweichung von der üblichen Sachstruktur wird der Trägheitssatz in beiden Werken nicht – wie es die Newtonsche Axiomatik nahe legt – an den Anfang gesetzt, sondern folgt erst gewissermaßen als Spezialfall der Newtonschen Bewegungsgleichung. In diesem Punkt weicht die Sachstruktur des Werkes „EidM“ auch von der Sachstruktur der Unterrichtskonzeption ab, die Wiesner/Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias für die Mechanik der 7. Jahrgangsstufe entwickelt haben. Denn im zu Grunde liegenden Unterrichtsentwurf wird der Trägheitssatz aufgrund seiner als gering erachteten Funktion für die Newtonsche Dynamik ans Ende platziert. Auch das Kräftegleichgewicht wird nicht wie es der Lehrplan bzw. die traditionelle Sachstruktur vorsehen, gemeinsam mit dem Thema „Trägheitssatz“ behandelt, sondern folgt sowohl im „EidM“ als auch im „Impulse“ direkt im Anschluss auf das Thema „Kräfteaddition“. Dies lässt sich damit erklären, weil das Gleichgewicht der Kräfte auf die resultierende Kraft zurückgeführt wird und letztlich über diese definiert wird, gewissermaßen als Spezialfall, bei dem sich alle angreifenden Kräfte kompensieren. Auch das Werk „Netzwerk“ weicht im Anschluss an die Einführung des Kraftbegriffs deutlich von der konventionellen Sachstruktur ab, indem es das Kapitel „Kraftmessung“ einschließlich des Gesetzes von Hooke vorzieht und nicht erst im Zusammenhang mit dem üblichen Thema „Kraft und Verformung“ am Ende der Mechanik behandelt. Dabei wird auch der Trägheitssatz in das prinzipiell rein statische Thema gepackt, unmittelbar vor dem Kräftegleichgewicht. In dieser Hinsicht ist zu bedenken, dass durch die Übertragung des statischen Denkmusters der Kompensation der Kräfte auf den dynamischen Aspekt des Trägheitssprinzips leicht der Eindruck entstehen könnte, Trägheit sei gewissermaßen eine Gegenkraft im statischen Sinne. Damit im Einklang steht die Schwellenvorstellung vieler Schüler, nach der sich ein Körper erst bewegt, wenn die einwirkende Kraft größer als die Trägheitskraft ist. Insbesondere die in den Werken „EidM“ und „NuTC“ gewählte Formulierung von Trägheit als „Beharrungsvermögen“ kann in dieser Hinsicht als sinnvoll angesehen werden, da sie dazu beitragen kann, sich von dieser Sichtweise zu befreien.

Getreu der üblichen Sachstruktur sowie den Lehrplanvorgaben wird das zweite Newtonsche Axiom in allen fünf zugelassenen Werken in der Form  $F = m \cdot a$  eingeführt. Auffällige Unterschiede lassen sich erneut in der Vorgehensweise zur Herleitung dieser Gesetzmäßigkeit erkennen. Während „Netzwerk“ seiner Linie treu bleibt und mithilfe von Messreihen und zu-

gehörigen graphischen Veranschaulichungen entsprechende Proportionalitäten von Kraft und Beschleunigung sowie von Masse und Beschleunigung aufzeigt, wählt „Impulse“ anders als noch beim Geschwindigkeitsbegriff den Weg über eine Versuchsreihe, um qualitative Aussagen über die Zusammenhänge Kraft  $F$ , Masse  $m$  und Beschleunigung  $a$  treffen zu können. Auch im Werk „NuTDP“ wird das Newtonsche Grundgesetz qualitativ hergeleitet und zwar über Je-desto-Formulierungen, die als didaktisch sinnvoll angesehen werden, da sie als leicht verständlich gelten. Die Werke „Ikarus“ und „NuTC“ gelangen über Anwendungsbeispiele letztlich zur Newtonschen Bewegungsgleichung, wobei „NuTC“ dabei zunächst sehr ausführlich den Zusammenhang zwischen Trägheit und Masse verdeutlicht, um darüber letztlich die Kraft als Produkt von Masse und Beschleunigung in der Form  $F = m \cdot a$  zu definieren. Bei der Untersuchung der wörtlichen Formulierungen des zweiten Newtonschen Axioms hat sich herausgestellt, dass diese in den Werken „Ikarus“ und „Netzwerk“ didaktisch bedenklich sind, da leicht der Eindruck entstehen kann, dass aus Masse und Beschleunigung letztlich eine Kraft resultiert.

Den Charakter bzw. den Stellenwert den die Newtonsche Bewegungsgleichung im Werk „EidM“ einnimmt, ist mit den anderen untersuchten Werken nicht zu vergleichen. Dies zeigt sich neben der Ausführlichkeit mit der das Werk das Thema beleuchtet, insbesondere daran, dass die Kraft nicht unabhängig von der Newtonschen Bewegungsgleichung eingeführt wird. Diese hat im „EidM“ also weniger die Aufgabe eines Naturgesetzes, sondern eher die einer Definitionsgleichung für die Kraft. Sie wird letztlich als Zusammenfassung aller Einflussfaktoren auf die Zusatzgeschwindigkeit, welche auf qualitative Art und Weise durch Plausibilitätsüberlegungen an einfachen Beispielen und didaktisch sinnvolle Je-desto-Beziehungen dargestellt werden, in der Version  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$  eingeführt. Damit weicht das Werk nicht nur von der konventionellen Sachstruktur, sondern auch von den Lehrplanvorgaben ab, die beide das zweite Newtonsche Axiom in der Form  $F = m \cdot a$  darstellen. Stattdessen spiegelt das Werk sehr gut die Idee der Unterrichtskonzeption wider, die Newtonsche Bewegungsgleichung ins Zentrum der Sachstruktur zu stellen und jegliche dynamische Betrachtungen bzw. Anwendungen darauf auszurichten bzw. zurückzuführen. Dies zeigt auch sich im ausführlichen Kapitel „Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung“, das zunächst auf mehr als zwei Seiten Vorgänge aus dem Alltag der Schüler aufgreift und diese auf qualitative Art und Weise mithilfe der Newtonschen Bewegungsgleichung erklärt. Auch die anschließende Betrachtung des Trägheitsprinzips als „Spezialfall der Newtonschen Bewegungsgleichung“ unterstreicht dies. In diesem Zusammenhang sei noch einmal erwähnt, dass „EidM“ auch in diesem Thema auf quantitative Betrachtungen, also auf Rechenbeispiele oder Diagramme keinerlei Wert legt.

