

**Julius-Maximilians-Universität
Würzburg**

Erste Staatsprüfung für ein Lehramt an Realschulen Herbst 2010

Schriftliche Hausarbeit

**Vergleich und Analyse der
Sachstruktur von Realschulbüchern
in Teilbereichen der Mechanik**

eingereicht von: Ingo Fließner

Fach: Didaktik der Physik

eingereicht im Januar 2010

Betreuer: Dr. Thomas Wilhelm

*Eigentlich lernen wir nur aus Büchern,
die wir nicht beurteilen können.
Der Autor eines Buches, das wir beurteilen können,
müßte von uns lernen.*

Johann Wolfgang von Goethe

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Allgemeines zum Schulbuch.....	5
2.1	Funktionen und Aufgaben von Schulbüchern.....	5
2.2	Einsatzmöglichkeiten des Schulbuches	7
2.3	Schwerpunkte und Methoden der Schulbuchforschung	8
2.4	Interessante Ergebnisse der Schulbuchforschung im Fach Physik	11
3	Der bayerische Lehrplan für Realschulen als Voraussetzung.....	14
3.1	„Kraft“ im Mechanikunterricht in der 7. Jahrgangsstufe	14
3.2	„Bewegungen“ im Mechanikunterricht in der 8. Jahrgangsstufe	15
4	Ausgewählte Analysekriterien und -verfahren	16
4.1	Strukturelemente des Schulbuches.....	16
4.1.1	Text.....	16
4.1.2	Merkstoff	17
4.1.3	Abbildungen	18
4.1.4	Tabellen.....	19
4.1.5	Experimentierangaben	19
4.1.6	Aufgaben.....	20
4.1.7	Leiteinrichtungen.....	21
4.2	Umgang mit Schülervorstellungen in der Mechanik	22
4.2.1	„Ort“ und „Weglänge“.....	22
4.2.2	„Bewegungsrichtung“	22
4.2.3	„Tempo“ und „Geschwindigkeit“	23
4.2.4	„Beschleunigung“.....	24
4.2.5	„Kraft“	25
4.3	Sachstrukturen in der Mechanik	26
5	Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen.....	30
5.1	Text	30
5.2	Merkstoff.....	32
5.3	Abbildungen.....	34
5.4	Tabellen	36

5.5	Experimentierangaben.....	37
5.6	Aufgaben	40
5.7	Leiteinrichtungen	43
6	Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen.....	47
6.1	Teilaspekte der Mechanik in der 7. Jahrgangsstufe: Kraft.....	47
6.1.1	Wirkungen einer Kraft, statischer und dynamischer Aspekt.....	47
6.1.2	Vergleich und Gleichheit von Kräften	54
6.1.3	Wechselwirkungsprinzip.....	57
6.2	Teilaspekte der Mechanik in der 8. Jahrgangsstufe: Bewegungen.....	66
6.2.1	Erfassung und Beschreibung von Bewegungen	67
6.2.2	Gleichförmige Bewegung.....	70
6.2.3	Geschwindigkeit als Vektor	78
6.2.4	Bewegung eines Körpers unter Einwirkung einer konstanten Kraft ...	83
7	Fazit und Bewertung.....	96
8	Literaturverzeichnis.....	99
	Danksagung.....	104
	Selbständigkeitserklärung	105

1 Einleitung

„Ganz generell sollen Schulbücher heute die Schüler zu selbstständigem Lernen anregen, selbständiges Lernen ermöglichen und fördern. Weiterhin wird das Schulbuch als Übungsbuch zur Wiederholung oder als Nachschlagewerk zur schnellen Orientierung verwendet.“¹

Welche Bedeutung hat das Schulbuch im Physikunterricht? Kann ein Schulbuch wirklich zum selbstständigen Lernen anregen und es ermöglichen? Wann ist ein Schulbuch ansprechend gestaltet? Werden Schulbücher im Unterricht eingesetzt? Warum werden sie eingesetzt? Ist das Schulbuch nicht ein veraltetes Medium in unserer heutigen Internet-Gesellschaft? Mit zwei bis drei Klicks bekommt man doch auf Wikipedia zu fast jedem Thema eine Erklärung. Brauchen Lehrer das Schulbuch zur Vorbereitung oder brauchen Schüler das Schulbuch zum Lernen? Diese und viele weitere Fragen machen deutlich, wie kontrovers diskutiert dieses Thema in unserer heutigen Zeit ist und in Zukunft sicherlich auch noch sein wird. Umso interessanter ist es, sich als angehender Lehrer mit diesem Thema auseinander zu setzen.

Seit einigen Jahren kämpft das Schulbuch um seine Daseinsberechtigung, weil die neuen Kommunikations- und Informationsmedien wie Computersoftware und Internet es in Legitimationszwänge bringen.² Aber auch Vorwürfe, wie z.B. dass das Schulbuch eine Entscheidung über die Auswahl und Anordnung der vom Lehrplan vorgegebenen Ziele und Inhalte treffe und somit den Interessen der Schulbuchautoren entspreche, sind nicht von der Hand zu weisen. Ein weiterer Kritikpunkt am Schulbuch ist, dass es aufgrund des langwierigen Zulassungsverfahrens ein indirektes Steuerungsmittel der Kultusbürokratie ist und somit einen Versuch der bewussten Beeinflussung des Lehrers darstellt. Gegen Schulbücher spricht außerdem auch, dass es ihnen – begünstigt durch die Lehrmittelfreiheit – oft an Aktualität fehlt. Schulpädagogen, Fachwissenschaftler, Fachdidaktiker sowie Vertreter von Schulbuchverlagen bringen folgende Argumente zugunsten des Schulbuchs vor: Die vorgeschriebenen Lehrinhalte und Lehrziele werden didaktisch so aufgearbeitet, dass das Schulbuch den Lehrplan der jeweiligen Schulform, des jeweiligen Schulfachs und der jeweiligen Jahrgangsstufe berücksichtigt und für den Lehrer eine Hilfe für dessen Jahresplanung darstellt. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich die Schüler im Schulbuch über das Jahrespensum informieren können und zu jeder Zeit früher Gelerntes wiederholen können, Lernrückstände selbstständig aufholen können und vorausschauend Lerninhalte vorbereiten können. Weiterhin ermöglicht das Schulbuch den Schülern ein individuelles und selbstständiges Lernen, da es den Fachlehrstoff

¹ **DUIT, Reinders; HÄUBLER, Peter; KIRCHER, Ernst:** Unterricht Physik, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1981, S.173, zitiert bei: **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, S. 16

² Vgl. **WIATER, Werner:** Argumente zugunsten des Schulbuchs in Zeiten des Internets, in: Wiater, Werner (Hrsg.): Schulbuchforschung in Europa – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/Obb., 2003, S.219-220

1 Einleitung

didaktisch, sowie schülergerecht und altersgemäß aufbereitet. Des Weiteren ist das Schulbuch von den Kultusbehörden als geeignete Zwischenstufe zwischen Lehrplan und Unterrichtspraxis autorisiert, wobei die Schule zwischen mehreren zugelassenen Büchern wählen kann. Ein weiteres Argument für das Schulbuch ist, dass es jederzeit im Unterricht einsetzbar ist und außerdem den Eltern und Nachhilfelehrern als Orientierung über den Unterrichtsstoff eines Schuljahres dient. Zudem besitzt das Schulbuch eine eigene Ästhetik, durch die der Schüler auch eine eigene Beziehung zum Buch und zum Schulfach entwickeln kann.

Schulbücher werden gedruckt und geschrieben seit es naturwissenschaftlichen Unterricht gibt.³ Allerdings haben sich im Laufe der Zeit die Vorstellungen von gutem naturwissenschaftlichen Unterricht und den dazugehörigen Schulbüchern grundlegend verändert. Einerseits herrscht die Meinung, das Schulbuch sei die wichtigste Quelle systematischen Lernens in der Schule, wobei manche Physikdidaktiker äußern, dass das Schulbuch den Physikunterricht mehr beeinflusse, als die Lehrerbildung und die Lehrpläne. Der hohe finanzielle Aufwand für neue Physik-Schulbücher, der an vielen Schulen wohl genauso groß ist wie für alle anderen Medien zusammen, unterstützt diese Ansicht. Andererseits gibt es auch viele Zeitschriften für Physikler oder auch Veröffentlichungen zur Physikdidaktik und zum Physikunterricht, die das Schulbuch übergehen, oder Klassen, in denen das angeschaffte Schulbuch kein einziges Mal im Jahresverlauf hervorgeholt wird. Da der Physikunterricht besonderes reich an Medien ist, sieht sich das Schulbuch einer harten Konkurrenz ausgesetzt. Insbesondere das Experimentieren im Physikunterricht engt die für das Schulbuch freien Zeiträume spürbar ein. Die Schulbücher aller Verlage haben sich in den letzten Jahrzehnten in bemerkenswerter Weise verändert und man kann feststellen, dass Schulbücher immer häufiger mit Begleitmaterialien erscheinen. Anfangs waren das meistens Lösungshefte für die Aufgaben, mittlerweile gibt es umfangreiche Lehrerbände und Arbeitshefte, die auf ein Buch abgestimmt sind. Außerdem sind die Schulbücher wesentlich dicker geworden. War der durchschnittliche Seitenumfang von Physikschulbüchern in der Hauptschule in den fünfziger Jahren noch 120 Seiten, so waren es in den achtziger Jahren schon 250 Seiten. In der Realschule steigerte sich dieser Durchschnitt von 350 Seiten in den Fünfzigern auf 430 Seiten in den Achtzigern, und im Gymnasium sogar von 530 Seiten (fünfziger Jahre) auf 1170 Seiten (achtziger Jahre). Die hier genannten Zahlen stellen jeweils die Summe der Seiten über alle Jahrgänge dar. Des Weiteren sind die Ausstattung und die Gestaltung der Bücher besser geworden, was sich vor allem bei den farbigen Abbildungen zeigt.

Unterstützend dazu erklärt WIATER: „Wahrscheinlich wird das (bereits heute vorhandene) Verlagsangebot an ‚cross-media-Verbänden‘, an einem Medienmix, d.h. an offenen Kombina-

³ Vgl. **BLEICHROTH, Wolfgang et al.:** Fachdidaktik Physik, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1999, S. 340-341

1 Einleitung

tionen von Schulbuch, Online-Angeboten und DVD oder CD-Rom mit Lehrerhandbüchern, Übungsmaterialien und Internet-Link-Tipps ausgebaut werden, wobei das Schulbuch (in veränderter Form und reduziert auf das Basiswissen in einem Fach) das Leitmedium darstellen könnte.“⁴

Die aufgeführten Argumente zeigen, dass das Schulbuch durchaus immer noch seine Daseinsberechtigung im Unterricht hat, auch wenn es genügend Probleme gibt. Letztlich geht es gar nicht um die Frage „Sollen wir das Schulbuch abschaffen oder nicht?“, sondern wie schon DIESTERWEG feststellt: „Auf den rechten Gebrauch kommt es an. Man kann ein Buch mißbrauchen. Ohne Übertreibung kann man sagen, der rechte Gebrauch ist wichtiger als der Inhalt.“⁵ Dazu ist es notwendig, dass sowohl der Lehrer als auch die Schulbuchautoren sich über die verschiedenen Einsatzformen von Schulbüchern im Unterricht im Klaren sind, aber auch über die verschiedenen Funktionen und Aufgaben, die ein Lehrbuch haben kann. Jeder Schulbuchautor interpretiert dies jedoch anders, setzt unterschiedliche Schwerpunkte und gestaltet unter dieser Prämisse sein Schulbuch. Er verwendet in seinem Buch andere Beispiele zur Veranschaulichung und bereitet den Stoff auf eine andere Art und Weise didaktisch auf. Außerdem betont und gewichtet er den Inhalt von Zusammenhängen unterschiedlich oder stellt sie in einer anderen Reihenfolge dar. Dies alles kann auch den Lernprozess der Schüler beeinflussen. Aus diesem Grund kann ein Vergleich von verschiedenen Schulbüchern zu überdenkende Aspekte aufzeigen, die Lehrern bei ihren Unterrichtsvorbereitungen helfen und ihnen neue Sichtweisen eröffnen.

Im Folgenden sollen also die Physikbücher von drei verschiedenen Verlagen für die 7. und 8. Klasse beschrieben, untersucht und verglichen werden. Es handelt sich dabei um die für die sechsstufige Realschule in Bayern zugelassenen Bücher im Fach Physik:

- Physik 7 I und 8 I von Christian Hörter, erschienen im Cornelsen Verlag,
- Newton Physik 7 und 8 von Rupert Ernhofner et al., herausgegeben vom Oldenbourg Verlag,
- Physik 7 I und 8 I mit den Herausgebern Rudolf Geipel und Wolfgang Reusch vom C. C. Buchner Verlag.

Die Analyse beschränkt sich jedoch auf einzelne Themen des Mechanikunterrichts in der 7. und 8. Jahrgangsstufe, wobei das Augenmerk auf die Einführung des Kraftbegriffes, sowie auf Bewegungen gelegt werden soll, da vor allem in diesen Bereichen interessante Unter-

⁴ **WIATER, Werner:** Argumente zugunsten des Schulbuchs in Zeiten des Internet, in: Wiater, Werner (Hrsg.): Schulbuchforschung in Europa – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/Obb., 2003, S. 221

⁵ **DIESTERWEG, Adolph:** Sämtliche Werke, Band 5, Volk und Wissen, Berlin (Ost), 1961, S.335, zitiert bei: **MERZYN, Gottfried:** Zum Einsatz von Physikbüchern, in: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/ Chemie 35, 1987, Nr. 26, S. 10

1 Einleitung

schiede zu erwarten sind. Forschungen zum Mechanikunterricht zeigen, dass es bei herkömmlich unterrichteten Schülern zur Entwicklung vieler Fehlvorstellungen kommt; gerade der Kraftbegriff bereitet große Probleme.⁶ Umso interessanter erscheint es da, die vorliegenden Bücher zu analysieren, um für Lehrer Schwachstellen, aber auch lobenswerte Aspekte herauszuarbeiten.

Nachfolgend soll nun auf die verschiedenen Aufgaben und Funktionen von Schulbüchern und insbesondere von Physik-Schulbüchern (Kapitel 2.1), deren methodischen Einsatz im Unterrichtsverlauf (Kapitel 2.2), sowie auf die Schulbuchforschung (Kapitel 2.3 und 2.4) eingegangen werden. Danach soll der in Bayern vorliegende Lehrplan für die Realschule, der die Grundlage für die Schulbuchautoren bildet, in den zu untersuchenden Gebieten beschrieben werden (Kapitel 3). Im Anschluss daran werden mögliche zu analysierende Aspekte und Verfahren angesprochen. Neben den Strukturelementen von Schulbüchern sollen vor allem auch fachdidaktische Punkte im Mittelpunkt stehen, wie der Umgang mit Schülerfehlvorstellungen und die zugrunde liegende Sachstruktur (Kapitel 4). Dann beginnt die Analyse der vorliegenden sechs Physik-Schulbücher nach den Strukturelementen (Kapitel 5), wobei dann in Kapitel 6 ausgewählte Themen der Mechanik der 7. und 8. Jahrgangsstufe der Realschule hinsichtlich ihrer Sachstruktur und dem Umgang mit Fehlvorstellungen der Schüler untersucht werden. Abschließend wird eine Bewertung mit Fazit die Arbeit abrunden (Kapitel 7).

Das Thema gewinnt schon aus dem Grund an Bedeutung, da das Kapitel zum Schulbuch in den Lehrbüchern zur Didaktik meist nur zwischen einer und zwei Seiten umfasst und auch in den letzten Jahrzehnten in den Zeitschriften zur Physikdidaktik nur wenige Aufsätze dazu veröffentlicht wurden und es somit eine eher untergeordnete Stellung einnimmt.⁷ Außerdem kann die Beschäftigung mit dieser Problemstellung persönlich von großem Nutzen sein, gerade im Hinblick auf die zukünftige Tätigkeit als Lehrer, bei der man tagtäglich bei der Vorbereitung des Unterrichts herausgefordert wird, unter Verwendung verschiedener Lehrbücher einen Lerninhalt zu elementarisieren bzw. didaktisch und methodisch so aufzubereiten, dass das Lernziel bei möglichst vielen Schülern erreicht wird.

⁶ Vgl. **WODZINSKI, Rita**: Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht, Lit Verlag, Münster, 1996

Vgl. **SCHECKER, Horst**: Das Schülervorverständnis zur Mechanik, Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftlicher Aspekte, Dissertation, Universität Bremen, 1985

Vgl. **WILHELM, Thomas**: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, 2005 (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, hrsg. von Niederer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E.)

⁷ Vgl. **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, S. 13

2 Allgemeines zum Schulbuch

2.1 Funktionen und Aufgaben von Schulbüchern

„Unter einem Schulbuch versteht man im engeren Sinne ein überwiegend für den Unterricht verfasstes Lehr-, Lern- und Arbeitsmittel in Buch- oder Broschüreform sowie Loseblattsammlungen, sofern diese einen systematischen Aufbau des Jahrestoffes einer Schule enthalten [...]“⁸

Zu den außerschulischen Funktionen des Schulbuches zählen die kulturelle Funktion, die darin besteht, öffentlich zu demonstrieren, was in der Gesellschaft als richtige Vorstellung von der Welt gelten soll, und die politische Funktion, welche das Schulbuch als Legitimation von Lernanforderungen und als Legitimationsmedium für den Staat darstellt.⁹ Ein Schulbuch besitzt aber auch vielfältige Funktionen und Aufgaben – sowohl für die Schüler, aber auch für den Lehrer und die Fachdidaktik.

Für den Schüler ist die zentrale Aufgabe des Schulbuchs, über den Unterrichtsstoff in fachlich einwandfreier Form zu informieren und Wiederholungen und Vertiefungen zum Stoff anzubieten.¹⁰ Der Text und die Bilder stehen hierbei im Mittelpunkt, wobei die schriftliche Darstellung zusätzlich dazu beiträgt, die Schüler in die Fachsprache einzuführen und sie an ihren Gebrauch zu gewöhnen. Als Zweites ist die Motivierungsfunktion zu nennen: Das Schulbuch soll die Stoffdarbietung anregend mit z.B. Bildern oder Grafiken gestalten und damit den Schüler für das Unterrichtsfach motivieren. Weiterhin repräsentiert das Buch das Unterrichtsfach, d.h. schon vor der ersten Unterrichtsstunde kann sich der Schüler einen ersten Eindruck über das neue Fach verschaffen und sich mit den Themen, Fragestellungen und Methoden auseinandersetzen. Zur Orientierung und Einordnung der einzelnen Unterrichtsstunde oder eines einzelnen Experiments in die Gesamtstruktur trägt das Inhaltsverzeichnis als Leiteinrichtung bei. Diese Strukturierungs- und Steuerungsfunktion des Buches zeichnet sich auch dadurch aus, dass der Merkstoff zusammengefasst wird und somit eine Orientierung im Lernprozess des Schülers bildet. Des Weiteren ist die Arbeits- und Übungsfunktion des

⁸ **WIATER, Werner:** Das Schulbuch als Gegenstand pädagogischer Forschung, in: Wiater, Werner (Hrsg.): Schulbuchforschung in Europa – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/Obb., 2003, S.12

⁹ Vgl. **RAUCH, Martin; WURSTER, Ekkehard:** Schulbuchforschung als Unterrichtsforschung. Vergleichende Schreibtisch- und Praxisevaluation von Unterrichtswerken für den Sachunterricht (DFG-Projekt) (mit ausführlicher Dokumentation der Meßinstrumente), Peter Lang GmbH Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 1997 (= Freiburger Beiträge zur Erziehungswissenschaft und Fachdidaktik, Band 3, hrsg. von Pelz, Manfred; Rauch, Martin), S. 29-30

¹⁰ Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. **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, S. 25-34

Siehe auch:

Vgl. **BLEICHROTH, Wolfgang et al.:** Fachdidaktik Physik, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1999, S. 342-343

Vgl. **KIRCHER, Ernst/ GIRWIDZ, Raimund/ HÄUßLER, Peter (Hrsg.):** Physikdidaktik. Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg, 2007, S. 219-220

2 Allgemeines zum Schulbuch

Schulbuches anzuführen, womit gemeint ist, dass Arbeitsmaterialien sowohl für den Unterricht, als auch für Zuhause bereitgestellt werden. Bei Experimentieranleitungen und Aufgaben ist diese Funktion klar, bei Abbildungen und Tabellen ergibt sich diese erst im Zusammenhang mit Arbeitsaufträgen. Der Schüler kann weiterhin seinen Lernerfolg überprüfen und somit seine Lösungsstrategien verbessern, wenn bei Aufgaben die Lösungen oder sogar die Lösungswege angegeben sind. Zusätzlich kann das Buch die Möglichkeit eröffnen, das Lernen zu individualisieren und zu differenzieren, was bedeutet, dass sich die Schüler z.B. in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit selbständig mit einem Buchabschnitt beschäftigen und ihr eigenes Lerntempo wählen können. Schließlich sollen Schüler auch üben, mit einem Sachbuch umzugehen und dabei grundlegende Arbeitstechniken erlernen und zu autonomen Lernen befähigt werden, da sich lebenslanges Lernen zunehmend als Erfordernis unserer Zeit erweist.

Eigentlich haben die Schulbücher dem Lehrer kaum eine Aufgabe zu erfüllen, denn den Unterrichtsstoff sollte er beherrschen, die Stoffauswahl hat der Lehrplan getroffen und für alles Andere gibt es Spezialliteratur. Tatsächlich trägt der Schein, weil die Physik-Schulbücher wesentlich mehr Hilfe zu leisten vermögen, da die einzelnen Buchabschnitte oft eine Gliederung ähnlich einer Schulstunde mit Motivation und Problemstellung am Anfang, Versuch und Versuchsauswertung, daraus hergeleitet das Ergebnis, sowie Anwendung und Übung haben. Damit bietet das Buch dem Lehrer eine vielfältige Arbeitserleichterung bei der Unterrichtsvorbereitung, da es einen Vorschlag für die Stoffauswahl und -anordnung liefert, zusätzlich zeigt, wie man den Stoff erklären und elementarisieren kann, passende Anwendungsbezüge und Beispiele aus dem Alltag nennt, geeignete Abbildungen bereitstellt, Anregungen für die Auswahl sinnvoller Versuche macht, sowie Merksätze formuliert und Arbeitsaufträge und Übungsmaterialien bereitstellt. Neben der Anregungs-, Informations- und Vorbereitungsfunktion verdient auch die Fortbildungs- und Reformfunktion Beachtung, da sich während der 30- bis 40-jährigen Berufstätigkeit eines Lehrers Unterrichtsinhalte verändern, neue Inhalte dazukommen, neue Medien wie z.B. der Computer zum Einsatz kommen oder neue Vorschriften zu beachten sind. Die Schulbücher haben dann als Folge neuer Lehrpläne die Aufgabe, den Lehrer mit den neuen Inhalten und ihrer Umsetzung vertraut zu machen.

Für die Fachdidaktik spielt das Schulbuch auch eine wichtige Rolle, da es das entscheidende Bindeglied zwischen dem abstrakten Lehrplan und dem praktischen Unterricht darstellt. Zwei Funktionen haben die Schulbücher für die Fachdidaktik: Zum einen tragen sie zur notwendigen und ständigen Erneuerung des Unterrichts entscheidend bei, zum anderen konkretisieren und interpretieren sie theoretisch-fachdidaktische Ansätze.

Jedoch ist es für das Schulbuch schwer, all diesen Aufgaben und Funktionen in hinreichendem Maße gerecht zu werden. Probleme stellen z.B. dar, dass Experimentieranleitungen häufig zu knapp formuliert sind, dass der Versuch nicht auf das Experimentiergerät der Schu-

2 Allgemeines zum Schulbuch

le abgestimmt ist, dass das Buch zwar das Ergebnis der didaktischen und methodischen Entscheidung darstellt, jedoch keine für den Lehrer stichhaltige Begründung bzw. alternative Erklärungen und Elementarisierungen liefert. Natürlich kann kein Buch allen Wünschen gerecht werden. Deshalb muss der Lehrer dieses Medium selektiv nutzen können und in sein Unterrichtskonzept sinnvoll einbinden.

2.2 Einsatzmöglichkeiten des Schulbuches

„Der Lehrer nutzt das Schulbuch als Leitlinie für seine Unterrichtsplanung. Im Unterricht werden vor allem genutzt: Graphiken, Bilder, Tabellen, Fragen, Rechenaufgaben. Vom Schüler wird das Buch vor allem außerhalb des Unterrichts in der Hausarbeit zur Wiederholung und Vorbereitung auf Tests und bei der Durchführung von Hausaufgaben benutzt.“¹¹ (nach einer Befragung von Physiklehrern durch BRAND)

Im Folgenden sollen nun mehrere Beispiele dargestellt werden, wie das Schulbuch im Unterricht eingesetzt werden kann.¹² Als Einstieg und zur Motivation in die Stunde kann eine Abbildung im Buch dienen, zu der Meinungen von den Schülern erfragt werden, um damit an das Thema heranzuführen. Man könnte aber auch mit einem faszinierenden Forschungsbericht (z.B. Bericht über die Tauchfahrt von Jacques Piccard und Don Walsh), der im Buch abgedruckt ist und den ein Schüler vorlesen soll, den Unterricht beginnen und damit ein lebhaftes Unterrichtsgespräch anregen. Des Weiteren kann eine historische Darstellung oder ein historischer Text im Buch als Einstieg oder zur Anregung von Schülerreferaten dienen. Ein typisches Beispiel hierfür stellt der Versuch Guericke's „Die Magdeburger Halbkugeln“ dar. Weiterhin können auch schematische Zeichnungen den Anlass dafür geben, über die Funktionsweisen von technischen Geräten (z.B. Ottomotor) zu reden und diese zu erklären oder auch Modellvorstellungen zu verdeutlichen. Das Buch kann außerdem dazu genutzt werden, eine Erklärung für einen Sachverhalt oder einen Zusammenhang zu erarbeiten, indem man im Buch die dazu gegebenen Informationen Zeile für Zeile durchgeht, die Schüler zuerst leise lesen und die schwierigen bzw. wichtigen Stellen mit Bleistift markieren lässt (hier sei angemerkt, dass diese Methode im Hinblick darauf problematisch ist, dass das Buch Schuleigentum darstellt; jedoch könnten Texte kopiert werden, um die hier genannte Arbeitsweise zu trainieren), um dann die Schüler in einem zweiten Schritt aufzufordern, den Inhalt

¹¹ **BRAND, Jürgen:** Die Verwendung von Lehrbüchern im Physikunterricht, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 31, 1983, Nr. 7, S. 234-235

¹² Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. **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, S. 35-36

Siehe auch:

Vgl. **KAUFMANN, Jörg-Dietrich:** Unterrichtsarbeit mit einem Schulbuch für Physik, in: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/ Chemie 35, 1987, Nr. 26, S. 14-18

Vgl. **BRAND, Jürgen:** Die Verwendung von Lehrbüchern im Physikunterricht, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 31, 1983, Nr. 7, S. 233-236

Vgl. **GODAU, Jürgen:** Erfolgreich durch kreative Unterrichtsphasen!, in: Physik in der Schule 32, 1994, Nr. 12, S. 413-416

2 Allgemeines zum Schulbuch

von einem oder zwei Sätzen mit ihren eigenen Worten wiederzugeben. Dies ist eine Möglichkeit, die Schüler an Textarbeit heranzuführen, denn einen Sachtext durcharbeiten und die wichtigsten Informationen herauszufinden, gehört zu einer der wichtigsten Qualifikationen im Hinblick auf lebenslanges Lernen. Nach GODAU kann bei der Arbeit mit dem Schulbuch auch die Kreativität der Schüler gefördert werden, indem Freiräume und Kommunikationsmöglichkeiten geschaffen werden. GODAU differenziert die Freiräume nach Alter, wonach Schüler der 6. Klasse vor der Textrezeption Fragen gestellt werden, in der 7. und 8. Klasse sich die Schüler selbst Fragen zum Text überlegen sollen und in der 10. Klasse einen Stichwortzettel zum Gelesenen für einen kurzen Schülervortrag anfertigen sollen.

Das Physikschulbuch kann während des Unterrichtsverlaufes zum Einsatz kommen, indem über ein Diagramm (z.B. Anteile der Energieerzeugung in Deutschland) oder eine Tabelle (z.B. Dichte verschiedener Materialien) diskutiert wird. Außerdem finden sich im Schulbuch viele Versuche, die als Anleitung für Schüler- (wohl eher seltener, da der Lehrer hierfür in den meisten Fällen ein eigenes Arbeitsblatt erstellen wird) bzw. Lehrerversuche verwendet werden können. Anregungen für Versuche kann das Schulbuch auf jeden Fall geben. Schüler können außerdem Anleitungen für Hausversuche (z.B. optische Hebung einer Münze in Wasser) im Buch erhalten, die der Lehrer als Hausaufgabe aufgibt und die mit den einfachsten Mitteln, die im Haushalt vorhanden sind, durchgeführt werden können. Auch können beispielsweise unbekannte oder vergessene Begriffe, Gesetze, Gleichungen oder auch Zahlenwerte mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses oder des Stichwortverzeichnisses nachgeschlagen werden. Überdies wird das Schulbuch zum Bearbeiten und Lösen von Aufgaben genutzt. Hier kann das Schulbuch differenzierend eingesetzt werden, indem der eine Teil der Klasse die quantitativen Aufgaben und der andere Teil der Klasse die qualitativen Aufgaben lösen soll, wobei dies in keinem Fall heißen soll, dass die quantitativen Aufgaben schwerer seien. Des Weiteren können im Buch Anregungen für Projekte im Unterricht gegeben werden.

Im Vordergrund der häuslichen Arbeit der Schüler stehen vor allem zwei Nutzungsformen: Die Bearbeitung von Übungsaufgaben und das Wiederholen und Vertiefen des im Unterricht durchgenommenen Stoffes. Daneben kann das Schulbuch (wie schon genannt) zur Vorbereitung von Referaten oder zu Schülerhausversuchen, aber auch als Informationsquelle über den Unterricht hinaus dienen.

2.3 Schwerpunkte und Methoden der Schulbuchforschung

Nachdem nun die verschiedensten Funktionen und auch Verwendungsmöglichkeiten von Schulbüchern dargestellt wurden und bevor der eigentliche Vergleich von Physikschulbüchern erfolgt, sollen vorher noch einige Aspekte der Schulbuchforschung angesprochen

2 Allgemeines zum Schulbuch

werden, damit man sich einen Überblick über die verschiedenen Forschungsgebiete und auch methodischen Vorgehensweisen verschaffen kann.¹³

Die Schulbuchforschung kann als Teil der *kulturhistorischen Forschung* angesehen werden. Hierbei wird das Schulbuch als Quelle für die Mentalitätsgeschichte betrachtet und als Thema der Analyse kann z.B. „Das Bild des Fremden im Schulbuch“, „Europa im Schulbuch der EU-Länder“ oder auch „Der Faschismus als Thema in europäischen Schulbüchern“ dienen. Weitere Forschungsthemen könnten auch der Vergleich von Liedern und Bilder von der Vergangenheit bis zur Gegenwart oder die Erziehung und Orientierung von Kindern und Jugendlichen durch Schulbücher sein.

Wenn man das Schulbuch in die *Medienforschung* einordnet, dann sind beispielsweise folgende Aspekte sehr interessant: Schulbuchkonzeptionen in der Vergangenheit und in der Gegenwart, Produktion und Vertrieb, Rezeptions- und Wirkungsanalysen zur Verwendung des Schulbuchs im Unterricht, medienpädagogische und mediendidaktische Aspekte, das Schulbuch im Vergleich mit anderen Unterrichtsmedien oder auch die mediale Zukunft des Schulbuchs.

Viele verschiedene Wissenschaftsdisziplinen eruiieren bei der Schulbuchforschung *fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte*, wobei vielfältige Forschungsthemen bearbeitet werden. Aus Sicht z.B. der Medizin können Alkoholismus, Drogen, Krankheiten oder Hygiene als Themenaspekte in Schulbüchern untersucht werden, aus der Perspektive der Technik dienen technische Geräte, Mobilität, Motorisierung als Teilaspekte, die analysiert werden; aus dem Blickwinkel der Soziologie können der Wandel der Familie oder das Frauen- und Männerbild als Kriterien verwendet werden; aus Sicht der Wirtschaft eignen sich Berufsbilder, Reichtum und Armut, Industrialisierung, Kolonialisierung, Globalisierung in Schulbüchern als Maßstab für eine kritische Auseinandersetzung.

Da Schulbücher Texte darstellen, die sich von der Vergangenheit bis heute verändert haben, sind die geschriebenen Wörter natürlich auch geeignete Objekte für *textanalytischen Forschung*. Das Augenmerk könnte hierbei auf einer Untersuchung zur Lesbarkeit und Schülerangemessenheit liegen, wobei Schwierigkeit des Textes, Leserlichkeit des Schriftbildes, Aufteilung in Sinn- und Lerneinheiten, Strukturierung mit Überschriften, Illustrationen oder Arbeitsaufgaben als Untersuchungskriterien verwendet werden. Darüberhinaus könnten auch Analysen zu den Lernformen, zu denen Schulbücher veranlassen, oder zur Inhaltsauswahl und den Zielen, die mit den Schulfächern dabei verfolgt werden, angestellt werden.

¹³ Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. **WIATER, Werner:** Das Schulbuch als Gegenstand pädagogischer Forschung, in: Wiater, Werner (Hrsg.): Schulbuchforschung in Europa – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/Obb., 2003, S. 14-20

2 Allgemeines zum Schulbuch

Die Schulbuchforschung kann aber auch als *historische Quellenforschung* fungieren. Schulbücher entsprechen als historische Dokumente einem kollektiven Gedächtnis, da sie zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem bestimmten geographischen Raum eingesetzt wurden. Eine weitere Forschungsinitiative könnte z.B. sein, Schulbücher als Herrschaftsinstrumente des Staates und als staatlichen Versuch zur Werterziehung zu erfassen und zu studieren.

Nachdem nun beispielhaft mögliche Forschungsschwerpunkte vorgestellt wurden, werden im Nachfolgenden methodologische Vorgehensweisen der Schulbuchforschung festgehalten. Bei der Methode des historischen Forschens stand am Anfang die hermeneutische, qualitativ-inhaltsanalytische Quellenauswertung im Sinne der geisteswissenschaftlichen Pädagogik im Vordergrund. Jedoch kamen seit den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts verstärkt sozialwissenschaftliche, sprachanalytische, empirische und ideologiekritische Verfahren der Datenerhebung und -auswertung hinzu, wie sie der Kritische Rationalismus fordert, wodurch sich die Zielperspektive historischen Forschens zugunsten real- und sozialgeschichtlicher Analysen änderte. Die Forscher gehen dabei normalerweise so vor: Zuerst wird das Forschungsinteresse und damit der selektive Blickwinkel festgelegt, unter dem das Quellenmaterial gesichtet wird. Danach werden alle absichtlich und unabsichtlich überlieferten Quellen miteinbezogen. Da die Forschung auch Real- und Sozialgeschichte berücksichtigen muss, gehören neben dem Schulbuch auch Sachquellen (Gegenstände, Gebäude, Kunstwerke usw.), abstrakte Quellen (Gesellschaftszustände, Sozialstatistiken usw.) oder auch themenbezogene Quellen der jeweiligen Zeit wie z.B. Fachbücher, Lexika, Lehrpläne, Fachzeitschriften, Schulhefte, Jahresberichte usw. dazu. Dies alles soll der Erschließung eines angemessenen Verständnisses des Schulbuchs aus seiner Zeit heraus helfen. Im letzten Schritt wird das Datenmaterial als historische Tatsache mit Hilfe hermeneutischer und sozialwissenschaftlicher Methoden ausgewertet. Erst die Einordnung des Schulbuchs in den Zusammenhang der Rahmenbedingungen seines Entstehens, der Situation der Fachwissenschaften sowie der Voraussetzungen für schulisches Unterrichten und Lernen, erlaubt es, den Stellenwert des Schulbuchs in der tatsächlichen Unterrichtspraxis der jeweiligen Zeit einzuschätzen.

Eine weitere Methode der Schulbuchforschung ist das systematische Forschen, das sich häufig mit der historischen Forschung verbindet. Schwerpunkte der systematischen Forschung sind grundsätzliche Fragen zur Entstehung und zum Begriffsverständnis, zur didaktisch-pädagogischen Funktion und zur Verwendung des Schulbuchs in der Unterrichtssituation, wobei daraus auch Konsequenzen für die Schulbuchherstellung abgeleitet werden. Am Beginn der systematischen Forschung steht die Deskription, die dann in die Analyse übergeht, welche zu Aussagen über die Wesenselemente des Schulbuchs führen, wovon Kritik am jeweiligen Theorie-Praxis-Problem konkreter Schulbücher abgeleitet wird. Hierbei werden sowohl hermeneutisch-phänomenologische als auch empirische Methoden angewendet.

2 Allgemeines zum Schulbuch

Schließlich soll noch die Methode des vergleichenden Forschens beschrieben werden. Hierbei wird das Schulbuch in geographisch unterschiedlichen Räumen beschrieben und analysiert, wobei die vergleichende Schulbuchforschung hermeneutisch-geisteswissenschaftliche und empirisch-quantifizierende Methoden anwendet. So werden sowohl die sozialen, fachwissenschaftlichen, kulturellen, sprachlichen, ökonomischen und weltanschaulichen Faktoren, die die Konzeption eines Schulbuches in einem jeweiligen Land beeinflussen und deren Wirkmächtigkeit möglichst sozialwissenschaftlich identifiziert, um sie dann mit Schulbüchern eines anderen Landes oder einer anderen Zeit zu vergleichen. Es werden vier Phasen durchlaufen: Die Forschungsmethode beginnt mit der Deskription, also der beschreibenden Darstellung des Schulbuchs und seiner Verwendung, danach werden Vergleichsaspekte, sogenannte „*tertia comparationis*“, ausgewählt, wonach sich die Analyse der ausgewählten Kriterien im jeweiligen Land und zur jeweiligen Zeit anschließt, die dann schließlich in die Auswertung der Ergebnisse mündet. Die vergleichende Schulbuchforschung weist also aus methodologischer Hinsicht kein eigenes Methodenrepertoire auf, da sie die Methoden der Sozial- und Geisteswissenschaften integriert und einen Schwerpunkt im Bereich der Ethnologie hat.

2.4 Interessante Ergebnisse der Schulbuchforschung im Fach Physik

MERZYN hat in seinem Buch „Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer“ viele interessante Aspekte des eingeführten Schulbuchs, wie z.B. die Verwendung des Schulbuches, Kritik am eingeführten Schulbuch, Grundeinstellungen zum Schulbuch, Grundpositionen zum Physikunterricht, Aktionsformen des Unterrichts und die Person des Lehrers untersucht.¹⁴ Dabei wurden 577 Lehrer befragt, wobei bei 29 kein Buch an ihrer Schule eingeführt war, d.h. es blieben 548 Lehrer von allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufe I und II in der Bundesrepublik Deutschland für die Untersuchung übrig. Die Fragebögen wurden dabei auf ganz unterschiedlichen Wegen verteilt: Sie wurden an die Leser der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie“ verschickt, des Weiteren bei verschiedenen Tagungen und Lehrerfortbildungen an die Teilnehmer ausgegeben, sowie an Schulen gegeben, die mit dem Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel zusammenarbeiten. Außerdem wurden Kollegen anderer Hochschulen gebeten, für die Verteilung der Fragebögen in ihrem Umfeld zu sorgen. Auf diese Weise sollte sichergestellt werden, dass in Bezug auf die Schulart und die Region, aber auch in Bezug auf die wesentlichen Persönlichkeitsmerkmale des Lehrers eine breite Streuung erreicht wird. Allerdings ist die vermutlich am schwierigsten zu erfassende Abweichung von der Repräsentativität diejenige, dass bei

¹⁴ Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. **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, S. 55-151

2 Allgemeines zum Schulbuch

jeder Befragung wohl bevorzugt aktive, einsatzbereite und fortbildungswillige Lehrer teilnehmen. Der Fragebogen bestand aus vorformulierten Aussagen, die man mit einer 5-stufigen Skala (1 = sehr oft, 2 = oft, 3 = manchmal, 4 = selten, 5 = nie) bewerten musste.

Es sollen nun einige Ergebnisse herausgegriffen werden. Bei der Verwendung des Schulbuchs zur Unterrichtsvorbereitung zeigt sich folgendes Bild: „Das eingeführte Schulbuch wird recht häufig genutzt (von etwa der Hälfte der Lehrer „oft“ oder „sehr oft“, von einem Fünftel „selten“ oder „nie“). Der Lehrerband spielt eine ganz geringe Rolle. Andere Schulbücher werden noch deutlich mehr als das eingeführte Schulbuch konsultiert.“¹⁵ Zur Schulbuch-Nutzung im Unterricht lässt sich feststellen (alle nachfolgenden Prozentzahlen drücken den Anteil der Lehrer aus, die mit „sehr oft“ und „oft“ geantwortet haben), dass

- 64 % der Lehrer der Aussage „Mein Schüler bringt das Buch zum Unterricht mit.“ zustimmen,
- 42 % die Äußerung „Abbildungen aus dem Buch werden gemeinsam betrachtet und besprochen.“ bejahen,
- 31 % mit der Behauptung „Die Schüler lösen im Unterricht Aufgaben aus dem Buch.“ und „Geeignete Abschnitte aus dem Buch werden gelesen und besprochen.“ übereinstimmen und
- 18 % der Lehrer sich mit ihrem Unterricht an den Gang des eingeführten Buches halten.

Forschungsergebnisse bei der Verwendung des Buches durch die Schüler nach dem Unterricht haben eine größere Ungenauigkeit, da die Lehrer sich hier zu Nutzungen äußern, die sie selbst nicht miterleben. Es zeichnen sich jedoch zwei Gruppen ab. Das eingeführte Buch wird verhältnismäßig häufig zur Lösung von Aufgaben verwendet und um den Stoff zu wiederholen, jedoch eher selten wird das Buch als Informationsquelle oder zur Vorbereitung von Referaten verwendet. Interessant ist hier vor allem auch das Kriterium des Aufgabenlösen in Abhängigkeit vom Bundesland. So stimmen die Lehrer in Bayern 79 % („oft“ und „sehr oft“) der Aussage „Meine Schüler lösen Aufgaben aus dem Buch als Hausaufgabe.“ zu, wobei in Baden-Württemberg 65 %, in Nordrhein-Westfalen 64 %, in Niedersachsen 49 % und in Hamburg und Bremen nur 39 % dieser Meinung sind.

