

Vergleich und Analyse der Sachstruktur von Realschulbüchern in Teilbereichen der Mechanik

Ingo Fließner, Thomas Wilhelm

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

Kurzfassung

Im Mechanikunterricht wird traditionell bei der Einführung der Kraft der statische Aspekt betont. Die dynamischen Aspekte sowie die kinematischen Größen werden dann meist nur anhand eindimensionaler Bewegungen behandelt. Seit knapp 40 Jahren werden jedoch bereits andere Sachstrukturen formuliert und weiterentwickelt – die aber bisher z.T. kaum Eingang in die Praxis gefunden haben.

Da Schulbücher als „heimliche Lehrpläne“ gelten, sollen Ergebnisse einer Analyse von Physikschulbüchern der 7. und 8. Jahrgangsstufe der bayerischen Realschule vorgestellt werden, bei der insbesondere die Sachstruktur der Mechanik analysiert wurde. Dabei wurde u.a. betrachtet, inwiefern unterschiedliche Aspekte verschiedener Sachstrukturen bei der Einführung der Kraft und bei der Behandlung der Kinematik und Dynamik betont werden. Es zeigt sich, dass es Unterschiede gibt und z.T. neue Ansätze integriert werden.

1. Einführung

Obwohl immer mehr neue Medien in den Physikunterricht Einzug halten, hat das Physikschulbuch immer noch seine Daseinsberechtigung. Schulbücher nehmen in der Lehre und der Forschung der Fachdidaktik Physik eine untergeordnete Stellung ein, obwohl sie oft als „heimliche“ Lehrpläne der Lehrer bezeichnet werden. Schulbuchautoren interpretieren die Aufgaben des Schulbuches verschieden, setzen unterschiedliche Schwerpunkte, verwenden andere Beispiele zur Veranschaulichung, betonen und gewichten den Inhalt von Zusammenhängen unterschiedlich und stellen Inhalte in einer anderen Reihenfolge dar. Dies kann bei Schülern zu einer Beeinflussung des Lernprozesses führen. Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit [1] wurden Physikbücher für bayerische Realschulen von drei verschiedenen Verlagen für die 7. und 8. Jahrgangsstufe beschrieben, untersucht und verglichen:

- a) HÖRTER, Christian: Physik 7 (2001) und 8 (2002) – Realschule Bayern, Cornelsen Verlag (im Folgenden als B1-7 und B1-8 bezeichnet)
- b) ERNHOFER, Rupert et al.: Physik 7 (2. Auflage, 2005) und 8 (2003) – Newton, Oldenbourg Schulbuchverlag (im Folgenden als B2-7 und B2-8 bezeichnet)
- c) GEIPEL, Rudolf; REUSCH, Wolfgang: Physik 7 (2002) und 8 (2005), C.C. Buchners Verlag (im Folgenden als B3-7 und B3-8 bezeichnet)

Der Fokus der Untersuchung liegt auf der Einführung des Kraftbegriffes in der 7. Jahrgangsstufe und auf Bewegungen, die an bayerischen Realschulen in der 8. Jahrgangsstufe betrachtet werden.

2. Verwendete Analysekriterien

Bei der Untersuchung wurde zunächst auf die sieben Strukturelemente eines Schulbuches, die MERZYN [2] beschreibt, eingegangen. Der Text, das offensichtlichste und wichtigste Element eines Schulbuches, wurde mit einer geeigneten Lesbarkeitsformel, die FELDNER [3] vorstellt, analysiert. Beim Strukturelement Merkstoff wurde darauf geachtet, wie dieser abgebildet und gekennzeichnet ist. Bei den Abbildungen, die sich in drei Hauptgruppen einteilen lassen, nämlich Fotos und bildhafte Zeichnungen, schematische Zeichnungen und Diagramme, wurde die Anordnung und Einbindung in den Text untersucht. Um einen Überblick über die Verwendung von Tabellen in den Schulbüchern zu bekommen, wurde deren Häufigkeit festgestellt. Bei den Experimentierangaben wurden die Schulbücher daraufhin analysiert, ob Experimentieranleitungen, also Anleitungen, mit denen die Schüler selbst experimentieren können, oder Experimentierbeschreibungen, die die experimentelle Idee in ihren Grundzügen darstellen, verwendet werden. Beim Strukturelement Aufgaben wurde eine Typisierung nach GODAU [4] vorgenommen, der den Aspekt der Lebensweltbezogenheit und der Schülerhandlungen betont. Bei den Leiteinrichtungen, die vor allem das Inhaltsverzeichnis und das Stichwortverzeichnis umfassen, wurden deren Gestaltung und die Formulierung der Überschriften analysiert.