Auf den Massebegriff wird im „EidM“ nicht näher eingegangen. Masse tritt lediglich als ein „Einflussfaktor“ auf die Zusatzgeschwindigkeit in Erscheinung und wird nur im Sinne von „Massigkeit“ eines Körpers betrachtet. Es wird an die Kenntnisse der Schüler, was leicht und was schwer ist, angeknüpft. Da es sich hier nicht um eine physikalische Ableitung der New-

tonschen Bewegungsgleichung, sondern lediglich um Plausibilitätsüberlegungen handelt, kann als Grund gedeutet werden, warum das Werk auf eine Problematisierung der trägen Masse verzichtet. Auch in den Werken „Ikarus“ und „Netzwerk“ wird auf Masse lediglich im Sinne von schwerer Masse bei der Besprechung der Gravitationskraft zurückgegriffen, während auf den Begriff der trägen Masse nicht näher eingegangen wird. Stattdessen wird im „Ikarus“ unter Verwendung des Symbols „Achtung“, das extra zur Vermeidung von Fehlvorstellungen eingeführt wurde, den Schülern bewusst gemacht, dass der physikalische Begriff „Gewicht“ eine Kraft meint und nicht, wie im umgangssprachlichen Gebrauch üblich, als Masse angesehen werden darf. In den Werken „Impulse“ und „NuTDP“ wird dagegen der Unterschied zwischen träger und schwerer Masse ausdrücklich betont, wobei beide Werken in dieser Hinsicht teilweise auf didaktisch irreführende Formulierungen zurückgreifen. Daraus können dann leicht Fehlvorstellungen resultieren, wie beispielsweise die Gewichtskraft als unveräußerlichen Besitz eines Körpers anzusehen und nicht als Anziehungskraft, die der Körper erst in Wechselwirkung mit der Erde erfährt.

Das Wechselwirkungsgesetz folgt sowohl in der konventionellen Sachstruktur, als auch in der veränderten Sachstruktur des neuartigen Unterrichtskonzeptes direkt im Anschluss an die Newtonsche Bewegungsgleichung und gilt als konstitutiv für ein qualitatives Verständnis des physikalischen Kraftbegriffs. Dies spiegelt sich auch in den untersuchten Werken wider, die sich streng an diese Reihenfolge halten und das Wechselwirkungsgesetz ausführlich über mehrere Seiten mit vielen Anwendungsbeispielen aus der Technik bzw. aus dem Sport veranschaulichen. Lediglich das Werk „Impulse“ legt keinen großen Wert auf diese Gesetzmäßigkeit und behandelt sie erst im Anschluss an das Thema „Kraft und Verformung“ auf lediglich etwas mehr als einer halben Seite. In den Werken „Ikarus“, „NuTC“ und „Netzwerk“ wird das Wechselwirkungsprinzip über den typischen Rollschuh- bzw. Schlittschuhversuch eingeführt. Ein Problem könnte dabei sein, dass Wechselwirkungsgesetz und Kräftegleichgewicht leicht verwechselt werden können. Aus diesem Grund weist das Werk „Ikarus“ unter der Überschrift „Vorsicht nicht gleich verwechseln“ an einem Fallbeispiels auf die mögliche Verwechslungsgefahr hin und arbeitet anhand dessen den Unterschied offensichtlich heraus. Auch „NuTC“ macht den Gegensatz unmissverständlich in einem gesonderten Abschnitt mit gekennzeichnetem Merksatz deutlich. Das Werk „Netzwerk“ dagegen liefert zwar viele anschauliche Beispiele zum Wechselwirkungsgesetz, geht aber dabei auf die leichte Vertauschbarkeit von Wechselwirkungsgesetz und Kräftegleichgewicht nicht näher ein. „EidM“ führt das Wechselwirkungsprinzip über den Versuch „Eisstockschießen“ ein, wobei mithilfe einer Stroboskopaufnahme eines zugehörigen Modellversuchs die wechselseitigen Bezüge gut veranschaulicht werden. Zu den Formulierungen des Wechselwirkungsgesetzes sei gesagt, dass in allen Werken die gleichberechtigte Beziehung zwischen den Wechselwirkungspartnern im Großen und Ganzen erfasst wird. Während „Ikarus“ hier ein verstärkendes „paarweise“ einbaut, betont „EidM“ in diesem Zusammenhang durch zusätzliche Kraftindizes noch einmal, dass die Kräfte an verschiedenen Körpern angreifen. Jedoch sollte vielleicht noch deutlicher herausgestellt werden, dass zwischen den Kräften keinerlei zeitliche Reihenfolge vorliegt. Im

„Impulse“ beispielsweise hat man dazu das kleine Wörtchen „gleichzeitig“ in den Satz eingebaut. Denn diese Ausdrucksweise birgt nicht die Gefahr der Fehlvorstellung von einer Ursache, auf die zeitlich versetzt eine Wirkung folgt – wie etwa durch das Schlagwort „actio=reactio“ – sondern sie betont die symmetrische Beziehung zwischen den Wechselwirkungspartnern noch einmal ausdrücklich.

Auch beim Thema „Kraftarten“ lassen sich erkennbare Unterschiede unter den einzelnen Werken ausmachen. Gemeinsamkeiten offenbaren dabei die Werke „Impulse“, „Ikarus“ und „Netzwerk“, denn beide thematisieren – abweichend von der üblichen Sachstruktur sowie den Vorgaben des Lehrplans – zunächst die Gewichtskraft, als Spezialfall der Anziehungskraft zwischen Körper und Erde und gehen anschließend zum allgemeinen Fall der Gravitationskraft über, welche die Anziehung zwischen zwei beliebigen Körpern beschreibt. Es wird also insbesondere die Gravitationskraft getrennt von den übrigen Kraftarten behandelt, obwohl der Lehrplan in dieser Hinsicht insbesondere eine gemeinsame Betrachtung und Gegenüberstellung von Gravitationskraft und elektrischer Kraft vorsieht. Unterschiede zeigen sich in den drei Werken bei der Schwerpunktsetzung zum Thema „Gewichtskraft“. Während „Ikarus“ qualitative Betrachtungen in den Vordergrund stellt, insbesondere – wie bereits erwähnt – zur Begrifflichkeit Gewicht(kraft), steht bei den Werken „Impulse“ und „Netzwerk“ der formelle Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft in der Form  $F = m \cdot g$  im Fokus des Interesses. In diesem Zusammenhang werden auch der genaue Zahlenwert der Erdbeschleunigung  $g$  bzw. örtlich bedingte Abweichungen von  $g$  intensiver beleuchtet. Es wird also erneut deutlich, dass insbesondere im „Netzwerk“ – aber auch im Impulse – viel Wert auf quantitative Betrachtungen anhand mathematischer Gleichungen und exakter Zahlenwerte gelegt wird. Im „NuTDP“ wird im Kapitel „Masse und Gewichtskraft“ zunächst sorgfältig der Unterschied zwischen Gravitationskraft und Gewichtskraft erarbeitet und verdeutlicht, dass ein Körper erst seine Gewichtskraft durch die Anziehungskraft der Erde erfährt und nicht schon, wie in der Vorstellung mancher Schüler, von Natur aus eine Gewichtskraft hat. Anschließend wird jedoch ohne erkennbare Herleitung auf die Gleichung  $F = m \cdot g$  geschlossen, was leicht dazu führen kann, dass sie womöglich als gleich bedeutsam mit  $F = m \cdot a$  angesehen wird. Es kann also gut sein, dass der Unterschied zwischen der universellen Bedeutung des zweiten Newtonschen Axioms gegenüber der Bedeutung spezieller Kraftfunktionen nicht erkannt wird. Die Werke „NuTC“ und „EidM“ greifen den Begriff der „Gewichtskraft“ erst gar nicht explizit auf und gehen in dieser Hinsicht der Konfliktsituation zwischen der Bedeutung von Gewicht(skraft) im umgangssprachlichen und im physikalischen Sinn gezielt aus dem Weg. Während „NuTC“ beim Thema „Kraftarten und ihre Ursachen“ lediglich die Gravitationskraft und die elektrische Kraft heranzieht und auch nicht auf Reibungs- bzw. magnetische Kraft hinweist, gehen die übrigen Werke auf diese Kräfte ein, jedoch mit unterschiedlicher Gewichtung. Während „Ikarus“ umfassend über elektrische Ladungen als Ursache von elektrischen Kräften berichtet, sowie auf die Ionenbindung hinweist und auf Reibung nur sehr kurz zu sprechen kommt, behandelt „Impulse“ in einem eigenen zweiseitigen Kapitel Rei-