Interessante Ergebnisse zur Grundeinstellung des Lehrers zum Schulbuch sind (Prozentzahlen stellen den Anteil der Lehrer da, die mit „voll“ oder „ziemlich“ geantwortet haben), dass

- 77 % das Buch als Nachschlagewerk und Aufgabensammlung sehen,
- 73 % finden, dass der Text und die Bilder bereichern,

¹⁵ Ebda, S. 88

2 Allgemeines zum Schulbuch

- 71 % das Buch für eine Hilfe halten, die Fachsprache zu lernen,
- 38 % der Aussage zustimmen „Die Schüler müssen angeleitet werden, Physik aus Büchern zu lernen.“ und immerhin
- 30 % sagen, dass keine Zeit bleibe, das Buch im Unterricht einzusetzen.

Weit seltener als Lehreräußerungen zu Physik-Schulbüchern sind jedoch Schüleräußerungen.¹⁶ Im Jahr 1986 wurde eine kleine Erhebung bei 121 Schülern der Sekundarstufe I durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, die Fragestellung möglichst offen zu halten, damit nicht manche Punkte der Kritik oder der Zustimmung, die einfach nicht erwartet wurden, unter den Tisch gefallen wären. Es wurden sechs verschiedene Schulen (je zwei aus der Hauptschule, Realschule und Gymnasium, 7., 8., 9. Schuljahr) von sechs verschiedenen Physiklehrern mit lauter verschiedenen Schulbüchern untersucht. Bei fast allen Klassen wurde das Schulbuch nur wenig verwendet. Die wichtigste Benutzungsform ist die der Wiederholung zu Hause. Einige Schüler merkten jedoch an, dass sie bei dem Versuch der Wiederholung mit dem Buch sehr schnell scheiterten. Sehr selten wurde das Buch bei der Vorbereitung von Referaten eingesetzt. Bei den Schüleräußerungen, die einzelne Aspekte hervorhoben, standen vor allem die Verständlichkeit der Sprache und die Abbildungen im Vordergrund. Äußerungen zur Sprache in den Physikbüchern sind meist negativ, die Kommentare zu den Abbildungen sind fast alle mit einer positiven Wertung verbunden. Kritikpunkte, wie mathematische Anforderungen und Schwierigkeiten wurden in keinem Fall angesprochen. Weiterhin wurden der Preis und das Gewicht der Bücher angesprochen und zwar durchweg negativ. Dies wird oft noch damit unterstrichen, dass das Buch nur selten genutzt wird.

Im Hinblick auf all die Funktionen, Einsatzmöglichkeiten und Forschungsergebnisse bei Schulbüchern gibt BLEICHROTH zu Bedenken: „Entscheidend bei der Lösung dieser und anderer Schulbuchprobleme ist es [...], daß klare Vorstellungen davon, was das betreffende Buch leisten soll und wie man es einsetzen will, vorhanden sind. Ein Buch, das alles kann, gibt es nicht.“¹⁷

¹⁶ Vgl. **BLEICHROTH, Wolfgang et al.:** Schüler äußern sich zu ihrem Physikschulbuch, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 35, 1987, Nr. 26, S. 32-34

¹⁷ Ebda, S. 34

3 Der bayerische Lehrplan für Realschulen als Voraussetzung

Ehe ein Schulbuch in der Schule benutzt wird, muss es zwei Hürden überwinden: Zum Einen muss es vom Kultusministerium genehmigt werden und zum Anderen muss es an der jeweiligen Schule erst einmal eingeführt werden.¹⁸ Durch ein Prüfungsverfahren, das in jedem Bundesland ein wenig anders organisiert ist, erfolgt die Zulassung des Buches durch das Ministerium, wobei anonym bleibende erfahrene Fachlehrer das Buch mit einer Liste von Beurteilungskriterien überprüfen. Dabei stehen vor allem die sachliche Richtigkeit und die Übereinstimmung mit dem gültigen Lehrplan im Vordergrund. Aus diesem Grund soll der Lehrplan der sechstufigen Realschule in Bayern, der die Voraussetzung für alle Schulbuchautoren darstellt, in den für den Vergleich der Schulbücher ausgewählten Themen der Mechanik vorgestellt werden. Dabei sollen in der 7. Jahrgangsstufe vor allem Inhalte des Themenbereichs „Kraft“ und in der 8. Jahrgangsstufe „Bewegungen“, wie sie im Lehrplan für den technischen Zweig vorgesehen sind, zur Untersuchung herausgegriffen werden. Im Nachfolgenden sollen nun alle Inhalte dieser Abschnitte dargelegt werden, um ein besseren Überblick über den zu behandelnden Stoff zu bekommen.¹⁹

3.1 „Kraft“ im Mechanikunterricht in der 7. Jahrgangsstufe

Für die Behandlung dieses Themenkreises wird dem Lehrer laut Lehrplan der Vorschlag unterbreitet, ihn in zwölf Unterrichtsstunden zu erarbeiten. Dabei sollen die Wirkungen einer Kraft, wie auch der statische und der dynamische Aspekt und verschiedene Kraftarten besprochen werden. Außerdem sollen sich die Schüler mit dem Vergleich von Kräften über ihre Wirkungen und mit der Gleichheit von Kräften befassen. Des Weiteren werden die Bestimmungstücke einer Kraft sowie die Begriffe Gravitation, Schwere und die Gewichtskraft als Folge der Gravitation erarbeitet. Weiterhin beschäftigen sich die Schüler mit der Vielfachheit von Kräften. Ansonsten werden die Einheit der Kraft und verschiedene Messgeräte zur Messung der Kraft erläutert. Ebenso werden das Wechselwirkungsprinzip sowie Beispiele für Wechselwirkungskräfte im Unterricht durchgenommen. Ferner werden auch die Addition von Kräften mit unterschiedlichen Wirkungslinien, das Kräfteparallelogramm, die resultierende Kraft und die Gleichheit von Kräften mit gleicher Wirkungslinie zum Gegenstand des Unterrichts gemacht. Die Zerlegung einer Kraft in Komponenten, aber auch praktische Beispiele für die Addition und Zerlegung von Kräften werden vom Lehrer herausgearbeitet.

¹⁸ Vgl. **BLEICHROTH, Wolfgang et al.:** Fachdidaktik Physik, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1999, S. 343-344

¹⁹ Die Gedanken der folgenden Abschnitte sind aus dem Lehrplan für bayerische Realschulen: <http://www.isb.bayern.de/isb/index.asp?MNav=5&QNav=4&TNav=0&INav=0&LpSta=6&STyp=5&Fach=16> (aufgerufen am 21.09.2009)

3 Der bayerische Lehrplan für Realschulen als Voraussetzung

3.2 „Bewegungen“ im Mechanikunterricht in der 8. Jahrgangsstufe

Circa acht Unterrichtsstunden sind für diesen Themenblock vorgesehen, der sich durch folgende Lerninhalte auszeichnet: Die Erde als unser Bezugssystem, Kennzeichen der gleichförmigen Bewegung, als kräftefreie Bewegung eines Körpers, die Geschwindigkeit als abgeleitete Größe sowie der Vektorcharakter der Geschwindigkeit, die Bewegung eines Körpers unter Einwirkung einer konstanten Kraft ($s \sim t^2$ und $v \sim t$) und der Fall im Vakuum und in der Luft.

4 Ausgewählte Analysekriterien und -verfahren

Nachdem nun die für den Vergleich relevanten Teile des Lehrplan der sechststufigen Realschule in Bayern im Fach Physik vorgestellt worden sind, sollen die wichtigsten Vergleichskriterien herausgegriffen und dargelegt werden. SCHEIDELER und BLEICHROTH liefern Ansatzpunkte zur Beschreibung und Beurteilung von Physik-Schulbüchern.²⁰ Neben den Strukturelementen des Schulbuches sollen bei dieser Untersuchung vor allem die Sachstruktur, also in welcher Reihenfolge und mit welchen Elementarisierungen in ein Thema eingeführt wird, und der Umgang mit den in der Mechanik bekannten Schülervorstellungen im Mittelpunkt stehen.

4.1 Strukturelemente des Schulbuches

4.1.1 Text

Das offensichtlichste und wichtigste Element eines Schulbuches stellt der Text bzw. die Sprache dar, denn sie hat die Aufgabe, den Unterrichtsstoff darzustellen, d.h. also Beobachtungen, Phänomene, Gesetze, Theorien der Physik und ihrer Nachbardisziplinen zu formulieren und somit den gedanklichen Weg zu den Gesetzen, wie auch die Folgerungen und Anwendungen, die sich daraus ergeben, zu veranschaulichen.²¹ Allerdings stellt gerade die Sprachgestaltung ein besonderes Problem der Physik-Schulbücher dar, wie Untersuchungen mit Lehrern und Schülern belegen (siehe Kapitel 2.4).

FELDNER hat mehrere Verfahren zur Beurteilung der Sprachschwierigkeit vorgestellt: Ein einfaches Vorgehen bei dieser Untersuchung stellen Lesbarkeitsformeln dar, die hauptsächlich Oberflächenmerkmale von Texten erfassen, und dabei Wortlänge, Satzlänge und Worthäufigkeit als Indikatoren für die Textschwierigkeit ansehen.²² Die „4. neue Wiener Sachtextformel“ berechnet die Klassenstufe, für die ein Sachtext geeignet ist, folgendermaßen:

Klassenstufe = $0,266 * \text{Satzlänge (durchschnittliche Satzlänge in Wörtern)} + 0,274 * \text{Mehrsilber (Prozentsatz der drei- und mehrsilbigen Wörter)} - 1,70$.

Gute Lesbarkeitswerte stellen ein notwendiges, aber kein hinreichendes Kriterium für eine verständliche Sprachgestaltung dar, schlechte Formelergebnisse disqualifizieren den Text

²⁰ Vgl. SCHEIDELER, W.: Beurteilungskriterien für Schulbücher in den Fächern Physik und Chemie an Hauptschulen, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie, 1974, Nr. 1, S. 16-18

Vgl. BLEICHROTH, Wolfgang: Schulbücher für den Physikunterricht. Gesichtspunkte zur Beschreibung und Beurteilung, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 35, 1987, Nr. 26, S. 5-8

²¹ Vgl. 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, S. 17

²² Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. FELDNER, Peter: Leicht einsetzbare Verfahren zur Untersuchung der Sprachgestaltung unserer Schulbücher. Untersuchungsergebnisse bei Physik-Schulbüchern, in: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 52, 1999, Nr. 1, S. 51-53

4 Ausgewählte Analyse Kriterien und -verfahren

jedoch in aller Regel. Ein weiteres Verfahren beschreibt das Hamburger Verständlichkeitskonzept, welches auf Einschätzungen beruht und von der Forschergruppe um LANGER, SCHULZ VON THUN und TAUSCH entwickelt wurde. Danach ergeben sich vier Dimensionen der Verständlichkeit:

- „Einfachheit“ (kurze, einfache Sätze, geläufige Wörter, Fachwörter erklärt, konkrete, anschauliche Darstellung),
- „Gliederung – Ordnung“ (Übersichtlichkeit und Folgerichtigkeit in der Anordnung der Textinhalte, gute Unterscheidung von Wesentlichem und Unwesentlichem, ein „roter“ Faden bleibt sichtbar),
- „Kürze – Prägnanz“ (nicht weitschweifig, jedoch auch nicht zu konzentriert) und
- „zusätzliche Stimulanz“ (anregende, interessante und abwechslungsreiche Darstellung der Textinhalte).

Die Einschätzung der vier Dimensionen erfolgt über eine fünfstufige Skala. Verfahren, bei denen die Schüler einbezogen werden, sind z.B. Interviews, die allerdings wegen des großen Aufwands, um ausreichend verlässliche Ergebnisse zu erhalten, kaum eingesetzt werden. Außerdem können Lückentexte (Cloze-Tests), bei denen in Schulbuchtexten z.B. jedes fünfte Wort durch eine Lücke konstanter Länge ersetzt wird und die Schüler den Auftrag erhalten, dasjenige Wort zu ergänzen, welches im Originaltext gestanden hat, dazu dienen, die Redundanz des Textes und die Übereinstimmung der Sprachstruktur von Autor und Leser zu untersuchen. Der Test überprüft also, wie gut die Kommunikation zwischen Autor und Leser ist. Bei der Analyse von FELDNER hat sich jedoch eine starke Altersabhängigkeit herausgestellt, was den Test weniger praktikabel werden lässt.

4.1.2 Merkstoff

„Merksätze und Definitionen sind gekennzeichnet durch eine hohe Dichte der vorkommenden Fachbegriffe (z.B. brechen, Brechungswinkel, Einfallswinkel, Einfallslot, Einfallsebene, optisch dichter, ...) und durch Satz- und Textkonstruktionen (Tritt ein ..., so wird ...), die in der Allgemeinsprache wenig frequent sind. Der Text kann vom Schüler erst verstanden werden, wenn er bereits viel über Lichtbrechung und Totalreflexion weiß. Es ist ein Fachtext vom Ende und nicht vom Anfang des Optiklernens.“²³

Eng mit dem Strukturelement „Text“ ist der Merkstoff verknüpft, der denjenigen Teil des Schulbuches darstellt, den sich der Schüler besonders einprägen soll.²⁴ Hier finden sich vor allem physikalische Gesetze und die Erklärung grundlegender Begriffe. Dabei sind Merksätze

²³ LEISEN, Josef: Sprache(n) im Physikunterricht, in: Praxis der Naturwissenschaften – Physik 47, 1998, Nr. 2, S. 2

²⁴ Vgl. 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, S. 22

4 Ausgewählte Analysekriterien und -verfahren

in der Regel einfach und konzentriert als Gleichung oder als Je-desto-Beziehung formuliert. Die Verwendung von besonderen Druckfarben, Schrifttypen oder anderen typographischen Kennzeichen heben den Merksatz vom normalen Text ab. Normalerweise bildet er den gedanklichen Höhepunkt bzw. die Zusammenfassung eines Buchabschnittes und befindet sich meist gegen Ende des Abschnittes. Die Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern war auch das Thema der unveröffentlichten Staatsexamensarbeit von GERNET.²⁵

4.1.3 Abbildungen

Ein weiteres sehr wichtiges Strukturelement von modernen Physik-Schulbüchern stellen Abbildungen dar, denn ihr flächenmäßiger Anteil am Buch reicht bis an die 50 %-Marke.²⁶ Dem Inhalt nach lassen sich drei Hauptgruppen unterscheiden: Fotografien und bildhafte Zeichnungen, schematische Zeichnungen (auch Abbildungen von Modellen) und Diagramme. Auch bei den Abbildungen spielt die Verständlichkeit eine ebenso große Rolle wie bei Texten. Mögliche Überlegungen könnten sein, ob

- sich Bild und Text in ihrer Aussage ergänzen, sich widersprechen oder unverbunden nebeneinander stehen, oder
- das Bild neue Fragen aufwirft und der Erklärung durch zusätzlichen Text bedarf, oder
- die Abbildungen an denjenigen Stellen in den Text eingefügt wurden, wo eine zusätzliche Verdeutlichung nötig ist, oder
- die Bildthemen sich für eine bildhafte Darstellung besonders eignen.

Diese enge Verknüpfung von Text und Abbildung kann aber auch zu Schwierigkeiten führen, denn für den Text ist der Autor zuständig, sobald jedoch Abbildungen auftreten, sind Bildagenturen, Fotografen und Zeichner beschäftigt, die in der Regel weder physikalisch noch fachdidaktisch vorgebildet sind. Da kann es schon einmal vorkommen, dass das Titelbild eines Schulbuches den Pilotensitz eines Flugzeuges zeigt, ohne dass im Buch von Piloten oder Flugzeugen die Rede ist. Es kommt daher wesentlich auf die Kommunikation mit dem Autor an und in wie weit dieser seine Vorstellungen verständlich machen kann.

Bildhafte Zeichnungen und Fotos haben die wichtige Funktion, Alltagssituationen und -geräte darzustellen und somit Interesse bei Schülern zu wecken. Sie befinden sich meist am Anfang oder am Ende eines Abschnittes und betonen auch die Brauchbarkeit des Gelernten für das tägliche Leben. Oft zeigen Bilder auch Versuchsaufbauten mit schulüblichen Geräten, wobei hierbei die Aufgabe der Bilder mitunter sein könnte, dem Schüler die wichtigen Phasen des

²⁵ **GERNET, Birgit:** Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern am Beispiel: Mechanik der Festkörper in der Realschule, Staatsexamensarbeit am Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Universität Würzburg, 1994

²⁶ Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. **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, S. 18-21

4 Ausgewählte Analysekriterien und -verfahren

Unterrichts ins Gedächtnis zu rufen und ihm die Wiederholung zu erleichtern. Eher seltener kommen in Physikbüchern humorvolle oder auch satirische Abbildungen zur Auflockerung und Motivation vor.

Schematische Zeichnungen sind viel seltener motivierend, da sie häufig einen Beitrag im Lernprozess zu fachspezifischer Kodierung und Abstraktion leisten. Die Vektordarstellung der beteiligten Kräfte, das Feldlinienbild oder der Schaltplan stellen einige Beispiele hierfür dar. Sie werden auch bei Modellvorstellungen in der Atom- und Kernphysik eingesetzt oder treten als Schnittzeichnung zur Klärung von Aufbau und Funktion komplexer Geräte auf. Der Vorteil von schematischen Zeichnungen ist, dass sie das Wesentliche farblich hervorheben und Unwesentliches weglassen oder vereinfachen. Aber es muss bei dem Entwurf auch auf den Lernprozess der Schüler geachtet werden und ob bei den möglichen Elementarisierungen Verständnisschwierigkeiten als Folge ungeeigneter Kodierungen auftreten.

Diagramme bilden die dritte Hauptgruppe der Abbildungen und sind zugleich am einheitlichsten in der Erscheinung. Sie dienen dazu, funktionale Abhängigkeiten zwischen zwei oder mehreren physikalischen Größen zu veranschaulichen und somit Versuchsergebnisse, die vielfach in dieser Form dargestellt werden, zu verdeutlichen.

4.1.4 Tabellen

Bei der „Tabelle“ handelt es sich der Struktur nach um ein sehr einfaches Element, welches den Diagrammen im Charakter verwandt ist und welches versucht, Daten übersichtlich und gegliedert zu veranschaulichen. Nach MERZYN enthalten neuere Schulbücher etwa 20 bis 60 Tabellen, worin listenförmig die Zahlenwerte einer Messung oder andere Fakten dargestellt werden.²⁷

4.1.5 Experimentierangaben

Die schriftliche Darstellung von Experimenten stellt ein unverzichtbareres Strukturelement eines jeden Physik-Schulbuchs dar.²⁸ Dabei sind vor allem die Angaben über den Aufbau, der meist durch Bilder verdeutlicht wird, über die Durchführung, aber auch über die Ergebnisse interessant. Physikalische Experimente lassen sich in vielerlei Hinsicht klassifizieren: Die Datenerfassung kann quantitativ oder qualitativ sein, das Experiment kann als Demonstrationsversuch vom Lehrer oder als Schülerversuch realisiert werden, es kann in unterschiedlichen Phasen des Unterrichts eingesetzt werden, der Geräteaufwand kann sehr unterschiedlich sein und vom Gedankenexperiment, Freihandexperiment, Simulationsversuch bis hin zu Versuchen mit physikalischen Apparaturen und Messgeräten reichen; das Experi-

²⁷ Vgl. Ebda, S. 21-22

²⁸ Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. **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, S. 22-23

4 Ausgewählte Analyse Kriterien und -verfahren

ment kann auch nach der Ausführungsform entweder als Einzelversuch, Parallelversuch oder als Versuchsreihe klassifiziert werden.²⁹ Je nachdem ergeben sich deutliche Unterschiede bei den Angaben, da z.B., wenn der Schüler selbst experimentieren soll, eine viel genauere Anleitung vorhanden sein muss als für den Lehrer, der mit den wichtigen Experimenten vertraut sein sollte und sich außerdem Hilfe in Lehrerbänden oder Spezialliteratur suchen kann. MERZYN spricht im Falle von Schülerversuchen von „Experimentieranleitungen“ und bei Demonstrationsversuchen durch den Lehrer von „Experimentbeschreibungen“.

Die Experimentbeschreibungen haben die Aufgabe, die Lücke zwischen den einleitenden Fragestellungen und den fertigen Antworten zu schließen; dabei soll dem Leser die experimentelle Idee in ihren Grundzügen verständlich gemacht werden, also vor allem die Versuchsanordnung und die kontrollierten Variablen. Dies kann dem Schüler dabei helfen, den Gedankengang des Unterrichts nachzuvollziehen. Eine weitere Aufgabe kann auch sein, historische Experimente oder Versuche, die die Möglichkeiten der Schule übersteigen, zu beschreiben.

Experimentieranleitungen haben die Aufgabe, dem Schüler eine Anleitung und Hilfe beim eigenen Experimentieren zu sein. Allerdings sind die Forderungen auch sehr widersprüchlich und problematisch. Die Anleitungen sollen sich nämlich einerseits auf eine bestimmte Anordnung beziehen, sollen aber auch an unterschiedlich ausgestatteten Schulen nutzbar sein. Des Weiteren sollen sie den Schüler beim erfolgreichen Experimentieren unterstützen, aber andererseits soll eine Gängelei auch vermieden werden. Weiterhin sollen sie die Lesewilligkeit der Schüler nicht überfordern und andererseits doch auch detailliert sein.

4.1.6 Aufgaben

Der übliche Platz von Aufgaben in Schulbüchern ist am Ende eines Abschnittes oder Kapitels.³⁰ Zum Üben und Wiederholen des im Unterricht durchgenommenen Stoffes sind sie unverzichtbar und haben damit auch die Aufgabe der Ergebnissicherung. Außerdem kann der Schüler für einen überschaubaren Unterrichtsabschnitt überprüfen, ob er den Unterrichtsstoff verstanden hat. Genauso kann der Lehrer mit Hilfe von Aufgaben Rückmeldung über den Unterrichtserfolg gewinnen und erkennen, wo er gegebenenfalls noch einmal Inhalte erklären muss.

Es gibt vielerlei Möglichkeiten, Übungsaufgaben zu typisieren.³¹ GODAU erklärt, dass man Aufgaben unter verschiedenen Aspekten, nämlich Lebensweltbezogenheit, Schülerhandlungen, Lösungsmethoden und Lösungsanforderungen betrachten kann und sie innerhalb dieser

²⁹ Vgl. **KIRCHER, Ernst; GIRWIDZ, Raimund; HÄUßLER, Peter (Hrsg.):** Physikdidaktik. Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg, 2007, S. 235-238

³⁰ Vgl. **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, S. 23

³¹ Vgl. **GODAU, Jürgen:** Übungsaufgaben in Schulbüchern, in: Unterricht Physik 9, 1998, Nr. 48, S. 35-38

4 Ausgewählte Analysekriterien und -verfahren

in unterschiedliche Kategorien einteilen kann. Aufgaben mit freier Beantwortung, Auswahlantworten, Aussortierungsantworten, Umordnung, Zuordnung, Richtig-Falsch-Antworttypen oder Aufgabenfolgen mit steigendem Anforderungsniveau haben unterschiedliche Lösungsanforderungen. Ob eine Aufgabe algorithmisch lösbar ist oder nicht, zeigt, dass man verschiedene Lösungsmethoden anwenden kann. GODAU geht besonders auf die Aspekte Lebensweltbezogenheit und Schülerhandlungen ein, da Übungsphasen stark handlungsorientiert sind und der Lebensweltbezug beim Anwenden und Üben die Akzeptanz von Aufgaben durch den Schüler stärkt. Beim Aspekt der Lebensweltbezogenheit kann es formale Aufgaben, formale Aufgaben mit Anknüpfungen an die Lebenswelt der Schüler und Anwendungsaufgaben, die reale Situationen nachgestalten, geben. Den Aspekt der Schülerhandlungen unterteilt GODAU in Wissen abfragende Aufgaben, mathematisch-rechnerische Aufgaben, grafisch-zeichnerische Aufgaben, qualitative Aufgaben, experimentelle Aufgaben und Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben.

Gerade nach TIMSS und PISA wurde in Deutschland deutlich, dass Aufgaben in erster Linie zu Übungs- und Prüfungszwecken eingesetzt werden. Allerdings können Aufgaben auch so gestellt werden, dass sie das eigenständige Lernen und Erarbeiten von Inhalten steuern und die Fremdsteuerung durch den Lehrer herabsetzen. Solche Aufgaben heißen „Lernaufgaben“ und sollen auf dem passenden Anspruchsniveau herausfordernd sein, inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen fördern, an Vorwissen anknüpfen und das strukturierte Wissen kumulativ ausbauen, in sinnstiftende Kontexte eingebunden sein, vielfältig in der Lösungsstrategie sein und das Könnensbewusstsein durch erfolgreiches Bearbeiten und intensives Üben stärken.³² Aufgaben, die ein kreatives, problemlösendes Experimentieren, das selbstständige Anwenden des Gelernten und die Übertragung auf neue Kontexte fordern, z. B. dass die Schüler in Gruppen, die gegeneinander antreten, ein Fahrzeug basteln sollen, welches ausschließlich mit einem mit Luft gefüllten Luftballon angetrieben wird und möglichst weit rollt, könnten Schüler dazu motivieren, sich viel mehr mit der Physik und darüberhinaus fächerübergreifend mit den damit verbundenen Inhalten und Gebieten zu beschäftigen.³³

4.1.7 Leiteinrichtungen

Mit diesem Strukturelement sind vor allem das Inhaltsverzeichnis und das Stichwortverzeichnis gemeint.³⁴ Darüberhinaus leiten den Schüler zahlreiche andere Mittel, wie z. B. Überschriften, Druckfarben, unterschiedliche Schriftarten, Einrahmungen etc. Das Inhaltsverzeichnis wie auch das Stichwortverzeichnis helfen dem Schüler, schnell zu einem gegebenen

³² Vgl. **LEISEN, Josef:** Zur Arbeit mit den Bildungsstandards. Lernaufgaben als Einstieg und Schlüssel, in: *Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 58, 2005, Heft 5, S. 306-308

³³ Vgl. **MIKELSKIS-SEIFERT, Silke; RABE, Thorid (Hrsg.):** Physik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2007, S. 155-157

³⁴ Vgl. **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, S. 23-24

4 Ausgewählte Analyse Kriterien und -verfahren

Thema oder Stichwort den passenden Buchabschnitt zu finden. Der Leser kann mit dem Inhaltsverzeichnis und der Gliederung die Systematik und die Struktur des Buchinhalts erkennen und das einzelne im Unterricht gewonnene Detail in das Gesamtgefüge des Unterrichtsstoffes einordnen. Gerade bei der Formulierung und Gestaltung der Überschriften gerät die Forderung nach sachlicher und knapper Orientierung in Konflikt damit, dass die Überschrift auch das Interesse des Lesers wecken soll (z. B. „Die Antwort aus der Felswand“ oder „Zauberei mit dem Spiegel“).

4.2 Umgang mit Schülervorstellungen in der Mechanik

Da Schüler im Alltag in der Regel häufig mit Phänomenen und Begriffen der Mechanik konfrontiert werden, treten vor allem in diesem Teilgebiet der Physik besonders viele Schülervorstellungen auf. Für einen Vergleich von Physik-Schulbüchern im Bereich der Mechanik ist es also wichtig, die gängigen Fehlvorstellungen der Schüler hier kurz zusammenzufassen, um später darauf eingehen zu können, ob die Bücher auch darauf achten, die Bildung von Schülerfehlvorstellungen zu vermeiden. Die folgende Darstellung stützt sich auf die Zusammenfassungen von WILHELM³⁵, WIESNER³⁶, MÜLLER³⁷ und die Staatsexamensarbeit von SCHÜLLER³⁸ und beschränkt sich auf die für den Vergleich der Schulbücher wichtigen Begriffe der Kinematik und Dynamik.

4.2.1 „Ort“ und „Weglänge“

Oft wird im traditionellen Unterricht nicht klar zwischen Ort und Weglänge unterschieden. Dies ist auch nicht unbedingt notwendig, solange sich alle Körper in der Regel eindimensional in positive Koordinatenrichtung bewegen und beim Nullpunkt beginnen. Somit ergibt sich für den Ort der gleiche Wert wie für den zurückgelegten Weg. Sobald man eine eindimensionale Bewegung mit Start ungleich dem Nullpunkt oder einer Richtungsumkehr oder eine zweidimensionale Bewegung betrachtet, kann eindeutig zwischen dem Ort, also einem Punkt im Bezugssystem, und der Weglänge, also der Länge der Bahnkurve, unterschieden werden.

4.2.2 „Bewegungsrichtung“

Sich „in die gleiche Richtung“ zu bewegen, kann im Alltag unterschiedliche Vorstellungen erzeugen, denn zwei Körper, die in das gleiche Ziel haben („Du fährst nach Nürnberg, ich

³⁵ Vgl. WILHELM, Thomas: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, 2005 (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, hrsg. von Niederer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E.), S. 13-21

³⁶ Vgl. 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

³⁷ Vgl. MÜLLER, Rainer; WODZINSKI, Rita; HOPF, Martin (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik, Aulis Verlag Deubner, Köln, 2004

³⁸ Vgl. 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

4 Ausgewählte Analyseverfahren und -verfahren

fahre nach Nürnberg, also fahren wir beide in die gleiche Richtung, nämlich nach Nürnberg.“), bewegen sich in die gleiche Richtung, unabhängig von wo aus sie sich dem Ziel nähern. Andererseits ist es in der Alltagssprache auch üblich, von der gleichen Bewegungsrichtung zu sprechen, wenn von der Bewegung in die gleiche Himmelsrichtung die Rede ist, was der physikalischen Bewegungsrichtung schon relativ nahe kommt. Größen, die in der Physik die gleiche Richtung haben (gerichtete Größen), werden durch Vektoren beschrieben, das heißt zwei Körper bewegen sich in die gleiche Richtung, wenn ihre Geschwindigkeitsvektoren parallel zueinander sind.

Ein weiteres Problem kann entstehen, wenn man Kreisbewegungen betrachtet, da man im Alltag manchmal von einer unveränderten Richtung spricht, weil man sich „immer im Kreis herum“ bewegt und lediglich zwischen „links herum“ und „rechts herum“ unterscheidet. Die Bewegungsrichtung (und damit auch die Geschwindigkeit) ändert sich jedoch aus physikalischer Sicht ständig, da hier die momentane Bewegung betrachtet wird und nicht wie in der Alltagsvorstellung der Bewegungsablauf als Ganzes.

4.2.3 „Tempo“ und „Geschwindigkeit“

Aus physikalischer Sicht ist die Geschwindigkeit allgemein als Ableitung des Ortes nach der Zeit $\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{x}(t)}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}(t)}{dt} = \dot{\vec{x}}(t)$ definiert und eine gerichtete Größe. Der Quotient aus dem Ortsänderungsvektor $\Delta \vec{x}$ und der benötigten Zeit Δt wird als Durchschnittsgeschwindigkeit $\vec{v}_{mittel} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ bezeichnet. Als Vektor hat die Geschwindigkeit also einen Betrag und eine Richtung. Der Betrag der Geschwindigkeit $|\vec{v}|$ ist ein Skalar und wird auch als Tempo oder Schnelligkeit beschrieben. Im Englischen wird hier genauer unterschieden, denn „velocity“ ist der Ausdruck für die Geschwindigkeit und „speed“ ist die Bezeichnung für den Betrag. Die deutsche Sprache versteht umgangssprachlich die Geschwindigkeit als eine positive skalare Größe, wobei der Richtungscharakter nicht beachtet wird. Die im Mathematikunterricht verinnerlichte Definition $v = \frac{s}{t}$ führt damit dann meist zwangsläufig zu Missverständnissen und Lernbarrieren, wenn im physikalischen Unterricht die Geschwindigkeit als Größe eingeführt wird, die gleichzeitig einen Betrag und eine Richtung hat. Im Dynamikunterricht wird dies jedoch wichtig, denn auf einen Körper wirkt genau dann eine Kraft, wenn er seine Geschwindigkeit ändert, also seinen Betrag oder seine Richtung. Schüler, die die Geschwindigkeit umgangssprachlich interpretieren, kommen fast unvermeidlich zu der Fehlvorstellung, dass auf einer Kreisbahn mit konstanter Geschwindigkeit keine Kraft wirkt. 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.

4 Ausgewählte Analysekriterien und -verfahren

Des Weiteren unterscheiden die Schüler oft nicht zwischen den Intervallgrößen $\Delta \vec{x}$ und Δt und den Punktgrößen \vec{x} und t . Man sollte von Anfang an auf eine sorgfältige Sprech- und Schreibweise achten und auch den Unterschied und den Vorteil der physikalischen Darstellung an Beispielen klarmachen und die Schüler von Beginn an auf die Bedeutung des Zeichens Δ als „Differenz Ende - Anfang“ hinweisen.

4.2.4 „Beschleunigung“

In der newtonschen Mechanik wird die Beschleunigung als zweite Ableitung des Ortes nach der Zeit, also als Veränderung der Veränderung des Ortes angesehen. Sie stellt eine vektorielle Größe dar und ist somit sehr schwer zugänglich. Viele Fehlvorstellungen sind von Anfang an tief in den Köpfen der Schüler verankert. In der sechsstufigen Realschule in Bayern wird der Begriff der Beschleunigung nicht quantitativ eingeführt; trotzdem werden gleichmäßig beschleunigte Bewegungen qualitativ thematisiert. „Beschleunigung“ meint im Alltagsgebrauch das „Schnellerwerden“, also die Zunahme des Geschwindigkeitsbetrags, und anders als in der Physik versteht man darunter keinen Quotientenbegriff und erst recht keine vektorielle Größe, die wie die Geschwindigkeit sowohl einen Betrag als auch eine Richtung besitzt. Im Alltagsgebrauch wird die Beschleunigung dabei durch den Vergleich des Anfangs- mit dem Endzustand ermittelt und eine große Beschleunigung wird eher mit dem Erreichen einer großen Endgeschwindigkeit verbunden als mit einer starken zeitlichen Änderung. Den Schülern widerstrebt es meist sehr, dass auch die Reduktion des Tempos oder eine Richtungsänderung als Beschleunigung bezeichnet wird. Manchmal wird der Begriff der Beschleunigung sogar so drastisch in seiner Komplexität reduziert, dass er mit der Geschwindigkeit gleichgesetzt wird und unter einer beschleunigten Bewegung nur eine schnelle Bewegung verstanden wird („beschleunigte Bearbeitung eines Aktenstückes“).

Um den Begriff der Beschleunigung einfacher zugänglich zu machen, schlägt SCHÜLLER³⁹, der ein Unterrichtskonzept in der Mechanik für die 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums in seiner Staatsexamensarbeit entwickelt hat, vor, die Vektor- und die Quotienteneigenschaften zunächst zu trennen. So soll zunächst die Richtungsabhängigkeit betont werden und die Geschwindigkeitsänderung $\vec{v}_{Ende} - \vec{v}_{Anfang}$ durch die „Zusatzgeschwindigkeit“ $\Delta \vec{v}$ beschrieben werden, die den Geschwindigkeitsvektor verlängern, verkürzen oder drehen kann. 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. In wieweit in der Realschule auf dieses Prinzip eingegangen wird, um Schülervorstellungen zu korrigieren, und wie versucht wird, den Begriff der

³⁹ Vgl. 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

4 Ausgewählte Analyse Kriterien und -verfahren

Beschleunigung möglichst einfach zu erklären, wird ein spannendes Unterfangen bei dieser Analyse.

4.2.5 „Kraft“

Der Begriff Kraft wird im Alltag häufig in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen und mit stark variierenden Bedeutungen verwendet. Die Folge ist, dass Schüler große Schwierigkeiten haben, wenn der physikalische Kraftbegriff eingeführt wird, da Kraft im Alltag oft im Zusammenhang mit „Kraft haben“, „Kraft speichern“, „Kraft verbrauchen“, also als eine Fähigkeit angesehen wird. Kraft ist also hiernach eine Eigenschaft eines Körpers und keine Wechselwirkungsgröße. Zu dem Sammelbegriff Kraft, der vielfältige Bedeutungen für Schüler im Physikunterricht hat, meint WILHELM: „ ‚Kraft‘ ist dabei nur ein sprachliches Zeichen für den Clusterbegriff Energie/Kraft/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 verwechselt; vielmehr sieht er keinen Unterschied zwischen diesen Begriffen.“⁴⁰ Da die Fehlvorstellungen von Kraft sehr vielfältig und komplex sind, soll hier nur auf die Wichtigsten eingegangen werden.

Schüler haben oftmals die Vorstellung, aktive Körper üben Kräfte aus und passive Körper leisten Widerstand und üben deswegen keine Kraft aus. Wenn also ein Ball an die Wand geworfen wird, dann wird nach dem Alltagsverständnis dem Wechselwirkungspartner Wand keine Aktivität zugeschrieben, also übt sie auch keine Kraft aus. Des Weiteren meinen viele Schüler auch, dass ein schwerer oder auch schneller Körper eine größere Kraft ausübt. Zwei unterschiedlich schwere, schwimmende Magneten üben demnach auch unterschiedliche Kräfte aufeinander aus („Der schwerere Magnet übt eine größere Kraft aus“) oder der Autofahrer, der an einer Ampel auf ein stehendes Fahrzeug auffährt, übt eine größere Kraft als dieses aus. Weiterhin dienen aktive Körper in den Schülervorstellungen einem bestimmten Ziel, passive Körper hingegen sind ohne Absicht nur Hemmnisse. Folglich sind also Reibungskräfte immer nur Widerstände gegen Bewegungen und keine wirklichen Kräfte. Viele Schüler betrachten die Aussage, dass es die Straße sei, die die beschleunigende Kraft beim Anfahren eines Autos ausübe, als völlig absurd, da die Straße einfach nur so daliege (passiv und absichtslos) und somit keine Kraft ausüben und damit auch kein Auto (aktiv und zielgerichtet) beschleunigen könne. Dies widerspricht natürlich alles dem dritten Newtonschen Axiom, wonach die Wechselwirkungspartner gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Kräfte aufeinander ausüben. Viele Schüler werden durch ungeschickte Formulierungen „actio gleich reactio“ oder „Kraft gleich Gegenkraft“ dazu verleitet, die Kraft in eine aktive Ursache und eine passive Wirkung

⁴⁰ WILHELM, Thomas: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, 2005 (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, hrsg. von Niederer, H./ Fischer, H./ Sumfleth, E.), S. 17-18

4 Ausgewählte Analyse Kriterien und -verfahren

einzuteilen. Des Weiteren denken viele Schüler, dass die beiden Kräfte am gleichen Körper angreifen müssen, oder haben eine Überwindungsvorstellung, weil bei ihnen für eine Beschleunigung eine von außen wirkende Kraft größer sein muss als die Gegenkraft bzw. Trägheit des Körpers.

Hiermit verbunden ist die Fehlvorstellung, sich bewegende Körper haben Kraft, die man auch als Wucht, Schwung oder innere Kraft bezeichnen kann. Diese Kraft spürt man dann, wenn man von einem Fußball, also einem sich bewegenden Körper, getroffen wird. Der Körper erhält sie beim In-Bewegung-Setzen und sie wird dann nach und nach wieder abgegeben oder bei einem Zusammenstoß mit einem anderen Körper auf diesen übertragen. Es kommt also zu einer Vermischung der Begriffe „Kraft“, „Energie“ und „Impuls“.

Ebenso verbreitet ist die Vorstellung, dass man für eine konstante Geschwindigkeit eine konstante Antriebskraft in Bewegungsrichtung braucht. Diese Antriebskraft muss die Trägheitskräfte überwinden und sobald sie nicht mehr wirkt, wird die gespeicherte Antriebskraft durch die Bewegungswiderstände aufgebraucht und der Körper kommt zur Ruhe. Hieraus ergibt sich auch die Fehlvorstellung, dass ein Körper, auf den keine Kraft mehr wirkt, sich nicht mehr lange bewegt, was in unserer Welt, in der stets Reibungskräfte wirken, zu der Ansicht führt, dass das „Zur-Ruhe-Kommen“ eine natürliche Eigenschaft von Körpern ist. Diese Schülervorstellungen zu überwinden, stellt einen eminent wichtigen Schritt dar, die Newtonsche Mechanik zu begreifen, in der eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit und „in Ruhe bleiben“ nur vom Bezugssystem abhängen und daher nicht fundamental verschieden sind.

In der Physik ist die Kraft eindeutig durch die Newtonschen Axiome definiert und sie beschreibt demnach Betrag und Richtung einer Einwirkung eines Körpers auf einen anderen, die dessen Bewegungszustand und damit dessen Geschwindigkeit ändert, indem sie ihn je nach Masse unterschiedlich beschleunigt. Damit beschreibt Kraft also eine Wechselwirkung und keine Fähigkeit. Außerdem spielt bei ausgedehnten Körpern der Angriffspunkt eine wichtige Rolle, sodass es auch zu einer Verformung kommen kann.

4.3 Sachstrukturen in der Mechanik

Mit der Sachstruktur eines Themas ist gemeint, welches Konzept hinter dem zu vermittelnden Stoff steht, welche Reihenfolge bei den einzelnen Schritten im Verstehensprozess eines Themenkomplexes gewählt wird und welche Aspekte besonders betont und hervorgehoben werden. Gerade in der Newtonschen Mechanik, die zu einem schwierigen Inhaltsgebiet in der Schulphysik gehört, haben viele Schüler auch nach dem Mechanikunterricht den Kraftbegriff nicht verstanden (siehe 4.2.6 und WILHELM⁴¹). Dies liegt natürlich vor allem an den sehr

⁴¹ Vgl. WILHELM, Thomas: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer

4 Ausgewählte Analyseverfahren und -verfahren

stabilen Schülervorstellungen; aber daneben gibt es auch Belege, dass diese Lernschwierigkeiten durch die Sachstruktur des Unterrichts entstehen können.⁴² Im Folgenden werden nun mehrere Möglichkeiten diskutiert, wie man die Geschwindigkeit, die Beschleunigung und die Kraft mit den Schülern behandeln kann.

Die Geschwindigkeit kann elementarisiert eindimensional über die Formel $v = \frac{s}{t}$ oder über den Quotienten der Ortsänderung Δx und dem Zeitintervall Δt mit $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ eingeführt werden. Problematisch bei der ersten Formel ist, dass es sich um einen Spezialfall der zweiten Gleichung handelt, nämlich wenn x und t am Anfang Null sind. Weiterhin lässt sich die Geschwindigkeit auch zweidimensional als Kombination des Tempos (= Betrages der Geschwindigkeit) und der Bewegungsrichtung oder zweidimensional über den Ortsänderungsvektor $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ darstellen.