Weiterhin wurden einzelne Kapitel zur Mechanik in der 7. und 8. Jahrgangsstufe in den drei Schulbüchern verglichen und vor allem auch auf den Umgang mit Schülervorstellungen, die in diesem Teil-

gebiet der Physik besonders ausgeprägt sind, geachtet. Ziel war es herauszufinden, ob die Schulbücher auf die Fehlvorstellungen zur Bewegungsrichtung, Tempo und Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft eingehen oder ob sie diese nur noch weiter fördern.

Außerdem wurden die ausgewählten Teilkapitel zur Mechanik daraufhin analysiert, welche Sachstruktur verwendet wurde. Es gibt Belege dafür, dass Lernschwierigkeiten auch durch die Sachstruktur des Unterrichts entstehen können [5]. Gerade die Geschwindigkeit, die Beschleunigung oder die Kraft lassen sich unterschiedlich einführen. Das von WIESNER, HOPF, WILHELM, WALTNER & TOBIAS konzipierte Mechanikkonzept [6 - 8] für die 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums, dessen Grundideen bereits mehrfach untersucht und immer weiter entwickelt wurden, fordert, die Mechanik von Anfang an an zweidimensionalen Bewegungen zu betrachten, die vektorielle Zusatzgeschwindigkeit zu betonen und den Kraftbegriff dynamisch einzuführen. Es wurde also bei der Untersuchung der drei Schulbücher darauf geachtet, ob und inwiefern solche neueren Ansätze zur Einführung der Mechanik integriert werden.

3. Analyseergebnisse

3.1 Gestaltung der Schulbücher

Es ergaben sich bei der Untersuchung der Textschwierigkeit in den ausgewählten Kapiteln zum Teil große Unterschiede zwischen den drei Schulbüchern. So stellte sich heraus, dass B2-7 sprachlich eher für eine höhere Jahrgangsstufe geeignet ist, während B1-7 und B3-7 eine der Altersstufe gerechte Sprache verwenden.

Nach einer subjektiven Kategorisierung der Aufgaben wurde festgestellt, dass in der 7. Jahrgangsstufe in allen drei Büchern in den ausgewählten Kapiteln eher qualitative Denkaufgaben gestellt werden. In den Büchern für die 8. Jahrgangsstufe zeigt sich ein Zuwachs bei den mathematisch-rechnerischen Aufgaben.

Des Weiteren kann den Büchern B3-7 und B3-8 die klarste und konsequenteste Struktur innerhalb des Buches zugestanden werden.

3.2 Einführung der „Kraft“

Bei der Analyse der Sachstruktur und dem Umgang mit Schülervorstellungen erkennt man bei der Einführung der Kraft, dass alle drei Bücher entsprechend dem Lehrplan eher den statischen Aspekt der Kraft betonen. Weiterhin wird die Schülerfehlvorstellung „Kraft kann man haben“ durch die einführenden Betrachtungen der durch Muskelkraft verursachten Bewegungsänderungen oder Verformungen mehr oder weniger gefördert (in B2-7) oder aufgearbeitet (in B3-7). 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.

Beim Thema „Vergleich und Gleichheit von Kräften“ zeigt sich schon ein differenziertes Bild, da B3-7 den dynamischen Aspekt gleichberechtigt in Versuchen neben den statischen Aspekt stellt. In den anderen beiden Büchern wird entweder am Rande oder gar nicht darauf eingegangen. Untersucht man die Abschnitte auf Begünstigungen von 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.

Beim Wechselwirkungsprinzip werden in B3-7 sehr originelle und anschauliche Versuche (z.B. Spülrauten- oder Milchdosenboot), die die Schüler motivieren, dargestellt. In B2-7 wird mit den Stativstangen und dem Spielzeugtruck das „nach hinten Wegschieben der Straße“ beim Anfahren eines Fahrzeugs sehr gut verdeutlicht. In B3-7 ist lobenswert, dass die Formulierung „Kraft = Gegenkraft“ sofort vom Gleichgewicht von Kräften abgegrenzt wird, indem daraufhin gewiesen wird, dass beim Wechselwirkungsprinzip die Kräfte an unterschiedlichen Körpern angreifen, wobei beim Gleichgewicht die Kräfte auf einen Körper wirken.

