

Vergleich und Analyse der Sachstruktur von Gymnasialschulbüchern im Anfangsunterricht Mechanik

Thomas Wilhelm, Steffen Kneisel

Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Am Hubland, 97074 Würzburg
wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de

Kurzfassung

Es wird eine Untersuchung und ein Vergleich von sechs Physik-Schulbüchern für die 7. Jahrgangsstufe in Bayern vorgestellt. Fünf Bücher sind von Schulbuchverlagen, eines aus dem Forschungsprojekt von Tobias/Waltner/Hopf/Wilhelm/Wiesner. Zum einen werden jeweils gestalterische Aspekte betrachtet, nämlich die sieben Strukturelemente Leiteinrichtungen, Text, Abbildungen, Tabellen, Merkstoff, Experimentieranleitungen und Aufgaben. Zum anderen wird der Umgang mit Schülervorstellungen betrachtet und geprüft, welche Sachstrukturen sich in den einzelnen Schulbüchern widerspiegeln, die Fehlvorstellungen vermeiden oder unterstützen.

Insgesamt lassen sich große Unterschiede feststellen. Einige Werke sind stark quantitativ ausgerichtet und setzen auf Graphen und auf Messtabellen. Das Schulbuch aus dem Forschungsprojekt stellt dagegen mit einer völlig abgeänderten Sachstruktur ein qualitatives Verständnis in den Vordergrund und verzichtet konsequent auf Graphen, mathematische Gleichungen, Messtabellen und Rechenaufgaben.

1. Rahmenbedingungen

Seit Beginn des achtjährigen Gymnasiums beginnt Physik am bayerischen Gymnasium erstmals in der siebten Jahrgangsstufe. Das zweistündige Fach läuft unter der Bezeichnung „Natur und Technik, Schwerpunkt Physik“. Themen sind der elektrische Strom, die Einführung in die Mechanik und die Optik [1].

In der 7. Jahrgangsstufe geht es um eine qualitative Einführung der kinematischen Grundgrößen und der Kraft und in der 8. Klassenstufe folgt das Thema „Mechanische Energie“ (einschließlich Kraftwandler). Erst in der 9. Jahrgangsstufe folgt die Deutung von Bewegungsdiagrammen eindimensionaler Bewegungen und deren Beschreibung mit mathematischen Funktionen. Das wird in der 10. Jahrgangsstufe vertieft, wobei auch numerische Verfahren eine Rolle spielen.

2. Die untersuchten Schulbücher

Für die 7. Klassenstufe des Gymnasiums in Bayern sind fünf Physikbücher vom Kultusministerium zugelassen. Das sechste vorgestellte Buch wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes zum Mechanikunterricht der 7. Jahrgangsstufe erstellt [2-4]. Eine detaillierte Beschreibung dieser sechs Bücher mit einer vergleichenden Analyse der Gestaltung und Sachstruktur im Teilbereich der Mechanik findet sich in [5].

Das Buch „Impulse Natur und Technik: Schwerpunkt Physik, Jahrgangsstufe 7, Bayern“ - im Folgenden kurz „Impulse“ genannt - erschien 2005

beim Klett-Verlag. Es wurde auf Basis der Ausgabe Physik Mittelstufe bzw. Impulse Physik 1 sowie weiteren Regionalausgaben von insgesamt neun Autorinnen und Autoren erstellt.

Das Buch „Ikarus Natur und Technik Schwerpunkt: Physik 7“ - im Folgenden kurz „Ikarus“ genannt - erschien 2005 beim Oldenbourg Schulbuchverlages und stammt aus der Feder von Hermann Deger, Christian Gleixner, Rainer Pippig und Roman Worg. Dabei knüpfen sie sehr stark an den Band „Ikarus 5 - Naturwissenschaftliches Arbeiten“ aus der 5. Jahrgangsstufe an.

Das Buch „Natur und Technik Physik 7“ vom Cornelsen Verlag, verfasst von Angela Fösel, Helmut Hilscher, Anton Thanner, Silvia Fitz und Friedrich Wörten, das im Folgenden mit „NuTC“ bezeichnet wird, erschien 2005 im Cornelsen Verlag.

Das Buch „Natur und Technik Schwerpunkt: Physik Bayern 7 Gymnasium“ ist eine Koproduktion des DUDEN-PAETEC Schulbuchverlages in Berlin und des C. C. Buchners Verlages in Bamberg. Es wurde 2005 herausgegeben und verfasst von Lothar Meyer und Gerd-Dietrich Schmidt. Es wird im Folgenden mit „NuTDP“ abgekürzt.

