

Entwicklung und Anwendung eines Kategoriensystems zur Analyse von Lernaufgaben aus Physik- und INU-Schulbüchern

Ronja Langendorf*, Johannes Lewing*, Susanne Schneider*

*Georg-August-Universität Göttingen, Didaktik der Physik, Friedrich Hund-Platz 1, 37077 Göttingen
rlangen@gwdg.de, johannes.lewing@uni-goettingen.de, sschnei@gwdg.de

Kurzfassung

In der Diskussion über die Vor- und Nachteile des fächergetrennten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts (INU) existieren einige „Mythen“ (Labudde, 2014) und Vorstellungen über das integrierte Fach. Um die bereits bestehenden Vergleiche der beiden Unterrichtsformen im Hinblick auf die physikalischen Inhalte zu ergänzen, soll in diesem Beitrag eine Analyse von Schulbuchaufgaben beider Unterrichtsformen durchgeführt werden. Der Fokus liegt dabei auf Lernaufgaben, da diese von großer Bedeutung für einen erfolgreichen Lernprozess der Schülerinnen und Schüler sind. Zur Analyse werden literaturbasiert Kriterien herangezogen, die dem exemplarischen Vergleich von Lernaufgaben zur Einführung des Kraft-Konzepts aus je zwei Schulbüchern für den Physik- und den IN-Unterricht dient. Die Ergebnisse zeigen Unterschiede bezüglich formaler Merkmale zum Grad der Mathematisierung. Zudem werden die Kontextsituationen von Aufgaben in den INU-Schulbüchern als authentischer beurteilt. Hinsichtlich der Einordnung der Kontextherkunft unterscheiden sich die beiden Stichproben nicht.

1. Einleitung

Lernaufgaben nehmen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle zur Entwicklung von Kompetenzen ein (Fischer & Draxler, 2001). Gleichzeitig motiviert die Einbettung von Aufgaben in authentische Kontexte die Schülerinnen und Schüler, sich mit dem Lerngegenstand zu beschäftigen (Müller, 2006; Kuhn, 2008). Im Rahmen der Diskussion über den fächerübergreifenden Unterricht schließt sich also die folgende Forschungsfrage an: *Inwiefern unterscheiden sich Lernaufgaben der Mechanik zwischen Physik-Schulbüchern und Schulbüchern des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts?* Um dieser Frage nachzugehen, wird als Testinstrument ein literaturbasiertes Kategoriensystem entwickelt, welches einen Vergleich hinsichtlich verschiedener Merkmale ermöglicht.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Lernaufgaben in Schulbüchern

Im Unterricht werden Aufgaben aus mehreren Gründen eingesetzt. Sie unterstützen die Lernenden gezielt beim Kompetenzaufbau und dienen der Sicherung des Lernzuwachses. Insbesondere in der Erarbeitungsphase des Unterrichts unterstützen Aufgaben die Schülerinnen und Schüler dabei, sich neue Inhalte anzueignen. Darüber hinaus können sie bei Lernenden im Unterrichtseinstieg zu einer qualitativen Problemerkennung führen, welche auf den eigenen Erfahrungen basiert. Dabei werden unterschiedliche Lösungswege unterstützt und durch unterschiedliche Kontexte ein flexibler Einsatz des Wissens gefordert (Langlet & Kremer, 2011; Niedersächsisches Kultusministerium, 2017).

Es wird zwischen Leistungsaufgaben, die Erfolge messen, und Lernaufgaben, die dem Wissensaufbau dienen, unterschieden. Nach Leisen (2010) ist eine Lernaufgabe „eine Lernumgebung zur Kompetenzentwicklung und steuert den Lernprozess durch eine Folge von gestuften Aufgabenstellungen mit entsprechenden Lernmaterialien“ (S.11). Gute Lernaufgaben halten sich an die kompetenzorientierten Bildungsstandards und knüpfen an das Vorwissen der Lernenden an. Des Weiteren sind sie in einen Kontext eingebunden, demonstrieren den Lernzuwachs und liefern ein Lernprodukt. Lernaufgaben zeichnen sich durch ein unterschiedliches Niveau, einen Zusammenhang untereinander, eine integrative Förderung der Kompetenzen, vielfältige Lösungen, einen unterstützenden Zweck für Lernende sowie den Umgang mit Fehlern als Lernchance aus (ebd.).

2.1.1 Schwierigkeitserzeugende Merkmale

Zur Einordnung der Aufgabenschwierigkeit werden mehrere Ansätze als Grundlage verwendet. Eine Dimension des Kompetenzstrukturmodells nach Neumann, Kauertz, Lau, Notarp und Fischer (2007) beschreibt sechs hierarchische Komplexitätsstufen einer Aufgabe. Hierbei wird zwischen der Anzahl an Fakten und Zusammenhängen unterschieden, welche die Komplexität und somit die Schwierigkeit einer Aufgabe beeinflussen. In einer überarbeiteten Version umfasst es fünf hierarchische Stufen, die sich auf das Prinzip der „Anzahl an Elementen“ und das Prinzip der „Verknüpfungen zwischen Elementen“ stützt (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010; Wellnitz et al., 2012).

Basierend auf Informationsverarbeitungsstrategien formulieren Kauertz et al. (2010) vier hierarchische

Stufen zum kognitiven Prozess, die von Schülerinnen und Schülern aufeinander aufbauend durchschritten werden, um mit den nötigen Denkprozessen auf die Lösung einer Aufgabe zu kommen. Die Stufen werden durch die drei Kriterien *Informationsverhältnis*, *Herstellen von Zusammenhängen* und *Situationsähnlichkeit* operationalisiert und teilen sich in aufsteigender Reihenfolge in *reproduzieren*, *selegieren*, *organisieren* und *integrieren* auf (ebd.).