bungskräfte ausführlicher, wobei insbesondere die Unterscheidung zwischen Haftreibung und Gleitreibung sowie die quantitative Analyse des Reibungsgesetzes im Vordergrund der Betrachtungen stehen. Ein verstärktes Augenmerk wird auch im „EidM“ auf die Reibungskräfte gelegt, da diese – wie im Vorspann dargestellt – in der Konzeption von Wiesner/ Hopf/ Wilhelm/ Waltner/ Tobias als bedeutsam für ein umfassendes Verständnis der Mechanik Newtons gelten. Das Werk „Netzwerk“, das ja die Gravitationskraft bereits separat behandelt hat, geht auf die restlichen drei Kraftarten in etwa gleichem Umfang ein, ohne erkennbare Schwerpunkte zu setzen. Auffällig ist in diesem Zusammenhang, dass das Thema „Reibung“ im sonst eher quantitativ ausgerichteten Werk auf qualitative Art und Weise besprochen wird, indem es die verschiedenen Arten von Reibung vorstellt, ohne dabei auf das Reibungsgesetz zurückzugreifen. Auch das Werk „NuTDP“ hält sich beim Thema „Kraftarten“ nicht streng an den Lehrplan, denn es werden hier nicht nur Gravitationskraft und elektrische Kraft betrachtet, sondern das Werk liefert eine ganze Übersicht über verschiedene Arten von Kräften, die neben magnetischer Kraft und Reibungskraft unter anderem auch Windkraft, Wasserkraft etc. näher ausführen. Auf die Reibungskraft wird zudem noch ausführlich auf einer zusätzlichen Seite eingegangen, wobei neben den verschiedenen Arten der Reibung das Hauptaugenmerk auf den bewegungshemmenden Effekt von Reibung gelegt wird. Auch die Ionenbindung findet nach wie vor Beachtung.

Dass die Vorgaben des aktuellen Lehrplans von den einzelnen Werken nur inkonsequent umgesetzt werden, ist darauf zurückzuführen, dass der erste Lehrplan für das bayerische achtjährige Gymnasium im Jahre 2004 erschien und noch ausführlicher war, als der aktuell gültige. Dies ist von daher relevant, da dieser ursprüngliche Lehrplan die Grundlage für die Erstellung der zugelassenen Schulbücher darstellte, so dass ihnen nicht zum Vorwurf gemacht werden kann, dass sie Themen aufgreifen, die im gegenwärtigen Lehrplan nicht mehr oder nur noch fakultativ enthalten sind. (siehe Lehrplanvorgaben) Dies zeigt sich insbesondere auch bei der „Kräfteaddition und -zerlegung“. Denn das Thema „Kräftezerlegung“ wird, obwohl es eigentlich infolge der Überarbeitung der G-8 Lehrpläne für die 7. Jahrgangsstufe nicht mehr vorgesehen ist, in allen fünf zugelassenen Werken nach wie vor in gleichem Maße wie die Kräfteaddition behandelt. Auch das typisch statische Thema „Schiefe Ebene“ wird – mit Ausnahme des Werkes „NuTC“ – in diesem Zusammenhang aufgegriffen, obwohl es der Lehrplan eigentlich als Anwendungsbeispiel der Kräftezerlegung für die 9. Jahrgangsstufe einplant. Lediglich „EidM“, das als Grundlage die Forderungen des aktuellen Lehrplans zur Verfügung hatte, betrachtet ausschließlich die Kräfteaddition. Diese wird in allen Werken gemäß der traditionellen Sachstruktur, aber auch der abgeänderten Sachstruktur erst am Ende der Mechanik präsentiert, was auch didaktisch sinnvoll ist, da einige Vorarbeiten zum Kraftbegriff nötig sind. Im Mittelpunkt steht bei diesem statischen Thema in allen Werken das schrittweise Vorgehen zur Konstruktion der resultierenden Kraft über entsprechende Kraftpfeile. Mit Ausnahme der Werke „EidM“ und „NuTC“ wird diesem Kapitel in allen Werken viel Aufmerksamkeit geschenkt.

Auch auf das andere rein statische Thema „Kraft und Verformung“ wird in beiden Werken kein großer Wert gelegt. Während das Werk „EidM“ dieses Thema in der überarbeiteten Version (3. Auflage) völlig unbeachtet lässt, zielt „NuTC“ in diesem Zusammenhang darauf ab, die Schüler zu qualitativen Aussagen über den Zusammenhang von Kraft und Dehnung zu befähigen. Es werden zwar die entsprechenden Proportionalitäten des Gesetzes von Hooke anhand einfacher Messwerte sowie einer graphische Darstellung aufgezeigt, jedoch fällt die quantitative Analyse bei weitem nicht so umfangreich aus wie in den Vergleichswerken, was sich auch daran zeigt, dass die zugehörige Formel nicht erwähnt wird. Im auffälligen Gegensatz nimmt die Gesetzmäßigkeit im „Netzwerk“ einen sehr großen Stellenwert ein, was sich insbesondere daran zeigt, dass das statische Thema „Kraft und Verformung“ vorgezogen wird und nicht getreu dem Lehrplan am Ende der Mechanik behandelt wird. Das Werk „Netzwerk“ bevorzugt quantitative Betrachtungen und da ist das Gesetz von Hooke, das laut Lehrplan eigentlich nur fakultativ vorgesehen ist, gewissermaßen ein „gefundenes Fressen“. Analog zu den kinematischen Grundgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung wird anhand einer Messreihe samt graphischer Auswertung die entsprechende Proportionalität erarbeitet. Anschließend wird ausführlich dargestellt, wie man von der Proportionalität letztlich zur Formel gelangt. Die anderen zugelassenen Schulbücher halten sich an die Reihenfolge des Lehrplans und platzieren dieses typisch statische Thema ausschließlich am Ende der Mechanik, teilweise vor und teilweise nach der Kräfteaddition. Während das Werk „Impulse“ – wie sich bereits mehrfach herausgestellt hat – in der Vorgehensweise sehr nahe beim Werk „Netzwerk“ angesiedelt ist, weicht insbesondere „Ikarus“ in diesem Zusammenhang von seiner bisherigen Linie ab und stellt beim Gesetz von Hooke ebenfalls quantitative Betrachtungen in den Vordergrund. Das Werk „NuTDP“ dagegen baut diese Gesetzmäßigkeit auf dem Unterschied zwischen plastischer und elastischer Verformung auf und stellt sie letztlich in der umgestellten Form  $F/s = D = konst$  dar, welche die Federhärte stärker betont. Denn aus dieser Version geht im Vergleich zu der üblichen Darstellungsform  $F = D \cdot s$  mit  $D = konst$  deutlicher hervor, dass der Quotient von der Feder abhängt und einen bestimmten charakteristischen Wert annimmt. Insgesamt sei in dieser Hinsicht erwähnt, dass das Gesetz von Hooke im Allgemeinen nicht als didaktisch sinnvoll für den Mechanikunterricht der 7. Jahrgangsstufe angesehen wird, da es eine quantitative Herangehensweise sowie Analyse nahe legt bzw. erfordert, die für ein grundlegendes Verständnis der Mechanik nicht von Nöten ist.