Das Buch „Netzwerk Physik 7“ erschien 2005 beim Schroedel Schulbuchverlag und stammt von den Autoren Thomas Appel, Kerstin Sube, Gottfried Wolfermann und Martin Zieris. Es wird im Folgenden kurz „Netzwerk“ genannt.

Das Buch „Einführung in die Mechanik“, im Folgenden kurz „EidM“ genannt, entstand im Rahmen eines Forschungsprojektes von Hartmut Wiesner,

Martin Hopf, Thomas Wilhelm, Christine Waltner und Verena Tobias. Im Rahmen eines Design-Based-Research-Ansatzes wurden Konzepte und Ideen aus einigen vorhergehenden Forschungsarbeiten auf die gegebenen Rahmenbedingungen angepasst. Die erste Version des Buches entstand 2008, die dritte, überarbeitete Version von November 2009 ist downloadbar unter [6].

Alle Schulbuchverlage bieten zu ihren Büchern zusätzliche Materialien an, wie einen Lösungsband zu den Aufgaben der Bücher, Sammlungen von Arbeitsblättern und Kopiervorlagen und Softwareprogramme. Auch bei dem Forschungsprojekt erhielt jeder Lehrer eine DVD mit einer Simulationssoftware, einer Videoanalysesoftware, Arbeitsblättern, Bildern, Videos und weiteren Materialien. Auf diese Zusatzmaterialien soll hier aber nicht eingegangen werden.

Nur „Impulse“ und „EidM“ gelingt es mit 33 bzw. 34 Seiten (siehe Tab. 1) die Richtzahl einzuhalten, die für eine ausgeglichene, aber nicht überbelastende Unterrichtsarbeit mit dem Schulbuch ermittelt wurde [7]. Allerdings liegt das bei „Impulse“ auch an der größten Seitenfläche. Dass Ikarus so viele Seiten hat, liegt daran, dass sehr viele Aufgaben zur Auswahl gestellt werden sollen.

	Impulse	Ikarus	NuTC	NuTDP	Netzwerk	EidM
Verlag	Klett	Oldenbourg	Cornelsen	DUDEN-PAETEC & C.C. Buchner	Schroedel	-
Preis in €	19,50	19,45	18,50	18,95	16,50	0,00
Einband	Hard	Soft	Hard	Soft	Hard	Soft
Seiten Mechanik	33	73	50	43	45	34
Seitenfläche in cm ²	517	489	494	408	489	314

Tab.1: Die untersuchten Schulbücher

3. Strukturelemente

Beim Schulbuch bezeichnet man mit „Strukturelementen“ die charakteristischen zusammengeführten Teile, die eine bestimmte Funktion übernehmen, von der Stoffdarstellung bis hin zu seiner methodisch-didaktischen Darstellung. Merzyn [8] führt in Anlehnung an Meyendorf [9] die sieben wichtigsten Strukturelemente eines Physik-Schulbuches auf: Leiteinrichtungen, Text, Abbildungen, Tabellen, Merkstoff, Experimentierangaben und Aufgaben.

3.1. Leiteinrichtungen

Die fünf Werke der Verlage haben ein Inhaltsverzeichnis, Gebrauchshinweise, ein Stichwortver-

zeichnis, z.T. ein Personenverzeichnis sowie in einem Fall ein physikalisches Fachwortregister Deutsch-Englisch, während das Werk „EidM“ mit Ausnahme des Inhaltsverzeichnisses darauf verzichtet.

Die Ausführlichkeit des Inhaltsverzeichnisses, die Verwendung von leitenden Symbolen, Kennfarben und strukturierenden Formatierungen ist sehr unterschiedlich. Herausgehoben sei, dass nur das Werk „Ikarus“ ansprechende Formulierungen für die Überschriften wählt und dabei durch eine einfallsreiche Wortwahl auffällt.

3.2. Text

Der Anteil der Seitenfläche, der durch Text genutzt wird, ist sehr unterschiedlich (siehe Tab. 2). Die Werke „NuTC“, „Impulse“ zeigen hier mit 44 % bzw. 41 % einen vergleichsweise hohen Anteil. „Ikarus“ legt weniger Wert auf schriftliche Stoffdarstellung und füllt durch viele ungenutzte Zwischenräume und große Abbildungen nur 20 % der Fläche mit Text, hat allerdings auch am meisten Seiten. Für diese Analyse wurden in etwa gleich viele Seiten aus dem Kapitel „Einführung der Kraft“ betrachtet und nur Fließtext ohne Abbildungsunterschriften berücksichtigt.