Auch für die Beschleunigung gibt es nicht nur eine Möglichkeit der Elementarisierung. Man kann sie entweder nur qualitativ oder eindimensional durch $a = \frac{v}{t}$ (erneut Spezialfall der zweiten Gleichung) oder $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ beschreiben, aber auch zweidimensional über den Geschwindigkeitsänderungsvektor $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ verständlich machen. Eine weitere Option könnte auch die Elementarisierung auf die Zusatzgeschwindigkeit $\Delta \vec{v}$ sein.

Für die Einführung der Kraft bietet sich zum Einen die qualitative Erklärung an, nämlich dass die Kraft die Ursache von Verformungen oder Bewegungsänderungen ist, und zum Anderen quantitative Erläuterungen. Die Kraft kann dabei beispielsweise (nach JUNG) als Stoßrate $\vec{F} = \frac{\overline{Sto\beta}}{\Delta t}$ oder (nach WIESNER) nach der integralen Darstellung des zweiten Newtonschen Axioms $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ definiert werden. Denkbar wäre auch die Bestimmung über $\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m}$ oder wie im Karlsruher Physikkurs die Größe Impulsstromstärke mit $F = \frac{p}{t}$ festzulegen.

Da nun unterschiedliche Konzepte für die Darstellung der wichtigsten Größen der Mechanik vorgestellt wurden, sollen einige Sachstrukturen und ihre Weiterentwicklungen präsentiert werden:

Als erstes wird die klassische Sachstruktur, nach der in Deutschland eine lange Zeit unterrichtet wurde, vorgestellt. Zu Beginn wurde die Statik intensiv behandelt und dabei Kräfte als Ursache für Verformungen und Bewegungsänderungen definiert. Danach wurde die statische

Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, 2005 (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, hrsg. von Niederer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E.)

⁴² Vgl. **STARAUŠCHEK, ERICH**: Hat die physikalische Sachstruktur einen Einfluss auf das Lernen von Physik?, in: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDGP in Dresden 2009, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 30, Lit-Verlag, Münster, 2010

4 Ausgewählte Analyseverfahren und -verfahren

Kraftmessung, die Verformung und das Dehnungsverhalten, Kraftwandler, der Hebel und die Zusammensetzung bzw. Zerlegung von Kräften besprochen. Im Anschluss daran erarbeitete man die Kinematik eindimensional mit den Begriffen Geschwindigkeit und Beschleunigung, um dann die Dynamik im Eindimensionalen anhand der Newtonschen Axiome und ihren Anwendungen durchzunehmen. Im weiteren Verlauf folgten die Erhaltungssätze und krummlinige Bewegungen.

Das erste wirklich andere Konzept wurde von JUNG⁴³ in den siebziger Jahren entwickelt. Hier wurden vor allem zweidimensionale Bewegungen betont und die beiden Begriffe Geschwindigkeit und Tempo unterschieden. Außerdem reduzierte er die Beschleunigung \vec{a} auf die Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$ und definierte durch die Einführung einer eigenen Größe $\overline{\text{Sto\ss}} = m \cdot \Delta\vec{v}$ die Kraft als Stoßrate $\vec{F} = \frac{\overline{\text{Sto\ss}}}{\Delta t}$. Genau dieses Konzept wurde später in den achtziger Jahren von WIESNER⁴⁴ und in den neunziger Jahren von WODZINSKI⁴⁵ weiterentwickelt. Dabei wurde die Größe Stoß jedoch verworfen und als grundlegende Gleichung $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$ verwendet.

WILHELM⁴⁶ erstellte ein Konzept für die Oberstufe (11. Klasse) des Gymnasiums. Hierbei wurden auch zweidimensionale Bewegungen hervorgehoben. Der Ortsvektor wurde von Beginn an zweidimensional betrachtet, um dann auch den Ortsänderungsvektor und die Geschwindigkeit bzw. die Geschwindigkeitsänderung und die Beschleunigung im Zweidimensionalen zu erklären. Die Leitidee bestand darin, dynamisch eingezeichnete Pfeile zu nutzen und graphische Modellbildung einzusetzen. Das zweite Newtonsche Axiom wurde in der Form $\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$ eingeführt, um dann das erste Newtonsche Axiom als Spezialfall abzuleiten.

WIESNER/HOPF/WILHELM/WALTNER/TOBIAS konzipierten ein Mechanikkonzept⁴⁷ für die 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums, dessen Grundideen bereits mehrfach untersucht und

⁴³ Vgl. JUNG, Walter: Zur Einführung des Kraftbegriffs, in: *physica didactica* 4, 1977, S. 171-187

⁴⁴ Vgl. 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

⁴⁵ Vgl. WODZINSKI, Rita; WIESNER, Hartmut: Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Beschreibung von Bewegungen und Geschwindigkeitsänderungen, in: *Physik in der Schule* 32, 1994, Nr. 5, S. 164-169
Vgl. WODZINSKI, Rita; WIESNER, Hartmut: Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Zusatzbewegung und Newtonsche Bewegungsgleichung, in: *Physik in der Schule* 32, 1994, Nr. 6, S. 202-207

⁴⁶ Vgl. WILHELM, Thomas: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, 2005 (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, hrsg. von Niederer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E.)

⁴⁷ Die Gedanken dieses Abschnittes sind aus:

Vgl. 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

Vgl. HOPF, Martin; WALTNER, Christine; WILHELM, Thomas; WIESNER, Hartmut: Konzeption einer Vergleichsstudie zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7, in: Höttecke, D. (Hrsg.): *Chemie- und Physikdidaktik für die*

4 Ausgewählte Analysekriterien und -verfahren

immer weiter entwickelt wurden und welches fordert, die Mechanik sofort an zweidimensionalen Bewegungen zu betrachten, die vektorielle Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$ zu betonen und den Kraftbegriff dynamisch einzuführen.

Bisher wurde die Mechanik eingeführt, indem man zuerst statische Kräfte betrachtete, um dann später erst auf die Dynamik zu kommen. Es wurde also meistens anhand von eindimensionalen Bewegungen die Geschwindigkeit und die Beschleunigung eingeführt, um dann relativ schnell auf die Newtonschen Gesetze überzuleiten. Die Folge war, dass viele Schüler die Geschwindigkeit auf eine Betragsgröße reduzierten und dann später bei der Kurvenfahrt mit konstantem Tempo größte Schwierigkeiten hatten, zu verstehen, wieso eine Kraft wirkt.

Da die Geschwindigkeit aber eine vektorielle Größe ist, wurde in dem entwickelten Konzept darauf geachtet, die Geschwindigkeit an zweidimensionalen Bewegungen einzuführen und den vektoriellen Charakter von Anfang an deutlich zu machen. Die Geschwindigkeit wird mit einem Pfeil dargestellt, dessen Länge das Tempo angibt und dessen Richtung die Richtung angibt, in der sich der Körper bewegt. Außerdem wurde die Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$ (= Geschwindigkeitsänderung und stellt eine Elementarisierung der Beschleunigung dar) als neue Größe eingeführt, die angibt, wie sich die Geschwindigkeit in einem Zeitintervall Δt ändert und somit auf die Wirkung einer Kraft \vec{F} hindeutet. Ein anschauliches Beispiel stellt die kurzzeitige, senkrechte Einwirkung auf die Bewegung einer rollenden Kugel dar, die somit eine Zusatzgeschwindigkeit in Einwirkungsrichtung erhält, wobei aus der Anfangsgeschwindigkeit und der Zusatzgeschwindigkeit durch Aneinanderhängen der Pfeile die Endgeschwindigkeit bestimmt werden kann. Mit weiteren Experimenten kommt man zu der Einsicht, je größer die Kraft ist, desto größer ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei gleicher Masse und Einwirkdauer), je länger die Kraft einwirkt, desto größer ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei gleicher Kraft und Masse) und je größer die Masse des Körpers ist, desto kleiner ist die Zusatzgeschwindigkeit (bei gleicher Kraft und Einwirkdauer). Dies führt zu der Formulierung der Bewegungsgleichung in der Form: $m \cdot \Delta\vec{v} = \vec{F} \cdot \Delta t$.

Obwohl die quantitative Formulierung des 2. Newtonschen Axioms in der Realschule nicht behandelt wird, können einige oben genannte Punkte im Hinblick auf die Einführung des Kraftbegriffes für die Analyse entscheidend sein. Ausschlaggebend ist die unterschiedliche Gewichtung von Statik und Dynamik und von ein- bzw. zweidimensionalen Bewegungen.

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

Nun werden drei Physik-Realschulbücher nach den schon vorgestellten Strukturelementen untersucht und verglichen, damit man einen Überblick über die Schulbücher und ihre Eigenheiten erhält, um dann in Kapitel 6 Teilaspekte des Mechanikunterrichts herauszugreifen. Die folgenden Abkürzungen werden für die Physikbücher verwendet, um nicht immer den gesamten Titel nennen zu müssen und um eine bessere Unterscheidung zu gewährleisten.

HÖRTER, Christian: Physik 7 I – Realschule Bayern, Cornelsen, Berlin, 2001	B1-7
HÖRTER, Christian: Physik 8 I – Realschule Bayern, Cornelsen, Berlin, 2002	B1-8
ERNHOFER, Rupert et al.: Physik 7 - Newton, 2. Auflage, Oldenbourg Schulbuchverlag, München/ Düsseldorf/ Stuttgart, 2005	B2-7
ERNHOFER, Rupert et al.: Physik 8 I - Newton, Oldenbourg Schulbuchverlag, München/ Düsseldorf/ Stuttgart, 2003	B2-8
GEIPEL, Rudolf/ REUSCH, Wolfgang: Physik 7 I für die sechstufige Realschule, C.C. Buchners Verlag, Bamberg, 2002	B3-7
GEIPEL, Rudolf/ REUSCH, Wolfgang: Physik 8 I für die sechstufige Realschule, C.C. Buchners Verlag, Bamberg, 2005	B3-8

Tabelle 1: Abkürzungen für die verwendeten Bücher

Außerdem sind alle nachfolgenden Abbildungen, falls nicht anders gekennzeichnet, aus den oben genannten Büchern entnommen.

5.1 Text

Beim einfachen Durchblättern und Anlesen der Bücher stellt man fest, dass B1-7 und B1-8 am wenigsten Text verwenden und mit vielen Abbildungen relativ schnell zum Merkstoff kommen. Der Text ist meist in zwei Spalten gedruckt. B2-7/8 und B3-7/8 stellen den Text in einer Spalte dar und verwenden den linken Rand der linken Buchseite und den rechten Rand der rechten Buchseite, der ungefähr ein Drittel der Seite ausmacht, für Abbildungen und zusätzliche Informationen. In B3-7 und B3-8 erkennt man, dass durchschnittlich mehr Text als in B1-7 und B1-8 pro Seite vorhanden ist, was auch in B2-7 und B2-8 zu registrieren ist, wobei B2-7 und B2-8 gegenüber den anderen Büchern weit mehr Seiten in der Gesamtzahl verwenden.

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

Buch	Seitenzahl	Buch	Seitenzahl
B1-7	138	B1-8	144
B2-7	168	B2-8	208
B3-7	141	B3-8	144

Tabelle 2: Gesamtseitenzahl der Bücher

Wenn man nun die Sprachschwierigkeit beurteilen und analysieren will, so ist es wohl relativ einfach, nach FELDNER mit der „4. neuen Wiener Sachtextformel“ einige Aussagen machen zu können. Die Formel drückt folgendes aus:

$$\text{Klassenstufe} = 0,266 * \text{Satzlänge (durchschnittliche Satzlänge in Wörtern)} + 0,274 * \text{Mehrsilber (Prozentsatz der drei- und mehrsilbigen Wörter)} - 1,70$$

Die Untersuchung beschränkt sich auf die Bücher B1-7, B2-7 und B3-7, also die Physikbücher der 7. Jahrgangsstufe, da es nur um eine grobe Einteilung der Bücher nach Sprachschwierigkeit geht. Es ist durchaus klar, dass jedes Buch von einer Gruppe von Autoren geschrieben wird, sodass sich der Sprachstil schon innerhalb eines Buches ändert, jedoch würde die Untersuchung zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Für die Analyse wurden jeweils aus den drei Büchern die gleichen Themenkomplexe ausgewählt, um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die Themen „Kraft und Kraftwirkung“ und der „Vergleich von Kräften“ waren Ausgangspunkt bei der Detektion der „durchschnittlichen Satzlänge in Wörtern“ und dem „Prozentsatz der drei- und mehrsilbigen Wörter“. Dabei wurden in B1-7 die Seiten 68 bis 71, in B2-7 die Seiten 90 bis 95 und in B3-7 die Seiten 76 bis 79 betrachtet. Bei der durchschnittlichen Satzlänge zeigt sich, dass B1-7 mit circa 10,2 Wörtern pro Satz und B3-7 mit rund 11,4 Wörtern pro Satz relativ dicht beieinander liegen, wobei B2-7 mit 15,5 Wörtern pro Satz deutlich die längsten Sätze verwendet. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Prozentsätzen der drei- und mehrsilbigen Wörter: B1-7 mit 16,0 % verwendet diese am wenigsten, bei B3-7 ergibt sich ein Prozentsatz von 18,2 % und bei B2-7 von 24,4 %. Diese Werte ergeben nach der Formel ein relativ deutliches Ergebnis:

	B1-7	B2-7	B3-7
Durchschnittliche Wortlänge pro Satz	10,2	15,5	11,4
Prozentsatz der drei- und mehrsilbigen Wörter	16,0 %	24,4 %	18,2 %
Klassenstufe nach Formel	5,4	9,1	6,3

Tabelle 3: Ergebnis der Untersuchung nach Sprachschwierigkeit

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

Hiernach verwenden B1-7 und B3-8 eine relativ einfache Sprache, die für die Schüler verständlich sein sollte, wobei die in B2-7 verwendeten Texte eine zu hohe Sprachschwierigkeit für die Schüler der 7. Jahrgangsstufe aufweisen (zumindest in den untersuchten Kapiteln), da sie nach der Berechnung der Formel eher für die 9. Jahrgangsstufe geeignet sind.

5.2 Merkstoff

Diejenigen Lerninhalte, welche wichtig und als Erkenntnis oder Ergebnis am Ende eines Buchabschnittes stehen, stellen den Merkstoff dar, der unterschiedlich grafisch gekennzeichnet ist. Es soll hier nicht zu einer Sprachanalyse wie bei GERNET⁴⁸ kommen, sondern die Art und Weise, wie der Merkstoff dargestellt wird, betrachtet werden.

In B1-7 und B1-8 wird der für die Schüler zu lernende Stoffinhalt in roter Farbe und fetter Schrift (Abbildung 1) abgedruckt. Dabei werden die Erkenntnisse oft mitten im Text hervorgehoben, wobei eine Zusammenfassung aller wichtigen Stoffinhalte nach einigen zusammengehörenden Buchabschnitten in komplett farbig hinterlegten Seiten dargelegt wird (Abbildung 2).

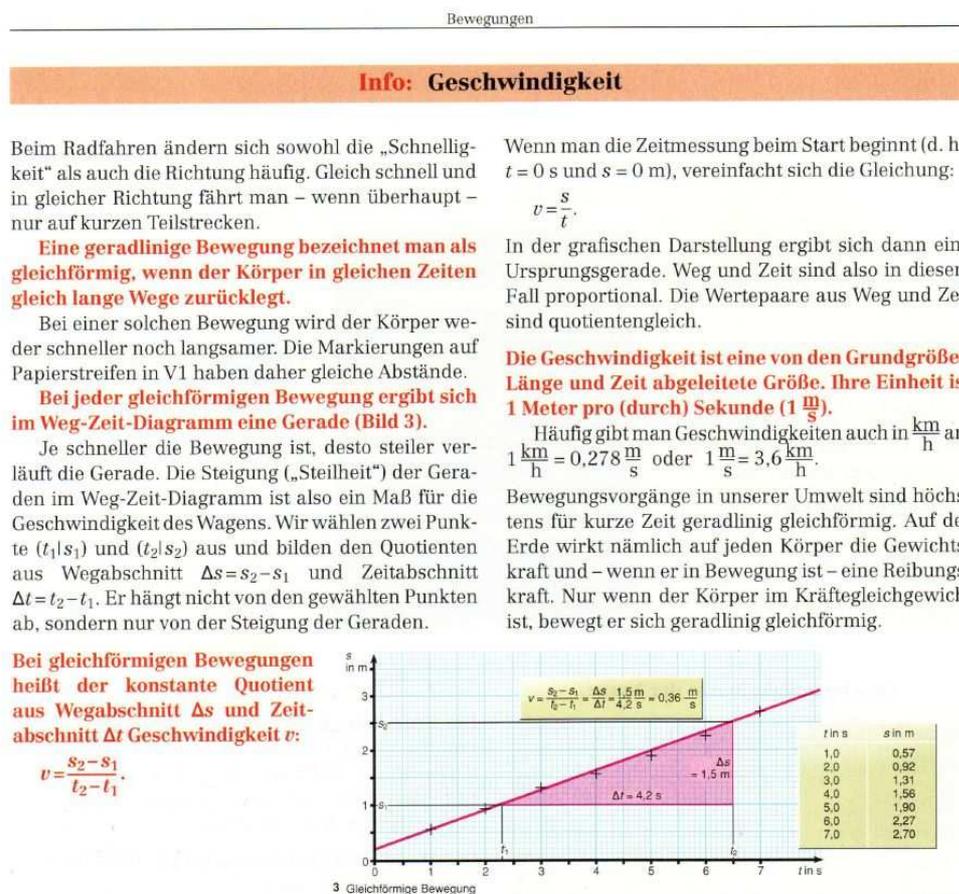


Abbildung 1: Beispiel für Merkstoff aus B1-8

⁴⁸ Vgl. GERNET, Birgit: Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern am Beispiel: Mechanik der Festkörper in der Realschule, Staatsexamensarbeit am Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Universität Würzburg, 1994

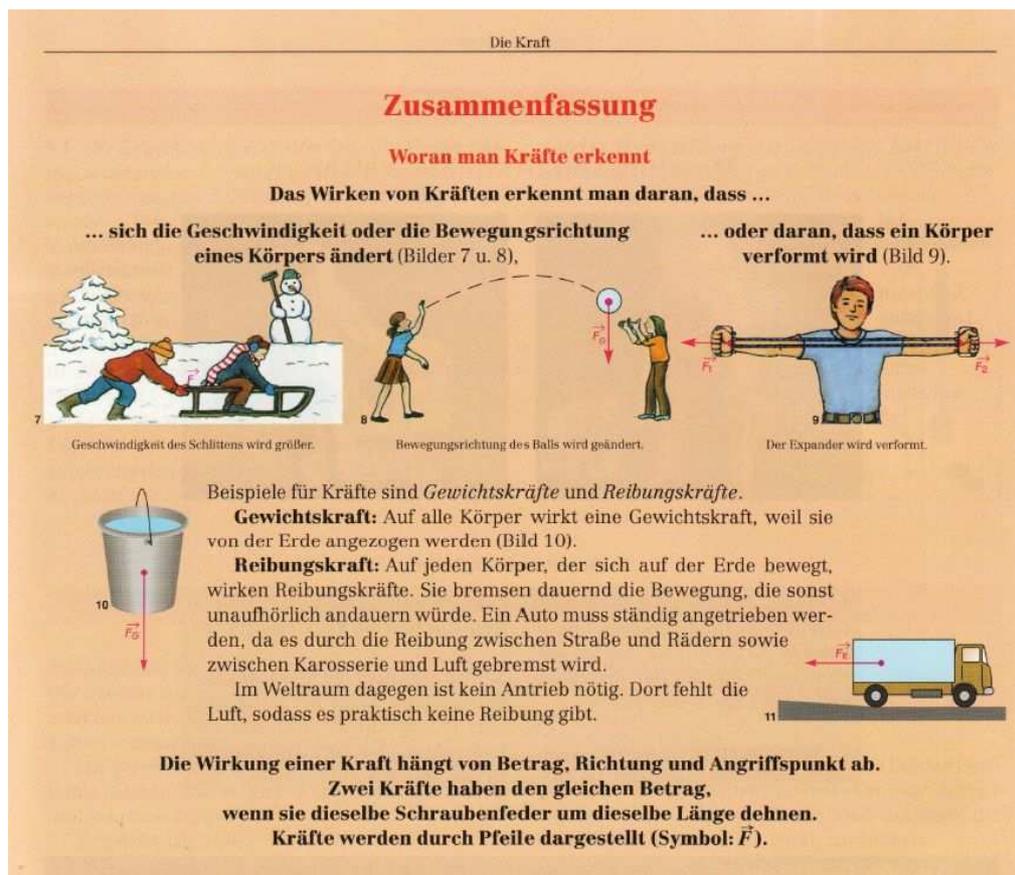


Abbildung 2: Beispiel einer Stoffzusammenfassung aus B1-7

Der Merkmstoff in B2-7 und B2-8 wird mit einem rot hervorgehobenen „FESTLEGUNG/Grundwissen“, „ERGEBNIS/Grundwissen“, „DEFINITION/Grundwissen“, „DEFINITION“, „Grundwissen“ oder einfach nur „ERGEBNIS“ überschrieben und kenntlich gemacht, wobei der eigentliche Merkmstoff, welcher danach folgt, oft in der Standardtextschrift abgedruckt ist, und manchmal wichtige Wörter auch noch kursiv oder fett gekennzeichnet sind. Eingerahmt wird der Merksatz am Anfang und am Ende durch einen roten Pfeil (Abbildung 3).

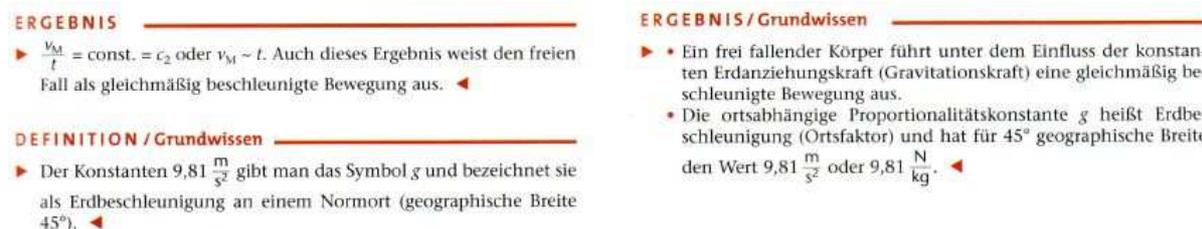


Abbildung 3: Beispiele für Merkmstoff aus B2-8

„**Wir merken uns**“ in fetten Lettern ist die Überschrift der Merksätze in B3-7 und B3-8, wobei der nachfolgende Lerninhalt sogar noch farbig hinterlegt ist und zwar in der Farbe des Oberkapitels (Abbildung 4). In der 7. Jahrgangsstufe hat Mechanik die Farbe grün, Optik die Farbe blau und Akustik die Farbe orange. Bemerkenswerterweise ist diese Farbgebung auch

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

im Buch der 8. Jahrgangsstufe berücksichtigt, in dem die Mechanik fortgesetzt wird. Außerdem gibt es auch hier am Ende von zusammengehörenden Kapiteln eine Zusammenfassung der wichtigsten Fakten (Abbildung 5).

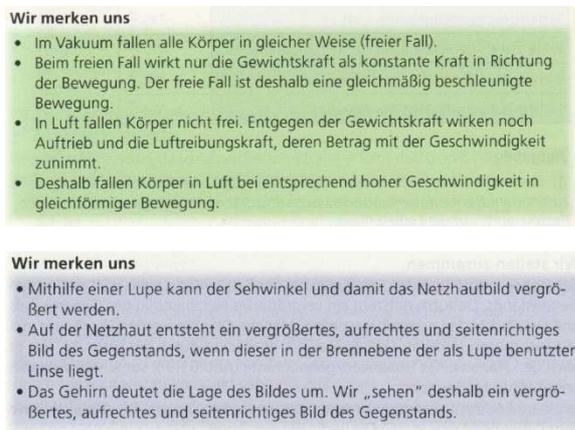


Abbildung 4: Beispiele für Merkmalsstoff aus B3-7

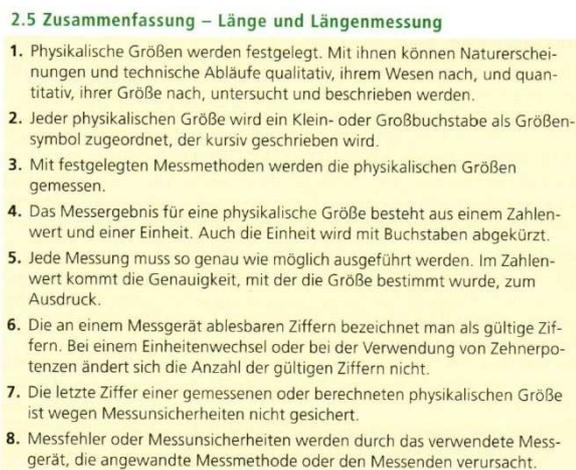


Abbildung 5: Beispiel einer Zusammenfassung aus B3-7

Weiterhin enthält B1-7 am Ende des Buches einen zweiseitig farbig unterlegten Grundwissenteil, wo die Schüler sich am Ende des Schuljahres vergewissern können, ob sie die wichtigsten Inhalte des vergangenen Schuljahres verstanden haben. Genau diese zwei Seiten werden dann am Anfang der 8. Klasse erneut in B1-8 abgedruckt, wobei am Ende dieses Buches der Grundwissenteil der 8. Klasse aufgeführt ist. B3-7 und B3-8 haben am Ende des Buches eine Rubrik mit „Am Ende des Schuljahres: Kannst du dich noch erinnern?“ in der, auch noch einmal das Grundwissen zusammengefasst und festgelegt wird. Das Grundwissen aus der 7. Jahrgangsstufe wird in B3-8 am Anfang jedoch verkürzt auf einer Seite dargestellt. In B2-7 und B2-8 gibt es nichts von alledem.

Als Schüler bzw. als Lehrer ist es sicherlich wünschenswert, die wichtigsten Lerninhalte am Ende eines Themas kompakt zusammengefasst zu bekommen. Dies spricht für B3-7 und B3-8 mit dem „Wir merken uns“-Teil. Auch die Zusammenfassungen nach einem Themenblock und die Bereitstellung des jeweiligen Grundwissens für die jeweilige Jahrgangsstufe, so wie dies in B1-7/8 und B3-7/8 erfolgt, stellen ein sinnvolles Hilfsmittel dar.

5.3 Abbildungen

Betrachtet man B1-7 und B1-8, so stellt man schnell fest, dass die Abbildungen überall in den Text eingebunden sind, also keinen festen Platz haben. Der Text fließt dann in zwei Spalten um die bildhaften und schematischen Zeichnungen, Fotos und Diagramme herum, welche flächenmäßig einen relativ großen Anteil auf der Buchseite einnehmen (Abbildung 6). Zu Beginn eines Buchabschnittes sind meist Fotos oder bildhafte Zeichnungen zu verzeichnen, die der Motivation und Veranschaulichung dienen. Schematische Zeichnungen, die den Ver-

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

suchsaufbau erklären oder schwierige Sachverhalte darstellen, werden dann meist bei den Versuchen oder Auswertungen abgebildet. Der Versuchsaufbau wird dabei meist als bildhafte Zeichnung und nicht als Foto illustriert. Diagramme werden in B1-7, also im Buch für die 7. Klasse eher selten verwendet, wobei der Anteil in B1-8 ansteigt.



Abbildung 6: Beispiel des Seitenaufbaus und der Illustration mit Abbildungen in B1-7

B2-7/8 und B3-7/8 beginnen jedes große Oberkapitel, also z.B. Mechanik, mit einem großen Foto, wobei bei B3-7 und B3-8 zusätzlich sogar noch motivierende und interessante Fragen aufgeworfen werden. Ansonsten werden die Abbildungen meist am Rand präsentiert oder auch bei größeren Abbildungen, bei denen man die Details besser herausstellen will, im Text (häufiger bei B2-7 und B2-8), ohne dass der Text dabei um das Bild herum fließt. Die Aufteilung der Seite in „Textspalte“ und „Abbildungsspalte“, so wie dies relativ konsequent in B3-7 und B3-8 erkennbar ist, strukturiert das Schriftbild und den Seitenaufbau und hilft dem Leser, den Überblick zu behalten. Auch in B2-7/8 und B3-7/8 ist feststellbar, dass die meisten Versuchsaufbauten als bildhafte Zeichnungen veranschaulicht werden, d.h. der Anteil der Zeichnungen gegenüber den realen Fotos überwiegt. In B3-7 und B3-8 sind im Vergleich zu B1-7/8 und B2-7/8 anteilmäßig am meisten Comics (Asterix und Obelix) sowie lustige Bilder zur Auflockerung für den Leser am Rand abgebildet (Abbildung 7, Abbildung 8). Auch Diagramme werden häufiger in den Büchern der 8. Jahrgangsstufe, also in B2-8 und B3-8, verwendet.

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

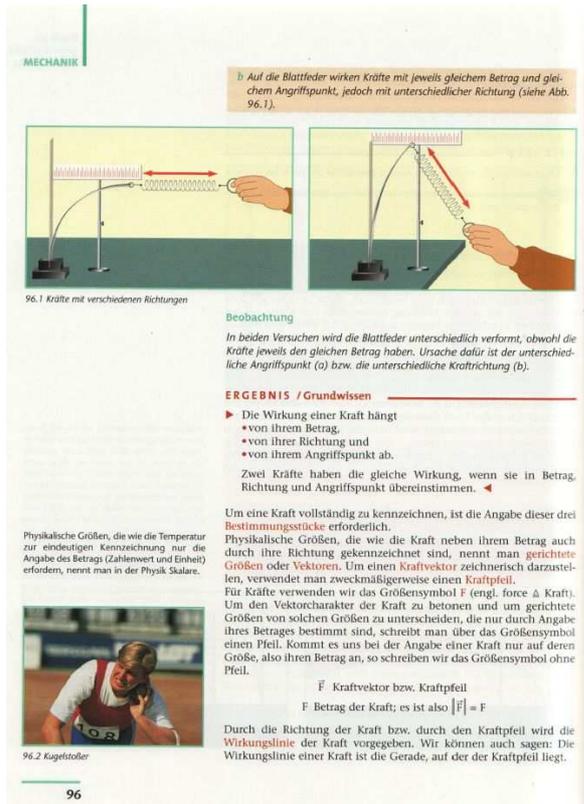


Abbildung 7: Beispiel für den Seitenaufbau und der Illustration mit Abbildungen in B2-7



Abbildung 8: Beispiel für den Seitenaufbau und der Illustration mit Abbildungen in B3-7

Alles in allem kann man B3-7 und B3-8 die klarste und konsequenteste Struktur zusprechen.

5.4 Tabellen

Das Strukturelement Tabelle wird meist einerseits dafür verwendet, Informationen oder auch Zahlen einfacher und klarer strukturiert darzustellen oder um Messwerte für Graphen aufzulisten, um dann gegebenenfalls Proportionalitäten oder andere Abhängigkeiten festzustellen. Bei einer Zählung aller Tabellen in den sechs zu vergleichenden Büchern hat sich das folgende Bild ergeben, wobei zwischen Tabellen im Text des Lehrbuchs und am Ende des Buches zur Auflistung von Konstanten und Einheiten unterschieden wird:

	B1-7	B1-8	B2-7	B2-8	B3-7	B3-8
Anzahl der Tabellen im Buch	18	31	22	66	21	23
Anzahl der Tabellen im Anhang	5	9	0	0	3	3

Tabelle 4: Anzahl der Tabellen in den Büchern

Man stellt fest, dass es jeweils zu einer Steigerung der Anzahl der Tabellen vom Physikbuch der 7. Klasse zur 8. Klasse kommt. Dies fällt vor allem bei B2-7 und B2-8 auf, wo eine Ver-

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

dreifachung stattfindet. Die Anzahl der Tabellen bei B3-7 und B3-8 ist dagegen fast gleichbleibend mit nur einer geringen Steigerung, wobei es bei B1-7 und B1-8 fast zur Verdopplung kommt. Des Weiteren erkennt man, dass die Anzahl in B1-7, B2-7 und B3-7 weniger stark differiert als bei B1-8, B2-8 und B3-8. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass in der 7. Klasse noch relativ wenig graphisch ausgewertet wird und es eher um ein qualitatives Verständnis physikalischer Phänomene geht. In der 8. Klasse ändert sich dies dann und es werden zunehmend Messwerttabellen angefertigt, um Zusammenhänge graphisch darzustellen und Proportionalitäten herauszufinden. In B2-8 wird dies vor allem auch im Bereich der Mechanik extensiv praktiziert. B2-7 und B2-8 unterscheiden sich noch in einem anderen Punkt von B1-7/8, B3-7/8: es gibt hier nämlich keinen Anhang, wie in B1-7 und B1-8, der physikalische Größen, Einheiten, Stoffkonstanten und andere Daten (z.B. astronomische Daten in B1-8) darstellt oder eine Seite am Ende des Buches mit Größentabellen wie in B3-7 und B3-8.

Schließlich ist noch zu bedenken, dass das Verstehen und Herauslesen der Zusammenhänge einer Messwerttabelle viel schwieriger ist, als das Lesen einer Tabelle, in der Stoffeigenschaften, wie die Dichte, aufgelistet sind. Eine häufige Verwendung von Messwerttabellen ist also eher negativ zu bewerten.

5.5 Experimentierangaben

B1-7 und B1-8 haben drei unterschiedliche Formen von Experimentierangaben: Zum einen gibt es am Anfang eines neuen Themas meist „vorbereitende Aufträge“. Diese Aufträge beinhalten auch qualitative Versuche, die mit relativ einfachen Mitteln durchführbar sind und auf das Thema hinführen bzw. auf interessante Phänomene aufmerksam machen. Des Weiteren gibt es Versuche, die mit „Gruppenexperiment“ überschrieben sind. Bei den Gruppenexperimenten wird zuerst das Ziel der Untersuchung kurz erklärt, dann die Versuchsmaterialien genannt, der Versuchsaufbau meist in einer schematischen Zeichnung abgebildet, die Versuchsdurchführung geschildert und manchmal auch Arbeitsaufträge für die Versuchsauswertung gegeben. Die kritische Prüfung, ob die Gruppenexperimente wirklich als Schülerexperimente an der jeweiligen Schule durchführbar sind und zwar aus dem Schulbuch heraus, bleibt jedem Lehrer selbst überlassen, wobei sich wohl der Großteil bei Schülerexperimenten für selbst angefertigte Arbeitsblätter entscheiden wird. Die Versuche, die nicht mit dem Titel Gruppenexperiment überschrieben sind, haben nicht die oben genannte Gliederung: Material, Aufbau, Durchführung, Auswertung und sind nicht so detailliert beschrieben, sodass man sie wohl als Lehrerversuche klassifizieren könnte (Abbildung 9). Bei den Experimenten werden die Beobachtungen, Auswertungen und Ergebnisse nicht explizit im Anschluss an den Versuch genannt, sondern in einem an die Experimente anschließenden Info-Teil werden die wichtigsten Fakten aufgeführt.

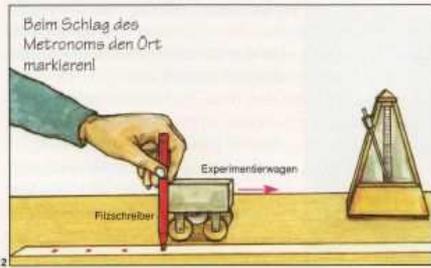
Vorbereitende Aufträge

- Denkt euch ein Geschwindigkeitsmessverfahren aus und wendet es an. Tipps: Sucht eine geeignete Stelle aus. Wenn ein Auto vorbeifährt, gibt jemand unauffällig ein Zeichen (z. B. mit einer Taschenlampe). Ihr braucht ein Bandmaß und eine Stoppuhr. Haltet eure Messergebnisse in einer Tabelle fest.
- In welcher Zeit läufst du eine Strecke von 50 m (75 m, 100 m)?
- Wie schnell fährst du mit dem Fahrrad eine 100-m-Strecke? Fahre die Strecke mit verschiedenen Gängen, ohne während der Fahrt zu schalten.

Gruppenexperiment

Wir untersuchen die Bewegung von Fahrzeugen mit Antrieb. Die Wagen der einzelnen Gruppen sollen verschieden schnell fahren.
 Versuchsmaterialien: elektrisch angetriebener Experimentierwagen oder langsam fahrendes Modellauto; Metronom, einige Papierstreifen, Stoppuhr.

Beim Schlag des Metronoms den Ort markieren!



V1 Versuchsaufbau: Siehe Bild 2.
 Versuchsdurchführung: Kurze Zeit nach Anfahren des Wagens markiert ihr bei jedem Schlag des Metronoms den Ort des Wagens.
 Auswertung: Die Papierstreifen der verschiedenen Gruppen werden untereinander an die Tafel geklebt.

V2 Versuchsdurchführung: Auf dem Fußboden werden Markierungen in 1 m, 2 m, 3 m Abstand angebracht. Dann lasst ihr den Wagen ein Stück vor der ersten Markierung starten und messt jeweils die benötigten Zeiten für 1 m, 2 m, 3 m ... (Tabelle!).

Weg s in m	1,00	2,00	3,00	...
Zeit t in s	?	?	?	

Versuchsauswertung: Die Messergebnisse werden auf Folien in vorgegebene Diagramme eingetragen. Die Folien aller Gruppen werden auf dem Tageslichtprojektor aufeinander gelegt.

V1 In der Glasglocke von Bild 3 ist der Luftdruck zunächst genauso groß wie außerhalb.
a) Warum fließt das Wasser nicht aus dem Zylinder?
b) Die Pumpe wird eingeschaltet, sodass der Luftdruck in der Glocke sinkt. Was geschieht?
c) Lasst nun wieder langsam Luft einströmen ...

V2 Schiebe den Kolben in eine Plastikspritze hinein und halte die Öffnung zu. Ziehe jetzt den Kolben heraus und lass ihn wieder los. Beschreibe und erkläre deine Beobachtung. Führe den Versuch möglichst mit mehreren unterschiedlich großen Spritzen durch.

V3 Wir bestimmen den Luftdruck (Bild 4): In einen Eimer wird langsam Wasser gefüllt, bis sich der Kolben bewegt. Welche Kräfte wirken auf den Kolben? Wie groß ist der Luftdruck?

V4 Mit der Gummihaut eines Luftballons, einem Trinkhalm und einem Becherglas kann man ein Messgerät für den Luftdruck bauen (Bild 5). Ein Ende des Trinkhalms bewegt sich mit der Gummihaut mit.
a) Zum Ausprobieren wird das Gerät unter die Glasglocke gestellt und der Druck verringert.
b) Wenn man die Glasglocke fest nach unten drückt und etwas Luft hineinpumpt, steigt der Druck in der Glasglocke etwas an ...

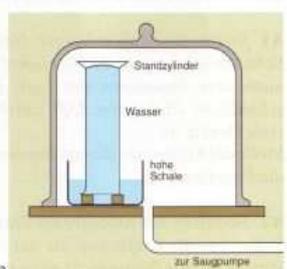
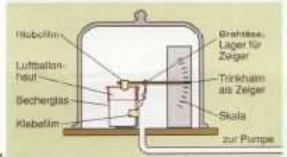



Abbildung 9: Beispiele für die Experimentierangaben in B1-8

Die Experimente in B2-7 und B2-8 sind im Gegensatz dazu ganz anders aufgebaut. Sie sind auf den ersten Blick in den zwei Büchern erkennbar, da sie orange hinterlegt sind und die Überschrift „Versuch“ in der Farbe des Oberkapitels abgedruckt ist. Häufig gibt es zu Beginn eines neuen Themas mehrere Versuche nacheinander. Nach der Versuchsbeschreibung folgen meist sofort die Beobachtungen oder Messwerte und das Ergebnis. Manche Versuche sind durch schematische Zeichnungen veranschaulicht. Man kann also feststellen, dass es nicht zu einer klaren Aufteilung von Lehrer- und Schülerexperimenten kommt und dass die meisten Experimente wohl gute Anregungen für den Lehrer darstellen, diese im Unterricht vorzuführen.

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

ren, da er durch sein Vorwissen nicht auf eine klare Gliederung im Sinne Aufbau, Durchführung, Ergebnis angewiesen ist. Des Weiteren können die Experimentierangaben aufgrund ihrer transparenten Gliederung und Strukturierung auch eine gute Beschreibung der im Unterricht gesehenen Versuche für den Schüler sein, um den Stoff zu wiederholen und sich die Quintessenz der Stunde noch einmal ins Gedächtnis zu rufen (Abbildung 10).

**4.5 Alle Körper fallen gleich schnell und manche Körper schneller –
Der Fall im Vakuum und in der Luft**

Wir wissen, dass alle Körper aufgrund der an ihnen angreifenden Gewichtskraft nach unten fallen. Ob Körper, an denen die gleiche Gewichtskraft angreift, immer gleich schnell fallen, soll das Experiment klären.

Versuch 1
Wir lassen zwei Blätter Papier, wobei eines zusammengeknüllt worden ist, gleichzeitig fallen.

Beobachtung
Das zerknüllte Blatt erreicht den Fußboden schneller.

Daraus muss gefolgert werden, dass beim Fall in Luft noch andere Kräfte entgegengesetzt zur Gewichtskraft wirken. Was geschieht nun, wenn man den Einfluss der Luft ausschaltet? Dazu führen wir zunächst den folgenden Versuch durch:

Versuch 2
In einer Glasröhre befinden sich eine Feder und eine Münze. Wir halten die Röhre so, dass sich beide Gegenstände an einem Ende der Röhre befinden. Nun bringen wir diese durch Drehen in eine senkrechte Position, dass beide Gegenstände gleichzeitig fallen können.

Beobachtung
Die Münze erreicht das andere Ende der Röhre in kürzerer Zeit.

Versuch 3
Wir „schalten“ den Einfluss der Luft aus, d.h. wir evaluieren die Röhre und verfahren so wie in Versuch 2.

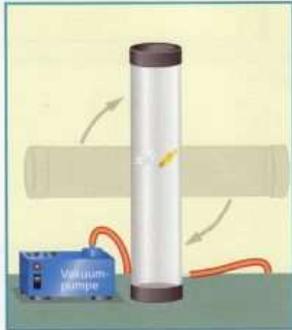
Beobachtung
Beide Körper treffen gleichzeitig am anderen Ende der Röhre ein.

ERGEBNIS / Grundwissen
▶ Im luftleeren Raum fallen alle Körper gleich schnell. ◀

DEFINITION
▶ Man bezeichnet den Fall eines Körpers im luftleeren Raum als freien Fall. Er ist also eine Bewegung ausschließlich unter dem Einfluss der angreifenden Gewichtskraft. ◀

Bewegungen

Archimedes (287 – 212 v. Chr.) war der Meinung, dass ein Körper umso schneller fällt, je schwerer er ist, d.h. je größer die auf ihn wirkende Gewichtskraft ist.