Zur unterschiedlichen Gewichtung von Statik und Dynamik in den untersuchten Werken sei gesagt, dass diese zwar zum einen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Lehrplanvorgaben steht, zum anderen aber auch davon abhängt, wie die einzelnen Werke die Lehrplanvorgaben umsetzen. Beispielsweise das Werk „NuTC“ wurde ebenfalls auf der Grundlage des ungekürzten Lehrplans aus dem Jahre 2004 erstellt und bevorzugt trotzdem eine deutliche Kürzung statischer Themen (Kräftezerlegung, Schiefe Ebene, Gesetz von Hooke etc.).

Im Werk „EidM“ kann der, um hauptsächlich statische Themen reduzierte, Lehrplan zwar als ein Grund gesehen werden, warum in diesem Werk ein erkennbares Übergewicht dynamischer Betrachtungsaspekte festgestellt werden konnte. Auffälliger jedoch ist, dass der Statik

nur sehr wenig Beachtung geschenkt wird, was sich daran zeigt, das sie lediglich als Spezialfall der Dynamik (Kräfte kompensieren sich), zusammengefasst in einem Kapitel am Ende des Werkes, behandelt wird. Das Werk spiegelt in dieser Hinsicht die grundlegenden Ideen der Unterrichtskonzeption wider, die insbesondere eine konsequent dynamische Einführung der Kraft vorsehen.

In den Werken „Impulse“, „Ikarus“, „NuTDP“ und „Netzwerk“ zeigt sich zwar einerseits, dass statische Themen wie „Kräftezerlegung“ oder „Schiefe Ebene“ berücksichtigt werden, jedoch lässt sich andererseits alles in allem ein in etwa ausgeglichenes Verhältnis statischer und dynamischer Betrachtungen festhalten. Dies liegt – mit Ausnahme des Werkes „Netzwerk“ – vor allem darin begründet, dass statische Betrachtungen (das Kräftegleichgewicht ausgeschlossen) in den Werken vorzugsweise am Ende dargestellt werden. Hinzu kommt, dass bestimmte typisch statische Themen, wie etwa „Kraftmessung“ nicht („NuTDP“) oder nur in geringem Maße behandelt werden, während bestimmte typisch dynamische Themen, wie beispielsweise „Bewegungen“ oder „Reibung“, sehr intensiv betrachtet werden. Im „Netzwerk“ nehmen unter allen Vergleichswerken statische Überlegungen den größten Stellenwert ein, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass sie im Werk nicht nur ausführlich dargestellt werden, sondern zum Teil sogar noch vor dem Kapitel „Newton'sche Gesetze“ behandelt werden.

Zum Werk „Ikarus“ sei in dieser Hinsicht noch angemerkt, dass die Tatsache, dass sich das Schulbuch noch stark an dem ersten, ungekürzten G-8 Lehrplan orientiert – wie sich auch an der Aufnahme und intensiven Betrachtung der Themen „Anwendungen des Trägheitssatzes im Straßenverkehr“, „Kräftezerlegung“, „Schiefe Ebene“ etc. gezeigt hat – als einer der Gründe für die ausufernde Seitenanzahl angesehen werden kann. Zur Erinnerung, „Ikarus“ zeigt mit einer Seitenanzahl von 73 Seiten für die Mechanik unter allen untersuchten Schulbüchern die deutlichste Abweichung von der Richtzahl 33 Seiten, die für eine ausgeglichene, aber nicht überbelastende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch ermittelt wurde.



## 7) FAZIT UND AUSBLICK

Insgesamt betrachtet lassen sich erkennbare Unterschiede, sowohl in der Gestaltung als auch in der Sachstruktur der einzelnen Werke festhalten. Trotzdem fällt auf, dass grundsätzlich Gestaltung, Inhalt und didaktisches Konzept in allen Werken eine Einheit bilden. Zwar weichen beispielsweise die Werke „Impulse“ oder „Netzwerke“ inhaltlich und fachdidaktisch durch ihre stark quantitative Ausrichtung teilweise deutlich von den Vorgaben des Lehrplans ab, bleiben aber bei der gestalterischen Vernetztheit von Sachtext und anderen Elementen ihrer Linie treu. Dies zeigt sich beispielsweise daran, dass die beiden Werke bei Abbildungen verstärkt auf graphische Darstellungen bzw. bei Tabellen hauptsächlich auf Messtabellen zurückgreifen. Das Werk „EidM“ stellt mit einer völlig abgeänderten Sachstruktur gewissermaßen den Gegenpol dar und rückt ein qualitatives Verständnis in den Vordergrund. Auch hier zeigt sich die Harmonie von zu Grunde liegendem Unterrichtskonzept, Sachstruktur und Gestaltung. Zentraler Aspekt ist dabei die zweidimensionale Darstellung und Beschreibung von Bewegungen. Die Geschwindigkeitsänderung wird als eigenständige Größe eingeführt, die es ermöglicht, dynamische Aspekte ohne Einführung des Beschleunigungsbegriffs zu betrachten. Dies spiegelt sich zum Beispiel an der geringen Wertschätzung von graphischen Darstellungen, mathematischen Formeln, Messtabellen sowie dem konsequenten Verzicht auf Rechenaufgaben wider. Stattdessen wird hauptsächlich auf qualitative Denkaufgaben und „logische Bilder“ in Form von ikonischen Repräsentationen der kinematischen Größen Geschwindigkeit bzw. „Zusatzgeschwindigkeit“ durch Vektorpfeile zurückgegriffen. Mit der Darstellung piktoagrammartiger Einblendungen – ermöglicht durch das Videoanalyseprogramm „measure dynamics“ – kann das Erkennen von Bewegungsänderungen auf die sichtbare Veränderung des Geschwindigkeitspfeils reduziert werden. Insgesamt kann festgehalten werden, dass es dem Werk „EidM“ nachweislich gelingt, durch eine veränderte Sachstruktur verknüpft mit neuartigen gestalterischen Akzenten, Fehlvorstellungen der Schüler zu den mechanischen Grundbegriffen zu verringern und mehr Verständnis zu erreichen.