	Impulse	Ikarus	NuTC	NuTDP	Netzwerk	EidM
Nutzung der Seitenfläche durch Text in Prozent	41	20	44	36	28	32
Durchschnittliche Wortlänge pro Satz	12,2	12,8	11,9	12,9	15,5	13,0
Anteil drei- und mehrsilbriger Wörter in %	25,6	19,8	24,6	22,1	25,9	17,9
Klassenstufe nach Wiener Sachtextformel	8,6	7,1	8,2	7,8	9,5	6,7

Tab.2: Text in den Schulbüchern

Die sich allein auf formal-stilistische Oberflächenmerkmale beschränkende „4. neue Wiener Sachtextformel“ [10] ergibt für ausgewählte Texte bei dem Werk „EidM“ mit 6,7 den besten Lesbarkeitswert und entspricht der Zielgruppe des Buches. Dagegen führen die Messungen bei „Impulse“ bzw. „Netzwerk“ zu Lesbarkeitswerten von 8,6 bzw. 9,5, was vermuten lässt, dass die Texte sprachlich für die 7. Jahrgangsstufe zu schwer verständlich sind.

3.3. Abbildungen

Im Durchschnitt haben die Physikbücher 2,3 bis 3,4 Abbildungen pro Seite bei unterschiedlicher Seitenanzahl (siehe Tab. 3). Das Werk „EidM“ erweist sich mit durchschnittlich 2,6 Bildern pro Seite als

bildärmer, was z.T. daran liegt, dass weniger darstellende Bilder verwendet werden. Dafür werden mehr logische Bilder verwendet, wobei man hier genau beachten muss, welche Arten logischer Bilder verwendet werden: schematischen Zeichnungen bzw. ikonischen Darstellungen oder Diagramme. Es wird in „EidM“ lediglich ein Diagramm benutzt, bei dem es sich zudem noch um eine kartographische Darstellung handelt, also um keinen Linien-Graphen, wie sie fast ausschließlich in den Vergleichswerken zu finden sind. Damit ist „EidM“ das einzige Werk, das gemäß dem Lehrplan komplett auf Linien-Graphen zur Darstellung quantitativer Zusammenhänge verzichtet (der Lehrplan sieht dies für die neunte Jahrgangsstufe vor). Stattdessen wird im „EidM“ hauptsächlich auf logische Bilder in Form ikonischer Darstellungen der kinematischen Größen Geschwindigkeit bzw. Zusatzgeschwindigkeit durch Vektorpfeile zurückgegriffen. Außerdem werden häufig Stroboskopbildern zur Darstellung von Bewegungen verwendet. So werden bei „EidM“ auffallend viele Pfeile verwendet, um Bewegungsrichtungen hervorzuheben, während die in einigen anderen Werken vor allem beim Thema „Kräfteaddition“ verwendet werden.

	Impulse	Ikarus	NuTC	Nu-TDP	Netzwerk	EidM
Anzahl Abbildungen	112	166	160	142	141	90
Anzahl Abbildungen pro Seite	3,4	2,3	3,2	3,3	3,1	2,6
Anteil Abbildungen an Seitenfläche in %	20,1	19,6	17,5	14,9	18,9	17,5
Text-Bild-Verhältnis	2 : 1	1 : 1	2,5 : 1	2,5 : 1	1,5 : 1	2 : 1
Anteil darstellender Bilder in %	45	48	49	60	58	40
Anteil logischer Bilder in %	55	52	51	40	42	60
Anteil Graphen an Gesamtanzahl in %	13	7	8	4	9	1

Tab.3: Abbildungen in den Schulbüchern

Darstellende Bilder, insbesondere Fotografien, werden bei vielen Büchern gerne aus motivationalen und affektiven Gründen hauptsächlich auf den Einführungsseiten bzw. auf den Unterrichtsstoff ergänzenden Seiten eingesetzt. Dagegen werden die logischen Abbildungen, vor allem in Form von schematischen Zeichnungen, verstärkt bei den Versuchen

und Aufgabenstellungen zur Veranschaulichung eingesetzt.