87.1 Zu Versuch 2 – Fallröhre

Abbildung 10: Beispiele für Versuche aus B2-8

In B3-7 und B3-8 ist die Überschrift „Versuche“ immer mit gelber Farbe hinterlegt, wobei oft mehrere Versuche nacheinander mit ihren Beobachtungen folgen, die dann in einem „Wir stellen zusammen“-Teil münden. Wenn der Versuchsaufbau abgebildet ist, so ist es meist eine schematische Zeichnung. Die Experimente sind nicht aufgeteilt in Schüler- und Demonstrationsexperiment, wobei wie auch bei B2-7 und B2-8 durch die gute Strukturierung sowohl der Schüler den Unterrichtsstoff wiederholen kann als auch der Lehrer gute Anregungen für Versuche bekommt (Abbildung 11).

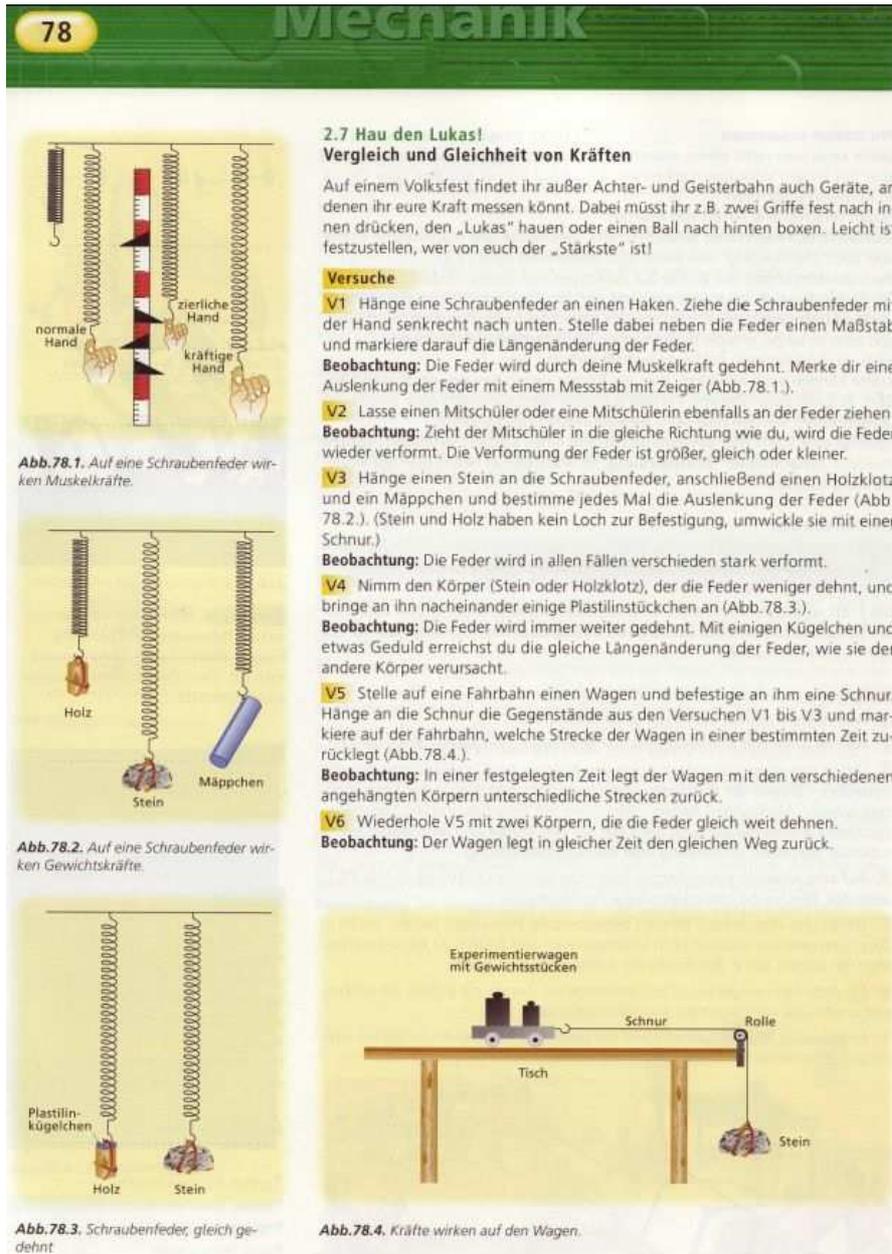


Abbildung 11: Beispiele für Versuche aus B3-7

5.6 Aufgaben

In der folgenden Analyse sollen die Aufgaben der Schulbücher klassifiziert werden und zwar zuerst unter dem Aspekt „Lebensweltbezogenheit“ und anschließend im Hinblick auf „Schülerhandlungen“. Dabei werden in den Büchern der 7. Klasse der Themenbereich „Kraft“ untersucht, wobei in B1-7 die Seiten 68 bis 87, in B2-7 die Seiten 90 bis 120 und in B3-7 die Seiten 76 bis 95 unter die Lupe genommen werden. In den Schulbüchern der 8. Jahrgangsstufe wird das Thema „Bewegungen“ im Mittelpunkt stehen und in B1-8 die Seiten 49 bis 61, in B2-8 die Seiten 71 bis 90 und in B3-8 die Seiten 54 bis 68 analysiert werden. Die folgenden Ergebnisse stellen die Anzahl der Aufgaben in den einzelnen Kategorien dar, wobei die Zu-

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

ordnung subjektiv vom Autor dieser Arbeit vorgenommen wurde. Zunächst werden die Schulbücher der 7. Jahrgangsstufe inspiziert:

Aspekt Lebensweltbezogenheit	B1-7	B2-7	B3-7
Formale Aufgaben	20	22	35
Formale Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler	19	13	14
Anwendungsaufgaben, die reale Situationen nachstellen	2	2	4
Summe der Aufgaben	41	37	53

Tabelle 5: Kategorisierung der Aufgaben beim Thema Kraft unter dem Aspekt Lebensweltbezogenheit

Betrachtet man die hier vorgenommene subjektive Einteilung der Aufgaben, so erkennt man, dass B3-7 am meisten Aufgaben zur Verfügung stellt. Weiterhin lässt sich sagen, dass die Anwendungsaufgaben in allen drei Büchern deutlich unterrepräsentiert sind. Ferner überwiegen in den drei Schulbüchern in dem hier untersuchten Teilbereich die formalen Aufgaben. In B1-7 ist das Verhältnis von formalen Aufgaben und formalen Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler ausgeglichen, wobei in B3-7 mehr als doppelt so viele formale Aufgaben vorhanden sind.

Aspekt Schülerhandlungen	B1-7	B2-7	B3-7
Wissen abfragende Aufgaben	5	7	15
Mathematisch-rechnerische Aufgaben	3	1	1
Grafisch-zeichnerische Aufgaben	14	13	7
Qualitative Denkaufgaben	17	14	24
Experimentelle Aufgaben	1	1	3
Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben	1	1	3
Summe der Aufgaben	41	37	53

Tabelle 6: Kategorisierung der Aufgaben beim Thema Bewegungen unter dem Aspekt Schülerhandlungen

Werden die gerade eben betrachteten Aufgaben unter dem Aspekt Schülerhandlungen kategorisiert, so konstatiert man, dass vor allem qualitative Denkaufgaben, in denen man begründen und beschreiben soll, sehr häufig in den drei Büchern vorkommen. Die grafisch-zeichnerischen Aufgaben sind auch stark vertreten, was wohl an dem untersuchten Gebiet Kraft liegt, bei dem man häufig Aufgaben mit Kräfteparallelogramm durch eine Konstruktion

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

lösen muss. Der Anteil der wissensabfragenden Aufgaben ist vor allem in B3-7 relativ hoch. Es gibt relativ wenige mathematisch-rechnerische Aufgaben in den drei Büchern, da in der 7. Jahrgangsstufe viele physikalische Phänomene qualitativ erklärt werden. Experimentelle sowie Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben sind eher unterrepräsentiert, wobei in B1-7/8 die grau hinterlegten mit „Vorbereitende Aufträge“ überschriebenen Texte zum Erkunden auffordern und man B3-7/8 zugute halten muss, dass sie in der Randspalte häufig mit „Probierere aus“ überschriebene Anregungen zum Experimentieren geben.

Aspekt Lebensweltbezogenheit	B1-8	B2-8	B3-8
Formale Aufgaben	9	9	17
Formale Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler	13	11	21
Anwendungsaufgaben, die reale Situationen nachstellen	0	0	0
Summe der Aufgaben	22	20	38

Tabelle 7: Kategorisierung der Aufgaben beim Thema Bewegungen unter dem Aspekt Lebensweltbezogenheit

Analysiert man die Aufgaben beim Thema Bewegungen (Schulbücher der 8. Jahrgangsstufe) unter dem Aspekt Lebensweltbezogenheit, so erhält man ein in gewissem Sinne umgekehrtes Bild wie bei der Kategorisierung beim Themengebiet Kraft, da der Anteil der formalen Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler in allen drei Büchern leicht überwiegt bzw. sich in Waage hält mit den formalen Aufgaben. Anwendungsaufgaben zählt man jedoch keine. Auch hier ist schnell ersichtlich, dass in B3-8 am meisten Aufgaben in der Summe gesehen abgedruckt sind.

Aspekt Schülerhandlungen	B1-8	B2-8	B3-8
Wissen abfragende Aufgaben	0	1	7
Mathematisch-rechnerische Aufgaben	15	9	11
Grafisch-zeichnerische Aufgaben	2	2	7
Qualitative Denkaufgaben	5	8	13
Experimentelle Aufgaben	0	0	0
Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben	0	0	0
Summe der Aufgaben	22	20	38

Tabelle 8: Kategorisierung der Aufgaben beim Thema Bewegungen unter dem Aspekt Schülerhandlungen

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

Bei der Betrachtung der Aufgaben in B1-8, B2-8 und B3-8 wird deutlich, dass der Anteil der mathematisch-rechnerischen relativ groß ist, was wohl vor allem auch an der Thematik liegt, da durch die Gleichung $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ nun allerlei Aufgaben zum Brems- oder Anhalteweg bzw. Umrechnungsaufgaben von km/h in m/s gestellt werden. Qualitative Aufgaben sind jedoch durchaus noch vorhanden und überwiegen in B3-8 sogar. Auffällig in B3-8 ist der hohe Anteil der wissensabfragenden und grafisch-zeichnerischen Aufgaben. Experimentelle Aufgaben bzw. Aufgaben, in denen man beobachten oder erkunden soll, sind in den untersuchten Büchern im Kapitel Bewegungen nicht vorhanden. Eine weitere Besonderheit der Bücher B3-7 und B3-8 sind die am Rand aufgeführten Aufgaben, die mit „Verknüpf“, „Denke weiter“, „Denke nach“, „Probiere aus“, „Wiederhole“ usw. überschrieben sind. Diese Aufgaben können beispielsweise fächerübergreifend sein, Hintergrundinformationen (aus Biologie, Sport, Mathematik, Geschichte, Englisch...) geben oder zum Weiterdenken animieren, was den Schüler anregen und das Interesse wecken soll. Außerdem gibt es durchaus auch Aufgaben, bei denen man sich im Internet informieren muss und somit auch der Umgang mit Medien gefördert wird.

Zum Thema Projektarbeit, welches hier zum Strukturelement Aufgaben dazu genommen wird, ist Folgendes zu sagen: B1-7 und B1-8 geben am Ende ihres Buches jeweils Anregungen zu Projekten und Themen, welche aufgegriffen werden können. Beispielsweise ist das Projekt Lärm in die Einzelthemen Grundlagen des Hörens, Lärm als Gesundheitsrisiko, Lärmmessung und Schallschutz unterteilt, wobei Tipps für die Planung und Durchführung gegeben werden. Des Weiteren ist im Buch der 7. Jahrgangsstufe außerdem ein Kapitel über Projektarbeit, d.h. die einzelnen Arbeitsschritte vom Planen, Durchführen bis zum Präsentieren abgedruckt. Wenn man hingegen in B2-7 und B2-8 nach Projekten oder Anregungen sucht, wird man nicht fündig. In B3-7 und B3-8 ist dies anders: Hier werden Anstöße für Projekte immer nach großen zusammengehörenden Kapiteln gegeben.

„Lernaufgaben“, wie sie nach TIMSS, PISA und in Folge der Bildungsstandards oft gefordert werden, sind in allen Büchern nicht zu finden. Die Aufgaben „Denke weiter“ oder „Denke nach“ in B3-7 und B3-8 kommen noch am ehesten an die Forderungen nach eigenständigem Arbeiten und kreativem Problemlöseverhalten heran.

5.7 Leiteinrichtungen

Beim Vergleich der ersten Seiten der zu untersuchenden Physik-Schulbücher bemerkt man, dass nur in B3-7 und B3-8 ein Vorwort der Verfasser abgedruckt ist, welches dem Lehrer, aber auch dem Schüler einen ersten Eindruck über die Vorgehensweise und Ziele dieses Buches vermittelt. In B3-7, also dem Buch der 7. Jahrgangsstufe, wird der Schüler in den darauffolgenden Seiten sogar noch direkt angesprochen und ein Überblick über die Physik, deren Gebiete und Arbeitsweisen, sowie Tipps im Umgang mit dem Buch gegeben.

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

Die Inhaltsverzeichnisse repräsentieren sich auch sehr unterschiedlich: In B1-7 und B1-8 ist das Inhaltsverzeichnis dreispaltig dargestellt, wobei die Oberkapitel in rot abgedruckt sind. Die Oberthemen (fett gedruckt) sind dann untergliedert in weitere „Stundenthemen“, von denen man die Seitenzahl angegeben hat. Die Überschriften sind meist sachlich und knapp formuliert, wobei nur selten mit der Überschrift auch das Interesse der Schüler angesprochen wird („Power“ für die Ohren?“ auf S. 122 in B1-7) (Abbildung 12).

Inhaltsverzeichnis		
<p>Optik</p> <p>Lichtquellen und Lichtausbreitung S. 4 Die Bedeutung der Lichtquellen Die Ausbreitung des Lichts Licht braucht Zeit Zusammenfassung</p> <p>Licht und Schatten S. 13 Wie Schatten entstehen Farbige Schattenbilder Mondfinsternis und Sonnenfinsternis Zusammenfassung</p> <p>Die Reflexion des Lichts S. 19 Licht wird gezielt zurückgeworfen Spiegelbilder – wo liegen sie eigentlich? Zusammenfassung</p>	<p>Groß und klein – nah und fern Die Lupe Das Fernrohr Der Fotoapparat Zusammenfassung</p> <p>Mechanik (Teil 1)</p> <p>Die Länge S. 62 Längenmessung mit Satelliten Zusammenfassung</p> <p>Die Kraft S. 68 Kräfte und Kraftwirkungen Wir vergleichen Kräfte Kraft – Betrag, Richtung, Angriffspunkt Zusammenfassung</p> <p>Wir messen Kräfte S. 74 Messung von Gewichtskräften Zusammenfassung</p>	<p>Akustik</p> <p>Entstehung von Schall S. 106 Wir erzeugen Schall Laut und leise – hoch und tief Zusammenfassung</p> <p>Ausbreitung von Schall S. 111 Schallwellen Schallgeschwindigkeit und Echo Zusammenfassung</p> <p>Empfang von Schall S. 116 Das Ohr Mitschwingen und Resonanz Der Doppler-Effekt „Power“ für die Ohren? Zusammenfassung</p> <p>Projektvorschläge</p>

Abbildung 12: Teil des Inhaltsverzeichnisses aus B1-7

Das Inhaltsverzeichnis von B2-7 und B2-8 hingegen ist einspaltig und die großen Oberthemen sind farbig getrennt, d.h. Mechanik hat eine andere Farbe als Optik oder Astronomie. Auch hier findet eine Einteilung in weitere Themenkomplexe statt, die dann noch einmal in Themen für „eine“ Schulstunde unterteilt sind, welche jeweils mit einer Seitenzahl versehen sind. Die Überschriften sind meist spannend formuliert, wobei das Thema in Fachsprache meist nach einem Bindestrich genannt wird (z.B. „Wenn das Licht die Richtung ändert – Die Brechung des Lichtes“ auf S. 25 in B2-8) (Abbildung 13). In B3-7 und B3-8 ist die Leiteinrichtung Inhaltsverzeichnis zweispaltig abgedruckt und es hat auch jedes Oberkapitel seine eigene Farbe. Hier werden nun nicht wie in den anderen Büchern zuerst noch Themenkomplexe gebildet, sondern es wird sofort in „Stundenthemen“ eingeteilt, wobei die Seitenzahl immer angegeben ist. Auch die Überschriften sind, wie in B2-7 und B2-8 sowohl interessant und anregend für den Schüler als auch sachlich formuliert. Die wichtigen Zusammenfassungen sind durch orangene Unterlegungen im Inhaltsverzeichnis gekennzeichnet (Abbildung 14).

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

Ein Stichwortverzeichnis bzw. Sach- und Namensverzeichnis, wie es in B1-7 und B1-8 genannt wird, hilft zu Begriffen den geeigneten Buchabschnitten zu finden und ist in allen sechs Büchern vorhanden.

Inhalt

OPTIK

1	Ausbreitung des Lichts	
1.1	Wie wir Gegenstände sehen können – <i>Lichtquellen – Lichtempfänger</i>	6
1.2	Warum die Taschenlampe gerade leuchtet – <i>Lichtbündel – Lichtstrahl</i>	7
1.3	Warum man für einen Scherenschnitt genau eine Lichtquelle braucht – <i>Der Schatten</i>	12
1.4	Wenn der Mond das Licht ausschaltet – <i>Von den Mondphasen zur Sonnenfinsternis</i>	14
1.5	Blick in die Vergangenheit – <i>Die Lichtgeschwindigkeit</i>	16
2	Reflexion des Lichts	
2.1	Licht ist nicht nur schnell, sondern auch clever – <i>Das Reflexionsgesetz</i>	19
2.2	Wie man Kerzen unter Wasser brennen lässt – <i>Die Abbildung am ebenen Spiegel</i>	23
3	Brechung, Totalreflexion und Dispersion	
3.1	Wenn das Licht die Richtung ändert – <i>Die Brechung des Lichts</i>	25
3.2	Wenn Durchsichtiges für Licht zum Hindernis wird – <i>Die Totalreflexion</i>	31
3.3	Lichtbrechung an der planparallelen Platte	33
3.4	Lichtbrechung am Prisma	34
3.5	Beispiele und Anwendungen aus Umwelt und Technik	36
3.6	Wer hat den Himmel angemalt? – <i>Spektrum und Dispersion</i>	40
3.7	Rot ist nicht gleich rot – <i>Unsichtbares Licht</i>	43
4	Optische Linsen	
4.1	Immer im Brennpunkt – <i>Optische Linsen</i>	47
4.2	Maßgeschneiderte Bilder von Objekten – <i>Optische Abbildung an dünnen Linsen</i>	51
4.3	Bilder mit Papier und Bleistift vorhersagen – <i>Bildkonstruktion an dünnen Linsen</i>	54
4.4	Zusammenhang zwischen Bild- und Gegenstandsweite	56
5	Optische Instrumente	
5.1	Warum die Natur variable Linsen erfunden hat – <i>Das menschliche Auge</i>	58
5.2	Warum hinter dem Auge die Welt auf dem Kopf steht – <i>Das Netzhautbild</i>	64
5.3	Wie man ein Bergpanorama auf ein Foto kriegt – <i>Der Fotoapparat</i>	68
5.4	Wie man sich den Mond ins Wohnzimmer holt – <i>Das Fernrohr</i>	75

MECHANIK

1	Länge als physikalische Grundgröße	
1.1	Die ersten Zentimeter in physikalischer Fachsprache – <i>Die Länge</i>	80
1.2	Wie man den Durchmesser eines Haares bestimmt – <i>Die Längenmessgeräte</i>	84
1.3	Wie man durch cleveres Messen an Genauigkeit gewinnt – <i>Die Messfehler</i>	86

Abbildung 13: Teil des Inhaltsverzeichnisses aus B2-7

5 Analyse der Schulbücher nach den Strukturelementen

Inhaltsverzeichnis		3	
	Seite		Seite
Vorwort	5		
Was ist Physik?	6		
1. Optik	9	1.24 Nachname: Konvex oder konkav?	
1.1 Sehen und gesehen werden – nicht ohne Licht!		Linsen sammeln oder zerstreuen	46
Lichtquellen, nicht selbstleuchtende Körper, Lichtempfänger	10	1.25 Sammeln	
1.2 Welchen Weg nimmt das Licht?		Strahlengang durch Konvexlinsen	48
Lichtbündel und Lichtstrahl als Modell	12	1.26 Zerstreuen	
1.3 Wie schnell ist das Licht?		Strahlengang durch Konkavlinsen	50
Die Lichtgeschwindigkeit	14	1.27 Mache dir ein Bild von mir	
1.4 Kein Licht ohne Schatten		Optische Abbildung an Sammellinsen	52
Kern-, Halb- und Übergangsschatten	16	1.28 Die konstruierten Fälle des Sherlock Lens	
1.5 Wenn der Mond die Sonne ausknipst		Bildkonstruktion bei Sammellinsen	54
Mond- und Sonnenfinsternis	18	1.29 Grafischer Zusammenhang zwischen	
1.6 Zusammenfassung – Ausbreitung des Lichts	19	Gegenstands- und Bildweite im <i>b-g</i> -Diagramm	55
1.7 Licht geht auch um Ecken!		1.30 Unser privater Scanner und Eiweißcomputer	
Gerichtete und diffuse Reflexion, Reflexionsgesetz	20	Auge und Sehen	56
1.8 Spiegeln, Spiegeln an der Wand		1.31 Der Detektiv und der Fingerabdruck	
Bildentstehung am ebenen Spiegel	22	Lupen machen Kleines erkennbar	58
1.9 Es spiegelt sich um uns herum!		1.32 Fern sehen ohne Fernsehen	
Anwendungen von Spiegeln	24	Fernrohr und Fernglas	60
1.10 Zusammenfassung – Reflexion des Lichts	25	1.33 Wie sieht es dort aus, wo ihr im Urlaub wart?	
1.11 Knick in der Optik?		Fotoapparat	62
Brechung des Lichts	26	1.34 Projekt – Foto	64
1.12 Ablenkung nach Regeln		1.35 Geschichte	
Brechungsgesetz	28	Lichtquellen; Linsen angewandt	66
		1.36 Zusammenfassung – Optik	68

4		Inhaltsverzeichnis	
	Seite		Seite
2. Mechanik	69	2.17 Das Spülmittel – „Raketenboot“	
2.1 10 Fuß hoch und 3 Klafter breit		Wechselwirkung von Kräften	92
Die Länge als physikalische Grundgröße	70	2.18 1 Newton plus 2 Newton sind nicht immer	
2.2 Band, Latte, Stock und Uhr –		3 Newton	
was nehme ich zum Messen nur?		Addition und Zerlegung von Kräften	94
Längenmessgeräte	72	2.19 Auch der schnellste Sprinter ist träge!	
2.3 Neues aus der Länge		Trägheit, eine Eigenschaft aller Körper	96
Fläche und Volumen als abgeleitete Größen	73	2.20 Vorsicht, Trägheit!	
2.4 Ein wenig genauer – bitte!		Trägheit im Straßenverkehr	97
Beurteilung der Messergebnisse	74	2.21 Welche Masse hat eine Masse Leute?	
2.5 Zusammenfassung – Länge und	75	Massen messen	98
Längenmessung		2.22 Nicht verwechseln – Masse und	
2.6 Hat allein der Starke Kraft?		Gewichtskraft	
Wirkungen einer Kraft	76	Proportionalität zwischen Masse und	
2.7 Hau den Lukas!		Gewichtskraft, Ortsfaktor	100
Vergleich und Gleichheit von Kräften	78	2.23 Habe ich in Gabun eine andere Masse?	
2.8 Was haut den Nagel um?		Ortsabhängigkeit – Gewichtskraft und	
Bestimmungsstücke einer Kraft	80	Masse	102
2.9 Die Erde lässt uns nicht los		2.24 Zusammenfassung – Kraft und Masse	104
Gewichtskraft und Gravitation		2.25 Aufgaben und Projektideen	105
zwischen Körpern	82	2.26 Projekt – Von Waagen und vom Wiegen	106
2.10 Zusammenhalt gibt Kraft!		2.27 Geschichte	
Vielfachheit von Kräften	84	Mechanik in der Antike;	
		Klassische Mechanik im Mittelalter	108

Abbildung 14: Teil des Inhaltsverzeichnisses aus B3-7

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Nachdem die zu untersuchenden Schulbücher nun nach ihren Strukturelementen als Ganzes analysiert wurden und schon einige interessante Aspekte und Unterschiede dargestellt wurden, sollen nun einzelne Kapitel und Themen der Mechanik der 7. und 8. Jahrgangsstufe begutachtet werden, um diese in ihrer Sachstruktur und ihrem Umgang mit Schülervorstellungen zu betrachten und zu vergleichen.

An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass im Folgenden, sofern nicht anders angegeben, sämtliche Literatur aus den zu untersuchenden Schulbüchern (Tabelle 1, Seite 30) stammt.

6.1 Teilaspekte der Mechanik in der 7. Jahrgangsstufe: Kraft

Das Fach Physik wird in der 7. Jahrgangsstufe des technischen Zweiges der Realschule zum ersten Mal unterrichtet. Nach der Optik wird meist das Thema Mechanik behandelt, wobei, bevor man zum Thema Kraft kommt, die Länge als physikalische Grundgröße und Längenmessgeräte erarbeitet werden.

In der Realschule in Bayern wird in der 7. Jahrgangsstufe die Kraft eingeführt. Zu beachten ist, dass bei den Schülern von Anfang an Schülervorstellungen zu diesem Thema bestehen. Es werden nun einige Teilthemen zur Kraft herausgegriffen und die Vorgehensweise in den Büchern der 7. Jahrgangsstufe B1-7, B2-7 und B3-7 beschrieben. Danach kommt es jeweils zu einer vergleichenden Gegenüberstellung, wobei darauf geachtet wird, ob es zu einer zwei- oder eindimensionalen Einführung der Kraft kommt, vorwiegend die statische oder dynamische Betrachtungsweise genutzt wird und ob Schülervorstellungen möglicherweise gefördert oder berücksichtigt werden.

6.1.1 Wirkungen einer Kraft, statischer und dynamischer Aspekt

a. Im Schulbuch B1-7

Im Physikbuch B1-7 werden die Kraft und ihre Wirkungen auf drei Seiten (S.68-70) eingeführt, wobei eine Dreiteilung vorliegt. Auf der ersten Seite sind sechs Fotos (Abbildung 15) abgebildet, wobei der Arbeitsauftrag dazu lautet, dass man den Körper, auf den die Kraft wirkt, benennen und die Art der Wirkung beschreiben soll. Außerdem wird man dazu aufgefordert, anzugeben, in welchem der sechs Bilder eine Kraft die Bewegung verändert und was sich in den übrigen Bildern durch die Einwirkung einer Kraft ändert. Weiterhin soll dann in einem nächsten Auftrag ein Modellauto ohne Muskeleinwirkung in Fahrt gebracht werden, wobei ein Bindfaden und ein Wägestück verwendet werden dürfen. Danach wird verlangt, die Kraft anzugeben, die hier wirkt und die Bewegung des Modellautos zu beschreiben. In einem vierten Auftrag sollen zwei Modellautos mit einem Stift auf die gleiche Geschwindigkeit gebracht werden, indem sie gemeinsam auf einer glatten Tischplatte angeschoben werden.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Danach kann verglichen werden, wie weit die Autos rollen, ferner die Bewegung beschrieben werden und die Kraft benannt werden, die die Autos abbremst. Schließlich wird man dazu aufgefordert, Versuche zu planen, mit denen man zeigen kann, dass der Wind und ein Magnet Kräfte ausüben können.



Abbildung 15: Bilder zur Einführung der Kraft in B1-7

Auf Seite 69 (2. Teil) wird nun dargestellt und erklärt, was der Physiker unter Kraft versteht. Hierbei werden sieben Zeichnungen abgebildet (Abbildung 16), bei denen sich in vier Bildern der Betrag der Geschwindigkeit ändert, es in zwei Bildern zu einer Verformung kommt und in einem Bild die Änderung der Bewegungsrichtung als Wirkung einer Kraft dargestellt wird.



Abbildung 16: Bilder und Merkstoff zur Einführung des Kraftbegriffs in B1-7

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Danach wird der Merkmalsstoff formuliert und dabei erläutert, dass die Ursache für eine Bewegungsänderung eine Kraft darstellt, wobei Bewegungsänderung aufgeteilt wird in Geschwindigkeitsänderung und Richtungsänderung. Außerdem kommt es aber auch bei einer Formänderung zu einer Einwirkung von Kräften. Es folgen Übungsaufgaben, bei denen man den physikalischen Kraftbegriff gegenüber Begriffen aus dem Alltag, in denen das Wort „Kraft“ vorkommt, abgrenzen muss. Des Weiteren werden Fragen zum Curling gestellt und man soll in einem Versuch ein Modellauto eine schräge Rampe hinunterrollen lassen, wobei das Auto jeweils auf verschiedenen Untergründen fahren soll und somit Reibungskräfte thematisiert werden, die Bewegungen hemmen. Auf der dritten Seite (3. Teil) zum Thema „Kraft und ihre Wirkungen“ wird auf die Raumfahrt eingegangen. Hierbei werden interessante Informationen über die Mondlandung und die Voyager-Sonden im Bezug auf das Thema Kraft gegeben. Da im Weltraum keine Reibung existiert, können große Strecken ohne Antrieb zurückgelegt werden und man braucht den Antrieb nur, um Bewegungsänderungen durchzuführen, d.h. wenn man einmal in Bewegung ist, bleibt man immer in Bewegung. Das Kapitel schließt mit zwei Aufgaben, bei denen wiederum auf Reibung und ihre hemmende Wirkung verwiesen wird.

b. Im Schulbuch B2-7

In B2-7 wird die Kraft von Seite 90 bis 93 eingeführt; die Übungsaufgaben befinden sich auf der vierten Seite. Am Anfang sind Fotos von Sportlern abgebildet (Gewichtheber, Bogenschütze, Stabhochspringer, Speerwerfer, Torwart beim Fußball, Kopfball eines Fußballspielers) und es wird darauf hingewiesen, dass die in den Bildern erkennbaren Wirkungen von Kraft durch die Muskelkraft verursacht werden. Daraufhin wird der physikalische Begriff Kraft abgegrenzt vom Alltagsbegriff Kraft, wie er auch oft in anderen Wörtern z.B. Sehkraft oder Geisteskraft verwendet wird, wobei anhand der Beispiele und mit weiteren Versuchen die Bedeutung der Kraft im physikalischen Sinne und ihre Wirkungen herausgefunden werden sollen. Es wird neben der Muskelkraft noch auf andere Kraftarten, nämlich die Gewichtskraft, die elastische Kraft und die Reibungskraft eingegangen. Auch die Wirkungen einer Kraft, nämlich dass die Hantel, wenn sie losgelassen wird, ihren Bewegungszustand ändert und die Unterlage verformt, dass der Pfeil beim Bogenschießen seinen Bewegungszustand ändert, dass beim Stabhochsprung der Stab verformt wird und dass bei einem Kopfball die Bewegungsrichtung des Balles verändert wird, werden erläutert. Es folgen sechs Versuche:

- Versuch 1: Ein Streifen aus Stahlblech soll auf zwei Holzklötzen gelagert werden und durch die Muskelkraft, durch Auflegen eines Körpers und durch vorsichtiges Annähern eines Stabmagneten verformt werden.
- Versuch 2: Ein Tennisball soll senkrecht nach oben geworfen werden, dabei soll die Bewegung des Tennisballs vom Abwurf bis zum Aufprall am Boden beschrieben wer-

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

den und außerdem die Kraftarten und ihre Wirkungen in den Bewegungsphasen genannt werden.

- Versuch 3: Man soll einen Tennisball in einer mit Wasser gefüllten Wanne unter Wasser halten und dann loslassen.

Hier wird die Beobachtung, nämlich dass der Ball sich an die Wasseroberfläche bewegt und dann darauf schwimmt, sofort beschrieben und extra darauf verwiesen, dass auf einem im Wasser befindlichen Ball neben der Gewichtskraft auch noch eine Auftriebskraft wirkt.

- Versuch 4: Ein Körper, z.B. ein Spielzeugauto soll auf dem Experimentiertisch angestoßen und dabei der Bewegungsablauf beobachtet und beschrieben werden.
- Versuch 5: Auf dem Experimentiertisch soll eine Eisenkugel mit einem Stabmagneten in Bewegung gesetzt, abgebremst und die Richtung geändert werden.
- Versuch 6: Versuch 5 soll wiederholt werden, indem eine mit einem Wolltuch abgeriebene und dadurch elektrisch aufgeladene Folie einem mit Graphit überzogenen Tischtennisball angenähert wird, ohne ihn zu berühren.

Die elektrische Kraft wird als Ursache für diese Bewegungsänderung angegeben. Somit wird gezeigt, dass die in den Versuchen 1 bis 6 vollzogenen Änderungen des Bewegungszustandes oder der Form, als Ursache in der Physik eine Kraft haben, die sich nicht nur auf die Muskelkraft beschränkt, sondern auch elektrische, magnetische, elastische Kräfte usw. dafür verantwortlich sein können. Als Grundwissen wird dann festgelegt, dass eine Kraft genau dann einwirkt, wenn der Körper vorübergehend oder dauerhaft verformt wird, oder der Bewegungszustand des Körpers verändert wird. Dabei wird die Verformung als statische Krafteinwirkung und die Änderung des Bewegungszustandes als dynamische Krafteinwirkung bezeichnet. Am Rand auf Seite 92 wird noch genauer auf den Kraftbegriff eingegangen: Demnach stellt der Begriff Kraft nur eine Hilfskonstruktion dar, die aus Beobachtungen und Sinneswahrnehmungen entstanden ist. Dann wird noch darauf verwiesen, dass – wenn keine Kraft wirkt – ein ruhender Körper in Ruhe bleibt und sich ein bewegter Körper mit konstanter Geschwindigkeit weiterbewegt. Weiterhin wird auf das Vorhandensein von Reibungskräften auf der Erde und dass diese im Weltraum keine Rolle spielen, hingewiesen. Trotzdem wird im Weltraum der Bewegungszustand von Körpern durch die Anziehungskräfte von Planeten oder anderen Himmelskörpern beeinflusst, sodass man für eine Sonde eine Bewegung ohne Treibstoff auf berechneten Bahnen bestimmen kann, wobei nur bei Kurskorrekturen Treibstoff benötigt wird. Am Ende des Kapitelabschnittes befinden sich Übungsaufgaben, bei denen man die Wirkungen und Aspekte von Kraft nochmals an verschiedenen Beispielen und Situationen (Fußball, Fallschirmsprung) darstellen soll.

c. Im Schulbuch B3-7

Die in B3-7 formulierte Überschrift des Themas „Kraft und ihre Wirkungen“, welches sich über zwei Seiten (Seite 76-77) erstreckt, lautet: „Hat allein der Starke Kraft?“. Am Anfang soll nochmals das Foto der Stabhochspringerin auf Seite 69 betrachtet werden und man soll beschreiben, ob man Kräfte auf dem Foto sieht und woran man sie erkennt. Des Weiteren wird man dazu aufgefordert, Wörter zu sammeln, in denen das Wort Kraft vorkommt (z.B. Kaufkraft usw.), was daraufhin deutet, dass der Begriff Kraft im physikalischen Sinne genauer festgelegt werden muss. „Muskelkraft haben wir alle.“ stellt den in die Versuche einleitenden Satz dar, wonach die Muskelkraft eingesetzt wird, um die physikalische Kraft beschreiben zu können. Es folgen fünf Versuche, wobei die Beobachtungen jeweils sofort im Anschluss beschrieben werden.

- V1: Man soll einen Expander möglichst weit in entgegengesetzter Richtung auseinander ziehen, ihn dann einige Sekunden halten und dann einen Griff loslassen. Die Expanderstränge werden gedehnt, wobei die Muskelanspannung deutlich spürbar ist. Beim Loslassen ziehen sich die Stränge wieder zusammen.
- V2: Ein dünnes Stahlblech, welches auf zwei Holzklötzen liegt, soll mit dem Finger, dann mit einem Stein und danach mit einem Magneten kurz nach unten gedrückt werden. Die Beobachtung ist, dass sich der Streifen nach unten biegt und beim Loslassen wieder in die Ausgangslage zurückgeht. Dieser Versuchsaufbau ist auch als Abbildung auf dieser Seite abgedruckt.
- V3: Man soll seinem Partner einen Medizinball zurollen, dieser soll ihn zurückrollen, wobei man ihm einen seitlichen Stoß versetzt. Man beobachtet, dass der Ball beim auf den Partner Zurollen langsamer wird und von seiner ursprünglichen Bahn abweicht, wenn man ihm einen seitlichen Stoß versetzt.
- V4: Eine Kugel wird elektrisch aufgeladen und ein mit Graphit überzogener Tischtennisball nahe an ihr vorbeigerollt. Man erkennt, dass die Kugel ihre Geschwindigkeit und ihre Richtung beim Vorbeierollen ändert, ohne die andere Kugel zu berühren.
- V5: Man soll ein Eisenstück auf einen kleinen Experimentierwagen legen und auf einen anderen Wagen einen Magneten. Wenn man die Wagen einander annähert, ziehen sie sich an und ändern ihre Geschwindigkeit.

Danach werden die wichtigsten Fakten zusammengefasst: Kräfte lassen sich an ihren Wirkungen erkennen, wobei verschiedene Kraftarten (Muskelkraft, Federkraft, elektrische und magnetische Kraft oder auch „Naturkräfte“ wie Wasser- und Windkraft) genannt werden. Die Wirkungen der Kräfte werden in elastische, also vorübergehende Verformung und plastische, d.h. dauerhafte Verformung, sowie in die Änderung des Bewegungszustandes, also Beschleunigung

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

nigen, Abbremsen und Richtungsänderung, unterteilt. Die Begriffe dynamische und statische Kraftwirkung werden daraufhin erklärt. Außerdem wird die Kraft als Basisgröße mit dem Buchstaben F eingeführt. Die daraufhin folgenden Aufgaben sollen nochmals Kraftarten und Wirkungen von Kräften an verschiedenen Beispielen aus dem Alltag wiederholen. Am Rand von Seite 77 sind noch weitere Denkanstöße und Arbeitsaufträge („Verknüpfe“ und „Denke weiter“) zum Thema Wind- und Wasserkraft, sowie Muskelkraft und Informationen zum Bau von z.B. Pyramiden dargestellt.

d. Vergleich und Bewertung

Wenn man die drei Bücher der 7. Klasse, also B1-7, B2-7 und B3-7 einander gegenüberstellt und vergleicht, so stellt man fest, dass in allen drei Büchern der statische Aspekt der Kraftwirkung eher hervorgehoben wird als der dynamische Aspekt. Dies wird deutlich durch den Versuch mit dem Stahlblech, welches verformt wird und sowohl in B2-7 als auch in B3-7 vorkommt. Aber auch die Abbildung des Jungen, der den Expander dehnt in B1-7 und der Versuch in B3-7 bzw. die Abbildungen vom Stabhochspringer in B2-7 und B3-7 unterstreichen den statischen Aspekt. In B3-7 befindet sich auf den untersuchten Seiten keine Abbildung, die eine Krafteinwirkung und eine daraus folgende Richtungsänderung, darstellt, obwohl es in mehreren Versuchen vorkommt. In B2-7 ist hier immerhin der Torwart und der Fußballer beim Kopfball und in B1-7 ein Skifahrer, der eine Kurve fährt, abgebildet. Auch in den Merksätzen von B2-7 und B3-7 wird zuerst auf eine dauerhafte oder vorübergehende Verformung eines Körpers und dann erst auf die Änderung des Bewegungszustandes als Wirkung einer Kraft hingewiesen. Nur in B1-7 wird die Bewegungsänderung als Erstes im rot gedruckten Merksatz erwähnt und dann sogar gleich darauf in Geschwindigkeitsänderung (Geschwindigkeit wird hier jedoch als Betragsgröße im Sinne von Tempo verwendet) und Richtungsänderung aufgeschlüsselt. B1-7 und B3-7 sprechen also die Richtungsänderung explizit an; in B2-7 ist nur von der Änderung des Bewegungszustandes die Rede. Der dynamische Aspekt wird in den Versuchen meist mit einem Modellauto (B1-7 und B2-7) oder einem Medizinball (B3-7), welcher angestoßen und dann langsamer wird, erarbeitet, wobei die Bewegungen in einer Richtung, also im Eindimensionalen stattfinden. In B1-7 werden zur Darstellung der Änderung des Geschwindigkeitsbetrages vier Bilder (von sieben) verwendet. Bei den Versuchen zur Richtungsänderung wird in B2-7 und B3-7 eine Eisenkugel mit einem Magneten gezogen bzw. ein mit Graphit überzogener Tischtennisball mit einer elektrisch aufgeladenen Folie bewegt, wobei hier eine zweidimensionale Bewegung auftritt, die allerdings in den Büchern nicht durch explizite Abbildungen erklärt und erläutert wird. Nur in B1-7 gibt es keinen Versuch zur Richtungsänderung. Im Merksatz von B1-7 wird erwähnt, dass bei Formänderungen Kräfte wirken, wobei der hier verwendete Plural als positiv anzusehen ist. In den Beispielen zur Verformung wird in allen Schulbüchern allerdings immer nur eine angreifende Kraft herausgehoben, obwohl an den Körpern mehrere Kräfte angreifen.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Eine Besonderheit im Hinblick auf B1-7 und B2-7 stellt dar, dass in beiden Büchern auf die Raumfahrt verwiesen wird. In B1-7 wird hiervon sogar eine ganze Seite berichtet, in B2-7 ist es nur ein kleiner Absatz am Rand. B1-7 stellt dies sehr interessant dar und nennt viele spannenden Informationen, wobei hier auch eine Verknüpfung mit dem Thema Kraft stattfindet. Dadurch, dass es im Weltraum keine Reibung gibt, ist ein Raumschiff, welches einmal in Bewegung ist, immer in Bewegung, nur bei Kurskorrekturen braucht man den Antrieb. Dies stellt natürlich unterschwellig schon einen Teil des Trägheitssatzes oder Beharrungsprinzips dar. In B2-7 wird dieses 1. Newtonsche Axiom sogar formuliert, ohne es zu diesem Zeitpunkt bereits so zu nennen.