Auch die Ergebnisse der Lesbarkeitsformeln, mit deren Hilfe die Verständlichkeit eines Textes über dessen Ausprägungsgrad formaler, lexikalischer und syntaktischer Textmerkmale, wie z.B. Wortlänge und Worthäufigkeit bestimmt werden kann, lassen sich gut mit den übrigen Ergebnissen in Einklang bringen. So entsprechen die Lesbarkeitswerte im „EidM“ genau der Zielgruppe des Buches und lassen auf eine gute Verständlichkeit der Sprache schließen, während die Messungen etwa bei „Impulse“ bzw. „Netzwerk“ auf eine schwer verständliche Sprache hinweisen. Jedoch können diese objektiv formal-stilistischen Oberflächenmerkmale lediglich als ein Kriterium für die Textverständlichkeit gesehen werden, da die inhaltliche Textstruktur und die subjektive Leser-Text-Interaktion nicht berücksichtigt werden. Das Verstehen eines Textes wird in der Literatur heute meist als aktiver und konstruktiver Prozess verstanden, bei dem Merkmale des Textes aber auch Merkmale des Lesers aufeinander bezogen sind. Der Schwierigkeitsgrad eines Textes kann immer nur in Hinblick auf einen be-

stimmten Leser oder eine Lesegruppe untersucht werden, weshalb Textverständlichkeit immer auf ein verständnisfähiges Subjekt als Referenz bezogen werden muss. Aus diesem Grund wäre es empfehlenswert kognitionspsychologische Untersuchungen – meist so genannte Verständnistests – in die Schulbuchanalyse mit einzuschließen, die deutlich machen, wie die Person des Lesers (Intelligenz, Bildungsgrad, Vorwissen, verbale Fähigkeiten, Motivation, Emotion etc.) Einfluss auf das Verstehen von Schulbuchtexten hat. In diesem Bereich liegen bereits Forschungsergebnisse vor, die auf ihre Relevanz für Physik-Schulbücher hin untersucht werden sollte. Ähnlich sieht es bei der Geschlechterfrage aus. Hier richten neuere Forschungsuntersuchungen ihren Blick nicht mehr so stark auf Defizite seitens der Mädchen, die es zu beheben gilt, sondern auf Defizite des Physikunterrichts, für die das Desinteresse der Mädchen ein Indikator ist. Anhand quantitativer Tests im Zusammenhang mit dem neuartigen Unterrichtskonzept konnte insbesondere der Einfluss der Sachstruktur auf den Lernerfolg der unterschiedlichen Geschlechter nachgewiesen werden. Dabei stellte sich heraus, dass bei Unterricht nach zweidimensional-dynamischem Konzept im Gegensatz zum Unterricht nach traditionellem Konzept keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen feststellbar sind. Es wäre nun sicherlich interessant zu sehen, ob sich dies auch im Werk „EidM“ widerspiegelt. Erste Anhaltspunkte sind bereits am verstärkten Einsatz weiblicher Abbildungsmotive zu erkennen. Eine vergleichende Analyse würde darüber aufklären, ob sich auch die anderen Schulbücher diesem Thema intensiver widmen als noch vor Jahren und eine inhaltliche Aufbereitung, die den Interessen der jungen Frauen entgegenkommen sowie eine „mädchenfreundlichere“ Gestaltung vorweisen können.

Man erkennt also insgesamt, dass das Schulbuch nach wie vor Gesprächsstoff sein sollte, da es einige interessante Aspekte zu bieten hat, die es zu untersuchen gilt. Meine Analyse bietet in dieser Hinsicht nur einen begrenzten, dafür aber sehr detaillierten Blickwinkel, da sie sich ausschließlich mit der Gestaltung und der Sachstruktur auseinandersetzt. Trotzdem hoffe ich, dass sie dazu beitragen kann, sowohl den Schülern, aber auch den Lehrern erkennbare Qualitätsunterschiede aufzuzeigen und ihnen die Wahl des auf sie bzw. ihren Unterricht zugeschnittenen Schulbuches zu erleichtern.

## 8) LITERATURVERZEICHNIS

### a) Schriftliche Quellen und Autorenwerke

**APPEL, Thomas; SUBE, Kerstin; WOLFERMANN, Gottfried; ZIERIS, Martin:** Netzwerk. Physik 7. Gymnasium Bayern, Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers, Braunschweig, 2005

**ASTLEITNER, Hermann:** Eine Didaktiktheorie zur Inneren Differenzierung in Schulbüchern: Das Aufgaben-Rad-Modell (Forschungsbericht). Fachbereich Erziehungswissenschaft, Universität Salzburg, 2009

**BAUER, Fritz; GODAU Jürgen:** Zum Einsatz des Lehrbuches im Physikunterricht, in: Physik in der Schule Nr. 4, 1977, S.139-141

**BAUERNSCHUSTER, Johanna; TOBIAS, Verena; WALTNER, Christine; WIESNER, Hartmut:** Dynamischer Mechanikunterricht - Die Umsetzung des Konzeptes durch die Lehrkräfte, in: Nordmeier, V. (Hrsg.): PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2010

**BEERENWINKEL, Anne; GRÄSEL, Cornelia:** Texte im Chemieunterricht. Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften, in: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg.11, 2005, S. 21-39

**BENZ, Michael:** Digitale Videoanalyse von Bewegungen – Neue Möglichkeiten mit der Software „measure Dynamics“, in: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebauch, H. (Hrsg.):Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin, 2008

**BENZ, Michael; WILHELM Thomas:** measure-Dynamics – Ein Quantensprung in der digitalen Videoanalyse, in: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebauch, H. (Hrsg.):Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin, 2008

**BLEICHROTH, Wolfgang et al.:** Fachdidaktik Physik, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1999

**BRÜCKMANN, Maja:** Sachstrukturen im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 94, Logos Verlag, Berlin, 2009

**BRUNER, Jerome:** Der Prozess der Erziehung, Berlin, Düsseldorf, 1970

**DEGER, Herman; GLEIXNER, Christian; PIPPIG, Rainer; WORG, Roman:** Ikarus. Natur und Technik. Schwerpunkt: Physik 7, Oldenbourg Schulbuchverlag, München, Düsseldorf, Stuttgart, 2005

**DONAT, Martin et al.** Impulse. Natur und Technik: Schwerpunkt Physik. Jahrgangsstufe 7. Bayern, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 2005

**DUIT, Reinders; HÄUSSLER, Peter; KIRCHER, Ernst:** Unterricht Physik: Materialien zur Unterrichtsvorbereitung, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1981

**FELDNER, Peter:** Zur Sprachgestaltung von Physik-Schulbüchern, Staatsexamensarbeit am Lehrstuhl für Didaktik der Physik an der Universität Würzburg, Würzburg, 1996

**FÖSEL, Angela; HILSCHER Helmut; THANNER Anton; VITZ, Silvia; WÖRLEN, Friedrich:** Natur und Technik. Physik 7. Gymnasium Bayern, Cornelsen Verlag, Berlin, 2005