Zwei Werke greifen durch Comics auf Abbildungen zurück, die erfahrungsgemäß bei Schülern besonders gut ankommen: bei „NuTC“ sind sie ausschließlich auf den Einführungsseiten zur Unterhaltung; bei „Ikarus“ sind viele darstellende Bilder, aber auch logische Bilder comicartige Zeichnungen. Diese sprechen die Schüler an und lockern den Unterricht auf moderne Art und Weise auf, besonders weil sie mit Themen gefüllt werden, die die Wirklichkeit der Schüler in den Mittelpunkt stellen und auf diese Weise auch Fragen provozieren.

3.4. Tabellen

Während einige Werke bei der Mechanik mehrere Tabellen einsetzen, nehmen diese im „Ikarus“ und in „EidM“ nur eine untergeordnete Rolle ein (siehe Tab. 4). Ein großer Teil dieser Tabellen sind Mess Tabellen, die man deshalb auch im Zusammenhang mit Diagrammen findet. Ansonsten werden in nahezu allen Werken Übersichtstabellen herangezogen, um typische Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte gegenüber zu stellen. Nur „Ikarus“ verdeutlicht dies anhand eines Zahlenstrahls.

	Impulse	Ikarus	NuTC	Nu-TDP	Netzwerk	EidM
Tabellen in Mechanik	10	6	13	17	14	2
davon Mess Tabellen	8	6	8	8	7	1

Tab.4: Tabellen in den Schulbüchern

3.5. Merksätze

Das Werk „EidM“ verwendet mit insgesamt 49 Merksätzen die meisten Merksätze, die aber nur auf 17 Merkböcke verteilt werden (siehe Tab. 5). Die kürzesten Merksätze gibt es in „Netzwerk“, weil diese stichpunktartig angegeben werden. Im „Ikarus“ und in „EidM“ treten häufig „Je-desto-Beziehungen“ auf.

	Impulse	Ikarus	NuTC	Nu-TDP	Netzwerk	EidM
Merkböcke	31	17	18	27	21	17
Merksätze	37	32	33	34	35	49
Wortanzahl pro Merksatz	14,3	12,0	13,2	12,8	11,8	13,5
Formeln im Merkstoff zur Mechanik	6	10	4	10	7	3

Tab.5: Merksätze in den Schulbüchern

Die Merksätze sind bei allen Werken unregelmäßig verteilt, da inhaltliche Schwerpunkte gesetzt werden. In „Impulse“ finden sich viele Merksätze bei „Zusammensetzung von Kräften“. Bei „Ikarus“ gehören 21 der insgesamt 32 Merksätze zu den beiden Rand-

themen „Massenhafte Gravitation“ und „Kraftvolle Dehnungen“. Beim „NuTC“ nehmen Merksätze bei den kinematischen Basisgrößen „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ einen großen Stellenwert ein. Während „NuTDP“ Merksätze hauptsächlich im Zusammenhang mit „Kraftarten, Ursachen und Wirkungen“ und bei der „Zusammensetzung von Kräften“ gebraucht, setzt „Netzwerk“ insbesondere beim Thema „Gewichtskraft“ verstärkt auf diese.

Während bei „EidM“ für das Kapitel „Newtonsche Bewegungsgleichung“ sowie das Kapitel „Wenn mehrere Kräfte wirken“ insgesamt 11 bzw. 18 Merksätze herangezogen werden, wird in den drei dazwischen liegenden Kapiteln nur auf „Ein-Satz-Merkblöcke“ zurückgegriffen, so dass ein deutlicher Schwerpunkt gelegt wird.

„NuTDP“ und „Ikarus“ bedienen sich in den Merkblöcken mit zehn Gleichungen ausgesprochen oft der Formelsprache. Gleichungen werden in den Merksätzen besonders bei den beiden kinematischen Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung verwendet.

Einzige Ausnahme in dieser Hinsicht ist das Werk „EidM“, dem es gelingt, trotz der Ausführlichkeit, die es bezüglich des Gebrauchs von Merkstoff an den Tag legt, nur in drei Fällen auf Formelsprache zurückzugreifen. Auffällig ist dabei, dass das Werk insbesondere bei der Verankerung der kinematischen Grundgrößen ohne Gleichungen auskommt.

3.6. Experimentieranleitungen

In „Impulse“ werden Experimente vor allem zu Beginn des Kapitels aufgeführt, die wohl hauptsächlich als Einstiegsversuche in den Unterricht vorgesehen sind.

Dagegen findet man die Versuchskomplexe im „Netzwerk“ immer am Ende von Abschnitten bzw. Kapiteln, die wohl den Zweck der Vertiefung und Verständniskontrolle erfüllen sollen.