Wenn man die vorliegenden Bücher in diesem Thema danach untersucht, ob sie die bekannten Schülervorstellungen verändern oder stattdessen fördern, stellt man einige interessante Dinge fest. Vorneweg ist allerdings zu erwähnen, dass der Begriff der Geschwindigkeit zu dem Zeitpunkt, zu dem die Kraft eingeführt wird, noch nicht behandelt wurde, d.h. also, dass die Schüler an den Begriff mit ihrer Alltagsvorstellung herangehen und somit die Geschwindigkeit als eine Betragsgröße betrachten. Wenn also in B1-7 und B3-7 von einer Geschwindigkeitsänderung die Rede ist, so meint das Buch auch die betragsmäßige Änderung, womit die Schülervorstellungen gestützt werden. Da die Geschwindigkeit als Vektor, der einen Betrag und eine Richtung hat, erst in der 8. Klasse eingeführt wird, kann dies zu Problemen im Lernprozess führen, da es für die Schüler absurd klingt, dass sich bei einer Geschwindigkeitsänderung auch die Richtung ändern kann. Besser wäre es schon früh, also zu Beginn der Mechanik, von Tempo oder Schnelligkeit zu reden und dies konsequent durchzuziehen. Weiterhin wird in B1-7 die Reibung häufig als etwas die Bewegung Hemmendes dargestellt. Dies zeigt sich vor allem in der Aufgabe, bei der ein Auto eine schräge Rampe herunterfahren soll und dann auf verschiedenen Unterlagen rollt, oder den beiden Aufgaben auf Seite 70. Hierbei sollte man im Hinterkopf behalten, dass dieser Aspekt der Reibung nicht überbetont wird, da die Reibungskraft der Straße oder der Startblöcke, auch die das Auto oder den Sprinter nach vorne bringende Kraft darstellt. Weiterhin wird wohl die Schülerfehlvorstellung „Kraft kann man haben.“ durch die einführenden Betrachtungen der durch Muskelkraft verursachten Bewegungsänderungen oder Verformungen in B2-7 und in B3-7 mehr oder weniger gefördert bzw. aufgearbeitet. B2-7 geht explizit von der Muskelkraft aus und versucht, ausgehend von ihr weitere Kraftarten zu benennen. In B3-7 versucht die Überschrift „Hat allein der Starke Kraft?“ und auch die Abbildung mit dem „kräftigen“ Obelix auf diese Fehlvorstellung einzugehen. Dadurch, dass sofort am Anfang des Kapitels auf den Alltagsbegriff „Kraft“ und auf andere Wörter, die „Kraft“ beinhalten, eingegangen wird, sowie auch die Überschrift im Unterricht diskutiert werden kann, wird hier wohl am besten versucht, die gängige Schülervorstellung des „Krafthabens“ aufzuarbeiten. Wobei man auch erwähnen muss, dass die Alltagsbegriffe „Geisteskraft“, „Sehkraft“ usw. in allen drei Büchern

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

angesprochen werden (in B1-7 im Aufgabenteil, in B2-7 nachdem auf die Muskelkraft eingegangen wurde, in B3-7 ganz am Anfang). Bei all dem hier Erwähnten ist es natürlich stets dem Lehrer überlassen, wie stark er auch bereit ist, die Schülervorstellungen zu benennen und offen über sie zu diskutieren.

6.1.2 Vergleich und Gleichheit von Kräften

a. Im Schulbuch B1-7

Nach dem Thema „Kräfte und Kraftwirkungen“ wird in allen drei Büchern auf den Vergleich von Kräften übergeleitet. In B1-7 wird hierfür Seite 71 verwendet und als Einstieg ein Foto von zwei Männern beim Fingerhakeln abgebildet. Danach folgen zwei Versuche: Beim Ersten soll die Muskelkraft der Schüler miteinander verglichen werden, indem man einen Expander oder einen Fahrradschlauch, der an einem Stativ befestigt ist, waagrecht ziehen soll, wobei mit einem Maßstab die Länge ermittelt wird. Man soll außerdem überlegen, wann zwei Kräfte gleich groß sind und ob die Einheit, die man hier zum Messen von Kräften verwendet, sinnvoll ist. Im zweiten Versuch (Gruppenexperiment) werden eine Schraubenfeder aus Stahl, ein Stativ und leichte Gegenstände verwendet, die nacheinander an die Feder gehängt werden. Die Frage ist, was man ergänzen muss, um festzustellen, ob zwei Kräfte gleich groß sind. Zusammenfassend wird erklärt, dass zwei Kräfte gleich groß sind, wenn sie dieselbe Schraubenfeder um die gleiche Länge dehnen. Danach heißt es, dass zwei Kräfte auch gleich groß sind, wenn sie am selben Körper die gleiche Bewegungsänderung bewirken, was den dynamischen Vergleich von Kräften beschreibt, der allerdings, so B1-7, in der Praxis aufwendiger ist.

b. Im Schulbuch B2-7

Um Messverfahren für Kräfte festlegen zu können, soll die Frage nach den Bedingungen, wann zwei Kräfte als gleich beurteilt werden, in B2-7 geklärt werden (Seite 93 bis 95). Es kommt zu der Frage: „Wie kann festgestellt werden, welcher von zwei Schülern über die größere Muskelkraft in den Armen verfügt?“, wobei auf den Expander, der vom Stärkeren weiter gedehnt werden kann, eingegangen wird. Um einen objektiven Vergleich von Kräften zu ermöglichen, soll vom Muskelgefühl weggegangen werden. Man kann die statische, aber auch die dynamische Kraftwirkung für den Vergleich von Kräften anwenden, wobei zwei Kräfte dann gleich sind, wenn sie die gleiche Wirkung hervorrufen. Es wird sich beim Vergleich von Kräften jedoch auf einen Versuch zur verformenden Wirkung beschränkt, da dieser einfacher durchzuführen ist. An einem Stativ wird die gleiche Schraubenfeder mehrmals befestigt, wobei unterschiedliche Kräfte (a: Gewichtskraft einer Holzkugel, b: Gewichtskraft einer Plastilinkugel, c: Plastilinkugel, die die Schraubenfeder gleich weit dehnt, wie die Holzkugel, d: magnetische Kraft durch einen Stabmagneten, e: Muskelkraft) einwirken und die Verlängerung mit einer Messlatte bestimmt wird (Abbildung 17).

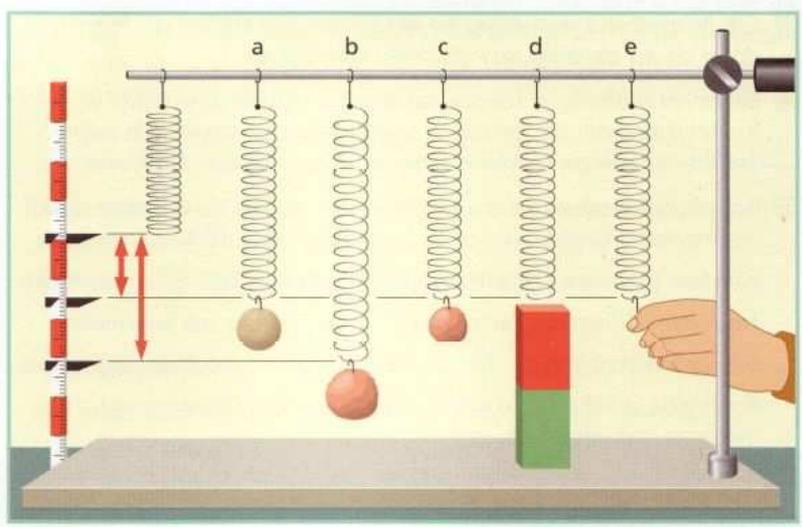


Abbildung 17: Versuchsaufbau beim Vergleich von Kräften aus B2-7

Da die Plastik- und Holz-Plastik-Kugel in b die Feder weiter dehnt, ist ihre Gewichtskraft größer als die der Holz-Plastik-Kugel. Da a, c, d und e die Schraubenfeder gleich weit dehnen, sind diese Kräfte wohl gleich groß. Die Gleichheitsbedingung für Kräfte wird auf folgende Weise formuliert: „Zwei Kräfte sind dann gleich, wenn sie dieselbe Schraubenfeder (allgemein: denselben Körper) vorübergehend gleich weit dehnen (allgemein: in gleicher Weise verformen). Am Rand auf Seite 94 wird darauf verwiesen, dass man die Gleichheit von Kräften auch über die dynamische Wirkung festlegen kann, wobei dafür z.B. ein Wägelchen durch zwei Kräfte (elastisch gespannte Feder und Gewichtskraft eines Körpers, der mit einer über eine Rolle geführten Faden am Wägelchen hängt) aus der Ruhe beschleunigt und jeweils nach Durchfahren derselben Strecke die gleiche Geschwindigkeit erreichen soll.

c. Im Schulbuch B3-7

In B3-7 werden Seite 78 bis 79 für das Thema „Vergleich und Gleichheit von Kräften“ hergenommen, wobei „Hau den Lukas!“ als Überschrift schon neugierig macht. Nach den motivierenden und einleitenden Worten über Volksfeste und ihre Attraktionen werden sechs Versuche mit Beobachtungen dargestellt:

- V1: Man soll eine Schraubenfeder an einen Haken hängen und mit der Hand senkrecht nach unten ziehen, wobei mit einem Maßstab die Längenänderung markiert wird (Abbildung 18).
- V2: Ein anderer Schüler soll ebenfalls an der Feder ziehen. Wenn er wieder in die gleiche Richtung zieht, ist die Verformung der Feder größer, kleiner oder gleich wie beim vorherigen Versuch (Abbildung 18).

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

- V3: Diesmal sollen ein Stein, ein Holzklötz und ein Federmäppchen an die Feder gehängt werden und die Auslenkung festgehalten werden. Man erkennt, dass die Feder immer unterschiedlich stark verformt wird (Abbildung 18).
- V4: Nun sollen an einen Körper (Stein oder Holz), der die Feder weniger dehnt, Plastilinkügelchen angebracht werden, sodass er die gleiche Längenänderung wie der andere Körper verursacht (Abbildung 18).
- V5: Man wird nun dazu aufgefordert, einen Wagen auf eine Fahrbahn zu stellen und mit einer Schnur die Gegenstände aus V1 bis V3 zu befestigen, wobei die Strecke markiert wird, die der Wagen in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Es stellt sich heraus, dass der Wagen bei einer festgelegten Zeit und den verschiedenen Körpern unterschiedliche Strecken zurücklegt (Abbildung 19).
- V6: Es soll nun V5 mit zwei Körpern, die die Feder gleich weit dehnen, wiederholt werden, wobei man beobachtet, dass der Wagen in gleicher Zeit den gleichen Weg zurücklegt.

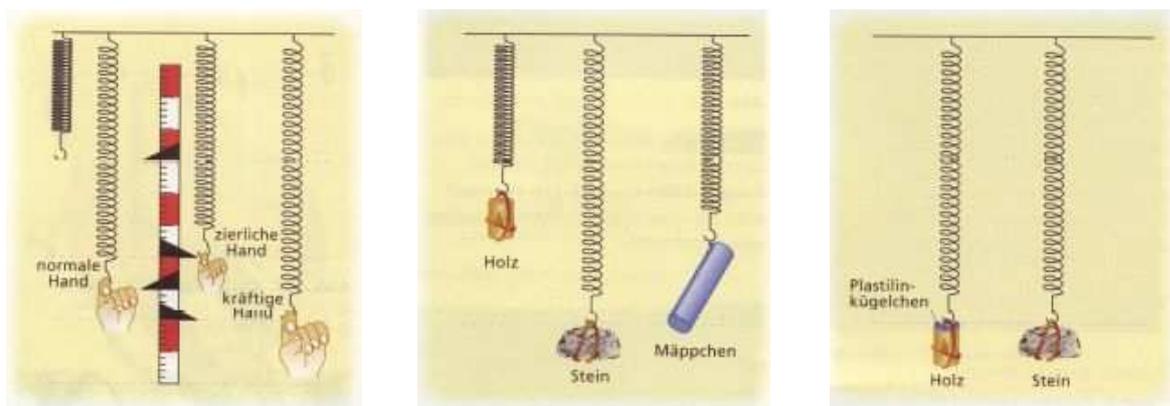


Abbildung 18: Versuchsaufbau bei V1 bis V4 aus B3-7

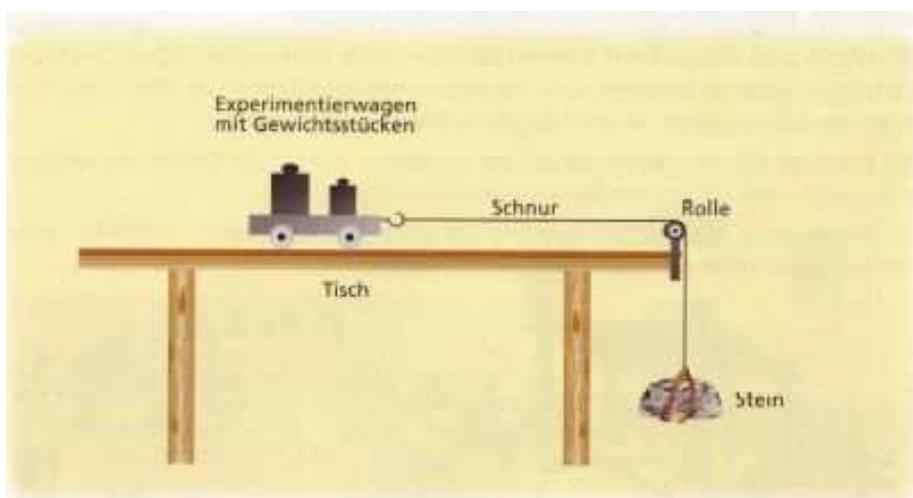


Abbildung 19: Versuchsaufbau bei V5 und V6 aus B3-7

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Zusammenfassend wird nach den Versuchen nun darauf verwiesen, dass ein Kräftevergleich über Verformungen durchführbar ist, da die Größe der Längenänderung der Schraubenfeder ein Maß für die Größe der Kraft ist, wobei die Kraft wieder indirekt über ihre Wirkung bestimmt wird. Man kann den Vergleich von Kräften aber auch anhand von Bewegungsänderungen erkennen, denn wenn ein Wagen durch zwei Gewichtskräfte in gleicher Zeit die gleiche Strecke zurücklegt, sind die beiden Kräfte gleich groß. Der Merksatz: „Zwei Kräfte sind gleich groß, wenn sie an einem Körper dieselbe Formänderung oder dieselbe Veränderung des Bewegungszustandes hervorrufen.“ rundet das Thema ab.

d. Vergleich und Bewertung

Bei der Gegenüberstellung der drei Bücher beim „Vergleich von Kräften“ ist deutlich erkennbar, dass nur B3-7 mit den Versuchen V5 und V6 (Abbildung 19) auf die dynamische Kraftwirkung eingeht und ganz klar auch den Kräftevergleich anhand von Bewegungsänderungen gleichberechtigt neben den Kräftevergleich durch Verformungen stellt. In B1-7 hingegen wird zwar erwähnt, dass es einen dynamischen Vergleich gibt und mit dem Kommentar, dass dieser aufwendiger sei, abgetan. B2-7 macht wieder eine Randbemerkung, in der auch V5 bzw. V6 aus B3-7 skizziert werden. Die Merksätze in B1-7 und B2-7 werden allerdings nur für den statischen Vergleich von Kräften formuliert. Nur in B3-7 wird im Merksatz ganz klar zwischen den beiden Vergleichsmöglichkeiten differenziert.

Untersucht man die Abschnitte auf Begünstigungen für Schülervorstellungen, so fällt der Satz in B2-7 auf: „Wie kann festgestellt werden, welcher von zwei Schülern über die größere Muskelkraft in den Armen verfügt?“, der sicherlich die Vorstellung der Schüler „Kraft zu haben“ unterstützt.

6.1.3 Wechselwirkungsprinzip

a. Im Schulbuch B1-7

In B1-7 wird das 3. Newtonsche Axiom auf Seite 78 und 79 beschrieben, wobei nach der Überschrift „Gibt es eine Kraft alleine?“ eine Vierteilung erkennbar ist. Der erste Teil macht Vorschläge zu Versuchen und gibt vorbereitende Aufträge, im zweiten Teil, dem sogenannten Info-Teil, wird der Lernstoff beschrieben und erarbeitet, der dritte Teil gibt einige Übungsaufgaben und im vierten Teil wird das Thema nochmals auf den Alltag angewendet und zwar im Bereich Sport.

Am Anfang soll ein Versuch, wie in Abbildung 20 dargestellt, durchgeführt werden und dabei beobachtet werden, wer als Erstes die Stativstange in der Mitte erreicht.



Abbildung 20: Versuchsaufbau zum Wechselwirkungsprinzip aus B1-7

Als nächstes erhält man den Auftrag, einen Reißnagel mit dem Daumen in ein Brett zu drücken und dabei die Kräfte zwischen Daumen und Reißnagel zu beschreiben. Sodann wird man aufgefordert, die Frage zu klären, ob man mit einem Seil auf Inlineskatern stehend eine schwere Kiste an sich heranziehen kann. Außerdem soll beobachtet werden, was mit einem auf dem Rasen liegenden Gartenschlauch passiert, wenn man den Wasserhahn öffnet. Es folgen zwei Versuche:

- V1: Es werden ein Stabmagnet und ein Eisennagel auf einer Styroporscheibe befestigt und auf einer Wasseroberfläche schwimmend abgesetzt. Einmal soll der Magnet und dann der Eisennagel festgehalten werden.
- V2: Eine Stahlfeder wird zwischen zwei Modellautos gelegt und durch die Autos zusammengedrückt, wobei die beiden Enden der Feder auf der Unterlage markiert werden. Man soll beobachten, was passiert, wenn man das rechte bzw. das linke Auto oder beide Autos gleichzeitig loslässt.

Der Info-Teil geht nun darauf ein, dass ein Magnet zwar einen Eisennagel anzieht, umgekehrt aber auch der Eisennagel den Magnet anzieht. Ebenso, wie eine Kugel, die an einer Schraubenfeder hängt: Die Kugel zieht die Feder nach unten, aber zugleich zieht auch die Feder die Kugel nach oben. Folglich ändert ein Körper seinen Bewegungszustand oder seine Form nur dann, wenn mindestens ein zweiter Körper vorhanden ist, der als Ursache der Kraft in Frage kommt. Dies mündet in die von Newton erkannte Gesetzmäßigkeit des Wechselwirkungsprinzips, welches als Merksatz formuliert ist: „Es ist immer so, dass beide Körper wechselseitig Kräfte aufeinander ausüben. Die Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.“ Das normale Gehen ist ein Beispiel für dieses Prinzip, da die Schuhsohle eine nach hinten gerichtete Kraft auf die Straße ausübt und gleichzeitig die Straße eine nach vorne gerichtete Kraft bewirkt, was einen nach vorne bringt (Abbildung 21). Dies hört sich zwar ungewöhnlich an,

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

wird aber verständlich, wenn man sich auf Glatteis versucht fortzubewegen. Ganz am Ende wird noch erwähnt, dass die Kräfte grundsätzlich an zwei verschiedenen Körpern angreifen.

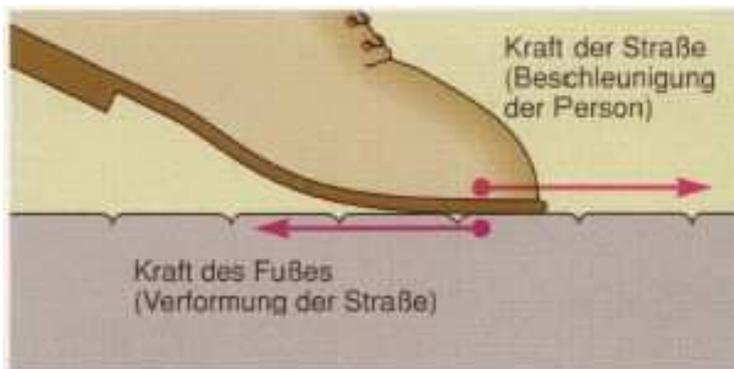


Abbildung 21: Wechselwirkungsprinzip beim Gehen aus B1-7

Die Übungsaufgaben geben nochmals die Gelegenheit, das Wechselwirkungsprinzip auf verschiedene Alltagssituationen anzuwenden, wobei das auf Kies anfahrende Auto, der aufgeblasene Luftballon, der – wenn man ihn loslässt – durchs Zimmer fliegt oder der Rückstoß beim Gewehr genannt werden.

Gleich im Anschluss daran wird noch auf zwei Sportarten verwiesen, bei denen man ohne die Wechselwirkung gar nicht nach vorne kommen würde. Der Sprinter beim 100-m-Lauf stößt sich beim Start mit einer großen Kraft nach hinten ab, wobei die Startblöcke den Läufer mit einer ebenso großen Kraft nach vorne beschleunigen. Auch beim Rudern wird durch die Ruder eine nach hinten gerichtete Kraft auf das Wasser ausgeübt, wobei das Wasser dadurch eine gleich große Kraft auf das Boot nach vorne bewirkt (Abbildung 22).



Abbildung 22: Beispiele im Sport zum Wechselwirkungsprinzip aus B1-7

b. Im Schulbuch B2-7

Das Kapitel „Wechselwirkungsprinzip“ in B2-7 ist mit „Eine Kraft kommt nie alleine“ überschrieben und wird auf den Seiten 107 bis 110, also auf vier Seiten erarbeitet. Durch den Rückgriff auf die Gravitation, welche schon in einem vorherigen Kapitel behandelt wurde, wird darauf verwiesen, dass hier eine Wechselwirkung zwischen zwei Körpern zwei Kräfte zur Folge hat, die den gleichen Betrag, aber entgegengesetzte Richtung haben und dass beide

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Kräfte jeweils an einem der beiden Körper angreifen. Diese beiden Kräfte, die als Kraft und Gegenkraft bezeichnet werden, sollen durch Versuche genauer untersucht werden:

- Versuch 1: Zwei Schüler mit Inlineskates, die ungefähr die gleiche Masse haben, stehen im Abstand von zwei Metern gegenüber, wobei beide einen Kraftmesser halten. Diese sind durch ein straff gespanntes Seil miteinander verbunden. Nun sollen zuerst beide die gleiche Zugkraft ausüben, dann übt jeweils nur einer der beiden eine Zugkraft aus und zum Schluss wird der eine Kraftmesser durch eine um die Hüfte geschlungene Schnur ersetzt, wobei der andere Schüler wieder eine Zugkraft ausübt. Die Anzeige des Kraftmessers soll beobachtet werden und der Punkt, an dem die Schüler jeweils zusammentreffen, soll am Boden markiert werden.
- Versuch 2: Dieser Versuch entspricht V1 in B1-7 mit dem Stabmagnet und dem Eisen Nagel auf den Styroporscheiben im Wasser.
- Versuch 3: Man soll beschreiben, was mit einem auf Rollen (Stativstangen) gelagerten Holzbrett passiert, auf dem ein massiver, mit gummibereiften Rädern ausgestatteter Spielzeugtruck steht, der nach vorne fährt (Abbildung 23).

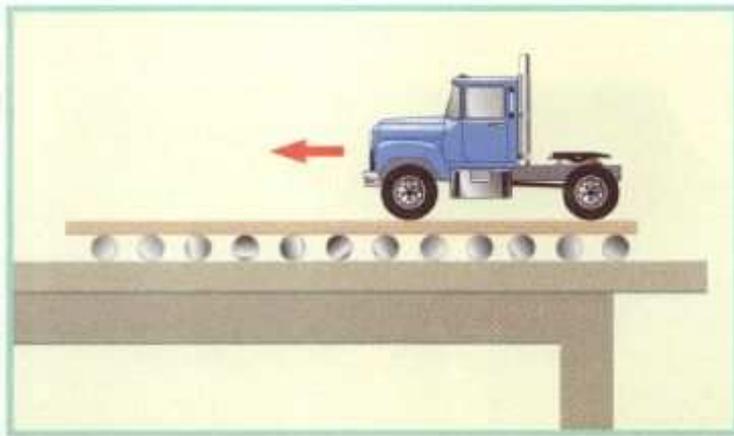


Abbildung 23: Versuchsaufbau von Versuch 3 aus B2-7

- Versuch 4: Über eine Schnur, die senkrecht an einer Stativstange angebunden ist, wobei am Anfang und am Ende der Schnur jeweils ein Kraftmesser eingespannt ist, soll eine Zugkraft ausgeübt werden (Abbildung 24). Die Frage ist, welche Kraft der linke Kraftmesser anzeigt, wenn der rechte auf 5 Newton steht bzw. welche Kraft dann in der Schnur wirkt. Um dies herauszufinden, wird die Schnur auseinander geschnitten und ein weiterer Kraftmesser eingebaut. Man stellt fest, dass alle drei Kraftmesser 5 Newton anzeigen.

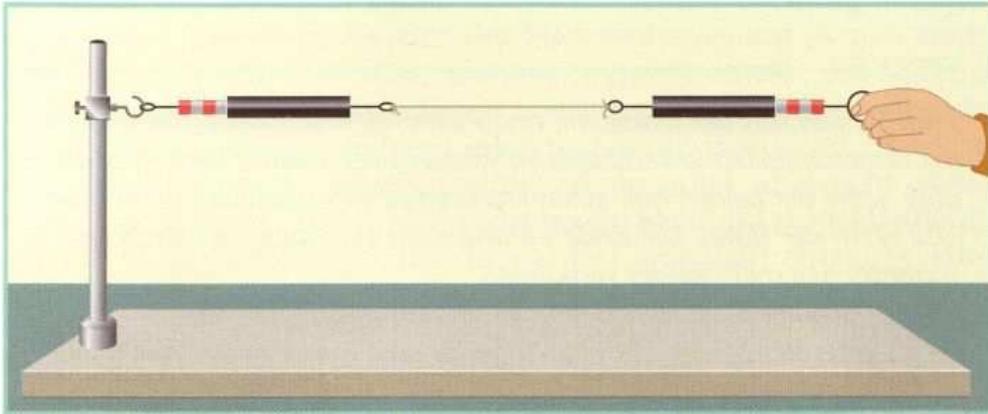


Abbildung 24: Versuchsaufbau von Versuch 4 aus B2-7

Man kann nun folgern, dass eine durch Muskelkraft auf die Stativstange ausgeübte Kraft \vec{F}_1 eine elastische Gegenkraft \vec{F}_2 hervorruft. Die beiden Kräfte haben den gleichen Betrag, sind entgegengesetzt gerichtet, wirken entlang der gleichen Wirkungslinie und greifen an verschiedenen Körpern an.

- Versuch 5: Eine Balkenwaage, auf der ein mit Wasser gefülltes Becherglas steht, wird ins Gleichgewicht gebracht. Dann wird ein an einer Schnur hängender Metallwürfel in das Wasser gesenkt, bis dieser völlig eintaucht, ohne jedoch den Boden des Becherglases zu berühren (Abbildung 25).

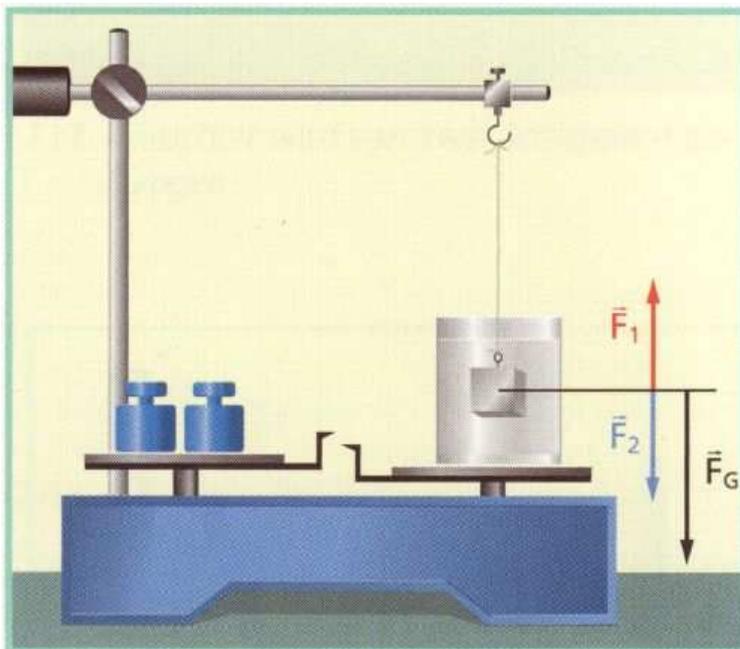


Abbildung 25: Versuchsaufbau zu Versuch 5 aus B2-7

Man beobachtet, dass das Gleichgewicht gestört wird und sich die Waage auf der Seite, auf der der Körper ins Wasser eintaucht, senkt. Erklärt wird das Ganze folgendermaßen: Auf den Körper wirkt eine Auftriebskraft \vec{F}_1 , die am Körper angreift und zur Gewichtskraft \vec{F}_G entge-

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

gegengesetzt gerichtet ist. Da die Auftriebskraft eine Gegenkraft \vec{F}_2 zur Folge hat, die am Wasser und damit am Becherglass angreift, wird die Waage aus dem Gleichgewicht gebracht. Um die Waage wieder auszugleichen, müsste man auf der anderen Seite ein Wägestück auflegen, dessen Gewichtskraft den gleichen Betrag wie die Auftriebskraft hat. Die Ergebnisse werden in folgendem Merksatz, welcher das Wechselwirkungsprinzip darstellt, formuliert:

„Kräfte entstehen durch Wechselwirkungen und treten stets paarweise auf. Übt ein Körper A eine Kraft auf einen Körper B aus, so wirkt der Körper B mit einer Kraft auf den Körper A. Diese beiden Kräfte, Kraft und Gegenkraft, haben den gleichen Betrag, entgegengesetzte Richtung und greifen an verschiedenen Körpern an.“

Danach wird noch darauf verwiesen, dass dieses von Newton entdeckte Gesetz auch oft mit „*actio* ist gleich *reactio*“ (Wirkung ist gleich Gegenwirkung) bezeichnet wird. Weiterhin wird auf die drei Gesetze von Newton eingegangen, wobei das Wechselwirkungsprinzip das dritte Gesetz darstellt, und ein Ausblick auf den Trägheitssatz gegeben, der später behandelt wird.

Die Übungsaufgaben sind zahlreich und gehen auf viele Alltagssituationen im Zusammenhang mit dem dritten Newtonschen Axiom ein (z.B. Startblock beim Sprinter, Raketenantrieb, Abfeuern eines Sportgewehrs, Fortbewegung des Autos, Schweben eines Hubschraubers usw.).

c. Im Schulbuch B3-7

Das Spülmittel-„Raketenboot“ ist die Überschrift und der erste Versuch bei der Behandlung vom Wechselwirkungsprinzip in B3-7 (Seite 92 bis 93).

- V1: Man soll aus Pappe oder Styropor ein Schiffchen wie in Abbildung 26 basteln und auf eine große ruhige Wasseroberfläche setzen, wobei man in das Loch einen Tropfen Spülmittel gibt. Die Beobachtung ist, dass das Schiffchen davonschnellt, sobald das Spülmittel mit dem Wasser in Berührung kommt.



Abbildung 26: Seifenschiffchen aus B3-7

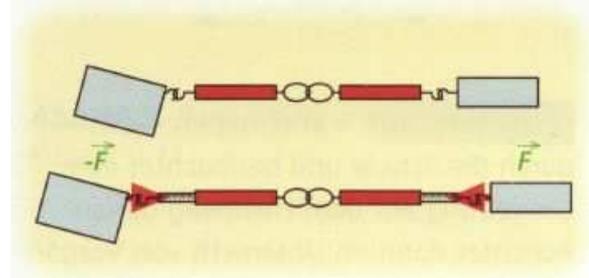


Abbildung 27: Versuchsaufbau zu V2 aus B3-7

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

- V2: Zwei gleichartige Kraftmesser werden über die Halteringe verbunden und jeweils an einem Holzklötzchen befestigt (Abbildung 27). Nun soll man die Körper etwas auseinanderziehen und auf die Anzeige der Kraftmesser achten. Man beobachtet, dass man beim Auseinanderziehen beide Körper festhalten muss, da jeder Körper über die Federn in den Kraftmessern auf den anderen eine Kraft ausübt, welche einander entgegengesetzt gerichtet sind, auf der gleichen Wirkungslinie liegen, vom Betrag gleich groß sind und an verschiedenen Körpern angreifen.
- V3: Ein Stabmagnet und ein gleichschweres Eisenstück werden an je zwei Fäden aufgehängt (Abbildung 28). Der Abstand zwischen dem Eisenstück und dem Stabmagneten soll am Anfang groß sein und dann langsam verringert werden. Man beobachtet dabei, dass zu Beginn die vier Fäden genau senkrecht nach unten hängen und nach Verringern der Entfernung die Fäden bei beiden Körpern gleich schräg verlaufen, was daraufhin deutet, dass sich der Magnet und das Eisenstück gegenseitig anziehen.
- V4: Man wird dazu aufgefordert, übereinander gelegte Overheadfolien ein paar Mal kräftig aneinander zu reiben, wobei man sie dann senkrecht halten und trennen soll. Die Folien wurden durch das Reiben elektrisch aufgeladen. Dies führt beim Trennen dazu, dass sie sich gegenseitig anziehen und beim Wiederannahern, dass sich beide Folien verbiegen und sich in der Mitte treffen.

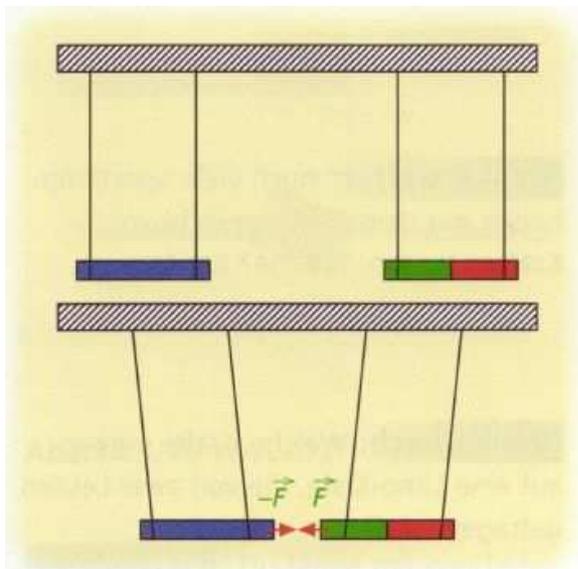


Abbildung 28: Versuchsaufbau zu V3 aus B3-7

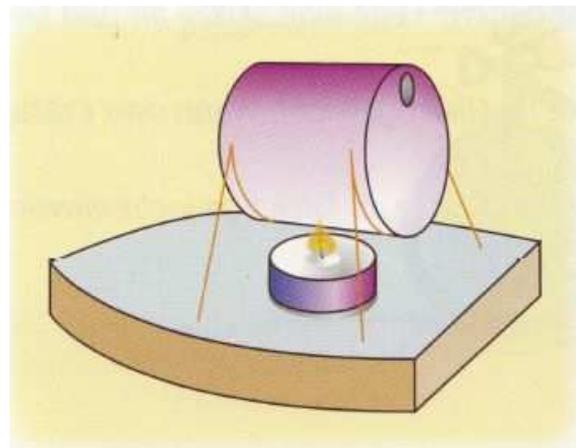


Abbildung 29: Milchdosenboot aus B3-7

- V5: Auf das Ende einer langen Biergartenbank soll ein eingeschalteter Laser liegen, wobei man den Lichtfleck an der Wand beobachten soll, wenn sich jemand auf die Bank setzt. Man stellt fest, dass der Lichtfleck an der Wand ein wenig nach oben wandert.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Am Rand unter der Rubrik „Probiere aus“ kann man sich ein Milchdosenboot bauen (Abbildung 29), welches ähnlich funktioniert wie das Seifenschiffchen, wobei man bei den Feinheiten des Aufbaus und der Erklärung der genauen Funktionsweise etwas knobeln muss.

Im „Wir stellen zusammen“-Teil wird nochmals auf die Versuche eingegangen und die Fortbewegung des Raketenbootes damit erklärt, dass auf das fließende Spülmittel eine Kraft \vec{F} und auf das Schiffchen ein Kraft $-\vec{F}$ wirkt, welche das Boot antreibt. Das Auftreten dieser wechselseitigen Wirkung ist in V2 bis V4 noch deutlicher erkennbar. Der Merksatz ist sehr ausführlich:

Wir merken uns

Das Wechselwirkungsprinzip

- Eine Kraft \vec{F} ruft stets eine gleich große Gegenkraft $-\vec{F}$ hervor. Das ist unabhängig von der Art der Kraftentstehung.
- Kraft und Gegenkraft haben stets den gleichen Betrag und die gleiche Wirkungslinie, zeigen aber immer in entgegengesetzte Richtungen. Sie wirken auf verschiedene Körper.
- In der Natur existieren keine einzelnen Kräfte (ohne Partner).

Abbildung 30: Merkstoff aus B3-7

Danach wird das Wechselwirkungsprinzip noch durch die Schlagwörter Kraft = Gegenkraft und actio = reactio charakterisiert. Sofort im Anschluss wird darauf eingegangen, dass diese Aussage an das Gleichgewicht von zwei Kräften erinnert. Der Unterschied ist jedoch, dass bei Kraft und Gegenkraft zwei Körper beteiligt sind, die wechselseitig Kräfte aufeinander ausüben, und beim Gleichgewicht zwei Kräfte auf einen Körper wirken.

Am Ende von diesem Kapitel werden noch Alltagsbeispiele genannt, bei denen die Wechselwirkung von Kräften eine Rolle spielt (Laufen, Fahrradfahren, Sprinten, Bücher auf Regalbrett). Außerdem wird noch das Rückstoßprinzip der Rakete erklärt, bei der eine große Kraft dadurch wirkt, dass die Verbrennungsgase mit hoher Geschwindigkeit durch die Düsen ausgestoßen werden und dabei eine gleich große Gegenkraft die Rakete vorwärts treibt.

Am Ende dieses Abschnittes werden sowohl praktische Aufgaben zu Alltagssituationen, aber auch originelle theoretische Denkaufgaben gegeben. Ein Beispiel hierfür ist Aufgabe 6 auf Seite 93:

„Kapitän Blaubär schippert über den Stillen Ozean – Windstille. Da lässt er Hein und die geladenen Windeier in die Segel blasen. Volle Fahrt voraus oder Seemannsgarn?“

d. Vergleich und Bewertung

Bei einer Gegenüberstellung von B1-7, B2-7 und B3-7 erkennt man, dass in B1-7 am wenigsten Versuche dargestellt werden. Am originellsten sind wohl die Experimente in B3-7, denn

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

das Spülmittelraketenboot oder das Milchdosenboot motivieren die Schüler und regen sie zum Nachdenken über die Physik an, die dahinter steckt. In allen drei Büchern wird auch der Versuch mit dem Stabmagneten und dem Eisenstück, entweder schwimmend auf Styroporplatten (B1-7 und B2-7) oder hängend an zwei Fäden (B3-7), erläutert. Versuch 3 in B2-7 mit den Stativstangen und dem Spielzeugtruck verdeutlicht sehr gut das „nachhinten Wegschieben der Straße“ beim Anfahren eines Fahrzeugs. Außerdem veranschaulicht Versuch 4 in B2-7 mit dem Kraftmesser an der Stativstange, der mit einer Schnur mit einem weiteren Kraftmesser, an dem gezogen wird verbunden ist, dass auch – wenn man einen dritten Kraftmesser in die Schnur integriert – alle Kraftmesser das Gleiche anzeigen; die Schnur überträgt also die Kraft unverändert. Allerdings wird dann von einer „elastischen“ Gegenkraft gesprochen, ohne dabei auf den eher seltsam wirkenden Begriff „elastisch“ näher einzugehen. Versuch 5 in B2-7 ist relativ kompliziert und unter der Voraussetzung, dass die Schüler die Auftriebskraft noch nicht explizit behandelt haben, gar nicht so leicht zu verstehen. Ferner ist die Abbildung zu diesem Versuch mit den eingezeichneten Kräften etwas missverständlich, denn \vec{F}_1 und \vec{F}_2 greifen am selben Punkt an, was nach der Anwendung des dritten Newtonschen Axioms natürlich nicht korrekt ist und eher noch dazu beiträgt, es mit dem Gleichgewicht von Kräften zu vertauschen. Besser wäre, wenn \vec{F}_2 am Wasser oder am Becher angreifen würde. Weiterhin zu bemängeln ist, dass die Kräfte \vec{F}_1 und \vec{F}_2 genannt werden und nicht angeben, welche Körper hier wechselwirken. So müsste man \vec{F}_1 eigentlich $\vec{F}_{Wasser \rightarrow Stein}$ und \vec{F}_2 als $\vec{F}_{Stein \rightarrow Wasser}$ bezeichnen. Außerdem wäre es wohl auch sinnvoll, zwischen dem Haken am Stativ und dem Faden, an dem der Metallwürfel befestigt ist, einen Kraftmesser einzubauen, um die hier wirkenden Kräfte sichtbar zu machen (Abbildung 31).

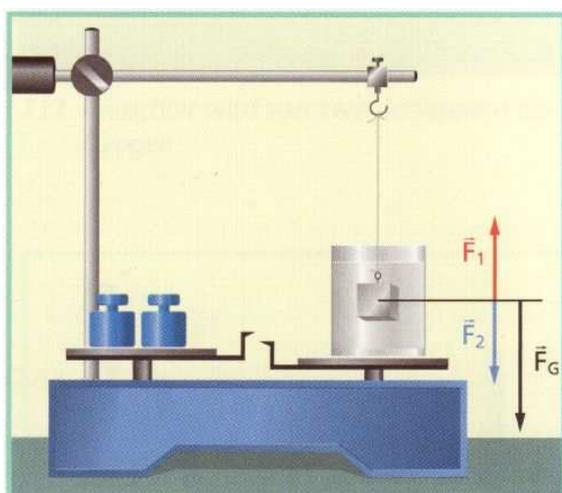


Abbildung 31: Missverständliche Darstellung der Kräfte aus B2-7

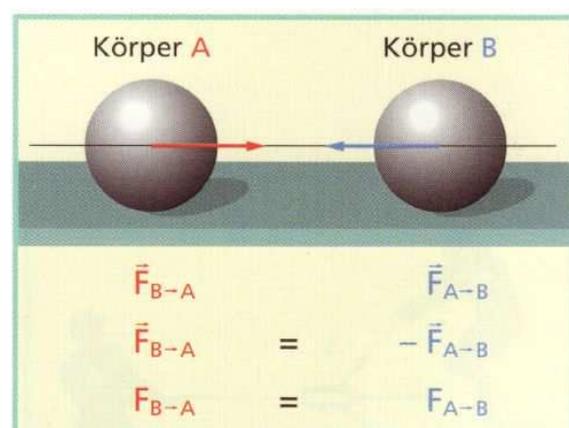


Abbildung 32: Abbildung zum Merksatz in B2-7

Bei der Erklärung und Formulierung des Wechselwirkungsprinzips als Merkstoff in B1-7 werden keine Vektoren verwendet, des Weiteren wird der Sachverhalt, dass die Wechselwir-

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

kungskräfte an verschiedenen Körpern angreifen, erst ganz am Ende und nicht im rot abgedruckten Merksatz selbst dargestellt. Man kann ferner feststellen, dass die Begriffe „Kraft = Gegenkraft“ oder „actio = reactio“ nicht verwendet werden. In B2-7 hingegen wird der Merksatz mit Abbildung 32 erklärt. Es werden Vektoren in der Darstellung verwendet und die Wechselwirkung der Körper mit den Indizes A und B gekennzeichnet. Zugleich wird die lateinische Formulierung „actio ist gleich reactio“ erwähnt, was auch leicht dazu führen kann, die Alltagsvorstellung, dass nur aktive Körper eine Kraft ausüben und passive Körper Widerstand leisten, zu unterstützen. B3-7 erklärt das Wechselwirkungsprinzip auch mit Vektoren, wobei unter dem „Wir merken uns“-Kasten die Begriffe „Kraft = Gegenkraft“ und „actio = reactio“ erwähnt werden. Sehr schön ist jedoch, dass diese Formulierungen sofort vom Gleichgewicht von Kräften abgegrenzt werden, indem daraufhin gewiesen wird, dass beim Wechselwirkungsprinzip die Kräfte an unterschiedlichen Körpern angreifen, wobei beim Gleichgewicht die Kräfte auf einen Körper wirken.