**GERNET, Birgit:** Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern am Beispiel: Mechanik der Festkörper in der Realschule, Staatsexamensarbeit am Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Universität Würzburg, Würzburg, 1994

**GODAU, Jürgen:** Übungsaufgaben in Schulbüchern, in: Unterricht Physik 9, Nr. 48, 1998, S. 35-38

**GRONEMEIER, Karl-Heinz; KRANZ, Otto:** Tabellarische Darstellungen für den Physikunterricht, in: Praxis der Naturwissenschaften – 42, Nr. 5, 1993, S.34-36

**HACKER, Hartmut:** Das Schulbuch. Funktion und Verwendung im Unterricht, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 1980

**HÄUSSLER, Peter; LIND Gunter:** Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Erläuterungen zu Modul 1 mit Beispielen für den Physikunterricht, Kiel, 1998

**HEINZE, Carsten; MATTHES Eva:** Beiträge zur historischen und systematischen Schulbuchforschung: Elementarisierung im Schulbuch, Julius Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn, 2007

**HOPF, Martin:** Physikdidaktik als nutzerorientierte Grundlagenforschung, in: Plus Lucis 1, Nr.2, 2009

**HOPF, Martin; WIESNER, Hartmut, WILHELM, Thomas, WALTNER Christine; TOBIAS, Verena:** Einführung in die Mechanik, München, Würzburg, Wien, 2009; in: [www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/veroeffentlichung/MechanikbuchAuflage3.pdf](http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/veroeffentlichung/MechanikbuchAuflage3.pdf) (aufgerufen am 04.04.2010)

**JETZINGER, Franz; TOBIAS, Verena; WALTNER, Christine; HOPF, Martin; WIESNER, Hartmut:** Dynamischer Mechanikunterricht – Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie, in: Nordmeier, V. (Hrsg.): PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2010

**JUNG, Walter; WIESNER, Hartmut:** Verständnisschwierigkeiten beim physikalischen Kraftbegriff: Eine Untersuchung zum Kraftbegriff bei Physikstudenten - in: Physik und Didaktik 9, Nr. 2, 1981, S. 111-122

**JUPE, Klaus; LUDWIG, Margrit:** Schulbücher unter die Lupe genommen (IV), in: Physik in der Schule 30, Nr.5, 1992, S. 194-197

**KIRCHER, Ernst.; GIRWIDZ, Raimund.; HÄUßLER, Peter:** Physikdidaktik. Eine Einführung in Theorie und Praxis, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 2000

**KIRCHER, Ernst; GIRWIDZ, Raimund; HÄUßLER, Peter:** Physikdidaktik. Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg, 2009

**KLAUTKE Siegfried:** Kriterien zur Beurteilung von Schulbüchern für Biologie. Blickpunkt Schulbuch, 1974

**LEISEN, Josef:** Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur, in: [www.aufgabenkultur.studienseminarkoblenz.de/seiten/1%20Artikel%20zur%20Aufgabenkultur/Aufgabenkultur%20im%20mathematisch-naturwissenschaftlichen%20Unt%85.pdf](http://www.aufgabenkultur.studienseminarkoblenz.de/seiten/1%20Artikel%20zur%20Aufgabenkultur/Aufgabenkultur%20im%20mathematisch-naturwissenschaftlichen%20Unt%85.pdf) (aufgerufen am 03.04.2010)

**LEISEN, Josef:** Kinematik ohne Dynamik?, in Naturwissenschaften im Unterricht – Physik, 83, 2004, S.10-11

**LEISEN, Josef:** Sprache(n) im Physikunterricht, in: Praxis der Naturwissenschaften – Physik 47, Nr. 2, 1998, S. 2-4

**LUDWIG, Margrit; SITTIG Horst:** Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung des Physikunterrichts durch den Einsatz des Lehrbuches, in: Physik in der Schule, Nr. 5, 1981, S. 189-195

**LÜER, Dirk:** Entwicklung eines Kategorisierungs- und Beurteilungsinstruments für Abbildungen in Physikbüchern der Hauptschule, Staatsexamensarbeit am Lehrstuhl für Didaktik der Physik an der Universität Würzburg, Würzburg, 1996

**MERZYN, Gottfried:** Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Kiel, 1994

**MEYENDORF, Gerhard:** Schulbücher wirksam für Bildung und Erziehung nutzen, in: Physik in der Schule Nr. 9, 1976, S. 364-368

**MEYER, Lothar; SCHMIDT Gerd-Dietrich, GAU, Barbara:** Natur und Technik. Schwerpunkt: Physik. Bayern 7 Gymnasium, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, Berlin & C.C. Buchner Verlag, Bamberg, 2005

**MICHEL, Christine; WILHELM, Thomas:** Lehrvideos mit dynamisch ikonischen Repräsentationen zu zweidimensionalen Bewegungen, in: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik – Berlin 2008, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin, 2008

**MIKELSKIS, Helmut:** Die Rolle des Physikbuchs beim Unterrichten und Lernen von Physik, in: Mikelskis, Helmut: Fachdidaktik: Physik-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelson Verlag Scriptor, Berlin, 2006, S.197-202

**RÜHL, Annette:** Sprachanalyse von Merksätzen in Physikschulbüchern am Beispiel: Mechanik in der Hauptschule, Staatsexamensarbeit am Lehrstuhl für Didaktik der Physik an der Universität Würzburg, Würzburg, 1991

**SCHILLER, Günter:** Mit dem Schulbuch arbeiten, in: Schweizer Gerd; Selzer Helmut Maria: Methodenkompetenz lehren und lernen – Beiträge zur Methodendidaktik in Arbeitslehre, Wirtschaftslehre, Wirtschaftsgeographie, Verlag Röll, Dettelbach, 2001, S.199-206

**SCHÜLLER, Florian; WILHELM, Thomas:** Ein Unterrichtskonzept zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7 - zweidimensional und multimedial, in: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebauch H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media - LOB.de, Berlin, 2008

**STARASCHEK, Erich:** Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher, in Zeitschrift der Didaktik der Naturwissenschaften, Jg.9, 2003, S.135-146

**STARASCHEK, Erich:** Hat die physikalische Sachstruktur einen Einfluss auf das Lernen von Physik?, in: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDCP in Dresden 2009, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 30, Lit-Verlag, Münster, 2010

**STEIN, Gerd; SCHALLENBERGER, Ernst Horst:** Das Schulbuch zwischen staatlichem Zugriff und gesellschaftlichen Forderungen, Aloys Henn Verlag, Kastellaun, 1978

**TOBIAS, Verena; WALTNER, Christine; HOPF, Martin; WILHELM, Thomas; WIESNER, Hartmut;** Dynamik in den Mechanikunterricht – Ergebnisse einer quantitativen Vergleichsstudie in: Nordmeier, V. (Hrsg.): PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2010

**VESTER, Frederic:** Denken-Lernen-Vergessen, Stuttgart, 1975

**WEDEKIND, Walter:** Zum Einsatz des Lehrbuches im Physikunterricht, in: Physik in der Schule Nr. 2, 1973, S.78-80

**WESTPHAL, Wilhelm Heinrich:** Die Grundlagen der Dynamik und Newtons 2. Axiom, Physikalische Blätter 23, S. 558 -561, 1967