3.3 Thema „Bewegungen“

Beim Themenkomplex Bewegungen in der 8. Jahrgangsstufe stellt man fest, dass allein in B3-8 ein Kapitel zur Erfassung und Beschreibung von Bewegungen existiert. Die Behandlung der Bahnkurve einer Spiralbewegung (siehe Abb. 1) zu Beginn des Dynamikunterrichts macht deutlich, dass die Autoren die Absicht hatten, zweidimensionale Bewegungen und den Aspekt der Richtung zu betonen.

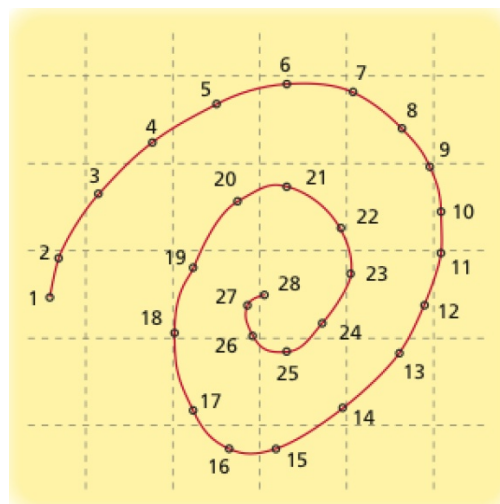


Abb.1: Zweidimensionale Bewegung aus B3-8

Außerdem wird in den Versuchen vorgeschlagen, die Mausebewegung mit einem Computerprogramm aufzuzeichnen beziehungsweise die Bewegung eines ferngesteuerten Modellautos von oben mit einer Videokamera zu filmen, um sich anschließend mit-

hilfe eines Videoanalyseprogramms 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 *Schnelligkeit* verwendet, wenn man alltagssprachlich von der *Geschwindigkeit* sprechen würde.

Bei der Gegenüberstellung von B1-8, B2-8 und B3-8 beim Thema gleichförmige Bewegungen 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. Nur in B3-8 wird außerdem explizit eine Verbindung zwischen der gleichförmigen Bewegung und dem Fehlen einer Kraft hergestellt.

B1-8 und B3-8 führen die Geschwindigkeit sinnvollerweise als Quotient der Wegdifferenz und der Zeitdifferenz ein:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \{1\}$$

B2-8 verwendet dagegen in der Definition der gleichförmigen Bewegung die übervereinfachte Gleichung

$$v = \frac{s}{t} \quad \{2\}$$

die eher zu Fehlvorstellung führt, und trägt damit nicht zu einem tieferen Verständnis des physikalischen Geschwindigkeitsbegriffs bei.

Betrachtet man den Umgang mit Schülervorstellungen, so bemerkt man, dass B1-8 und B2-8 es nicht schaffen, die Begriffe „Schnelligkeit“ bzw. „Tempo“ einerseits und „Geschwindigkeit“ andererseits konsequent und sauber zu trennen. Allein in B3-8 wird die *Schnelligkeit* als Geschwindigkeitsbetrag konsequent verwendet und mit dem im Alltag vom Tachometer im Auto oder am Fahrrad angezeigten Tempo in Verbindung gesetzt.

3.4 Geschwindigkeit als Vektor

Die beiden Bücher B1-8 und B2-8 haben ähnliche Vorgehensweisen, indem sie die Überlagerung der Strömungsgeschwindigkeit eines Flusses mit der des Schwimmers beim Überqueren des Flusses betrachten. Der vektorielle Charakter der Geschwindigkeit wird aber nur in diesem Kapitel kurz berücksichtigt, ansonsten fällt er im weiteren Dynamikunterricht nicht ins Gewicht.

Das Kapitel „Geschwindigkeit als Vektor“ wird dagegen in B3-8 sehr betont. Gerade auch mit den beiden Beispielen zu Beginn des Kapitels (Kreisbewegung im Kettenkarussell und Bewegung mit der

Rolltreppe) (siehe Abb. 2+3) wird anhand zweidimensionaler Bewegungen deutlich gemacht, dass die *Geschwindigkeit* im Gegensatz zur *Schnelligkeit* Vektorcharakter besitzt. Bemerkenswert ist, dass in diesen Abbildungen Ortsänderungsvektoren eingezeichnet werden, um die Verschiebungen sowohl bei der Kreisbewegung im Karussell, als auch bei der Rolltreppe hervorzuheben.