In allen drei Büchern werden viele didaktisch sinnvolle Alltagsanwendungen vom dritten Newtonschen Axiom entweder im Aufgabenteil (vor allem in B2-7) oder auch im Text selbst dargestellt. B1-7 veranschaulicht die Kräfte beim Starten eines Sprinters aus dem Startblock, die wechselwirkenden Kräfte beim Rudern, die Kräfte am Schuh beim Laufen oder auch den nach hinten aufgewirbelten Kies beim Anfahren eines Autos mit Fotos oder Abbildungen. In B2-7 sind die Alltagsanwendungen dieses Gesetzes ausschließlich im Aufgabenteil eingebaut, wohingegen B3-7 außer auf die zur Fortbewegung nötigen wechselwirkenden Kräfte auch auf den Rückstoß bei Raketen eingeht. Auch die theoretischen und kniffligen Denkaufgaben aus B3-7 (Aufgabe 4 und Aufgabe 7 auf Seite 93) seien hier erwähnt, welche zu einem tieferen Verständnis beitragen können.

6.2 Teilaspekte der Mechanik in der 8. Jahrgangsstufe: Bewegungen

In der 8. Jahrgangsstufe im technischen Zweig der bayerischen Realschule wird im Fach Physik die Mechanik fortgesetzt. Meist wird dabei zuerst auf die Dichte von Körpern eingegangen, um dann die Reibung sowie die Begriffe Arbeit, Leistung und Energie einzuführen.

Der Themenblock „Bewegungen“ wird im Anschluss daran behandelt. Hierbei stehen vor allem die Geschwindigkeit als Fachausdruck, aber auch die gleichförmige Bewegung sowie die Bewegung unter Einfluss einer konstanten Kraft im Mittelpunkt. Im Hinblick auf die drei Newtonschen Axiome (Trägheitssatz und Wechselwirkungsprinzip sind für die Schüler bekannt) und den bereits in der 7. Jahrgangsstufe eingeführten Kraftbegriff knüpfen diese Themen direkt an, denn hinter der Bewegung eines Körpers unter dem Einfluss einer konstanten Kraft verbirgt sich das zweite Newtonsche Axiom, welches allerdings nicht explizit im Lehrplan auftaucht. Interessante Aspekte sind wiederum die Sachstruktur, ob es zu einer

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

vektoriellen Darstellungsweise kommt und inwiefern auf die Alltagsvorstellungen der Schüler eingegangen wird.

6.2.1 Erfassung und Beschreibung von Bewegungen

Nach dem Kapitel über die Bezugssysteme wird meist direkt zur gleichförmigen Bewegung und der Geschwindigkeit übergeleitet (B1-8 und B2-8). Nur B3-8 bildet hier die Ausnahme: es werden die Erfassung und Beschreibung von Bewegungen behandelt, noch bevor die typischen Themen der Dynamik erarbeitet werden. Dieses Kapitel ist mit „Langsam, schnell und nicht immer geradeaus“ überschrieben und auf den Seiten 56 und 57 zu finden. Es werden einige unterschiedliche Bewegungen zu Beginn genannt und schließlich die Frage aufgeworfen, wie man diese Bewegungen physikalisch exakt beschreiben kann: Der 100-m-Läufer bewegt sich schnell und geradeaus. Die Spitze eines Turmuhrzeigers bewegt sich langsam und im Kreis. Des Weiteren geht es bei einer Autofahrt von Würzburg nach München mal langsam, mal schnell, bergauf, bergab, ein Stück geradeaus, dann um die Kurve oder es bewegt sich gar nichts mehr, wenn man im Stau steht. Es folgen fünf Versuche mit den jeweiligen Beobachtungen:

- V1: Man soll mit der Spitze eines Folienstiftes eine Achter- oder Spiralbahn auf einer Folie zeichnen, ohne dass der Mitschüler den genauen Bewegungsablauf sehen kann (Abbildung 33). Danach wird die Folie auf den Overhead-Projektor gelegt, wobei die Bewegung des Stiftes genau zu beschreiben ist. Anstelle des Stiftes und der Folie kann man auch die Maus und ein Grafikprogramm am Computer verwenden. Dabei gibt es Programme, die speziell für die Aufzeichnung der Mausbewegung ausgelegt sind. Man stellt fest, dass es durchaus gelingt, anhand der Aufzeichnung den Bahnverlauf der Kurve zu beschreiben, jedoch nicht, wie schnell und in welche Richtung die Bewegung erfolgte.
- V2: Nun soll eine Folie mit einer Kreisbahn, die von den Spitzen des Sekundenzeigers einer Wanduhr durchlaufen wird, aufgelegt werden. Dadurch, dass man jetzt die Bewegungsrichtung und den genauen zeitlichen Ablauf kennt, kann man die Bewegung vollständig beschreiben.
- V3: Hier soll V1 mit einem Computerprogramm zur Aufzeichnung der Mausbewegung wiederholt werden, wobei zusätzlich nach gleichen Zeitabschnitten Marken auf der Bahnkurve gesetzt werden. Jetzt kann aus der Reihenfolge der Zeitmarken auf die Bewegungsrichtung und aus ihrem Abstand auf die Schnelligkeit der Bewegung in den einzelnen Abschnitten geschlossen werden (Abbildung 34).

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

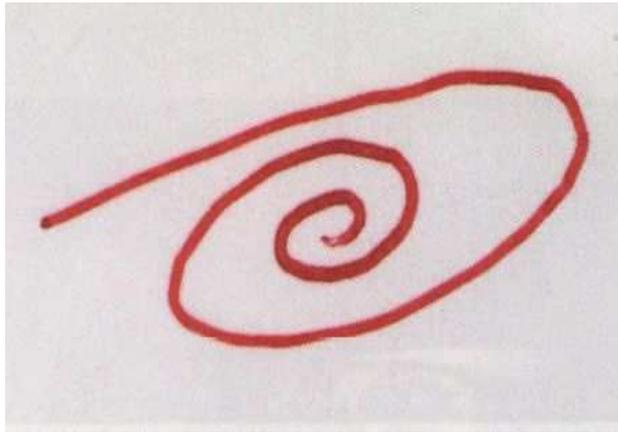


Abbildung 33: Zu V1: Bahnkurve einer Spiralbewegung aus B3-8

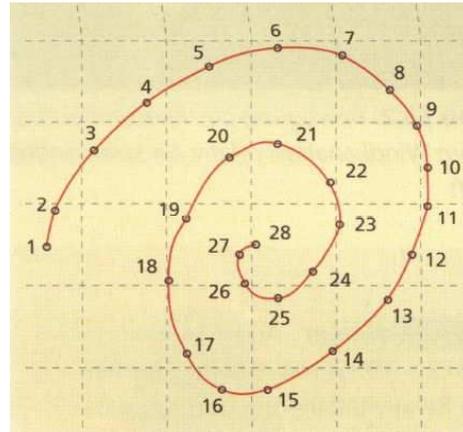


Abbildung 34: Bahnkurve der Bewegung mit Zeitmarken aus B3-8

- V4: Man wird aufgefordert, die Bewegung der Zeiger einer großen elektrischen Stoppuhr (Abbildung 35) mit einer Videokamera zu filmen und dann den Film im Einzelschrittmodus abspielen zu lassen. Da von Bild zu Bild immer die gleiche Zeit vergeht, gibt eine Videoaufnahme also Auskunft über die Reihenfolge und den zeitlichen Abstand der einzelnen Bilder.
- V5: Die Fahrt eines kleinen ferngesteuerten Modellautos wird mit einer Videokamera von oben aufgenommen (Abbildung 36) und mit Hilfe eines Videoanalyseprogramms werden die Bahnkurven mit Zeitmarken erzeugt. Ist es auch möglich, Kreise oder Achter mit dem Auto zu fahren, ohne dass das Auto schneller oder langsamer dabei wird? Die Daten der Bewegung werden registriert, weil das Programm die Zeitinformationen der Videobilder nutzt. Es können – je nach Programm – entweder die Bahnkurven mit Zeitmarken oder aber nur die Wertetabellen ausgegeben werden.

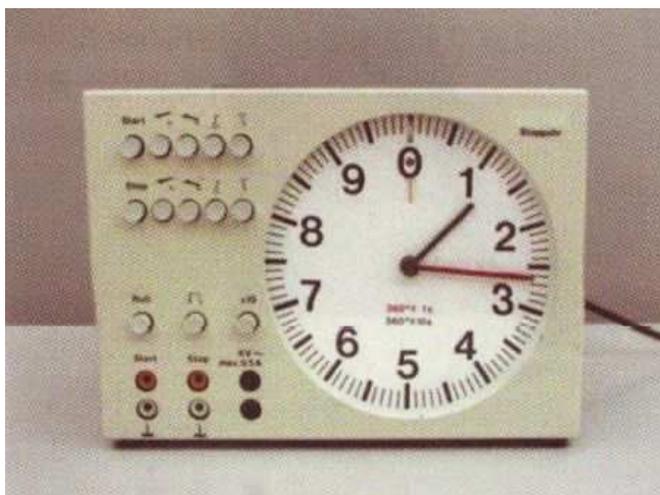


Abbildung 35: Stopp-Uhr mit bewegten Zeigern aus B3-8

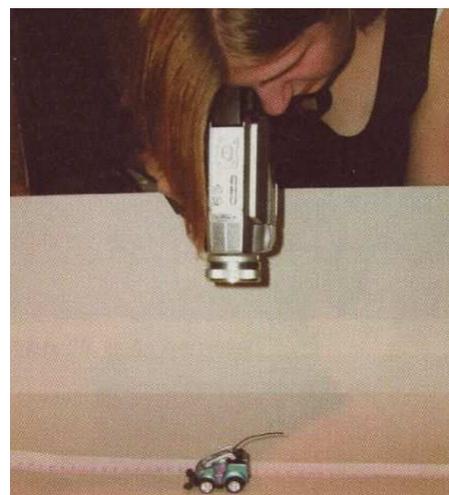


Abbildung 36: Zu Versuch 5 aus B3-8

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Im „Wir stellen zusammen“-Teil werden nun die Erkenntnisse der Versuche gesammelt: Man kann aus der Kenntnis der Bahnkurve noch nicht auf den genauen Bewegungsablauf schließen (V1), da z.B. ein Autofahrer unterschiedlich schnell von A nach B fährt und auch gegebenenfalls an einem Rastplatz Halt macht. Um also die Bewegung eindeutig beschreiben zu können, muss bekannt sein, zu welcher Zeit sich der Körper an welcher Stelle der Bahnkurve befindet (V2). Es gibt Programme, die die Computermaus als Bewegungssensor nutzen (V3) oder auch die Möglichkeit, die Bewegung mittels Videoaufzeichnung zu erfassen. Da die Aufnahme der Videobilder in gleichen Zeitabschnitten erfolgt (V4), kann die Bewegung vollständig erfasst werden, da der Ort in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet wird. Mit Videoanalyseprogrammen können Wertetabellen mit dem Zusammenhang zwischen Ort und Zeit erzeugt werden, da das Programm die Position des Körpers in jedem Einzelbild markiert (V5).

Im Merkstoff heißt es nun, dass man zur eindeutigen Beschreibung der Bewegung eines Körpers wissen muss, zu welchem Zeitpunkt er sich an welchem Ort in einem festgelegten Bezugssystem befindet. Die Ermittlung der Bewegung kann mit unterschiedlichen Hilfsmitteln und Sensoren erfolgen, wenn gleichzeitig Zeit und Ort erfasst werden.

Am Ende des Kapitels befinden sich drei Aufgaben, die vor allem die zweidimensionalen Bewegungen betonen. In Aufgabe 2 sind Zeitpunkte mit Koordinaten gegeben, wobei man den Bewegungsverlauf in ein Koordinatensystem einzeichnen soll und die Bewegung möglichst genau beschreiben soll. In der Rubrik „Denke weiter“ am Rand heißt es, dass man den Ort eines Körpers auch durch den Winkel angeben kann, wobei dies am Beispiel der Bewegung der Spitze des Uhrzeigers gezeigt werden soll. Außerdem wird in „Verknüpfte – Mathematik“ darauf hingewiesen, dass die geradlinige Bewegung eines Körpers von A nach B auch als Vektor der Verschiebung dargestellt werden kann.

Da es in den anderen Schulbüchern kein entsprechendes Kapitel gibt, kann es keine Gegenüberstellung geben. Dennoch zeigt die Existenz dieses Kapitels, dass es den Autoren wichtig war, gewisse Elemente hervorzuheben und zu betonen. Schon die Überschrift lässt erkennen, dass Bewegungen in der Dynamik nicht immer eindimensional und in die gleiche Richtung verlaufen müssen. Die Behandlung der Bahnkurve einer Spiralbewegung (Abbildung 33, Abbildung 34) zu Beginn des Dynamikunterrichts macht deutlich, dass die Autoren die Absicht hatten, zweidimensionale Bewegungen und den Aspekt der Richtung zu betonen. Außerdem wird in den Versuchen vorgeschlagen, die Mausbewegung mit einem Computerprogramm aufzuzeichnen beziehungsweise die Bewegung eines ferngesteuerten Modellautos von oben mit einer Videokamera zu filmen, um anschließend mithilfe eines Videoanalyseprogramms sich die Bahnkurven mit Zeitmarken oder Wertetabellen erzeugen zu lassen. Diese Art der Messwerterfassung und der Analyse von Bewegungen findet man nur in diesem Schulbuch. Weiterhin wird schon ganz zu Beginn der Dynamik auf eine geeignete Wortwahl geachtet, um keine Schülerfehlvorstellungen zu erzeugen, denn es wird der Begriff Schnellig-

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

keit verwendet, wenn man alltagssprachlich von der Geschwindigkeit sprechen würde. Ferner werden in den Aufgaben zweidimensionale Bewegungen, wie zum Beispiel die Bahnkurve einer Turmuhr, Koordinaten eines Bewegungsablaufes und die Bewegung eines Wanderers behandelt. Des Weiteren wird in „Verknüpfte – Mathematik“ darauf verwiesen, dass die geradlinige Bewegung eines Körpers von einem Ort zum anderen als Vektor der Verschiebung dargestellt werden kann.

Dies sind klare Indizien dafür, dass neuere Sachstrukturen, wie sie von vielen Didaktikern gefordert werden, zumindest ansatzweise in einem Schulbuch integriert wurden.

6.2.2 Gleichförmige Bewegung

a. Im Schulbuch B1-8

Dieses Kapitel wird in B1-8 mit „Die Geschwindigkeit“ überschrieben und umfasst die Seiten 50 bis 53. Zu Beginn wird eine Zeichnung mit einem Auto abgebildet, welches mit hohem Tempo durch eine 30 km/h-Zone fährt, wobei die am Rand stehenden Schüler zur Seite springen müssen. In den Sprechblasen beschwerten sich die Kinder über die große Schnelligkeit des Autos. In den vorbereitenden Aufträgen soll man sich, motiviert durch die Abbildung, ein „Geschwindigkeitsmessverfahren“ ausdenken und anwenden, wobei ein Bandmaß und eine Stoppuhr verwendet werden sollen. Weitere Aufträge sind festzustellen, in welcher Zeit man eine Strecke von 50 m, 75 m und 100 m läuft und wie lange man mit einem Fahrrad für eine Strecke von 100 m braucht, wobei man dies mit verschiedenen Gängen ausprobieren soll, ohne während des Fahrens zu schalten.

In den darauffolgenden Gruppenexperimenten sollen die Bewegungen von Fahrzeugen mit Antrieb untersucht werden, wobei die Wagen der einzelnen Gruppen unterschiedlich schnell fahren. Als Versuchsmaterialien benötigt man elektrisch angetriebene Wagen, Metronom, einige Papierstreifen und Stoppuhren. Es folgen zwei Versuche:

- V1: Man soll kurze Zeit nach dem Anfahren des Wagens bei jedem Schlag des Metronoms den Ort des Wagens markieren (Abbildung 37). Zur Auswertung werden die Papierstreifen der verschiedenen Gruppen an der Tafel untereinander geklebt.

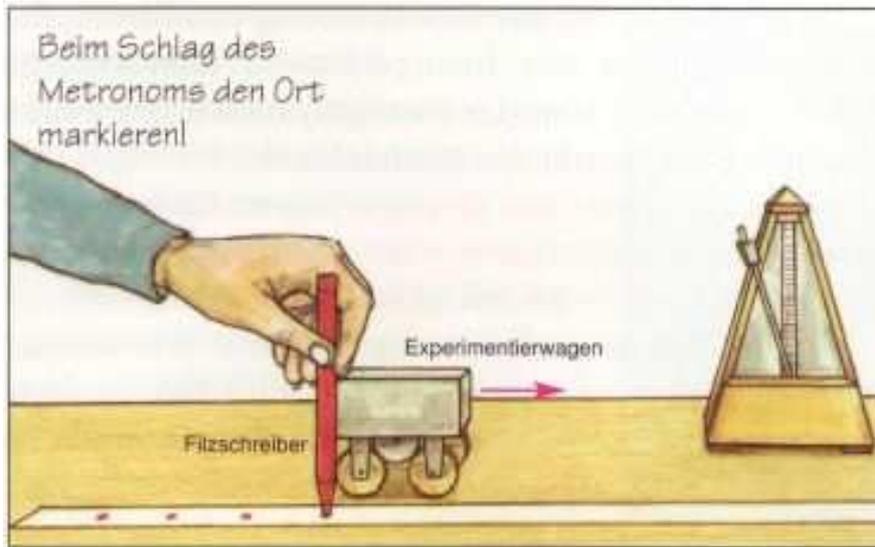


Abbildung 37: Versuchsaufbau zu V1 aus B1-8

- V2: Diesmal werden auf dem Fußboden Markierungen in 1 m, 2 m, 3 m ... Abstand angebracht, wobei der Wagen ein Stück vor der ersten Markierung startet und die jeweils benötigte Zeit für 1 m, 2 m, 3 m, ... in eine Tabelle eingetragen werden soll. Bei der Versuchsauswertung werden die Messergebnisse auf Folien in vorgegebene Diagramme eingetragen, wobei am Ende die Folien aller Gruppen auf dem Overhead-Projektor aufeinander gelegt werden.

Im anschließenden Info-Teil wird gleich zu Beginn darauf verwiesen, dass beim Radfahren sich sowohl die „Schnelligkeit“ als auch die Richtung häufig ändert und dass man nur auf sehr kurzen Teilstrecken gleich schnell oder in die gleiche Richtung fährt. Daraufhin wird eine geradlinige Bewegung als gleichförmig definiert, wenn ein Körper in gleichen Zeiten gleich lange Wege zurücklegt. Es ergibt sich also im Weg-Zeit-Diagramm eine Gerade, wobei die Steigung ein Maß für die Geschwindigkeit ist (Abbildung 38). Egal, welche zwei Punkte (t_1/s_1) und (t_2/s_2) man wählt, bei gleichförmigen Bewegungen heißt der konstante Quotient aus Wegabschnitt Δs und Zeitabschnitt Δt Geschwindigkeit $v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$. Wenn man die Zeitmessung bei $t = 0$ s und $s = 0$ m starten lässt, vereinfacht sich die Gleichung auf $v = \frac{s}{t}$. Da die Geschwindigkeit eine von den Grundgrößen Länge und Zeit abgeleitete Größe darstellt, ist ihre Einheit Meter pro (durch) Sekunde. Außerdem wird noch am Ende des Info-Teils darauf eingegangen, dass viele Bewegungsvorgänge in unserer Umwelt höchstens für kurze Zeit geradlinig gleichförmig sind, denn auf der Erde wirkt auf jeden Körper die Gewichtskraft und – wenn er in Bewegung ist – eine Reibungskraft. Erst, wenn der Körper im Kräftegleichgewicht ist, bewegt er sich geradlinig gleichförmig.

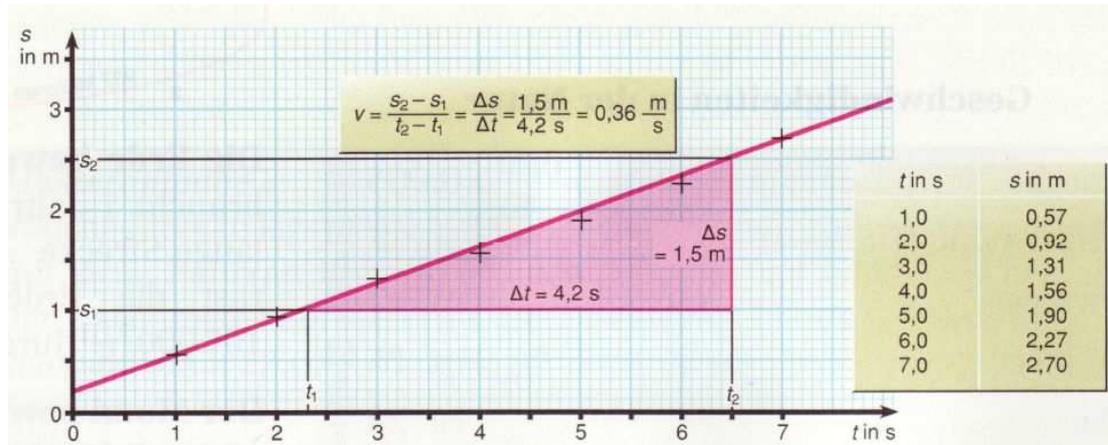


Abbildung 38: Diagramm einer gleichförmigen Bewegung aus B1-8

Weiterhin werden auf zwei Seiten technische Anwendungen erklärt, wie z.B. der Tachometer am Fahrrad oder das Messprinzip bei Geschwindigkeitskontrollen. Verschiedene Geschwindigkeiten aus dem Verkehr oder der Natur werden genannt, um eine Vorstellungen von Größenordnungen zu erhalten. Ferner sind neben Umrechnungsaufgaben von km/h in m/s auch viele Rechenaufgaben dargestellt, wobei drei Musteraufgaben vorgerechnet werden.

b. Im Schulbuch B2-8

In B2-8 lautet die Überschrift „Mit 350 Sachen auf der Zielgeraden – Die gleichförmige Bewegung“, wobei zur Motivation auf den Grand Prix Sieg von Michael Schumacher in Melbourne im Jahr 2000 verwiesen wird und die Frage aufgeworfen wird, was es heißt „mit 350 Sachen“ unterwegs zu sein.

- Versuch 1: Man soll einen batteriegetriebenen Experimentierwagen geradlinig auf einem Papierstreifen fahren lassen, wobei auf dem Wagen ein Tropfgefäß befestigt ist, welches jede Sekunde einen Tropfen abgibt.

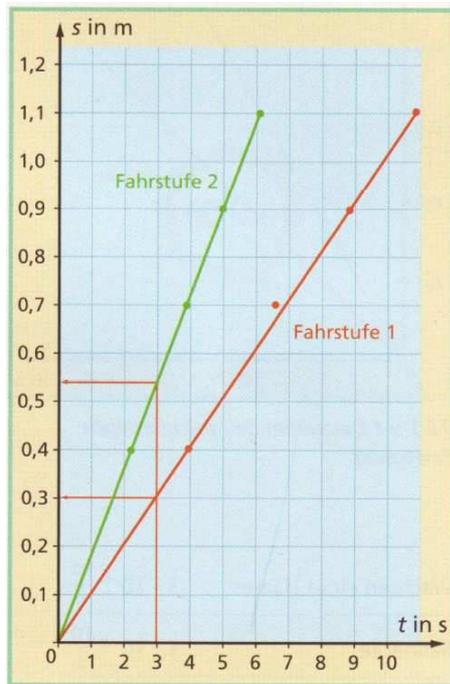
Als Beobachtung stellt man fest, dass die Tropfen alle nahezu den gleichen Abstand haben, was zu dem Ergebnis führt, dass bei dieser Bewegung in gleichen Zeiten gleiche Wege zurückgelegt werden, wobei dies als gleichförmige Bewegung bezeichnet wird.

- Versuch 2: Der Experimentierwagen aus Versuch 1 wird ohne Tropfgefäß mit unterschiedlichen Fahrstufen betrieben, wobei mit einer Stoppuhr die für die einzelnen vorgegebenen Wegstrecken benötigte Zeit gemessen wird.

Aus den Tabellen für die zwei Fahrstufen wird ein s-t-Diagramm angefertigt, wobei man feststellt, dass die Werte auf einer Ursprungsstrecke liegen (Abbildung 39). Über dem Diagramm wird der Hinweis gegeben, dass hier die abhängige Größe mit der unabhängigen Größe ausnahmsweise vertauscht wird, sodass der Weg s senkrecht und die Zeit t waagrecht aufgetragen werden. Beim numerischen Auswerten wird in die Tabelle in der dritten Zeile der Quotient aus s und t gebildet. Nun werden zwei Ergebnisse festgehalten:

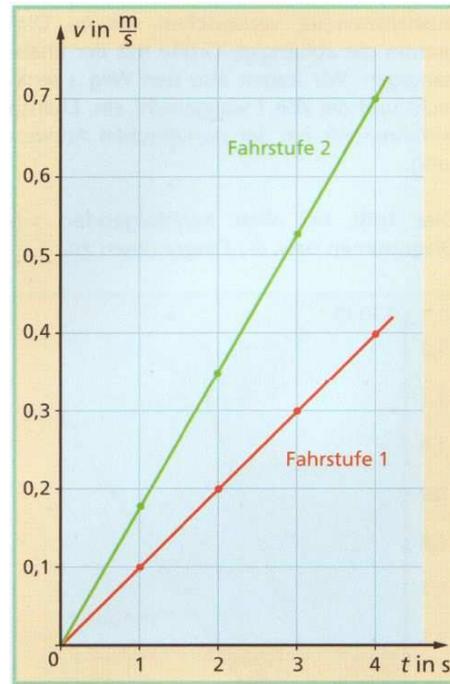
6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

- Bei gleichförmigen Bewegungen ist der zurückgelegte Weg s proportional zur Fahrzeit t .
- Bei gleicher Fahrzeit legt der Wagen bei Fahrstufe 2 eine größere Strecke zurück als bei Fahrstufe 1.



75.1 s-t-Diagramm der gleichförmigen Bewegung

Abbildung 39: Graph für die gemessenen Werte von s und t aus B2-8



76.1 v-t-Diagramm der gleichförmigen Bewegung

Abbildung 40: Fehlerhafte Darstellung des v-t-Diagramms aus B2-8

Um nun feststellen zu können, welcher Körper schneller ist, wird als Maß für die Schnelligkeit der Quotient aus zurückgelegtem Weg und der dafür benötigten Zeit t verwendet, wobei man bei Fahrstufe 2 einen größeren Wert für den Quotienten erhält.

In der Definition heißt es nun: „Bei gleichförmigen Bewegungen ist die Geschwindigkeit v als Quotient aus dem Weg s und der Fahrzeit t festgelegt: $v = \frac{s}{t}$.“

Weiterhin ist die gleichförmige Bewegung durch eine konstante Geschwindigkeit gekennzeichnet. Das dazu abgebildete Diagramm ist jedoch falsch (Abbildung 40), da hier die Geschwindigkeit nicht als konstante, sondern als linear ansteigende Funktion dargestellt wird, was auf eine beschleunigte Bewegung hindeutet. Ferner werden einige Geschwindigkeiten aus der Natur, die Umrechnung von km/h in m/s und umgekehrt erklärt und einige Rechenaufgaben gestellt. Aufgabe 5 auf Seite 77 geht auf die weitverbreitete und physikalisch falsche Sprechweise von Stundenkilometern ein.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

c. Im Schulbuch B3-8

B3-8 verwendet für das Thema „Kennzeichen einer gleichförmigen Bewegung“ (Seite 58) und „Geschwindigkeit als abgeleitete Größe“ (Seite 59) zwei aufeinander folgende Kapitel. Das erste Thema wird motiviert durch den Straßenverkehr, bei dem eine möglichst gleichmäßige Fahrweise zur Vermeidung von Staus führt. Um herauszufinden, wie eine gleichförmige Bewegung aussieht, werden zwei Versuche durchgeführt:

- V1: Auf einem genau waagrecht ausgerichteten Luftkissentisch wird ein Puck in Bewegung gesetzt (Abbildung 41) und seine Bewegung mit einer Videokamera von oben gefilmt. Man kann sich auch selbst einen Luftkissengleiter bauen (Abbildung 42) und auf einer ebenen Tischplatte gleiten lassen.
- V2: Man soll eine Stahlkugel auf einer ebenen Glasplatte rollen lassen und V1 wiederholen

Bei beiden Versuchen erkennt man, dass die Bewegung geradlinig verläuft, wobei in gleichen Zeitabschnitten die gleichen Wegstrecken zurückgelegt werden.

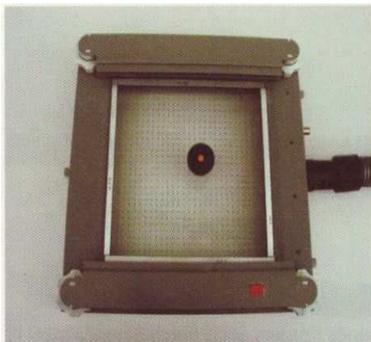


Abbildung 41: Bewegung eines Pucks aus B3-8

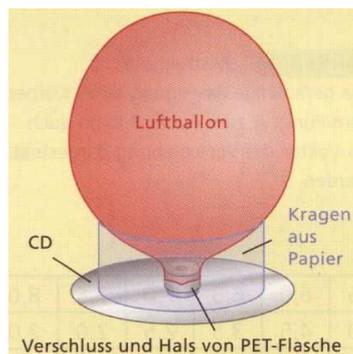


Abbildung 42: selbstgebauter Luftkissengleiter aus B3-8

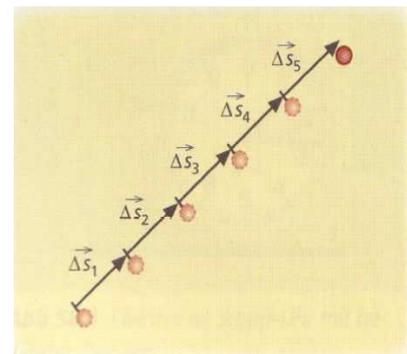


Abbildung 43: Kennzeichen einer gleichförmigen Bewegung aus B3-8

Im „Wir stellen zusammen“-Teil wird darauf verwiesen, dass bei der Bewegung des Pucks auf dem waagrecht Luftkissentisch wegen des Luftkissens weder eine (bremsende) Reibungskraft noch eine (antreibende) Hangabtriebskraft wirkt. Da aber ohne Kraft der Bewegungszustand eines Körpers nicht verändert wird, bewegt sich der Körper geradlinig und legt in gleichen Zeitabschnitten gleiche Wegstrecken zurück (Abbildung 43), was als gleichförmige Bewegung bezeichnet wird. Schön ist hier vor allem, dass dies durch die gleiche Länge der Ortsänderungsvektoren veranschaulicht wird. Weiterhin findet im „Wir merken uns“-Teil eine Verknüpfung mit dem Kraftbegriff statt (was einmalig in den drei Büchern ist und deshalb besonders herausgehoben werden soll), sodass es zusammenfassend heißt:

Wir merken uns

- Eine Bewegung, die geradlinig verläuft und bei der in gleichen Zeitabschnitten gleiche Wegstrecken zurückgelegt werden, heißt gleichförmig.
- Die gleichförmige Bewegung kann auch dadurch gekennzeichnet werden, dass die Verschiebungsvektoren (Ortsänderungen) in gleichen Zeitabschnitten gleich lang sind und alle in die gleiche Richtung zeigen.
- Ein Körper bewegt sich gleichförmig (oder bleibt in Ruhe), sein Bewegungszustand ändert sich nicht, wenn keine Kraft auf ihn wirkt oder sich alle einwirkenden Kräfte aufheben.

Abbildung 44: Kennzeichen einer gleichförmigen Bewegung in B3-8

Einige qualitative Aufgaben, in denen unter anderem auf das Kräftegleichgewicht eingegangen wird (Fallschirmspringer, Antriebskraft des Motors beim Auto), welches zu einer gleichförmigen Bewegung führt, werden am Ende des Kapitels gestellt.

Das darauffolgende zweite Thema „Geschwindigkeit als abgeleitete Größe“ startet mit der Überschrift „Was zeigt eigentlich der Tacho an?“. Dies wird als Aufhänger verwendet und führt zu der Frage, welche physikalische Größe genau hinter der vom Tacho angezeigten Schnelligkeit oder Tempo steckt.

- V1: Dieser Versuch entspricht Versuch 1 aus B1-8 mit dem Experimentierwagen und dem Metronom.
- V2: Man soll V1 wiederholen und dabei ein Computermesswerterfassungssystem mit einem Bewegungsmesswandler oder einem Ultraschallsensor verwenden. Dabei sollen mehrere gleichförmige Bewegungen mit unterschiedlichen Fahrstufen aufgenommen werden und die Ergebnisse als Tabellen und Graphen ausgegeben werden.

Man erkennt also, dass bei einer gleichförmigen Bewegung der Gesamtweg s linear mit der Zeit t zunimmt, wobei sich im s - t -Diagramm eine Halbgerade ergibt, wenn die Messung bei $s = 0$ und $t = 0$ begonnen wird (Abbildung 45). Außerdem ist bei einer bestimmten gleichförmigen Bewegung der Quotient aus Δs und Δt konstant (V1 und V2). Da bei schnelleren Bewegungen dieser Quotient größer ist, wird er deshalb als „Schnelligkeit oder Geschwindigkeit v – physikalisch genauer als Betrag der Geschwindigkeit“ (B3-8, Seite 59) bezeichnet. Im „Wir merken uns“-Teil heißt es nun: „Bei gleichförmiger Bewegung beschreibt der konstante Quotient aus Wegstrecke Δs und Zeitabschnitt Δt die Geschwindigkeit $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$ “ (siehe auch Abbildung 46). Weiterhin wird noch auf die Einheit eingegangen. Drei Aufgaben und der Hinweis, dass in der Mathematik der Quotient aus Wegstrecke und Zeitabschnitt die Steigung der Halbgeraden im s - t -Diagramm angibt (Abbildung 46), runden dieses Kapitel ab.

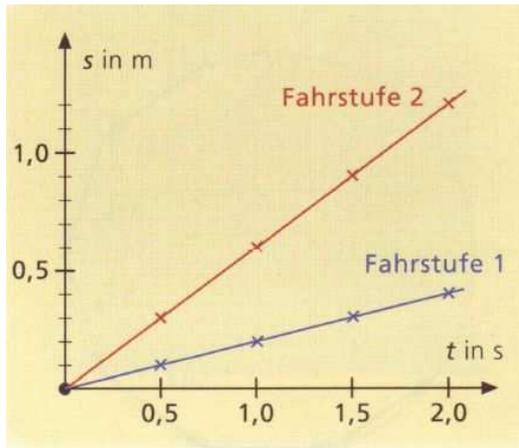


Abbildung 45: s-t-Diagramme der gleichförmigen Bewegung aus B3-8

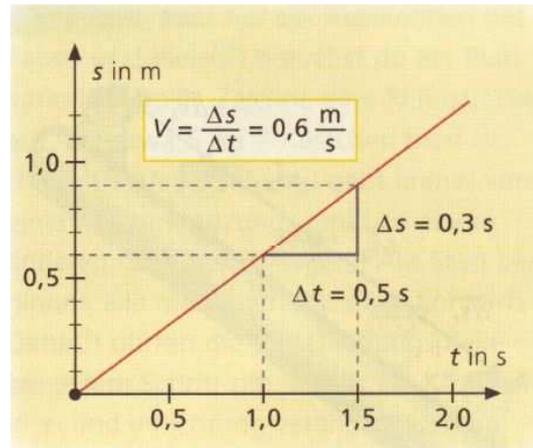


Abbildung 46: Definition der Geschwindigkeit aus B3-8

d. Vergleich und Bewertung

Bei der Gegenüberstellung von B1-8, B2-8 und B3-8 fällt als Erstes auf, dass in B3-8 die Themen „gleichförmige Bewegung“ und „Geschwindigkeit“ als zwei getrennte, aber aufeinander folgende Kapitel betrachtet werden. In B1-8 und B2-8 verschmelzen diese beiden Themen, wobei in B2-8 eher die gleichförmige Bewegung und in B1-8 die Geschwindigkeit eher im Mittelpunkt stehen. Allerdings wird nur in B3-8 explizit eine Verbindung zwischen der Kraft und der gleichförmigen Bewegung hergestellt, nämlich dass auf einen Körper, der sich gleichförmig bewegt (oder in Ruhe bleibt) und seinen Bewegungszustand nicht ändert, keine Kraft wirkt oder sich alle einwirkenden Kräfte aufheben. Dies wird auch durch den Versuch mit dem Puck oder dem Luftkissengleiter, welche sich reibungsfrei bewegen, deutlich hervorgehoben. B1-8 erwähnt zwar den Sachverhalt, dass in unserer Umwelt selten gleichförmige Bewegungen herrschen, da auf Körper immer die Gewichtskraft und Reibungskräfte wirken, sodass dies nur im Kräftegleichgewicht der Fall ist, aber eher marginal und verdeutlicht es auch nicht durch Versuche. Ferner wird in B3-8 sogar noch darauf hingewiesen, dass die Verschiebungsvektoren, also die Ortsänderungen in gleichen Zeitabschnitten gleich lang sind und in die gleiche Richtung zeigen, sodass es das einzige Buch ist, welches an dieser Stelle bereits eine vektorielle Darstellungsweise verwendet.

Beim Thema „Geschwindigkeit“ wird in allen drei Büchern das Experiment mit dem batteriebetriebenen Wagen vorgeschlagen, welcher in unterschiedlichen Fahrstufen betrieben werden soll, wobei immer nach der gleichen Zeit eine Markierung mit einem Stift oder durch eine Tropfvorrichtung erzeugt wird. An dieser Stelle sei auch erwähnt, dass Lehrmittelfirmen solche Wägelchen anbieten, welche selbstständig in gleichen Zeitabständen Markierungen setzen. Nur B3-8 schlägt an dieser Stelle zusätzlich vor, ein modernes Computermesswertfassungssystem mit geeigneten Sensoren zu verwenden, um die Bewegungen am Computer aufzunehmen.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Betrachtet man die Einführung der Geschwindigkeit, so stellt man fest, dass sowohl B1-8 als auch B3-8 auf Δs und Δt eingehen und somit die Wegdifferenz und die Zeitdifferenz betonen, wobei zusätzlich in B1-8 erwähnt wird, dass sich die Formel für die Geschwindigkeit von $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$ auf $v = \frac{s}{t}$ vereinfacht, wenn zu Beginn der Messung $s = 0$ und $t = 0$ sind. B2-8 unterstützt mit der Definition der gleichförmigen Bewegung und der darin aufgeführten Formel $v = \frac{s}{t}$ die aus dem Mathematikunterricht erzeugte Vorstellung und trägt nicht zu einem tieferen Verständnis des physikalischen Geschwindigkeitsbegriffs bei. Erwähnenswert hierbei ist jedoch, dass der Messung der Geschwindigkeit in B2-8 ein eigenes Kapitel von Seite 79 bis 82 zugeteilt wird, welches hier nicht genau untersucht worden ist. Nur das Thema Geschwindigkeit als Vektor auf Seite 78 trennen diese Kapitel von dem Kapitel über die gleichförmige Bewegung. Es fällt auf, dass hier durchaus auf $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ verwiesen wird und dies auch erklärt wird, allerdings stellt sich die Frage, wieso zuerst die Formel $v = \frac{s}{t}$ explizit auftaucht, um sie dann doch wieder zu verkomplizieren. Außerdem wird der vektorielle Charakter der Geschwindigkeit, obwohl ein Kapitel zuvor angesprochen, hier nicht übernommen und weitergeführt. Ferner unterläuft B2-8 jedoch, welches als einziges Buch ein v-t-Diagramm abbildet und die konstante Geschwindigkeit bei gleichförmigen Bewegungen zeigen will, ein kapitaler Fehler, denn hier werden Ursprungsgeraden eingezeichnet, obwohl waagrechte Geraden den Tatsachen entsprächen.

Betrachtet man den Umgang mit Schüleralltagsvorstellungen, so bemerkt man, dass B1-8 am Anfang zunächst von Schnelligkeit und Richtung spricht (Seite 51 oben). Allerdings wird das nicht durchgehalten und somit im Folgenden der Begriff „Geschwindigkeit“ im Sinne von Schnelligkeit bzw. Geschwindigkeitsbetrag verwendet. In B2-8 wird zumindest teilweise versucht, mit dem Begriff Schnelligkeit auszudrücken, dass es um das Tempo geht, allerdings wird dies nicht konsequent gemacht und es wird auch nicht erklärt, dass mit der Schnelligkeit der Geschwindigkeitsbetrag gemeint ist. Auf Seite 75 unten werden Schnelligkeit und Geschwindigkeit sogar als Synonyme betrachtet, was als sehr negativ anzusehen ist. Allein in B3-8 wird es fertig gebracht, die Schnelligkeit, als Geschwindigkeitsbetrag zu charakterisieren und sie mit dem im Alltag vom Tachometer im Auto oder am Fahrrad angezeigten Tempo in Verbindung zu setzen. Schon durch die Überschrift und die Trennung der zwei Kapitel erkennt man, dass den Autoren wichtig war, hier auf die Alltagsvorstellungen einzugehen. Weiterhin kann man sagen, dass in B2-8 in einer Übungsaufgabe explizit der im Alltag gebräuchliche Begriff Stundenkilometer im Gegensatz zu Kilometer pro Stunde thematisiert wird.