Im „Ikarus“ treten die Experimentieranleitungen ausnahmslos gemeinsam mit den Aufgaben im Bereich „Anregungen und Anwendungen“ auf und werden umfangreich ausgeführt. Eine Unterscheidung von Experimenten und Aufgaben findet nicht statt.

„NuTDP“ fasst die Versuche im Block „Experimente“ zusammen, aber es werden nur zwei Seiten für die Darstellung von Versuchsanleitungen herangezogen.

In „NuTC“ spielen Experimentieranleitungen eine größere Rolle. Es werden Versuche, die die Schüler mit einfachen Materialien auch außerhalb der Schule erproben können, unterschieden von Experimenten, deren Durchführung aufgrund neuartiger bzw. gefährlicher Gerätschaften eher für das Physiklabor vorgesehen ist. Damit wird großer Wert auf das selbstständige Experimentieren der Schüler gelegt.

Im „EidM“ sind die Versuche ausschließlich in den Basistext eingebunden und es gibt nicht wie in „Im-

pulse“ und „Netzwerk“ noch Experimentierangaben in einem separaten Abschnitt. Dafür werden die Versuche im „EidM“ durch fettgedruckte Symbole sowie deutliche Freiräume herausgearbeitet.

3.7. Aufgaben

Auf den ersten Blick sieht man große Unterschiede in der Anzahl der Aufgaben (siehe Tab. 6). Jedoch enthält z.B. „Netzwerk“ im Vergleich zu „Ikarus“ deutlich weniger Teilaufgaben. Im „Ikarus“ überzeugt die Gestaltung der Aufgaben mit ausführlichen Texten und großen zeichnerischen Darstellungen.

„Impulse“ und „NuTC“ haben weniger Aufgabenstellungen, die lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge herstellen und an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen. Dagegen wird im „EidM“ verstärkt auf Aufgaben zurückgegriffen, die an die Lebenswelt der Schüler anknüpfen, insbesondere aus dem Bereich Sport. Anwendungsaufgaben, die reale Situationen nachstellen, lassen sich im „EidM“ zum großen Teil auf die vielen Stroboskopbilder zurückführen, die auch bei den Aufgabenstellungen zur Darstellung von realen Bewegungsabläufen herangezogen werden.

	Im-pulse	Ika-rus	NuTC	Nu-TDP	Netz-werk	EidM
Anzahl Aufgaben	47	82	76	72	103	61
Formale Aufgaben	32	36	48	32	52	23
Formale Aufgaben mit Anknüpfung an die Lebenswelt der Schüler	13	36	23	32	44	30
Anwendungsaufgaben, die reale Situation nachstellen	2	10	5	8	7	8

Tab.6: Kategorisierung der Aufgaben unter dem Aspekt Lebensweltbezogenheit

Unter dem Aspekt Schülerhandlungen stellt sich „NuTC“ als vielseitig heraus, was sich insbesondere an der Aufgabenvielfalt hinsichtlich der äußeren Form erkennen lässt (Lückentexte, Auswahlaufgaben, Fehlersuchen, oder physikalische Fehler in einem Drehbuchtext finden und die Geschichte fort-schreiben). In „Ikarus“ und „NuTDP“ überwiegen die mathematisch-rechnerischen Aufgaben gegenüber den qualitativen Denkaufgaben (siehe Tab. 7), es werden viel Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben verwendet und fächerübergreifend die Informatik einbezogen. Bei den Experimentieraufgaben lässt sich ein hoher Wert im „Ikarus“ darauf zurück-führen, dass die Versuche nicht wie in den Ver-gleichswerken von den Aufgaben getrennt werden,

sondern hier gemeinsam dargestellt werden. Bei „EidM“ fällt auf, dass das Aufgabenangebot keinerlei mathematisch-rechnerische Aufgaben anbietet. Dafür gibt es viele grafisch-zeichnerische Aufgaben, in denen bestimmte Größen durch entsprechende Vektorpfeile dargestellt werden.