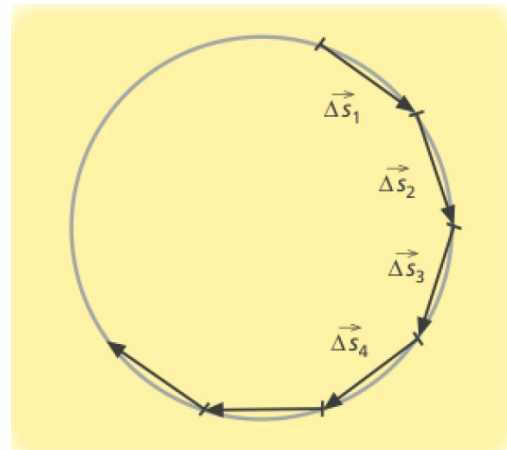


Abb.2: Ortsänderung bei der Fahrt im Karussell aus B3-8

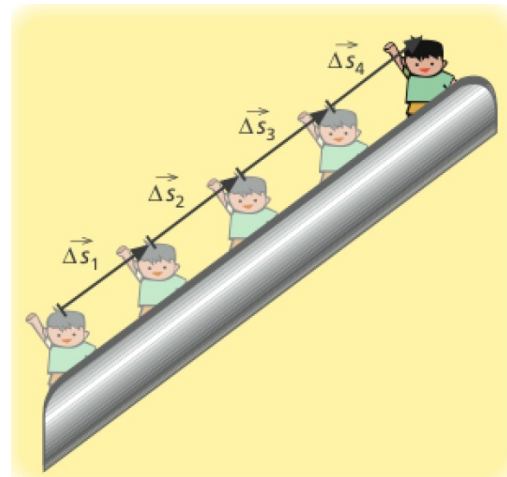


Abb.3: Verschiebungsvektoren bei der Fahrt mit der Rolltreppe aus B3-8

Weiterhin wird in B3-8 wieder wie in den vorherigen und den nachfolgenden Kapiteln klar zwischen *Schnelligkeit* und *Geschwindigkeit* unterschieden, um den Schülervorstellungen entgegenzutreten. Am Ende dieses Kapitels wird das Spiel „Autorennen mit Papier und Bleistift“ (entnommen aus [9] oder [10]) vorgestellt. Die Schüler erfahren hier spielerisch, dass es wichtig ist, bei Bewegungen den Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit zu berücksichtigen. B3-8 zeigt so 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.

3.5 Bewegung unter Einwirkung einer konstanten Kraft

Auch beim Thema „gleichmäßig beschleunigte Bewegungen“ betrachten die Bücher B1-8 und B2-8 keine zweidimensionalen Bewegungen und vernachlässigen den vektoriellen Charakter der Geschwindigkeit. Zur Messwerterfassung werden dort eher altmodische Messwerterfassungsmöglichkeiten vorgeschlagen, wie Lichtschranken, Tropfwassersysteme, Metronom und Tachometer, während in B3-8 die Aufzeichnung der Bewegung mit einem Computermesswerterfassungssystem vorgeschlagen wird, da hier sofort und viel einfacher am Computer Messwerttabellen und Diagramme ausgegeben werden können.

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 angesprochen. Dabei wird allerdings nicht erwähnt, dass hier die Luftreibungskraft dafür verantwortlich ist, dass das Fahrzeug nicht ständig weiter beschleunigt wird. Dies kann die Schülervorstellung fördern, dass eine konstante Kraft zu einer konstanten Geschwindigkeit führt.

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 Betrag und Richtung unterscheiden muss. Es 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. Hier ist gut zu erkennen, dass man versucht, den Bogen zwischen dem in der 7. Jahrgangsstufe gelernten Kraftbegriff und der Dynamik zu spannen.

In Abb. 4 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.