6.2.3 Geschwindigkeit als Vektor

a. Im Schulbuch B1-8

In B1-8 wird der Vektorcharakter der Geschwindigkeit auf Seite 54 kurz thematisiert. Zu Beginn wird eine Tennisspielerin beim Aufschlag auf einem Foto abgebildet. Hier ist leicht zu erkennen, dass es nicht nur auf die Geschwindigkeit, sondern auch auf die Richtung ankommt. Im Info-Teil werden weitere Beispiele genannt: Damit ein Schiff oder ein Flugzeug sein Ziel erreicht, muss es sich nicht nur schnell genug, sondern auch in die richtige Richtung bewegen. Danach wird sofort darauf eingegangen, dass der physikalische Geschwindigkeitsbegriff sowohl die Schnelligkeit, als auch die Richtung einer Bewegung beinhaltet. Im folgenden Merksatz heißt es dann, dass die Geschwindigkeit eine gerichtete (vektorielle) Größe darstellt. Dieser Sachverhalt wird durch einen kleinen Pfeil im Symbol für die Geschwindigkeit \vec{v} ausgedrückt. Wird der Betrag der Geschwindigkeit, also die Schnelligkeit gemeint, wird das Symbol v ohne Pfeil verwendet.

Die Überlagerung von Geschwindigkeiten lässt sich gut in Abbildung 47 erkennen. Da die über den Fluss schwimmende Person von der Strömung abgetrieben wird, lässt sich die Geschwindigkeit gegenüber dem Ufer mit Hilfe der Vektoraddition ermitteln.

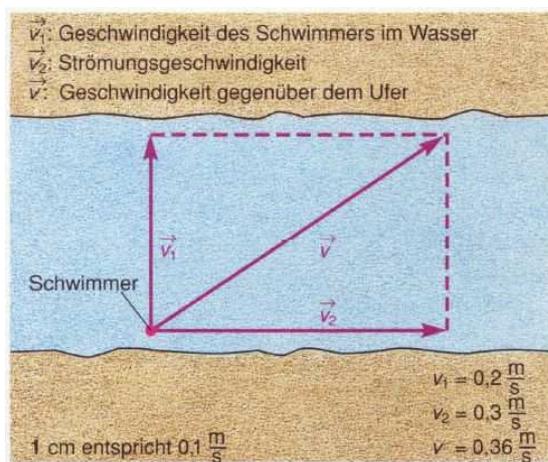


Abbildung 47: Überlagerung von Geschwindigkeiten aus B1-8

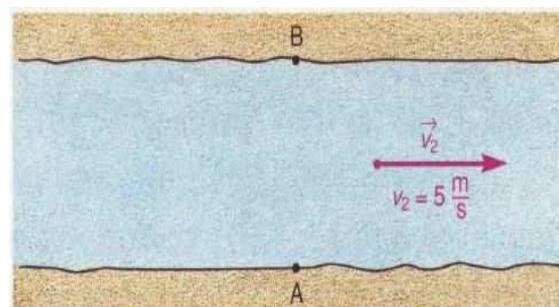


Abbildung 48: Zeichnung zur dritten Aufgabe aus B1-8

Drei Aufgaben am Ende des Kapitels beschließen dieses Thema: Man soll aus dem Fußball und aus anderen Sportarten Spielsituationen beschreiben, in denen es auf die Bewegungsrichtung ankommt. Des Weiteren ist eine Aufgabe, den Weg des Schwimmers aus Abbildung 47 von einer Person, die am Ufer mit dem Schwimmer mitgeht, zu beschreiben. Die dritte Aufgabe soll zeichnerisch gelöst werden, wobei die Strömungsgeschwindigkeit v_2 gegeben ist (Abbildung 48) und sich das Boot von A nach B mit einer Geschwindigkeit von $v_1 = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ bewegen soll.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

b. Im Schulbuch B2-8

Das Thema Geschwindigkeit als Vektor wird in B2-8 kurz auf Seite 78 behandelt. Hierbei handelt es sich nicht um ein eigenes Kapitel. Gleich zu Beginn wird darauf verwiesen, dass es hierbei auch wichtig ist, in welche Richtung die Bewegung stattfindet, da man unterschiedliche Zielpunkte erreicht (Abbildung 49), wenn man sich von A aus die gleiche Zeit mit konstanter Geschwindigkeit einmal in Richtung B und einmal in Richtung C bewegt. Einige Beispiele mit einer Rolltreppe, die sich mit $1,0 \frac{m}{s}$ abwärts bewegt werden angeführt: Eine sich mit $1,0 \frac{m}{s}$ relativ zur Rolltreppe abwärts laufende Person bewegt sich zur ruhenden Umgebung mit $2,0 \frac{m}{s}$. Würde man sich mit $1,5 \frac{m}{s}$ aufwärts bewegen, so würde die Geschwindigkeit gegenüber der Bewegung $0,5 \frac{m}{s}$ betragen. Ähnlich ist dies auch in einem Zug, in dem man sich mit oder gegen die Fahrtrichtung bewegt oder in einem Fluss, wenn man mit oder gegen die Strömung schwimmt. Um nun einen Fluss so zu überqueren, dass man genau gegenüber der Stelle der Startposition ankommt, muss man auf die Breite des Flusses, die Strömungsgeschwindigkeit, die Geschwindigkeit des Schwimmers und den Winkel α achten. Man muss also Richtung Z' schwimmen, um bei Z zu landen (Abbildung 50). Da die Geschwindigkeit eine gerichtete Größe darstellt, kann man sie vektoriell addieren, wobei dies beim Abdrift von Schiffen aufgrund der Meeresströmung oder bei Flugzeugen infolge von Rücken-, Seiten- oder Gegenwind von Bedeutung ist.

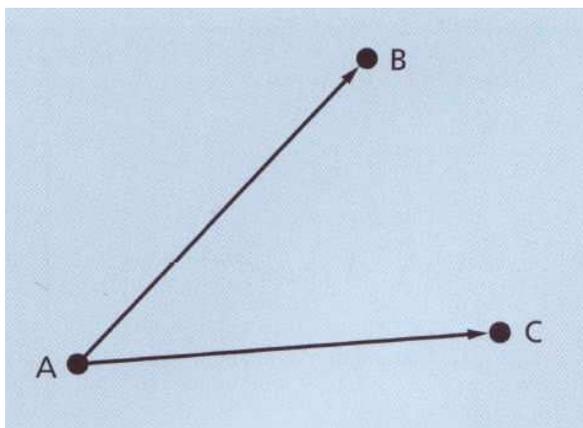


Abbildung 49: Zielpunkte sind unterschiedlich aus B2-8

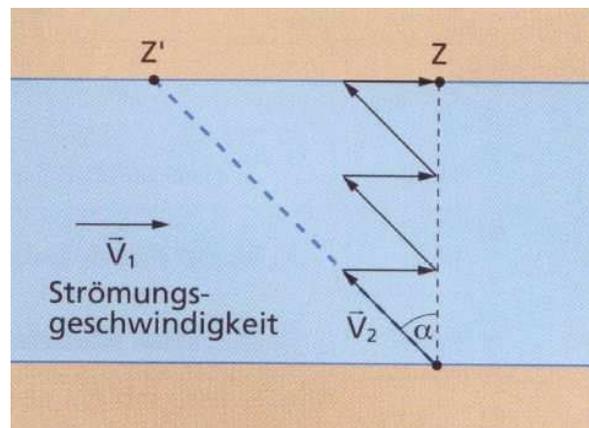


Abbildung 50: Schwimmen im Fluss aus B2-8

Man kommt nun zu der Definition, dass eine Bewegung geradlinig und gleichförmig heißt, wenn sich die Geschwindigkeit nach Betrag und Richtung nicht ändert. Es werden keine Aufgaben gestellt.

c. Im Schulbuch B3-8

In B3-8 wird auf Seite 60 und 61, also auf zwei Seiten, die Geschwindigkeit als Vektor betrachtet. Zu Beginn wird ein Kettenkarussell mit einer Rolltreppe verglichen. Im Karussell

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

bewegt man sich sehr schnell, allerdings befindet man sich auch nach einer langen Fahrt wieder am Ausgangspunkt; auf der Rolltreppe hingegen bewegt man sich ziemlich langsam, aber man kommt deutlich besser voran. Hinter der Geschwindigkeit muss also mehr als nur die Schnelligkeit oder das Tempo stecken.

- V1: (Gedankenexperiment) Man soll sich eine Runde auf dem Kettenkarussell in viele kleine Zeitabschnitte zerlegt vorstellen und dabei aufeinander folgende Verschiebungsvektoren (Ortsänderungen) einzeichnen (Abbildung 51). Man stellt fest, dass sich alle Vektoren bezüglich ihrer Richtung unterscheiden.
- V2: (Gedankenexperiment) Der erste Versuch soll mit der Fahrt mit der Rolltreppe wiederholt werden (Abbildung 52). Hier zeigen die Verschiebungsvektoren alle in die gleiche Richtung.

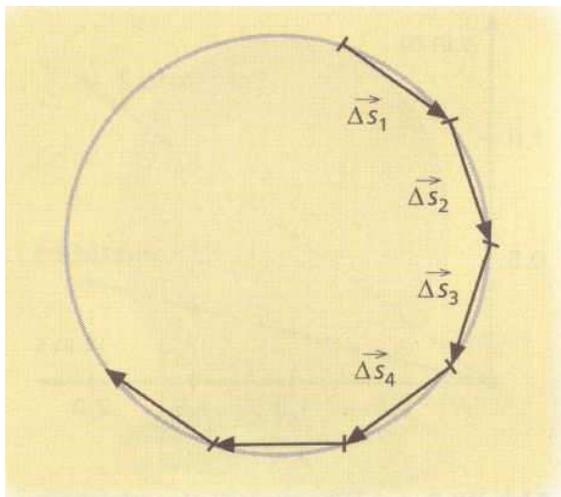


Abbildung 51: Ortsänderungen bei der Fahrt im Karussell aus B3-8

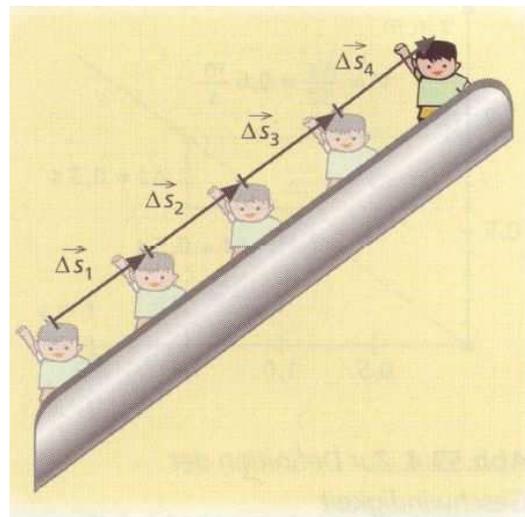


Abbildung 52: Verschiebungsvektoren bei der Fahrt mit der Rolltreppe aus B3-8

- V3: Nun soll ein Computerprogramm zur Aufzeichnung der Mausbewegung verwendet werden und dabei die Bewegung im Kettenkarussell und auf der Rolltreppe nachgeahmt werden. Dabei soll das Programm so eingestellt werden, dass Verschiebungs- und Geschwindigkeitsvektoren angezeigt werden. Es stellt sich heraus, dass die Geschwindigkeitsvektoren und die Verschiebungsvektoren in Bewegungsrichtung zeigen.

Zusammenfassend heißt es, dass die Geschwindigkeit \vec{v} eine gerichtete Größe ist, genauso wie die Kraft \vec{F} . Man muss also zu einer vollständigen Beschreibung der Geschwindigkeit den Betrag und die Richtung angeben. Dabei wird der Betrag $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ der Geschwindigkeit auch Schnelligkeit oder Tempo genannt, wobei der Geschwindigkeitsvektor in Bewegungsrichtung, genauso wie der Verschiebungsvektor, zeigt. Die Geschwindigkeitsvektoren lassen sich durch Spitze-Fuß-Kopplung oder mithilfe eines Parallelogramms addieren.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Im weiteren Verlauf werden die Lösungen zweier Aufgaben vorgestellt: Bei der einen Aufgabe werden die Geschwindigkeiten eines zweidimensionalen Bewegungsablaufes beschrieben, in der anderen Aufgabe wird zeichnerisch die Geschwindigkeit eines Schwimmers in Bezug zum Ufer mit Hilfe der Vektoraddition ermittelt (Abbildung 53).

Am Ende des Kapitels werden noch zwei Übungsaufgaben angegeben, die im Wesentlichen zur Wiederholung gedacht sind. Zusätzlich heißt es am Rand bei „Verknüpfte“, dass man den Unterschied von „speed“ und „velocity“ im Englischen erklären soll. Unter der Rubrik „Probiere aus“ wird das Spiel „Autorennen mit Papier und Bleistift“ beschrieben (übernommen von WILHELM⁴⁹). Als Erstes muss man eine fünf bis sieben Kästchen breite Rennstrecke zeichnen (Abbildung 54). Am Start beginnen alle mit einem Kästchen vorwärts. Beim nächsten Schritt dürfen die Verschiebungspfeile bei jedem Schritt um jeweils ein Kästchen in x- und in y-Richtung verändert werden oder gleich bleiben. Wenn man aus der Bahn fliegt, scheidet man aus oder muss wieder langsam anfahren. Man kann sich auch weitere Regeln einfallen lassen.

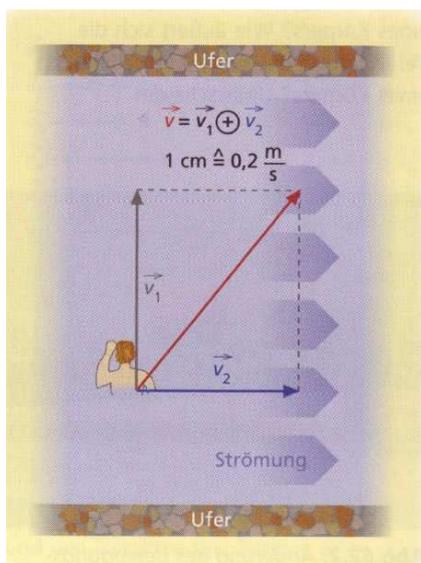


Abbildung 53: Zeichnerische Ermittlung der Geschwindigkeit aus B3-8

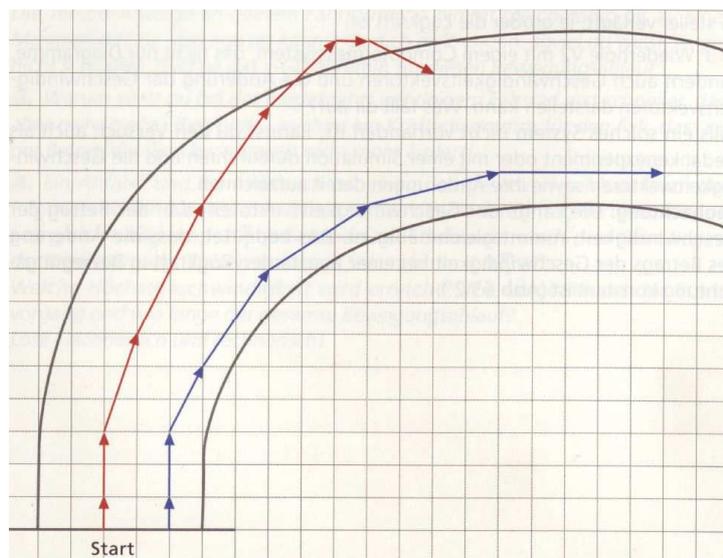


Abbildung 54: Autorennen mit Papier und Bleistift aus B3-8

d. Vergleich und Bewertung

Betrachtet man nun B1-8, B2-8 und B3-8, so erkennt man, dass in allen drei Büchern die Situation abgebildet wird, dass ein Schwimmer einen Fluss überqueren will und es letztlich zu einer Überlagerung der Strömungsgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit des Schwimmers kommt (Abbildung 47, Abbildung 50, Abbildung 53). Jedoch stellt man auch fest, dass das

⁴⁹ Vgl. WILHELM, Thomas: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, 2005 (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, hrsg. von Niederer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E.), S. 104

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

ganze Thema „Geschwindigkeit als Vektor“ in den Büchern unterschiedlich gewichtet ist. Allein schon die Tatsache, dass B1-8 und B2-8 je eine Seite für dieses Thema verwenden, wohingegen B3-8 zwei Seiten verwendet, bestätigt dies. Weiterhin werden in B1-8 und B2-8 keine Versuche verwendet, um die Thematik zu veranschaulichen. B3-8 hingegen versucht, mithilfe von Gedankenexperimenten und dem Aufzeichnen der Mausbewegung mit dem Computer zu einer Verdeutlichung beizutragen.

Ferner erkennt man bei der Analyse, dass in B1-8 in diesem Kapitel der Begriff Schnelligkeit als Betragsgröße im Gegensatz zu Geschwindigkeit als vektorielle Größe verwendet wird. Problematisch ist jedoch die Tatsache, dass dies nicht schon im vorherigen Kapitel bei der gleichförmigen Bewegung begonnen wurde und dass es in den nachfolgenden Kapiteln nicht konsequent weiterverfolgt wird. So ist es schwierig, den bestehenden Schülervorstellungen zum Begriff Geschwindigkeit entgegenzuwirken.

B2-8 unterscheidet in diesem Kapitel gar nicht zwischen Geschwindigkeit und Schnelligkeit. Auch in den nachfolgenden Kapiteln wird nicht mehr darauf eingegangen, dass die Geschwindigkeit als Vektor eine Richtung besitzt. Am Beispiel einer Rolltreppe, die sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, werden in B2-8 einige eindimensionale Situationen mit Richtungsänderung durchgesprochen, um zu erkennen, dass es auch auf die Richtung ankommt. Am Ende des Kapitels wird die Definition der geradlinig gleichförmigen Bewegung erweitert und betont, dass diese dadurch bestimmt ist, dass sich die Geschwindigkeit nach Betrag und Richtung nicht ändert. Diese Tatsache wird auch nicht an einem zweidimensionalen Beispiel (Kreisbewegung) veranschaulicht oder mit Aufgaben nochmals vertieft.

In B3-8 wird dieses Thema sehr betont. Gerade auch mit den beiden Beispielen zu Beginn des Kapitels (Kreisbewegung im Kettenkarussell und Bewegung mit der Rolltreppe) wird auch anhand zweidimensionaler Bewegungen deutlich gemacht, dass die Geschwindigkeit Vektorcharakter besitzt. Bemerkenswert sind an dieser Stelle auch die Abbildung 51 und Abbildung 52: Hier werden Pfeile und Ortsänderungsvektoren eingezeichnet, um die Verschiebungen sowohl bei der Kreisbewegung im Karussell, als auch bei der Rolltreppe hervorzuheben. Weiterhin wird klar zwischen Schnelligkeit und Geschwindigkeit unterschieden. Schön ist, dass dies auch schon in den vorherigen Kapiteln betont wurde und auch in den nachfolgenden Kapiteln herausgestellt wird. Diese konsequente Darstellung ist wichtig, um den Schülervorstellungen entgegenzutreten. Im „Verknüpfte – Fremdsprache“-Teil wird sogar auf die beiden englischen Begriffe „speed“ und „velocity“ eingegangen, wobei der Unterschied erklärt werden soll. Mit dem Aufgabenbeispiel 1 auf Seite 61 wird zusätzlich an das Thema Erfassung von Bewegungen angeknüpft. Die Musteraufgabe beschreibt die Geschwindigkeiten (Betrag und Richtung) eines zweidimensionalen Bewegungsablaufes (siehe Aufgabe 2 auf Seite 57), wobei man hier schön erkennen kann, dass der Ortsänderungsvektor in die gleiche Richtung wie der Geschwindigkeitsvektor zeigt. Am Ende dieses Kapitels in B3-8 wird das Spiel „Au-

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

toerenen mit Papier und Bleistift“ vorgestellt. Die Schüler erfahren hier spielerisch, dass es wichtig ist, bei Bewegungen den Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit zu berücksichtigen, denn sonst landet man im Graben. B3-8 zeigt auf eine sehr ansprechende Art und Weise, dass es durchaus möglich ist, die Dynamik in der Realschule auch anhand zweidimensionaler Bewegungen zu behandeln und die Richtung der Geschwindigkeit zu betonen.

6.2.4 Bewegung eines Körpers unter Einwirkung einer konstanten Kraft

a. Im Schulbuch B1-8

Dieses Thema ist mit der Überschrift „Bewegungen, die immer schneller werden“ in B1-8 gekennzeichnet und auf den Seiten 55 bis 58 dargestellt. Am Anfang sind zwei Fotografien mit dem Start eines Formel-1-Rennens und einer Achterbahnfahrt abgebildet. „Worauf kommt es beim Start eines Rennens an?“ und „Welche Kraft bewirkt ein Schnellerwerden bei einer Achterbahnfahrt?“ sind die einleitenden Fragen. Danach folgen zwei Gruppenexperimente:

- V1: Hier soll die Bewegung einer Kugel auf einer schiefen Ebene untersucht werden, wobei die Kugel von einer konstanten Hangabtriebskraft beschleunigt wird. Als Versuchsmaterialien werden eine lange U-förmige Schiene, Stahl- oder Holzkugel, Unterlegklötze, lange Papierstreifen, Metronom und Stoppuhr benötigt. Der Versuchsaufbau ist aus Abbildung 55 ersichtlich, die Durchführung sieht vor, das Metronom auf 1 s-Takt einzustellen, wobei der Start mit dem Schlag des Metronoms erfolgt und danach bei jedem Schlag der Ort der Kugel auf dem Papierstreifen markiert wird. Bei der Auswertung werden die Papierstreifen an der Tafel präsentiert, außerdem sollen die zurückgelegten Wegstrecken in eine Tabelle eingetragen werden, wobei die Ergebnisse auf Folien in vorgegebene Weg-Zeit-Achsen eingetragen werden und zum Schluss auf dem Overhead-Projektor verglichen werden.
- V2: In Abbildung 56 wirkt auf einen kleinen Wagen eine konstante Gewichtskraft. Hier soll die Änderung der Geschwindigkeit des Wagens mit einem empfindlichen Tachometer, der mit der Rolle über die die Verbindungsschnur läuft, verbunden ist, untersucht werden. Der Wagen soll mehrmals gestartet werden, wobei die nach ein, zwei, drei, ... Sekunden erreichte Geschwindigkeit abgelesen wird, um dann in ein Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm eingetragen zu werden. Der Versuch soll auch mit unterschiedlichen Wägestücken wiederholt werden.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

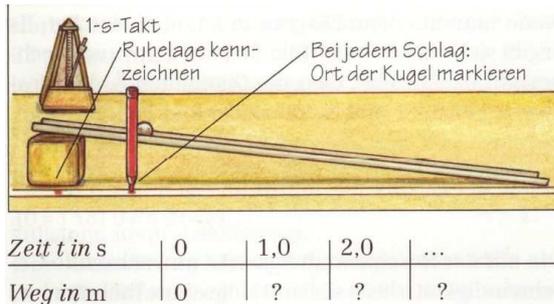


Abbildung 55: Versuchsaufbau zu V1 aus B1-8

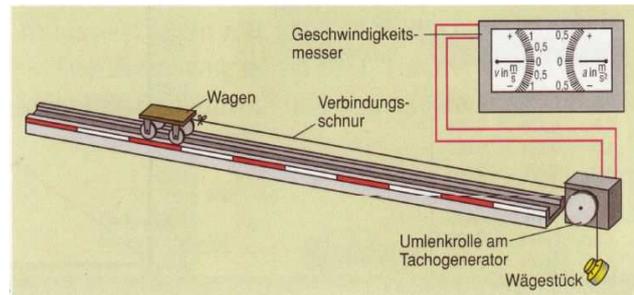


Abbildung 56: Versuchsaufbau zu V2 aus B1-8

Im Info-Teil wird nun zu Beginn nochmals die dynamische Kraftwirkung erklärt und darauf verwiesen, dass in unserer Umwelt Körper meist unter dem Einfluss verschiedener Kräfte stehen, sodass die Gesetzmäßigkeiten nur schwer zu erkennen sind. Aus diesem Grund wird hier eine Kugel betrachtet, die eine schiefe Ebene hangabwärts rollt (Abbildung 57), wobei eine konstante Kraft in Bewegungsrichtung wirkt und fast keine Reibungskräfte auftreten. In gleichen Zeiten werden verschieden lange Wegstrecken zurückgelegt, die mit fortlaufender Zeit immer länger werden, sodass man von einer beschleunigten Bewegung redet. Im Merksatz heißt es dann: „Wenn auf einen Körper eine konstante Kraft wirkt, führt er eine gleichmäßig beschleunigt Bewegung aus.“

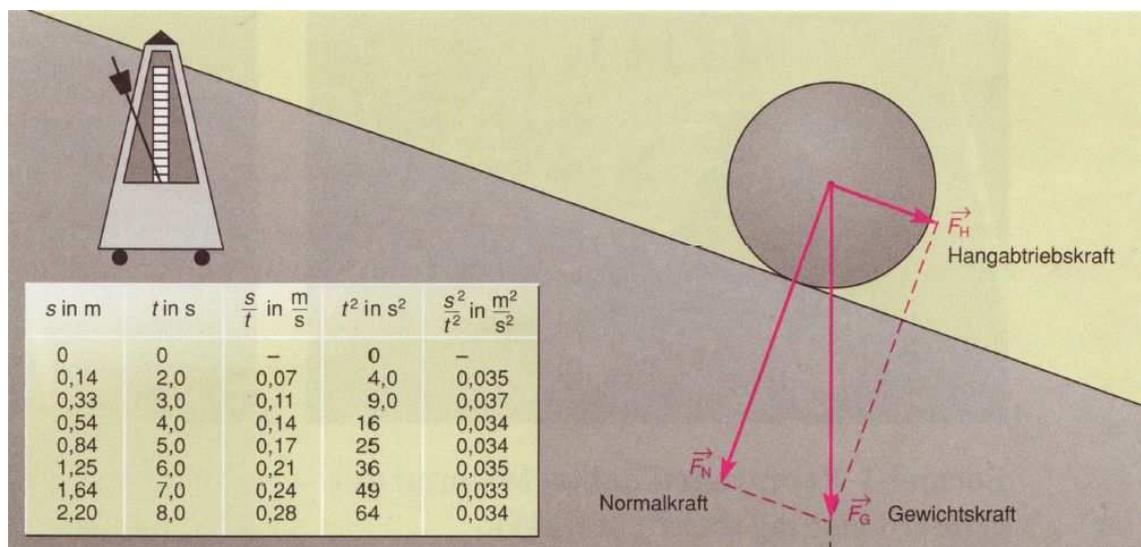


Abbildung 57: Kugel an der schiefen Ebene aus B1-8

Betrachtet man nun Abbildung 58, so drückt sich die Zunahme der Geschwindigkeit dadurch aus, dass die Kurve immer steiler wird. Vergleicht man die Wege und die Zeiten, so kommt man zu der Vermutung, dass die Kugel in der doppelten Zeit den vierfachen Weg, in der dreifachen Zeit den neunfachen Weg usw. zurücklegt, was sich dann auch bestätigt, weil im s - t^2 -Diagramm (Abbildung 59) eine Gerade entsteht und die Quotienten aus s und t^2 konstant

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

sind (Abbildung 57). Ein Fehler in der Beschriftung der Messwerttabelle ist hier noch anzuführen, da sicher nicht $\frac{s^2}{t^2}$ in $\frac{m^2}{s^2}$, sondern $\frac{s}{t^2}$ in $\frac{m}{s^2}$ gemeint war.



Abbildung 58: s-t-Diagramm einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus B1-8

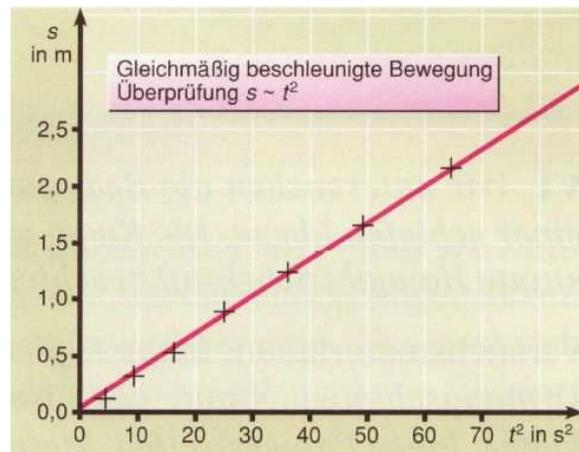


Abbildung 59: s-t²-Diagramm einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus B1-8

Man kommt nun zu dem Schluss, dass bei gleichmäßig beschleunigten Bewegungen, bei denen der Körper aus der Ruhe startet, $s \sim t^2$ ($s = 0$, $v = 0$ für $t = 0$) gilt.

Die anwachsende Geschwindigkeit lässt sich mit einem Tachometer untersuchen, wobei das v-t-Diagramm eine Gerade ergibt, sodass man zu der Feststellung kommt, dass bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung die Geschwindigkeit proportional zur Beschleunigungszeit zunimmt (Abbildung 60, Abbildung 61). Die Steilheit der Geraden wird vom Betrag der beschleunigenden Kraft und der Masse des beschleunigten Körpers beeinflusst.

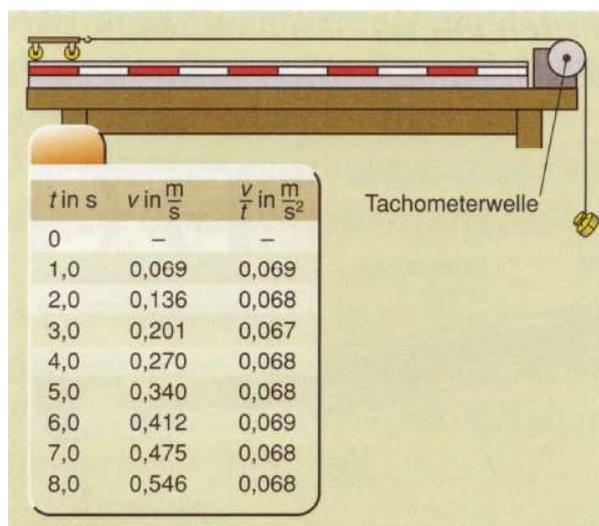


Abbildung 60: Untersuchung der Geschwindigkeit mit Hilfe eines Tachometers aus B1-8

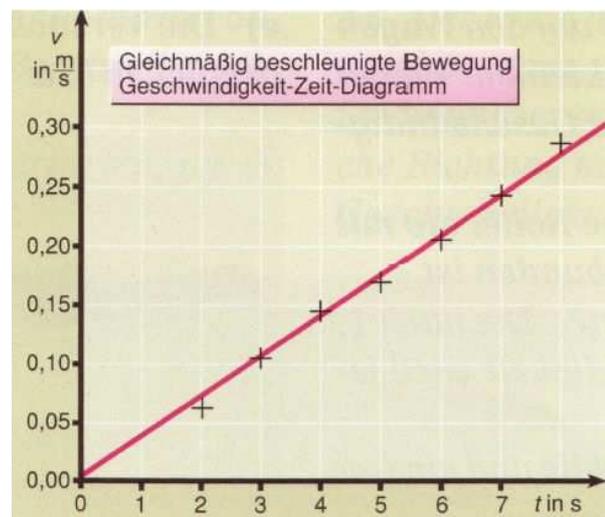


Abbildung 61: v-t-Diagramm einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus B1-8

Nach dem Theorieteil werden drei Aufgaben gestellt, um danach noch das hier Gelernte auf das alltägliche Leben zu beziehen und mit der Verkehrserziehung zu verknüpfen. Der Anhal-

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

teweg eines Autos setzt sich demnach aus Reaktionsweg und Bremsweg zusammen (Abbildung 62).

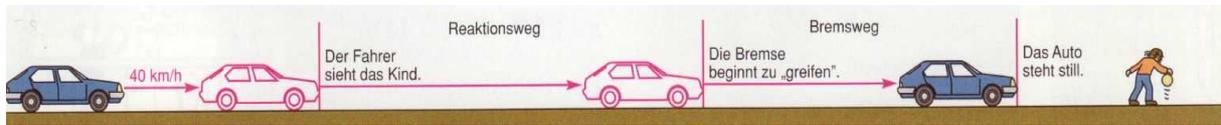


Abbildung 62: Anhalteweg eines Autos aus B1-8

Am Ende des Kapitels werden noch zwei Versuche und zwar zur Reaktionsfähigkeit und zum Einfluss der Geschwindigkeit auf den Bremsweg vorgestellt. Danach werden vier Aufgaben gestellt, in denen man nun Anhalte-, Reaktions- und Bremswege berechnen soll. Ferner ist eine Tabelle mit Bremswegen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei Auto und Mofa bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen und eine Musteraufgabe zur Berechnung des Reaktionsweges abgebildet.

b. Im Schulbuch B2-8

B2-8 führt das Thema der gleichmäßig beschleunigten Bewegung auf den Seiten 82 bis 86 ein. Gleich zu Beginn heißt es, dass beim Auto die konstante Motorkraft das Fahrzeug bis zu einer bestimmten Endgeschwindigkeit beschleunigt. Wird ein Wagen einer Modelleisenbahn eine geneigte Ebene herabrollen gelassen, so nimmt die Geschwindigkeit ebenfalls immer mehr zu und es kommt zu einer Beschleunigung, wobei die in Richtung der Bahn geneigte Komponente der Erdanziehungskraft für die Geschwindigkeitszunahme verantwortlich ist. Diese aus der 7. Klasse bekannte Tatsache wird nun erweitert und als Grundwissen formuliert: „Wirkt auf einen Körper eine Kraft ein, so wird der Bewegungszustand geändert. Wir sagen jetzt, der Körper wird beschleunigt. Seine Geschwindigkeit nimmt zu. Ist die auf den Körper einwirkende Kraft konstant, so sagen wir, der Körper wird gleichmäßig beschleunigt.“

- Versuch 1: Der auf dem etwa ein Meter langen Gleisstück stehende Wagen wird von einem Elektromagneten gehalten, wobei an der anderen Seite ein dünner Faden befestigt ist, der über eine Umlenkrolle gelegt wird und an dessen Ende ein Körper der Masse zwei Gramm befestigt ist. Wird die Starttaste am Zeitmessgerät betätigt, so schaltet sich der Elektromagnet aus und der Wagen führt aufgrund der konstanten Gewichtskraft des Körpers eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung durch, wobei die Zeiten des Wagens vom Startpunkt zu den einzelnen Lichtschranken im Messgerät gespeichert werden (Abbildung 63).

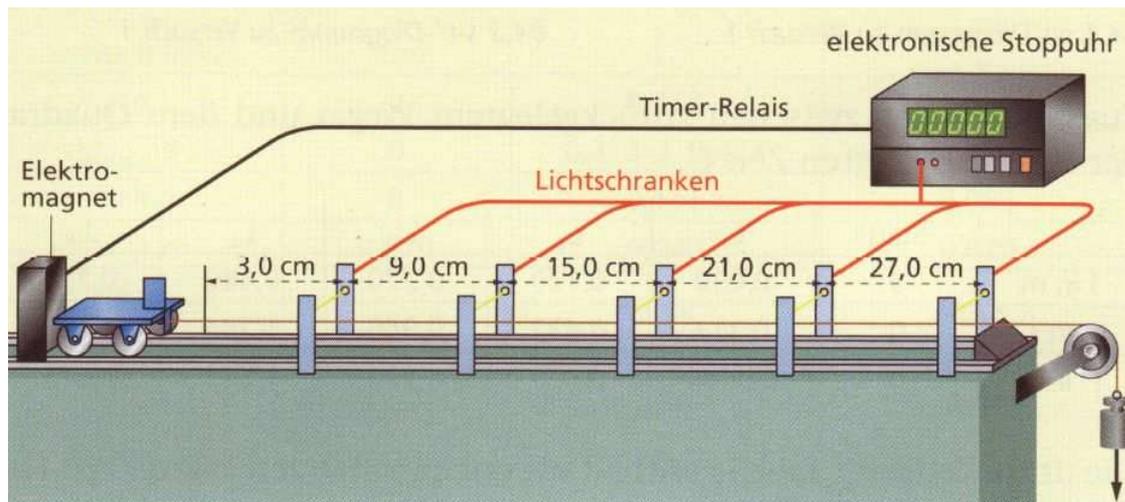


Abbildung 63: Versuchsaufbau zu Versuch 1 aus B2-8

Der Versuch wird ausgewertet, indem ein s-t-Diagramm (Diagramme sind hier nicht aufgeführt, da sie schon vom Prinzip aus B1-8 bekannt sind) erstellt wird (aus Messwerten von Abbildung 64), wobei hier noch kein Ergebnis formuliert werden kann. Betrachtet man die Messwerte, so stellt man fest, dass der Wagen in der doppelten Zeit den vierfachen Weg und in der dreifachen Zeit den neunfachen Weg zurücklegt, was zu dem Schluss führt, den Zusammenhang zwischen s und t^2 zu betrachten. Trägt man das s- t^2 -Diagramm auf, so zeigt der Graph eine Ursprungsgerade. Als Merksatz wird nun festgehalten, dass der zurückgelegte Weg direkt proportional zum Quadrat der Fahrtzeit ist. Der Graph im s-t-Diagramm stellt also einen Parabelast dar.

Wertet man die Messwerte numerisch aus, so stellt man fest, dass $\frac{s}{t^2} = const. = c_1$ ist und sich in unserem Beispiel ein Mittelwert von $0,30 \frac{m}{s^2}$ ergibt. Als Definition bzw. Grundwissen wird nun festgesetzt, dass eine geradlinige Bewegung, bei der $s \sim t^2$ oder $\frac{s}{t^2} = const.$ gilt, als gleichmäßig beschleunigte Bewegung bezeichnet wird.

Lichtschr.	Start	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
s in m	0	0,030	0,120	0,270	0,480	0,750
t in s	0	0,313	0,632	0,960	1,284	1,605
t ² in s ²	0	0,0980	0,399	0,922	1,649	2,576
$\frac{s}{t^2}$ in $\frac{m}{s^2}$	-	0,31	0,301	0,293	0,291	0,291

Abbildung 64: Messwerte und daraus berechnete Werte aus Versuch 1 aus B2-8

- Versuch 2: Hier soll die Momentangeschwindigkeit v_M in Abhängigkeit von der Fahrtzeit unter dem Einfluss einer konstanten Kraftwirkung untersucht werden. Dabei wird der Aufbau aus Versuch 1 verwendet, wobei die Breite der Papierfahne auf dem Wa-

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

gen als Δs dient und bei jeder Lichtschranke sowohl die Einfahr- als auch die Ausfahrzeit registriert werden. Die Breite der Lichtschranke beträgt 2,0 cm.

Lichtschranke	Start	L ₁		L ₂		L ₃		L ₄	
t in s	0	0,313		0,632		0,960		1,284	
$t_{\text{ein/aus}}$ in s	0	0,313	0,424	0,632	0,685	0,960	0,994	1,284	1,311
Δt in s	0	0,111		0,053		0,034		0,027	
Δs in m	0,020	0,020		0,020		0,020		0,020	
$v_M = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$		0,18		0,38		0,58		0,74	
$\frac{v_M}{t}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	-	0,58		0,60		0,60		0,58	

Abbildung 65: Messwerte und daraus berechnete Werte aus Versuch 2 aus B2-8

Die Zeitintervalle beim Durchfahren einer jeden Lichtschranke wurden in der dritten Zeile der Tabelle von Abbildung 65 berechnet. Weiterhin wurden die Momentangeschwindigkeiten errechnet und in ein Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm eingetragen. Man erhält eine Ursprungsgerade. Zusätzlich ergibt sich bei der numerischen Auswertung $\frac{v_M}{t} = \text{const.} = c_2$, wobei der Mittelwert von $\frac{v_M}{t} = 0,59 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ist. Die Momentangeschwindigkeit ist also direkt proportional zur Fahrzeit. Man erhält also aus den Messversuchen:

- $s \sim t^2$ $\frac{s}{t^2} = \text{const.} = c_1 = 0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $v_M \sim t$ $\frac{v_M}{t} = \text{const.} = c_2 = 0,59 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

In der Definition heißt es nun, dass man eine geradlinige Bewegung mit $s \sim t^2$ oder $v_M \sim t$ als gleichmäßig beschleunigte Bewegung bezeichnet, welche durch Einwirkung einer konstanten Kraft entsteht.

Für Interessierte wird am Rand der Quotient aus Δv und dem Zeitintervall Δt als Beschleunigung $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ mit der Einheit $[a] = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ definiert. Da aus Versuch 2 die Proportionalitätskonstante c_2 als Beschleunigung festgelegt wurde, können wir $c_1 = \frac{1}{2} c_2$ setzen und $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ (Weg-Zeit-Gesetz für gleichmäßige Beschleunigung) und $v_M = a \cdot t$ (Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz bei der gleichmäßigen Beschleunigung) schreiben. Außerdem wird noch auf die Faustregeln des Reaktions- und des Bremsweges eingegangen und der Sicherheitsabstand angegeben. Drei Aufgaben, die größtenteils Rechenaufgaben darstellen, wobei die letzte Aufgabe auf den Bremsvorgang bei unterschiedlicher Witterung eingeht, stehen am Ende des Kapitels.

c. Im Schulbuch B3-8

In B3-8 wird das Thema „Bewegungen unter Einwirkung einer konstanten Kraft“ auf zwei Kapitel aufgeteilt. Zuerst wird auf den Seiten 62 und 63 die Geschwindigkeitsänderung und

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

dann in einem weiteren, daran anknüpfenden Kapitel auf den Seiten 64 und 65 der zurückgelegte Weg unter Einwirkung einer konstanten Kraft betrachtet.