	Im- pulse	Ika- rus	NuTC	Nu- TDP	Netz- werk	EidM
Wissen abfragende Aufgaben	12	4	12	4	16	13
Mathematisch-rechnerische Aufgaben	9	28	22	30	43	0
Grafisch-zeichnerische Aufgaben	6	8	18	7	17	14
Qualitative Denkaufgaben	19	14	29	28	44	25
Experimentelle Aufgaben	2	27	11	0	5	5
Beobachtungs- und Erkundungsaufgaben	1	18	2	12	2	2

Tab.7: Kategorisierung der Aufgaben unter dem Aspekt Schülerhandlungen

Große Unterschiede gibt es in der Ausführlichkeit der Darstellung der Aufgaben; im „NuTDP“ werden für die kompletten 72 Aufgaben lediglich acht Seiten in Anspruch genommen, während „Ikarus“ zum Teil für ein einziges Kapitel fünf Seiten für Aufgaben heranzieht. Eine Aufgabenstufung bzw. eine Kennzeichnung der Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad findet man nur „NuTDP“ und „Ikarus“; im „Ikarus“ werden außerdem so genannte „Pflichtaufgaben“ deutlich hervorgehoben. Nur in „Netzwerke“, „NuTC“ und „NuTDP“ werden viele Musteraufgaben herangezogen, wobei das in „Netzwerk“ und „NuTC“ nur Rechenaufgaben sind. Typische Lernaufgaben als Arbeitsaufträge zur Initiierung und Unterstützung des Lernprozesses [11] lassen sich kaum finden. Englischsprachige Aufgaben werden nirgends aufgegriffen.

4. Sachstrukturen

Die fünf in Bayern zugelassenen Werke haben alle eine ähnliche Sachstruktur. Nur „EidM“ hat eine deutlich andere Sachstruktur, die aber ebenso konform zum bayerischen Lehrplan ist.

4.1. Kinematische Grundgrößen

Die fünf in Bayern zugelassenen Werke führen alle die Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung eindimensional ein, d.h. die vektorielle Geschwindigkeit wird auf den Geschwindigkeitsbetrag (= Tempo) reduziert und die Beschleunigung auf dessen Änderung. Nur „NuTDP“ und „Netzwerk“ be-

schreiben zunächst Bewegungen mithilfe der Grundgrößen Zeit und Ort. „Impulse“ und „NuTDP“ führen die Geschwindigkeit extrem reduziert durch $v = s/t$ ein und gehen erst bei der Beschleunigung auf den Differenzcharakter mit $a = \Delta v / \Delta t$ („Impulse“) bzw. $a = \Delta v / t$ („NuTDP“) ein. „Ikarus“, „NuTC“ und „Netzwerk“ betonen dagegen korrekt den Differenzcharakter: $v = \Delta s / \Delta t$ bzw. $a = \Delta v / \Delta t$. Die Gleichungen werden z.T. über entsprechende Messwerte und Diagramme eingeführt und dann fast nur bei Rechenbeispielen verwendet.

In „EidM“ werden zunächst zweidimensionale Bewegungen beobachtet und beschrieben. Dann wird das Tempo $v = \Delta s / \Delta t$ (= Geschwindigkeitsbetrag) eingeführt und die Richtung der Bewegung - dargestellt durch einen Pfeil - behandelt. Erst danach werden die beiden Begriffe zum Geschwindigkeitsbegriff zusammengefasst - immer durch einen Pfeil dargestellt. Die Geschwindigkeitsänderung in einem Zeitintervall wird dann als „Zusatzgeschwindigkeit“ als eigenständige Größe und als Elementarisierung der Beschleunigung eingeführt; auf die Beschleunigung wird dagegen verzichtet. Zentral ist dabei der senkrechte Stoß gegen eine rollende Kugel. Erst danach werden die Überlegungen der Stoßversuche auf den Grenzfall eindimensionaler Bewegungen übertragen.

4.2. Einführung des Kraftbegriffs

Die fünf in Bayern zugelassenen Werke führen alle den Kraftbegriff eindimensional ein, während „EidM“ wieder zweidimensionale Bewegungen betrachtet. Allen sechs Werken gemeinsam ist, dass sie Kräfte über ihre Wirkungen einführen. Aber nur „Ikarus“ und „EidM“ führen sie gemäß den Lehrplanvorgaben ausschließlich als Ursache von Bewegungsänderungen ein, während die Werke „Impulse“, „NuTC“, „NuTDP“ und „Netzwerk“ auch auf die Eigenschaft von Kräften ansprechen, Körper zu verformen. „Impulse“ und „Netzwerk“ heben wenigstens deutlich hervor, dass auch zur Änderung der Bewegungsrichtung Kräfte nötig sind.

„EidM“ hat bereits bei der Behandlung der Zusatzgeschwindigkeit von einer „Einwirkung“ gesprochen. Dieser Begriff „Einwirkung“ wird dann durch die Verschmelzung von Einwirkungsstärke und Einwirkungsrichtung zum Kraftbegriff erweitert. Es wird also erst eine Vorstellung von „Kraft“ mit einer anderen Vokabel aufgebaut, damit die Schüler nicht spontan den Alltagsbegriff von Kraft assoziieren. Die Alltagsvorstellungen der Schüler und die vielfältigen Bedeutung von Kraft im Alltagsgebrauch wird deshalb im Gegensatz zu anderen Schulbüchern am Anfang bewusst nicht angesprochen.