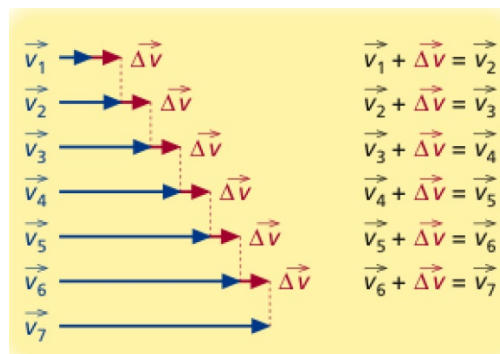


Abb.4: Geschwindigkeitsvektoren und ihre konstante Änderung bei konstanter Zugkraft aus B3-8

Im zweiten Teil von B3-8 wird außerdem erklärt, dass bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung der gleiche Weg zurückgelegt wird, wie bei einer gleichförmigen Bewegung mit der mittleren Geschwindigkeit v_m :

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} . \tag{3}$$

Dies ist eine einfachere und allgemeingültigere Anleitung zur Berechnung des Weges als mit der Gleichung

$$s = \frac{1}{2} a \cdot t^2 , \tag{4}$$

die nur für den Spezialfall gilt, dass zum Zeitpunkt 0 die Geschwindigkeit 0 ist.

Das Schulbuch B2-8 führt als einziges in einer Zusatzinformation die Beschleunigung als quantitative Größe ein, obwohl dies der Lehrplan nicht verlangt. Schließlich wird dort sogar die Gleichung {4} präsentiert.

4. Fazit

Insgesamt wurden erheblich Unterschiede in den Schulbüchern festgestellt, nicht nur bezüglich der Gestaltung, sondern insbesondere in der Sachstruktur und dem Berücksichtigen von bekannten Fehlvorstellungen. So lässt sich feststellen, dass in B3-7 und B3-8 auf die Schülervorstellungen eingegangen wird und neuere Sachstrukturen zumindest ansatzweise integriert sind. Das zeigt sich vor allem durch die behandelten zweidimensionalen Bewegungen und der damit verbundenen Hervorhebung der Richtung einer Bewegung, durch die konsequente Unterscheidung von Schnelligkeit und Geschwindigkeit, die Betonung der Geschwindigkeit als vektorielle Größe, die Verwendung von Ortsänderungs- und Geschwindigkeitsänderungsvektoren und den geforderten Einsatz von Computermesswerterfassung und Videoanalyse. Man kann also sagen, dass es schon ein regulär für den Unterricht zugelassenes Physik-Schulbuch für die Realschule gibt, das zum Teil gleiche Ideen verwendet, wie das Mechanikkonzept, welches von WIESNER, HOPF, WILHELM, WALTNER & TOBIAS für die siebte Jahrgangsstufe des Gymnasiums entwickelt und empirisch untersucht wurde.

5. Literatur

- [1] FLIEßER, Ingo (2010): Vergleich und Analyse der Sachstruktur von Realschulbüchern im Themenbereich der Mechanik, Staatsexamensarbeit, Universität Würzburg, www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/arbeiten/Realschulbuecher.pdf
- [2] 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, S. 17-24
- [3] FELDNER, Peter (1999): Leicht einsetzbare Verfahren zur Untersuchung der Sprachgestaltung unserer Schulbücher – Untersuchungsergebnisse bei Physik-Schulbüchern. In: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 1999, Nr. 1, S. 51-53
- [4] GODAU, Jürgen (1998): Übungsaufgaben in Schulbüchern. In: Unterricht Physik 1998, Nr. 48, S. 35-38
- [5] STARAUSCHEK, Erich (2010): 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
- [6] 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 GDGP in Schwäbisch Gmünd 2008, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29, Lit-Verlag, Münster
- [7] WILHELM, Thomas; WALTNER, Christine; HOPF, Martin; TOBIAS, Verena; WIESNER, Hartmut (2009): 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
- [8] TOBIAS, Verena; WALTNER, Christine; HOPF, Martin; WILHELM, Thomas; WIESNER, Hartmut (2010): Dynamischer Mechanikunterricht - Ergebnisse einer quantitativen Vergleichsstudie - In: PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung
- [9] WILHELM, Thomas (2005): Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Logos Verlag, Berlin, S. 104
- [10] WILHELM, Thomas (2006): Zweidimensionale Bewegungen - Vergleich von vier verschiedenen Möglichkeiten der Messwerterfassung und Evaluationsergebnisse eines Unterrichtseinsatzes – In: NORDMEIER, V.; OBERLÄNDER, A. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Kassel 2006, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin

6. Dem Beitrag beigefügte Medien

- Ein pdf der Arbeit: FLIEßER, Ingo (2010): Vergleich und Analyse der Sachstruktur von Realschulbüchern im Themenbereich der Mechanik, Staatsexamensarbeit, Universität Würzburg