Im ersten Teil wird einleitend darauf verwiesen, dass – wenn man mit dem Fahrrad bergab fährt – sich gar nicht anzustrengen braucht und trotzdem schneller wird. Auch beim Skaten werden Rampen genutzt, um richtig schnell zu werden bzw. um zu bremsen. Die Frage ist, was da Gas gibt oder bremst und wie sich der Betrag der Geschwindigkeit ändert. Am Rand wird zusätzlich unter der Rubrik „Wiederhole“ nach der Ursache für die Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers gefragt. Außerdem soll man die Möglichkeiten dieser Änderungen des Bewegungszustandes unterscheiden. Im Anschluss folgen drei Versuche:

- V1: Man soll eine Stahlkugel oder eine Glasmurmel eine leicht geneigte Rinne aus der Ruhe heraus rollen lassen (Abbildung 66). Weiterhin soll man die Neigung der Rinne verändern und den Versuch wiederholen. Man konstatiert, dass je steiler die Rinne ist, desto größer ist die Änderung des Bewegungszustandes, hier also die Zunahme des Geschwindigkeitsbetrages.
- V2: Ein Gleiter auf einer horizontal ausgerichteten Luftkissenbahn wird durch ein zu Boden fallendes Gewichtstück gezogen, welches durch einen Faden mit dem Gleiter verbunden ist, wobei der Faden über die Umlenkrolle eines Bewegungsmesswandlers läuft, welcher über ein Interface an einen Computer angeschlossen ist (Abbildung 67). Man wird nun aufgefordert, den Geschwindigkeitsbetrag in Abhängigkeit von der Zeit aufzuzeichnen und in einem v - t -Diagramm darzustellen. Der Versuch soll mit verschiedenen Gewichtstücken durchgeführt werden. Es lässt sich feststellen, dass bei einer konstanten Zugkraft in Bewegungsrichtung der Betrag der Geschwindigkeit proportional mit der Zeit zunimmt und somit im v - t -Diagramm eine Ursprungsgerade entsteht (Abbildung 68). Ferner kann man festhalten, dass der Geschwindigkeitsbetrag umso schneller zunimmt und die Gerade umso steiler verläuft, je größer die Zugkraft ist.

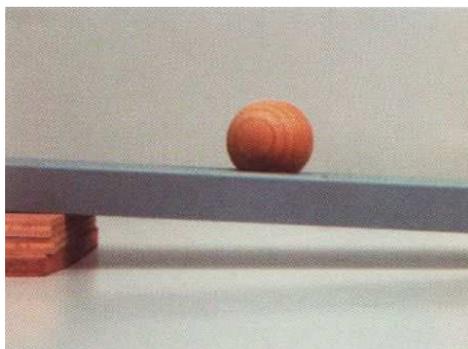


Abbildung 66: Kugel auf schiefer Ebene aus B3-8

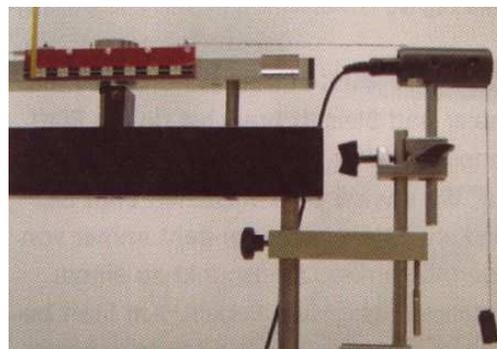


Abbildung 67: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Änderung des Geschwindigkeitsbetrags aus B3-8

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

- V3: Es soll Versuch 2 mit einem Computermesssystem nochmals wiederholt werden, das Geschwindigkeitsvektoren und die Änderung der Geschwindigkeitsvektoren darstellen kann. Ist ein solches System nicht vorhanden, so kann man den Versuch auch als Gedankenexperiment oder mit einer Simulation durchführen. Man beobachtet, dass die Länge der Geschwindigkeitsvektoren, also der Betrag der Geschwindigkeit gleichmäßig zunimmt, was heißt, dass die Änderung des Betrages der Geschwindigkeit bei konstanter Zugkraft in Bewegungsrichtung konstant ist (Abbildung 69).

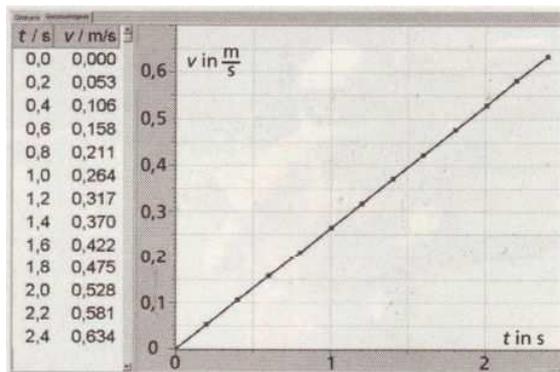


Abbildung 68: v-t-Diagramm der Bewegung eines Luftkissengleiters bei konstanter Zugkraft aus B3-8

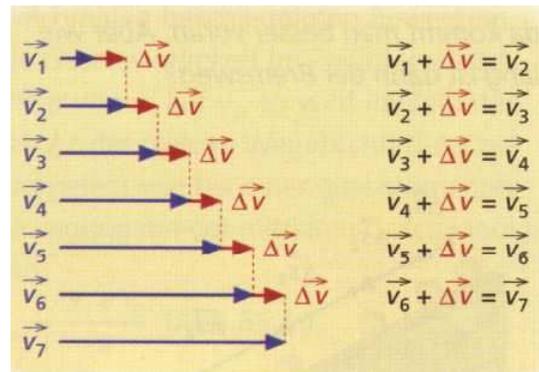


Abbildung 69: Geschwindigkeitsvektoren und ihre konstante Änderung bei konstanter Zugkraft aus B3-8

Zusammenfassend wird nun beschrieben, dass eine Kraft die Ursache für die Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers ist und in oder gegen die Bewegungsrichtung den Betrag der Geschwindigkeit erhöht oder verringert. Wirkt eine Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung, so ändert sich die Richtung der Bewegung. In V1 verändert sich die wirkende Hangabtriebskraft durch die Änderung der Neigung der Rinne und da diese Kraft immer in Bewegungsrichtung zeigt, ist damit eine mehr oder weniger große Zunahme des Geschwindigkeitsbetrages verbunden. Es stellt sich also heraus, dass eine konstante Kraftwirkung in Bewegungsrichtung dazu führt, dass der Betrag der Geschwindigkeit proportional mit der Zeit ansteigt und zu einer zeitlich konstanten Änderung des Geschwindigkeitsbetrages führt. Dabei sind die Vektoren der Geschwindigkeitsänderung alle gleich, also gleich gerichtet und gleich lang. Im „Wir merken uns“-Teil werden abschließend vier Punkte genannt:

- Eine konstante Kraft in Bewegungsrichtung führt dazu, dass der Betrag der Geschwindigkeit linear mit der Zeit zunimmt.
- Also ist $v \sim t$, wenn die Bewegung zum Zeitpunkt $t = 0$ und $v = 0$ beginnt.
- Im v-t-Diagramm entsteht eine Ursprungshalbgerade.
- Die Geschwindigkeitsvektoren sind alle gleich gerichtet, wobei ihre Länge, also der Betrag der Geschwindigkeit, gleichmäßig zunimmt. Also sind alle Vektoren der Änderung der Geschwindigkeit gleich gerichtet und gleich lang.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

Zum Schluss werden vier Aufgaben gegeben, wobei Aufgabe 2 und 3 hervorzuheben sind, da sie das Thema Geschwindigkeitsänderung unter Einwirkung einer konstanten Kraft mit dem alltäglichen Phänomen, dass die Tempo-Anzeige eines Fahrradtachos beim Bergabfahren gleichmäßig bis zu einem Maximalwert zunimmt, in Verbindung bringen und somit die auf unserer Erde immer wirkenden Reibungskräfte thematisieren. Es soll ein v - t -Diagramm für diese Bewegung gezeichnet werden und ein Kräftediagramm erstellt werden für den Fall, dass sich der Betrag der Geschwindigkeit nicht mehr ändert. Am Rand unter der Rubrik „Denke nach“ wird die Alltagsvorstellung, nämlich dass man beim Anfahren oder bei der Zunahme des Tempos von einer Beschleunigung spricht, in Frage gestellt und nach dem Beschleunigen im physikalischen Sinn gefragt. Bei „Denke weiter“ wird danach gefragt, warum man in der Physik von einer gleichmäßigen oder konstant beschleunigten Bewegung spricht. Außerdem heißt es bei „Verknüpfe - Mathematik“, dass die Steigung im v - t -Diagramm die Änderung des Geschwindigkeitsbetrags in einem Zeitabschnitt beschreibt.

Im zweiten Teil in B3-8 auf den Seiten 64 und 65 wird der zurückgelegte Weg bei der Einwirkung einer konstanten Kraft betrachtet. Zu Beginn wird die Motorleistung von Fahrzeugen, um schneller zu werden, aber auch die dazugehörigen und darauf abgestimmten Bremssysteme angesprochen. Die Frage ist, wie weit man in einer bestimmten Zeit fährt, wenn sich der Betrag der Geschwindigkeit während dieser Zeit ändert.

- V1: Man soll eine Stahl- oder Glaskugel eine leicht geneigte Rinne aus der Ruhe heraus rollen lassen, wobei dabei der Ort der Kugel nach 1 s, 2 s und 3 s markiert wird. Es stellt sich heraus, dass die Verschiebungen (Ortsänderungen) mit fortlaufender Bewegung zunehmen, das heißt, die zurückgelegten Wegstrecken in den gleichen Zeitabschnitten immer größer werden (Abbildung 70).
- V2: Als Versuchsaufbau wird V2 auf Seite 62 (Luftkissenfahrbahn und computerbasierte Messwerterfassung) verwendet. Man soll mit dieser Messanordnung den vom Luftkissengleiter zurückgelegten Weg in Abhängigkeit von der Zeit aufnehmen und in einem s - t -Diagramm darstellen lassen. Die Bewegungsaufzeichnung soll zum Zeitpunkt Null am Ort Null mit der Geschwindigkeit Null starten. Die Messung führt zu der Beobachtung, dass der zurückgelegte Weg überproportional mit der Zeit bei konstanter Zugkraft in Bewegungsrichtung zunimmt. Die Kurve in Abbildung 71 wird immer steiler.

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

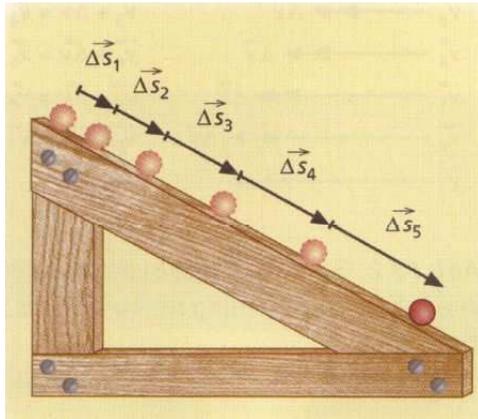


Abbildung 70: Je schneller, desto weiter ist der zurückgelegte Weg in gleicher Zeit aus B3-8

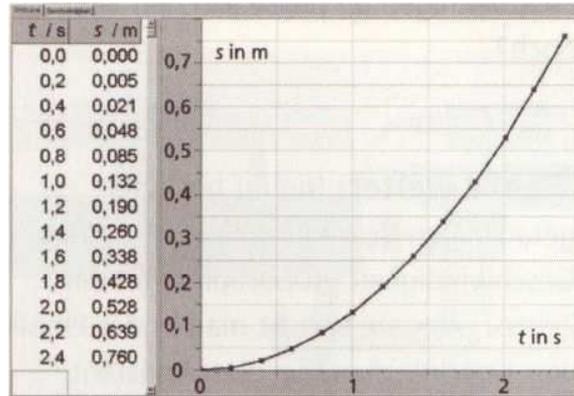


Abbildung 71: s-t-Diagramm der Bewegung eines Luftkissengleiters bei konstanter Zugkraft aus B3-8

- V3: V2 soll wiederholt werden, wobei die gespeicherten Messdaten in einem s-t²-Diagramm dargestellt werden sollen. Man erkennt eine Ursprungshalbgerade.

Im „Wir stellen zusammen“-Teil werden nun die Erkenntnisse aus den drei Versuchen gesammelt: Aus V1 wird deutlich, dass bei einer Bewegung mit zunehmendem Geschwindigkeitsbetrag in den gleichen Zeitabschnitten immer größere Wegstrecken zurückgelegt werden. In V2 zeigt man, dass der Gesamtweg bei gleichmäßig zunehmender Geschwindigkeit im Gegensatz zur gleichförmigen Bewegung nicht proportional mit der Zeit, sondern ständig steigend zunimmt, was im s-t-Diagramm zu einer immer steiler werdenden Kurve führt. Da in V3 bei der Darstellung von s und t² eine Ursprungshalbgerade entsteht, sind diese beiden Größen direkt proportional zueinander, was sich auch rechnerisch mit der Gleichheit der Quotienten aus s und t² bestätigen lässt. Wenn man aus der Ruhe startet, legt man bei einer Bewegung mit gleichmäßig zunehmendem Geschwindigkeitsbetrag in der doppelten Zeit den vierfachen Weg zurück. Der Merksstoff ist also:

- Der zurückgelegte Weg nimmt quadratisch mit der Zeit zu, wenn auf einen Körper eine Kraft in Bewegungsrichtung wirkt.
- Startet der Körper aus der Ruhe und beschleunigt gleichmäßig, so ist $s \sim t^2$ (für $s = 0$, und $v = 0$ bei $t = 0$).
- Im s-t-Diagramm wird die Kurve immer steiler.
- Im s-t²-Diagramm entsteht eine Ursprungshalbgerade.

Im Anschluss daran folgen fünf Aufgaben, wobei Aufgabe 3 mit der Rubrik „Denke weiter“ verknüpft ist. Dabei geht es darum, dass bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung, bei der sich die Geschwindigkeit im Zeitintervall Δt linear von v_1 auf v_2 ändert, der gleiche Wegabschnitt Δs zurückgelegt wird, wie bei einer gleichförmigen Bewegung mit der mittleren Geschwindigkeit $v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$ (Abbildung 72).

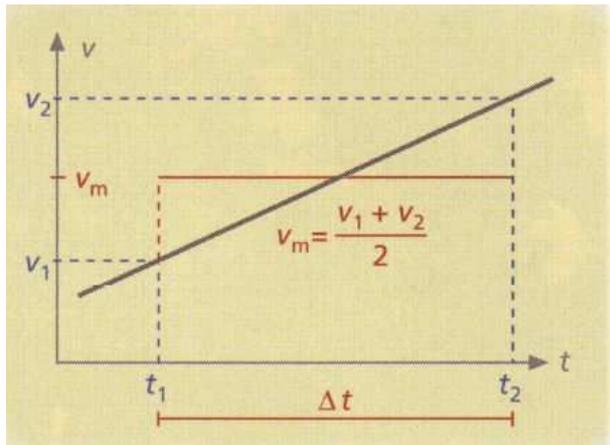


Abbildung 72: Mittlere Geschwindigkeit bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung im v-t-Diagramm aus B3-8

Weiterhin wird das Thema auch noch mit der Verkehrserziehung in Zusammenhang gebracht. So setzt sich der Anhalteweg aus Reaktionsweg und Bremsweg zusammen, wobei der Bremsweg von der Geschwindigkeit, dem Straßenzustand, dem Reifenprofil und der Bauart der Bremse abhängig ist. Bei einer Verdopplung der Geschwindigkeit kommt es näherungsweise zu einer Vervierfachung des Bremsweges. Unter der Rubrik „Probiere aus“ soll man dies selbst mit dem Fahrrad testen, indem man mit 5 km/h, dann mit 10 km/h und 15 km/h jeweils mit gleicher Kraft bremst und den Bremsweg bzw. die Zeit misst.

d. Vergleich und Bewertung

Analysiert man nun die drei Bücher, so stellt man fest, dass die vorgeschlagenen Versuche zur Erfassung der beschleunigten Bewegung in B1-8 und B2-8 mit eher altmodischen Messwert-erfassungssystemen, wie Lichtschranke (sehr aufwändiger Versuchsaufbau und viel „Rechnerei“ bei der Auswertung), Tropfwassersysteme, Metronom oder Tachometerwelle durchgeführt werden. B3-8 schlägt hier als einziges Buch vor, einen Luftkissengleiter und ein Computermesssystem zur Aufnahme des Weges und der Zeit oder der Geschwindigkeit und der Zeit zu verwenden.

In B1-8 werden keine zweidimensionalen Bewegungen betrachtet und auch der vektorielle Charakter der Geschwindigkeit wird vernachlässigt. Zusätzlich werden auch die Änderungen, also Δs , Δv und Δt nicht herausgehoben, was vor allem in der Musteraufgabe auf Seite 58 auffällt, bei der in der Lösung die Formel $s = v \cdot t$ verwendet wird. In Abbildung 57 erkennt man, dass im Kräfte diagramm der Kugel auf einer schiefen Ebene, die Auflagekraft, die entgegengesetzt der Normalkraft wirkt und diese kompensiert, vernachlässigt wird. Die zu diesem Thema formulierten Aufgaben beziehen sich meist auf Brems- und Anhaltewege.

Zu Beginn dieses Kapitels in B2-8 wird die konstante Motorkraft (hier stellt sich natürlich auch die Frage, ob sich das Auto selbst ohne Wechselwirkung mit der Umgebung beschleunigt) für die Beschleunigung eines Fahrzeugs bis zu einer gewissen Endgeschwindigkeit

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

angesprochen. Dabei wird allerdings nicht erwähnt, dass hier eine Reibungskraft dafür verantwortlich ist, sodass das Fahrzeug nicht ständig weiterbeschleunigt wird. Dies kann die Schülervorstellung fördern, dass eine konstante Kraft zu einer konstanten Geschwindigkeit führt. Weiterhin ist feststellbar, dass viele Tabellen und Diagramme in diesem Kapitel verwendet werden, um sowohl eine numerische als auch eine graphische Auswertung der Daten vorzunehmen. Allerdings wird nicht auf Richtungsänderungen oder gar auf zweidimensionale Bewegungen eingegangen. Beschleunigung heißt hier also immer „schneller werden“, was als negativ anzusehen ist. Interessanterweise wird am Ende des Kapitels am Rand die Beschleunigung quantitativ mit $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ angegeben und sogar das Weg-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung mit $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$ angesprochen. Ob dies allerdings dazu beiträgt, das konzeptionelle Wissen der Schüler zu bereichern, ist fraglich.

Wie schon bei der gleichförmigen Bewegung, ist auch bei der gleichmäßig beschleunigten Bewegung in B3-8 eine Zweiteilung vorhanden. Auf den ersten zwei Seiten geht es um die Geschwindigkeitsänderung unter der Einwirkung einer konstanten Kraft und auf den anderen beiden Seiten wird der zurückgelegte Weg behandelt. Dies stellt einen großen Unterschied zu den anderen beiden Büchern dar, da hier zuerst auf die Geschwindigkeitsänderung und dann erst auf den zurückgelegten Weg eingegangen wird. Schön ist, dass hier zu Beginn am Rande wiederholt wird, was die Ursache für die Veränderung eines Bewegungszustandes eines Körpers ist und dass man bei der Veränderung des Bewegungszustandes unterscheiden muss. Hier ist gut zu erkennen, dass man versucht, den Bogen zwischen dem in der 7. Jahrgangsstufe gelernten Kraftbegriff und der Dynamik zu spannen. Die Änderung der Richtung und des Betrages der Geschwindigkeit unter der Einwirkung einer Kraft werden hier betont. In Abbildung 69 erkennt man, dass die Geschwindigkeitsvektoren bei einer konstanten Zugkraft um eine konstante Änderung $\Delta \vec{v}$ verlängert werden. Die Verwendung von $\Delta \vec{v}$ zeigt, dass in diesem Schulbuch neuere Sachstrukturen zumindest zum Teil integriert wurden. Weiterhin wird hervorgehoben, dass eine Kraft in oder gegen die Bewegungsrichtung zu einer Erhöhung oder Verringerung des Betrages der Geschwindigkeit führt, wobei eine Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung die Richtung der Geschwindigkeit ändert. Erneut wird auch hier konsequenterweise vom Betrag der Geschwindigkeit (Tempo oder Schnelligkeit) gesprochen und die Richtung bei der Einwirkung einer Kraft betont. In der Rubrik „Denke nach“ am Rand werden die Schüler zusätzlich darauf hingewiesen, dass im Alltag bei einer Beschleunigung von einer Zunahme des Tempos die Rede ist, wobei die Schüler sich den physikalischen Sinn dieses Begriffes überlegen sollen. In den Aufgaben sollen sich die Schüler unter anderem mit dem Phänomen der immer wirkenden Reibung bei z.B. der Bergabfahrt mit dem Fahrrad beschäftigen und dabei das v-t-Diagramm einer solchen Bewegung bzw. das Kräfte-diagramm für den Fall, dass sich der Betrag der Geschwindigkeit nicht mehr ändert, zeichnen. Hierbei kann sowohl auf die gleichförmige Bewegung, bei der sich die auf einen Körper

6 Analyse der Sachstruktur der Schulbücher und Umgang mit Schülervorstellungen

wirkenden Kräfte aufheben und sich der Körper mit konstantem Tempo bewegt, als auch auf die gleichmäßig beschleunigte Bewegung unter der Einwirkung einer Kraft eingegangen werden. Im zweiten Teil „Der zurückgelegte Weg unter Einwirkung einer konstanten Kraft“ in B3-8 ist vor allem auffällig die in Abbildung 70 eingezeichneten Pfeile und die immer länger werdenden Ortsänderungsvektoren. Auch hier wird vorgeschlagen, die Aufzeichnung der Bewegung mit einem Computermesswerterfassungssystem zu analysieren, da hier sofort und viel einfacher am Computer Messwerttabellen und Diagramme ausgegeben werden können. Weiterhin wird in Abbildung 72 die mittlere Geschwindigkeit bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung definiert. Auf diese Art und Weise lässt sich der zurückgelegte Weg darstellen ($s = v_m \cdot t$), da dieser dem Weg entspricht, den der Körper in der gleichen Zeit bei einer gleichförmigen Bewegung mit der mittleren Geschwindigkeit zurücklegt. Dies ist sinnvoller und einfacher nachvollziehbar als die Formel $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$. Abschließend erkennt man, dass in allen drei Büchern am Ende des Kapitels der Brems- und Anhalteweg bei Fahrzeugen behandelt wird und einige Rechenaufgaben dazugestellt werden.

7 Fazit und Bewertung

Nachdem nun die Schulbücher in ihren Strukturelementen (Kapitel 5) und anschließend einige Kapitel der Mechanik der 7. und 8. Jahrgangsstufe nach ihrer Sachstruktur bzw. nach dem Umgang mit Schülervorstellungen analysiert wurden, wird nun ein Resümee gezogen.

Es stellte sich heraus, dass B2-7, zumindest in den untersuchten Kapiteln, Texte verwendet, die für Schüler der 7. Klasse eine zu hohe Textschwierigkeit aufweisen, wohingegen B1-7 und B3-7 eine angemessene Sprache verwenden. Die kompakten Zusammenfassungen der wichtigsten Lerninhalte am Ende eines Themas bzw. nach einem Themenblock zeigen, dass der Merkmstoff in B3-7/8 am sinnvollsten und für die Schüler am hilfreichsten dargestellt wird. Bei der Aufteilung einer Buchseite in Textspalte und Abbildungsspalte erkennt man die klarste und konsequenteste Struktur in B3-7/8. Am häufigsten werden Tabellen in B2-7/8 abgebildet, was eher negativ zu bewerten ist. Bei den Experimentierangaben liegt ein großer Unterschied zwischen den zu untersuchenden Physikbüchern vor, denn B1-7/8 skizziert die Experimente, ohne jedoch dabei auf die Beobachtungen oder auf die Auswertung einzugehen. In B2-7/8 und B3-7/8 wird genau dies gemacht, sodass die im Unterricht gesehenen Versuche relativ leicht von den Schülern zuhause wiederholt und nachvollzogen werden können. Am meisten Aufgaben in den hier untersuchten Kapiteln werden in B3-7/8 angeboten. Dies sind unter dem Aspekt Schülerhandlungen gesehen vor allem qualitative, Wissen abfragende und in B3-8 auch mathematisch-rechnerische Aufgaben. Die Rubriken „Denke weiter“, „Verknüpfe“, „Denke nach“, „Wiederhole“ und „Probiere aus“ am Rand von B3-7/8 führen zudem zu einer Vertiefung der Lerninhalte. Anregungen für Projekte im Unterricht werden nur in B2-7/8 nicht gegeben. Die Inhaltsverzeichnisse von B2-7/8 und B3-7/8 sind übersichtlicher als in B1-7/8. Die Überschriften sind in B2-7/8 und B3-7/8 sowohl für Schüler interessant als auch in physikalischer Fachsprache formuliert. Des Weiteren wird allein in B3-7 ein Vorwort an die Schüler gerichtet.

Betrachtet man die Analyse der Sachstruktur bzw. den Umgang mit Schülervorstellungen und begibt sich auf eine Metaebene, indem man die Kapitel 6.1 und 6.2 als Ganzes überblickt und somit einen Bogen von dem in der 7. Jahrgangsstufe behandelten Kraftbegriff zur Dynamik der 8. Jahrgangsstufe spannt, so konstatiert man, dass vor allem B3-7/8 bemüht ist, neuere Sachstrukturen zu integrieren und den Alltagsvorstellungen der Schüler zu begegnen:

Beim Kapitel „Wirkungen einer Kraft, statischer und dynamischer Aspekt“ kommt es zu einer eher statischen Einführung der Kraft, wobei mit der Überschrift schon bestrebt wird, die Fehlvorstellung des „Krafthabens“ zu thematisieren. Interessanterweise wird beim „Vergleich von Kräften“ auch der dynamische Aspekt der Kraft betont und mit einem Versuch veranschaulicht im Gegensatz zu B1-7 und B2-7. Neben den sehr originellen Versuchen in B3-7 zum Thema „3. Newtonsches Axiom“ wird versucht, die Begriffe „Kraft = Gegenkraft“ oder

„actio = reactio“ vom Gleichgewicht von Kräften abzugrenzen. Da allerdings in der 7. Jahrgangsstufe die Geschwindigkeit noch nicht behandelt ist, stellt es sich als schwierig heraus, die Kraft dynamisch einzuführen und somit den Schülervorstellungen, welche durch die statische Betrachtung gefördert werden, entgegenzuwirken.

Beim Kapitel „Erfassung und Beschreibung von Bewegungen“ in B3-8, welches einzigartig in den drei Büchern ist, steht nun die Richtung einer Bewegung im Vordergrund. Es wird sogar auf zweidimensionale Bewegungen (Spirale, Turmuhr) eingegangen und die Computermaus bzw. Videoanalyse zur Aufnahme von Bewegungen vorgeschlagen. Schön ist, dass beim Thema „Gleichförmige Bewegungen“ eine Zweiteilung vorliegt, sodass zuerst auf die Eigenschaften dieser und dann auf die Schnelligkeit, nämlich die vom Tacho angezeigten Größe, verwiesen wird. Dabei werden zur Veranschaulichung der Kennzeichen einer gleichförmigen Bewegung Ortsänderungsvektoren, die alle in die gleiche Richtung zeigen und gleich lang sind, verwendet. Weiterhin findet eine Verknüpfung mit dem in der 7. Jahrgangsstufe gelernten Kraftbegriff und dem Beharrungsprinzip statt. Außerdem wird unterschieden zwischen dem Betrag der Geschwindigkeit, also dem Tempo oder der Schnelligkeit, und der Geschwindigkeit als Vektor. Gerade diese Betonung von Schnelligkeit und Geschwindigkeit wird hier konsequent durchgezogen und wirkt so den Schülervorstellungen entgegen. Im nachfolgenden Kapitel „Geschwindigkeit als Vektor“ erkennt man, dass zweidimensionale Bewegungen (Kreisbewegung im Karussell) behandelt werden. Erneut wird die Richtung stark betont, Ortsänderungsvektoren in der Darstellung verwendet und die Anwendung eines Computerprogrammes zur Aufzeichnung der Mausbewegung vorgeschlagen. Das Spiel „Autorennen mit Papier und Bleistift“ zeigt auf spielerische Art und Weise, dass es bei der Geschwindigkeit auf den Betrag und die Richtung ankommt.

Auch die „Bewegung eines Körpers unter der Einwirkung einer konstanten Kraft“ ist in B3-8 zweigeteilt. Die hier verwendete Reihenfolge unterscheidet sich von dem Vorgehen in B1-8 und B2-8, da in diesen Büchern zuerst auf den zurückgelegten Weg eingegangen wird. B3-8 hingegen geht als Erstes auf die Geschwindigkeitsänderung ein, wobei erneut auf den Einsatz eines Computermesswertsystems zur Aufnahme der Werte hingewiesen wird. Zusätzlich werden die Vektoren der Geschwindigkeitsänderungen $\Delta\vec{v}$ herausgestellt, die bei einer konstanten Zugkraft in Richtung der Bewegung gleich gerichtet und gleich lang sind. Diese Größe $\Delta\vec{v}$ erinnert an die von WIESNER und WODZINSKI⁵⁰ geforderte Elementarisierung der Beschleunigung als Zusatzbewegung in Einwirkrichtung und stellt somit einen weiteren Beleg für die Integration neuerer Sachstrukturen in diesem Physik-Schulbuch dar. Außerdem werden in den Aufgaben die immer wirkenden Reibungskräfte thematisiert, welche z.B. bei einer Bergabfahrt mit dem Fahrrad zu einem Kräftegleichgewicht führen können. Hier kann der

⁵⁰ Vgl. WODZINSKI, Rita; WIESNER, Hartmut: Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Zusatzbewegung und Newtonsche Bewegungsgleichung, in: Physik in der Schule 32, 1994, Nr. 6, S. 202-207

Schülervorstellung, dass eine konstante Kraft eine konstante Endgeschwindigkeit bewirkt, entgegengewirkt werden und Bezug auf das Beharrungsprinzip genommen werden. Im zweiten Teil wird der zurückgelegte Weg unter Einwirkung einer konstanten Kraft untersucht. Hierbei soll die Messanordnung vom ersten Teil mit dem Luftkissengleiter verwendet werden. Man stellt also fest, dass die computerbasierende Messwerterfassung konsequent in B3-8 gefordert wird. Dies ist bemerkenswert, da es gerade in der Realschule lange gedauert hat (mittlerweile in Realschulen häufiger, aber im Gymnasium schon länger verbreitet), bis diese neuen Medien zum Einsatz kamen, obwohl es bereits hier in einem Schulbuch propagiert wird. Weiterhin werden auch hier immer länger werdende Ortsänderungsvektoren zur Veranschaulichung der gleichmäßig beschleunigten Bewegung abgebildet und die mittlere Geschwindigkeit, mit der man auf einfache Art und Weise auf den zurückgelegten Weg kommt, in einer Aufgabe beschrieben.

Es stellt ein Dilemma des Lehrplans der bayerischen Realschule dar, die Kraft in der 7. Jahrgangsstufe und die Dynamik in der 8. Jahrgangsstufe zu behandeln. Sinnvoller wäre es wohl, beide Themen zusammen zu nehmen und aufeinander aufbauen zu lassen, sodass die Kraft dynamisch und zweidimensional eingeführt werden kann.

Insgesamt sind also für das Teilgebiet der Mechanik die Bücher B3-7 und B3-8 am ehesten zu empfehlen, wofür vor allem die Sachstruktur und die Berücksichtigung von Schülervorstellungen sprechen. An zweiter Stelle folgen die Bücher B1-7 und B1-8. Für die Bücher B2-7 und B2-8 wird dagegen eine Überarbeitung empfohlen.

Abschließend lässt sich jedoch herausheben, dass vor allem durch die behandelten zweidimensionalen Bewegungen und die damit verbundene Hervorhebung der Richtung einer Bewegung, die Betonung von Schnelligkeit und Geschwindigkeit als vektorielle Größe, die Verwendung von Ortsänderungs- und Geschwindigkeitsänderungsvektoren und den geforderten Einsatz von Computermesswerterfassung und Videoanalyse gezeigt wird, dass in B3-7 und B3-8 auf Schülerfehlvorstellungen eingegangen wird und neuere Sachstrukturen zumindest ansatzweise integriert sind. Man kann also sagen, dass es schon ein regulär für den Unterricht zugelassenes Physik-Schulbuch gibt, welches zum Teil gleiche Ideen verwendet, wie das von WIESNER/HOPF/WILHELM/WALTNER/TOBIAS⁵¹ entwickelte Mechanikkonzept.

⁵¹ Vgl. **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

Vgl. **HOPF, Martin; WALTNER, Christine; WILHELM, Thomas; WIESNER, Hartmut**: Konzeption einer Vergleichsstudie zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7, in: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDCP in Schwäbisch Gmünd 2008, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29, Lit-Verlag, Münster, 2009

8 Literaturverzeichnis

- BLEICHROTH, Wolfgang et al.:** Fachdidaktik Physik, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Aulis Verlag Deubner, Köln, 1999
- BLEICHROTH, Wolfgang:** Schulbücher für den Physikunterricht. Gesichtspunkte zur Beschreibung und Beurteilung, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 35, 1987, Nr. 26, S. 5-8
- BLEICHROTH, Wolfgang et al.:** Schüler äußern sich zu ihrem Physikschulbuch, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 35, 1987, Nr. 26, S. 32-34
- BRAND, Jürgen:** Die Verwendung von Lehrbüchern im Physikunterricht, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 31, 1983, Nr. 7, S. 233-236
- ERNHOFER, Rupert et al.:** Physik 7 - Newton, 2. Auflage, Oldenbourg Schulbuchverlag, München/ Düsseldorf/ Stuttgart, 2005
- ERNHOFER, Rupert et al.:** Physik 8 I - Newton, Oldenbourg Schulbuchverlag, München/ Düsseldorf/ Stuttgart, 2003
- FELDNER, Peter:** Leicht einsetzbare Verfahren zur Untersuchung der Sprachgestaltung unserer Schulbücher. Untersuchungsergebnisse bei Physik-Schulbüchern, in: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 52, 1999, Nr. 1, S. 51-53
- GERNET, Birgit:** Sprachanalyse von Merksätzen in Physikbüchern am Beispiel: Mechanik der Festkörper in der Realschule, Staatsexamensarbeit am Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Universität Würzburg, 1994
- GEIPEL, Rudolf; REUSCH, Wolfgang:** Physik 8 I für die sechststufige Realschule, C.C. Buchner Verlag, Bamberg, 2005
- GEIPEL, Rudolf; REUSCH, Wolfgang:** Physik 7 I für die sechststufige Realschule, C.C. Buchner Verlag, Bamberg, 2002
- GODAU, Jürgen:** Übungsaufgaben in Schulbüchern, in: Unterricht Physik 9, 1998, Nr. 48, S. 35-38
- GODAU, Jürgen:** Erfolgreich durch kreative Unterrichtsphasen!, in: Physik in der Schule 32, 1994, Nr. 12, S. 413-416
- HÖRTER, Christian:** Physik 8 I – Realschule Bayern, Cornelsen, Berlin, 2002
- HÖRTER, Christian:** Physik 7 I – Realschule Bayern, Cornelsen, Berlin, 2001

- HOPF, Martin; WALTNER, Christine; WILHELM, Thomas; WIESNER, Hartmut:** Konzeption einer Vergleichsstudie zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7, in: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDGP in Schwäbisch Gmünd 2008, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29, Lit-Verlag, Münster, 2009
- JUNG, Walter:** Zur Einführung des Kraftbegriffs, in: *physica didactica* 4, 1977, S. 171-187
- KAUFMANN, Jörg-Dietrich:** Unterrichtsarbeit mit einem Schulbuch für Physik, in: *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/ Chemie* 35, 1987, Nr. 26, S. 14-18
- KIRCHER, Ernst; GIRWIDZ, Raimund; HÄUßLER, Peter (Hrsg.):** Physikdidaktik. Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg, 2007
- JUPE, Klaus; LUDWIG, Margrit:** Was heißt „Schulbücher Physik unter die Lupe genommen“?. Zur Methodologie einer Untersuchung, in: *Physik in der Schule* 30, 1992, Nr. 1, S. 33-34
- JUPE, Klaus; LUDWIG, Margrit:** Schulbücher unter die Lupe genommen (I) bis (VI), in: *Physik in der Schule* 30, 1992, Nr. 2, S. 56-58; 3, S. 102-104; 4, S. 146-149; 5, S. 194-197; 6, S. 228-230; 10, S. 346-348
- LEISEN, Josef:** Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, in: *Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 59, 2006, Heft 5, S. 260-266
- LEISEN, Josef:** Zur Arbeit mit den Bildungsstandards. Lernaufgaben als Einstieg und Schlüssel, in: *Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 58, 2005, Heft 5, S. 306-308
- LEISEN, Josef:** Sprache(n) im Physikunterricht, in: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik* 47, 1998, Nr. 2, S. 2-4
- LEISEN, Josef:** Fachlernen und Sprachenlernen im Physikunterricht, in: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik* 47, 1998, Nr. 2, S. 5-8
- LEISEN, Josef:** Förderung des Sprachlernens durch den Wechsel von Symbolisierungsformen im Physikunterricht, in: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik* 47, 1998, Nr. 2, S. 9-13
- LEISEN, Josef:** Physikalische Begriffe und Sachverhalte. Repräsentationen auf verschiedenen Ebenen, in: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik* 47, 1998, Nr. 2, S. 14-18
- LUDWIG, Margrit:** Ist Entwicklung von Kreativität mit dem Schulbuch möglich?, in: *Physik in der Schule* 32, 1994, Nr. 2, S. 42-45

- MERZYN, Gottfried:** Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht (Teil 1), in: Physik in der Schule 36, 1998, Nr. 6, S. 203-206
- MERZYN, Gottfried:** Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht (Teil 2), in: Physik in der Schule 36, 1998, Nr. 7-8, S. 243-247
- MERZYN, Gottfried:** Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht (Teil 3), in: Physik in der Schule 36, 1998, Nr. 9, S. 284-287
- 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
- MERZYN, Gottfried:** Zum Einsatz von Physikbüchern, in: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/ Chemie 35, 1987, Nr. 26, S. 9-13
- MERZYN, Gottfried:** Die Sprache unserer Schulbücher, in: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 40, 1987, Nr. 2, S. 75-80
- MERZYN, Gottfried:** Die Fata Morgana in Schulbüchern, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie 30, 1982, Nr. 9, S. 313-318
- MIKELSKIS-SEIFERT, Silke; RABE, Thorid (Hrsg.):** Physik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II, Cornelsen Scriptor, Berlin, 2007
- MÜLLER, Rainer; WODZINSKI, Rita; HOPF, Martin (Hrsg.):** Schülervorstellungen in der Physik, Aulis Verlag Deubner, Köln, 2004
- RAUCH, Martin; WURSTER, Ekkehard:** Schulbuchforschung als Unterrichtsforschung. Vergleichende Schreibtisch- und Praxisevaluation von Unterrichtswerken für den Sachunterricht (DFG-Projekt) (mit ausführlicher Dokumentation der Meßinstrumente), Peter Lang GmbH Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 1997 (= Freiburger Beiträge zur Erziehungswissenschaft und Fachdidaktik, Band 3, hrsg. von Pelz, Manfred; Rauch, Martin)
- SCHECKER, Horst:** Das Schülervorverständnis zur Mechanik, Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftlicher Aspekte, Dissertation, Universität Bremen, 1985
- SCHEIDELER, W.:** Beurteilungskriterien für Schulbücher in den Fächern Physik und Chemie an Hauptschulen, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie, 1974, Nr. 1, S. 16-18
- 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

- SCHÜLLER, Florian; WILHELM, Thomas:** 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
- STARAUSCHEK, 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
- TOBIAS, Verena; HOPF, Martin; WALTNER, Christine; WILHELM, Thomas; WIESNER, Hartmut:** Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht – qualitative Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften und SchülerInnen, in: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebauch H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Bochum 2009, Lehmanns Media - LOB.de, Berlin, 2009
- WIATER, Werner:** Argumente zugunsten des Schulbuchs in Zeiten des Internets, in: Wiater, Werner (Hrsg.): Schulbuchforschung in Europa – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/Obb., 2003
- WIATER, Werner:** Das Schulbuch als Gegenstand pädagogischer Forschung, in: Wiater, Werner (Hrsg.): Schulbuchforschung in Europa – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive, Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/Obb., 2003
- 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
- WILHELM, Thomas:** Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, 2005 (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, hrsg. von Niederer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E.)
- 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.; Grötzebauch H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Bochum 2009, Lehmanns Media - LOB.de, Berlin, 2009
- WODZINSKI, Rita; WIESNER, Hartmut:** Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Beschreibung von Bewegungen und Geschwindigkeitsänderungen, in: Physik in der Schule 32, 1994, Nr. 5, S. 164-169
- WODZINSKI, Rita; WIESNER, Hartmut:** Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Zusatzbewegung und Newtonsche Bewegungsgleichung, in: Physik in der Schule 32, 1994, Nr. 6, S. 202-207

8 Literaturverzeichnis

WODZINSKI, Rita: Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht, Lit Verlag, Münster, 1996

Internetquellen:

Lehrplan für bayerische Realschulen im Fach Physik:

<http://www.isb.bayern.de/isb/index.asp?MNav=5&QNav=4&TNav=0&INav=0&LpSta=6&STyp=5&Fach=16> (aufgerufen am 21.09.2009)

Danksagung

Zahlreiche einzigartige Menschen haben bis zum heutigen Tag ihre Spuren in meinem Leben und auf meinem Weg hinterlassen. Ihnen will ich vor allem für ihre Begleitung während des Verfassens dieser Arbeit danken

Besonderer Dank gebührt Herrn Akad. Rat Dr. Thomas Wilhelm, unter dessen Betreuung diese Staatsexamensarbeit entstanden ist, für sein Vertrauen in meine Fähigkeiten, für die nötige Freiheit und Hilfe, und für die Möglichkeit diese Arbeit zu veröffentlichen.

Meinen Eltern und meiner Schwester danke ich für ihren treuen Rückhalt, für ihre bedingungslose Liebe und Fürsorge, für jede Ermutigung und Inspiration, und für ihr Vertrauen in mich. Es ist ein echtes Geschenk, Teil unserer Familie sein zu dürfen, Herausforderungen angehen zu können und Veränderungen nicht scheuen zu müssen.

Für alle geteilte Freude und gegenseitige Motivation, einfach für ihre ehrlich Freundschaft, mit der sie in einer unnachahmlichen Kombination aus Verstand und Leidenschaft mein Leben bereichern, will ich außerdem Mirjam Otto, Marco Graser, Franziska Müller, Carolin Berthold und Laura Klaus danken.

Schließlich möchte ich in meiner Verblüffung darüber Ausdruck verleihen, dass Gott mir gegenüber so gütig ist. Bei allen Begabungen, mit denen er mich gesegnet hat – in *ihm* allein, meinem Schöpfer und Herrn, liegen verborgen „alle Schätze der Weisheit und der Erkenntnis“ (Luther 1984, Kolosser 2,3)

Selbständigkeitserklärung

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

Würzburg, den

.....

Ingo Fließer