**WIESNER, Hartmut; TOBIAS, Verena; WALTNER, Christine; HOPF, Martin; WILHELM, Thomas; SEN, Ahmet Ilhan:** Dynamik in den Mechanikunterricht, in: Nordmeier, V. (Hrsg.): PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2010

**WIESNER, Hartmut:** Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik. Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten und fachdidaktische Folgerungen, in: Physik in der Schule 32, 1994, Nr. 4, S. 122-127

**WIESNER, Hartmut:** Zum Einführungsunterricht in die Mechanik: Statisch oder dynamisch. Fachmethodische Überlegungen und Unterrichtsversuche zur Reduzierung von Lernschwierigkeiten, in: Unterricht Physik 5, Nr.22, 1994, S.16-23

**WILHELM, Thomas:** Vorlesungsskript: Einführung in die Fachdidaktik I, 2010 (unveröffentlicht)

**WILHELM, Thomas:** Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Studien6 zum Physik- und Chemielernen, Band 46, Berlin, Logos Verlag, 2005

**WILHELM, Thomas; HEUER, Dieter:** Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden – durch Beginn mit der zweidimensionalen Bewegung, in: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 51, Nr. 7, 2002, S. 29 – 34

**WILHELM, Thomas; WALTNER, Christine; HOPF, Martin; TOBIAS, Verena; WIESNER, Hartmut:** Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht – quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung, in: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebach H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Bochum 2009, Lehmanns Media - LOB.de, Berlin, 2009

**WODZINSKI, Rita:** Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht, Lit Verlag, Münster, 1996

## b) Internetquellen

- [www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/](http://www.bildungsklick.de/a/65813/das-schulbuch-ist-keineswegs-ein-auslaufmodell/) (aufgerufen am 30.10.2009)
- [www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/](http://www.bildungsklick.de/a/66078/herausforderung-schulbuch/) (aufgerufen am 11.11.2009)
- [www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/](http://www.bildungsklick.de/pm/63468/qualitaetsmerkmale-von-schulbuechern-staerker-herausstellen/) (aufgerufen am 30.10.2009)
- [www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/](http://www.bildungsklick.de/a/66076/warum-keine-abwrackpraemie-fuer-veraltete-schulbuecher/) (aufgerufen am 30.10.2009)
- [www.ccbuchner.de/preisnachlaesse\\_11\\_11.html](http://www.ccbuchner.de/preisnachlaesse_11_11.html) (aufgerufen am 30.01. 2010)
- [www.ccbuchner.de/reihe-801\\_2\\_2/natur\\_und\\_technik.html#](http://www.ccbuchner.de/reihe-801_2_2/natur_und_technik.html#) (aufgerufen am 30.01.2010)
- [www.ccbuchner.de/titel-13109\\_2\\_2/nut\\_allgemeine\\_ausgabe\\_6615.html](http://www.ccbuchner.de/titel-13109_2_2/nut_allgemeine_ausgabe_6615.html) (aufgerufen am 30.01. 2010)
- [www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.3.2.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1](http://www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.3.2.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1) (aufgerufen am 29.01. 2010)
- [www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1](http://www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1) (aufgerufen am 29.01. 2010)
- [www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1](http://www.cornelsen.de/cgi/WebObjects/KatalogPlus.woa/wo/9.28.17.0.5.3.3.1.0.0.1.0.0.1.0.0.1.0.3.3.1.1) (aufgerufen am 29.01. 2010)

- [www.cornelsen.de/fm/1272/Presse\\_Schulbuch\\_18\\_S.pdf](http://www.cornelsen.de/fm/1272/Presse_Schulbuch_18_S.pdf) (aufgerufen am 27.01.2010)
- [www.cornelsen.de/lw08?bl\[0\]=BY&sf\[0\]=GY&uf\[0\]=PH&r=5366&ra=6021&bd=15297](http://www.cornelsen.de/lw08?bl[0]=BY&sf[0]=GY&uf[0]=PH&r=5366&ra=6021&bd=15297) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.cornelsen.de/lw08?bl\[0\]=BY&sf\[0\]=GY&uf\[0\]=PH&r=5366&ra=6021&maga-gru=konzept](http://www.cornelsen.de/lw08?bl[0]=BY&sf[0]=GY&uf[0]=PH&r=5366&ra=6021&maga-gru=konzept) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.diss.fu-berlin.de/diss](http://www.diss.fu-berlin.de/diss) (aufgerufen am 12.12.2009)
- [www.dradio.de/dlf/sendungen/forumpisa/334758/](http://www.dradio.de/dlf/sendungen/forumpisa/334758/) (aufgerufen am 14.12.2009)
- [www.duden.de/lernhilfen/detail.php?nid=72&isbn=978-3-411-72533-5](http://www.duden.de/lernhilfen/detail.php?nid=72&isbn=978-3-411-72533-5) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=33&menu=33&typeSet=sek](http://www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=33&menu=33&typeSet=sek) (aufgerufen am 30.01.2010)
- [www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=46&menu=3&typeSet=sek](http://www.duden-paetec.de/index.php?bl=&page=46&menu=3&typeSet=sek) (aufgerufen am 30.01.2010)
- [www.freiberufler-portal.de/Hardcover-Softcover.php](http://www.freiberufler-portal.de/Hardcover-Softcover.php) (aufgerufen am 27.01.2010)
- [www.fronline.de/in\\_und\\_ausland/wissen\\_und\\_bildung/aktuell/1669859\\_Schulbuch-im-Schatten.html](http://www.fronline.de/in_und_ausland/wissen_und_bildung/aktuell/1669859_Schulbuch-im-Schatten.html) (aufgerufen am 30.10.2009)
- [www.germanistik.uni-hannover.de/fileadmin/deutsches\\_seminar/publikationen/HAL/hal-1.pdf](http://www.germanistik.uni-hannover.de/fileadmin/deutsches_seminar/publikationen/HAL/hal-1.pdf) (aufgerufen am 03.03.2010)
- [www.hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/termine/id=2462](http://www.hsozkult.geschichte.hu-berlin.de/termine/id=2462) (aufgerufen am 30.10.2009)
- [http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/buecher/buch\\_sachstrukturen.html](http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/buecher/buch_sachstrukturen.html) (aufgerufen am 01.06.2010)
- [www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/](http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/) (aufgerufen am 01.05.2010)
- [www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=e08f92f8f8e13469a7df9fa1f74f05cd](http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=e08f92f8f8e13469a7df9fa1f74f05cd) (aufgerufen am 30.11.2009)
- [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438) (Fachlehrplan „Physik“ Gymnasium 9. Jahrgangsstufe) (aufgerufen am 30.11.2009)
- [www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26439](http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26439) (Fachlehrplan „Physik“ Gymnasium 10. Jahrgangsstufe) (aufgerufen am 30.11.2009)
- [www.janaszek.de/t](http://www.janaszek.de/t) (aufgerufen am 08.02.2010)
- [www.janaszek.de/t/seitenformate.htm](http://www.janaszek.de/t/seitenformate.htm) (aufgerufen am 08.02.2010)
- [www.k-buechner.de/beraten/werkstatt/schulbuch.html](http://www.k-buechner.de/beraten/werkstatt/schulbuch.html) (aufgerufen am 03.04.2010)
- [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph07\\_g8/diverses/lehrplan07g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/diverses/lehrplan07g8_neu.htm) (aufgerufen am 12.01.2010)
- [www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvp=6](http://www.jusline.de/index.php?cpid=f92f99b766343e040d46fcd6b03d3ee8&lawid=225&paid=7&mvp=6) (aufgerufen am 26.01.2010)
- [www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772414-4](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772414-4) (aufgerufen am 29.01.2010)