4.3. Newtonsche Grundgleichung

Die fünf in Bayern zugelassenen Werke behandeln das zweite Newtonsche Axiom (newtonsche Grundgleichung, Grundgesetz der Mechanik) in der diffe-

rentiellen Form $F = m \cdot a$. „Netzwerk“ zeigt mithilfe von Messreihen Proportionalitäten von Kraft und Beschleunigung sowie von Masse und Beschleunigung auf. „Impulse“ trifft zunächst qualitative Aussagen über die Zusammenhänge zwischen Kraft F , Masse m und Beschleunigung a . „NuTDP“ verweist nur kurz auf Je-desto-Zusammenhänge, die sich in Untersuchungen ergeben hätten. „Ikarus“ und „NuTC“ gelangen über Anwendungsbeispiele letztlich zur dieser newtonschen Grundgleichung.

In „EidM“ wird das zweite Newtonsche Axiom in der elementarisierten integralen Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ eingeführt, die an anderer Stelle auch Kraftstoßgleichung genannt wird. Sie hat einen sehr großen Stellenwert und wird sehr ausführlich behandelt. Letztlich wird sie als Zusammenfassung aller Einflussfaktoren auf die Zusatzgeschwindigkeit eingeführt, die auf qualitative Art und Weise durch Plausibilitätsüberlegungen an einfachen Beispielen und didaktisch sinnvolle Je-desto-Beziehungen dargestellt werden. Dass diese Form der Newtonschen Bewegungsgleichung ins Zentrum der Sachstruktur gerückt wurde, zeigt sich auch im ausführlichen Kapitel „Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung“.

Auf den Massebegriff wird im „Ikarus“, „Netzwerk“ und „EidM“ beim newtonschen Grundgesetz nicht näher eingegangen. Masse tritt lediglich als ein „Einflussfaktor“ auf die Beschleunigung oder Zusatzgeschwindigkeit in Erscheinung und es wird nicht wie in „Impulse“ und „NuTDP“ der Unterschied zwischen träger und schwerer Masse behandelt.

4.4. Statik und Verformungen

Der entsprechende Lehrplan möchte eine dynamische Behandlung von Kräften. Die Themen Kräfteaddition, Kräftezerlegung, Dehungs-Kraft-Diagramm und Hooke'sches Gesetz standen deshalb zunächst nur am Ende. Bei einer späteren Kürzung des Lehrplans entfiel sogar die Kräftezerlegung und das Hooke'sche Gesetz.

Das Thema „Kräftezerlegung“ wird in allen fünf zugelassenen Werken nach wie vor mit vielen statischen Beispielen behandelt, was u.a. daran liegt, dass sie vor der Lehrplankürzung erstellt wurden. Auch das Thema „Schiefe Ebene“ wird mit Ausnahme des Werkes „NuTC“ in diesem Zusammenhang aufgegriffen. Nur in „EidM“ kommt dieses Thema nicht mehr vor.

Auch dem Thema Kräfteaddition wird mit Ausnahme der Werke „EidM“ und „NuTC“ in allen Werken viel Aufmerksamkeit geschenkt. In „EidM“ findet die Statik am wenigsten Beachtung. Selbst die Kräfteaddition und das Kräftegleichgewicht werden vor allem an dynamischen Situationen betrachtet.

Das rein statische Thema „Kraft und Verformung“ nimmt in den meisten Werken mit Ausnahme von „NuTC“ und „EidM“ einen großen Raum ein. Ver-

formungen und das Dehungs-Kraft-Diagramm werden in „EidM“ sogar ganz weggelassen, um der z.T. festgestellten Überbetonung dieses Themas durch die Lehrkräfte entgegen zu wirken.

Im „Netzwerk“ nehmen unter allen Vergleichswerken statische Überlegungen und Verformungen den größten Stellenwert ein. Formänderungen und das Hooke'sche Gesetz werden sogar noch vor dem Kapitel „Newton'sche Gesetze“ behandelt. „Impulse“ liegt in der Vorgehensweise sehr nahe beim „Netzwerk“. Auch „Ikarus“ stellt beim Gesetz von Hooke quantitative Betrachtungen in den Vordergrund. „NuTDP“ behandelt sogar den Unterschied zwischen plastischer und elastischer Verformung.