- [www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772321-0](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=suche&modul=produktdetail&isbn=3-12-772321-0) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.klett.de/sixcms/detail.php?template=titelfamilie\\_produktdetail\\_versandkosten](http://www.klett.de/sixcms/detail.php?template=titelfamilie_produktdetail_versandkosten) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktansicht&view=89802](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktansicht&view=89802) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktdetail&isbn=3-12-772462-4](http://www.klett.de/sixcms/list.php?page=titelfamilie&titelfamilie=Impulse+Physik&modul=produktdetail&isbn=3-12-772462-4) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.km.bayern.de/imperia/md/content/pdf/lernmittel/gym.pdf](http://www.km.bayern.de/imperia/md/content/pdf/lernmittel/gym.pdf) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph07\\_g8/diverses/lehrplan07g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/diverses/lehrplan07g8_neu.htm) (Fachlehrplan „Physik“ Gymnasium 7. Jahrgangsstufe) (aufgerufen 30.11.2009)
- [www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph10\\_g8/diverses/lehrplan10g8\\_neu.htm](http://www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10_g8/diverses/lehrplan10g8_neu.htm) (Fachlehrplan „Physik“ Gymnasium 10. Jahrgangsstufe) (aufgerufen 30.11.2009)
- [www.oldenbourg.de/osv/sekundarstufe/](http://www.oldenbourg.de/osv/sekundarstufe/) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.ru.nl/asp/download.aspx?File=/contents/library/59/strukturontologie.pdf](http://www.ru.nl/asp/download.aspx?File=/contents/library/59/strukturontologie.pdf) (aufgerufen am 08.02.2010)
- [www.schroedel.de/gymnasium/naturwissenschaften/natur\\_und\\_technik/physik\\_natur\\_und\\_technik.xtp?SID=aaab5pc5BWCqAY](http://www.schroedel.de/gymnasium/naturwissenschaften/natur_und_technik/physik_natur_und_technik.xtp?SID=aaab5pc5BWCqAY) (aufgerufen am 30.01.2010)
- [www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPH04BY](http://www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPH04BY) (aufgerufen am 30.01.2010)
- [www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPHSOFT](http://www.schroedel.de/suche/reihenansicht.xtp?id=SPPHSOFT) (aufgerufen am 30.01.2010)
- [www.schroedel.de/verlag/bestellinformation.xtp](http://www.schroedel.de/verlag/bestellinformation.xtp) (aufgerufen am 30.01.2010)
- [www.schroedel.de/verlag/bilder/preisbindung\\_im\\_schulbuchgeschaef.pdf](http://www.schroedel.de/verlag/bilder/preisbindung_im_schulbuchgeschaef.pdf) (aufgerufen am 26.01.2010)
- [www.schulbuchportal.de/CMS/file\\_view.aspx?id=10072699](http://www.schulbuchportal.de/CMS/file_view.aspx?id=10072699) (aufgerufen am 26.01.2010)
- [www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072254&a=1&knp=0&page=1](http://www.schulbuchportal.de/default.aspx?ni=68155&s=1&v=1&docid=10072254&a=1&knp=0&page=1) (aufgerufen am 26.01.2010)
- [www.shop.paetec.de/ec/jumpin.jsp?isbn=978-3-8355-3111-6](http://www.shop.paetec.de/ec/jumpin.jsp?isbn=978-3-8355-3111-6) (aufgerufen am 29.01.2010)
- [www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf](http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/chemie/Chemiedidaktik/mat/dat/fd.pdf) (aufgerufen am 29.03.2010)
- [www.uni-konstanz.de/ag-moral/lernen/11\\_offenes-lernen/ou\\_mathematik.htm](http://www.uni-konstanz.de/ag-moral/lernen/11_offenes-lernen/ou_mathematik.htm) (aufgerufen am 08.04.2010)
- [www.vbio.de/vbio/content/e25/e15139/e17499/e25887/filetitle/Stellungnahme5\\_6\\_ger.pdf](http://www.vbio.de/vbio/content/e25/e15139/e17499/e25887/filetitle/Stellungnahme5_6_ger.pdf) (aufgerufen am 16.12.2009)

- [www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3\\_1\\_formatieren.pdf](http://www.vom-wissen-zum-buch.de/media/Reinhardt-Kap3_1_formatieren.pdf) (aufgerufen am 08.02.2010)
- [www.wikipedia.org/wiki/Physikunterricht](http://www.wikipedia.org/wiki/Physikunterricht) (aufgerufen am 08.02.2010)
- [www.wikipedia.org/wiki/Struktur](http://www.wikipedia.org/wiki/Struktur) (aufgerufen am 08.02.2010)

## **DANKSAGUNG**

Eine wissenschaftliche Arbeit wie diese braucht die Unterstützung Vieler, um zum Abschluss zu kommen. Mein Dank gilt daher allen Wegbegleitern, die mir jederzeit zur Seite standen.

Besonderer Dank gebührt Herrn Dr. Thomas Wilhelm nicht nur für Möglichkeit zu dieser Arbeit, sondern insbesondere für die intensive Betreuung und die wertvollen Ratschläge bei der Umsetzung meiner Ideen. Seine kritischen Durchsichten des Manuskriptes, seine Geduld und stetige Diskussions- und Hilfsbereitschaft waren alles andere als selbstverständlich und können nicht hoch genug gewürdigt werden.

Meinen Eltern und meiner Schwester danke ich für die stetige Unterstützung in jeder Hinsicht, vor allem aber für ihr Durchhaltevermögen, ihren treuen Rückhalt, für ihre bedingungslose Liebe und Fürsorge und ihren unbändigen Glauben an mich.

Ferner möchte ich den Kommilitonen danken, ohne deren Interesse und Begeisterung diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Die freundschaftliche Atmosphäre und der Zusammenhalt in der Gruppe haben in besonderem Maße zu meiner Motivation beigetragen und mir immer wieder auch zu der nötigen Ablenkung verholfen.

Mein größter Dank gilt dem allmächtigen Gott, der mir während des Studiums und während des Schreibens dieser Arbeit immer wieder die Kraft gegeben hat, auch in schwierigen Phasen nie den Glauben an mich selbst zu verlieren.



## **SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG**

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

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

.....  
Ort, Datum

.....  
Unterschrift