5. Fazit

Insgesamt lassen sich große Unterschiede zwischen den Schulbüchern feststellen. Die Bücher „Impulse“ und „Netzwerke“ sind z.B. stark quantitativ ausgerichtet und setzen auf Graphen und auf Messtabellen. Die Messung der Textlesbarkeit weist zudem auf eine schwer verständliche Sprache hin. Die Sachstruktur der fünf zugelassenen Werke sind sehr ähnlich, aber der Anteil statischer Aspekte ist unterschiedlich.

Das Schulbuch „EidM“ aus dem Forschungsprojekt benutzt dagegen eine völlig abgeänderte Sachstruktur, bei der von zweidimensionalen Bewegungen ausgegangen wird, bei der statt der Beschleunigung die Zusatzgeschwindigkeit eingeführt wird und alles konsequent dynamisch behandelt wird. Das Buch stellt zudem ein qualitatives Verständnis in den Vordergrund und verzichtet konsequent auf Graphen, mathematische Gleichungen, Messtabellen und Rechenaufgaben. Stattdessen wird hauptsächlich auf qualitative Denkaufgaben und logische Bilder mit Pfeilen für die physikalischen Größen zurückgegriffen.

Eine große Forschungsstudie zeigte, dass ein Physikunterricht mit dem Buch „EidM“ und dessen zweidimensional-dynamischem Unterrichtskonzept signifikant mehr fachliches Verständnis bei den Schülern liefert als ein Unterricht mit einem Buch der Schulbuchverlage mit deren Unterrichtskonzept [12+13]. Die hier aufgezeigten Unterschiede haben also eine Auswirkung auf das Verständnis der Schüler.

6. Literatur

- [1] Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung: Jahrgangsstufen-Lehrplan, Jahrgangsstufe 7, Natur und Technik <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26436>
- [2] Wiesner, Hartmut; Tobias, Verena; Waltner, Christine; Hopf, Martin; Wilhelm, Thomas; Sen, Ahmet Ilhan (2010): Dynamik in den Mechanikunterricht - In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung,

- <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/116/207>
- [3] Hopf, Martin; Waltner, Christine; Wilhelm, Thomas; Wiesner, Hartmut (2009): 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
- [4] Waltner, Christine; Tobias, Verena; Wiesner, Hartmut; Hopf, Martin; Wilhelm, Thomas (2010): Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Dynamik in der Mittelstufe In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 59, Nr. 7, S. 9 - 22
- [5] Kneisel, Steffen: (2010): Vergleichende Analyse der Gestaltung und Sachstruktur von Gymnasialbüchern der 7. Jahrgangsstufe im Teilbereich der Mechanik, Staatsexamensarbeit, Universität Würzburg, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Mechanikbuecher.htm>
- [6] Waltner, Christine; Tobias, Verena; Hopf, Martin; Wilhelm, Thomas; Wiesner, Hartmut (2010): Einführung in die Mechanik. In: PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/111/224>
- [7] Ludwig, Margrit; Sittig Horst (1981): Möglichkeiten einer effektiveren Gestaltung des Physikunterrichts durch den Einsatz des Lehrbuches. In: Physik in der Schule, Nr. 5, S. 189-195
- [8] Merzyn, Gottfried (1994): Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Kiel,
- [9] Meyendorf, Gerhard (1976): Schulbücher wirksam für Bildung und Erziehung nutzen. In: Physik in der Schule, Nr. 9, S. 364-368
- [10] Bamberger, Richard; Vanecek, Erich: Lesen - Verstehen - Lernen - Schreiben. Jugend und Volk, Wien; Diesterweg, Frankfurt, 1984
- [11] Leisen, Josef: Lernaufgaben als zentrales Element der Aufgabenkultur. In: www.aufgabenkultur.studienseminar-koblenz.de/seiten/1%20Artikel%20zur%20Aufgabenkultur/Aufgabenkultur%20im%20mathematisch-naturwissenschaftlichen%20Unt%85.pdf
- [12] Tobias, Verena (2010): Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. Die Wirksamkeit einer Einführung über zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 105, Logos-Verlag, Berlin,
- [13] Wilhelm, Thomas; Tobias, Verena; Waltner, Christine; Hopf, Martin; Wiesner, Hartmut (2011): Zweidimensional-dynamische Mechanik – Ergebnisse einer Studie - In: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDCP in Potsdam 2010, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 31, Lit-Verlag, Münster