2.1.2 Grad des Mathematisierens

Das Mathematisieren wird als prozessbezogene Kompetenz des Physikunterrichts formuliert und stellt eine Besonderheit dieser Naturwissenschaft gegenüber den Schulfächern Chemie und Biologie dar (Kultusministerium, 2017). Im integrierten Fach Naturwissenschaften ist das Erlangen dieser Kompetenz im Rahmen des Bildungsbeitrages des Faches Physik ebenfalls für die Lernenden vorgesehen (Kultusministerium, 2012). Die mathematischen Herausforderungen an die Lernenden übertragen sich auf die Physikaufgaben und erschweren das Lernen der physikalischen Inhalte, welches das eigentliche Ziel darstellt (Uhdén, 2012).

2.2 Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht

Vor dem Hintergrund der Diskussion um integrierten Unterricht fassen Fruboese, Illgen, Kohm und Wollscheid (2011) die Literatur zusammen und nennen Gründe, die für die Qualität des INU sprechen. Der INU erleichtere „die Behandlung fächerübergreifender Alltagsprobleme“ und habe durch „eine besser mögliche Alltagsorientierung die Chance, mehr Schülerinnen und Schüler für die Naturwissenschaften zu interessieren“ (S. 433). Auf ähnliche Weise listet Labudde (2008) Argumente für den fächerübergreifenden Unterricht auf. Dort heißt es, es werde auf „Schlüsselprobleme der Menschheit“ eingegangen und es gäbe eine größere Motivation für die Lernenden, welche eventuell durch neue „Ein- und Aussichten“ wegen der Vernetzung der Fächer entstehe. Darüber hinaus leiste der fächerübergreifende Unterricht den Beitrag, „ins Berufsleben bzw. in den Alltag von Forschung und Entwicklung einzuführen“ (S. 10). Insgesamt wird dem INU eine stärkere Kontextorientierung unterstellt, welche motivationsfördernd für die Schülerinnen und Schüler wirken kann. Labudde (2014) verweist auf einige „Mythen“ über fachübergreifenden Unterricht. Hierzu zählt die Annahme, dass Schülerinnen und Schüler im Integrationsfach Naturwissenschaften weniger lernen als jeweils in den drei Einzelfächern. Diese Vorstellung konnte aber weder durch PISA 2003, noch durch PISA 2006 bestätigt werden (Labudde, 2014).

In Niedersachsen werden an den integrierten Gesamtschulen (IGS) die Naturwissenschaften in einem integrierten Fach von Klasse 5 bis einschließlich 10

unterrichtet. Gymnasien haben die Option in den Klassen 5 und 6 die Naturwissenschaften integrativ zu unterrichten.

2.3 Forschungsfragen und Hypothesen

In der Studie soll folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden:

Inwiefern unterscheiden sich Lernaufgaben aus Schulbüchern des INU und des Physikunterrichts hinsichtlich...

F1: ... der kognitionsbezogenen Merkmale *Anforderungsbereich*, *Denkprozess* und *Komplexität*?

F2: ... der formalen Merkmale zum Grad der Mathematisierung?

F3: ... des Anteils kontextorientierter Aufgaben und der Authentizität der Aufgaben?

Basierend auf dem vorherigen Kapitel können folgende Hypothesen formuliert werden:

H2: *Es lassen sich keine Unterschiede bezüglich der formalen Merkmale zur Mathematisierung feststellen.*

H3.1: *Es gibt mehr kontextorientierte Lernaufgaben in den INU- als in den Physik-Schulbüchern.*

H3.2: *Kontextorientierte Lernaufgaben des INU sind öfter authentisch als solche aus dem fächergetrennten Unterricht.*

3. Methode

3.1 Entwicklung des Kategoriensystems

Zur Analyse der Lernaufgaben aus naturwissenschaftlichen Schulbüchern wurde ein Raster entwickelt, das gezielte Aussagen über Aufgabenmerkmale zulässt und einen Schulbuchvergleich ermöglicht. An das Raster werden mehrere Anforderungen gestellt. Es soll die Analyse von Lernaufgaben zu unterschiedlichen Physik-Konzepten ermöglichen und unabhängig von der Jahrgangsstufe einsetzbar sein. Darüber hinaus soll es eine umfassende Untersuchung von formalen, kontext- und kognitionsbezogenen Aufgabenmerkmalen ermöglichen. Um diese Kriterien im Kategoriensystem einzubringen, werden vereinzelt Dimensionen aus Kompetenzmodellen sowie Items aus anderen Schulbuchrastern verwendet. Das Kategoriensystem umfasst darüber hinaus die Angabe der verwendeten Operatoren in einer Lernaufgabe. In diesem Beitrag wird hierauf aber nicht weiter eingegangen.

3.1.1 Kognitionsbezogene Merkmale der Lernaufgaben

Zur Entwicklung von Kompetenztests haben Neumann et al. (2007) ein Kompetenzstrukturmodell konstruiert. Auf diesem Strukturmodell baut ein Kompetenzmodell zur bundesweiten Evaluation der Bildungsstandards für naturwissenschaftliche Fächer auf (Kauertz et al., 2010; Wellnitz et al., 2012). Die

Dimension zum *kognitiven Prozess* der Lernenden bei der Aufgabenbearbeitung wird als ein Aufgabenmerkmal mit den Ausprägungen *Reproduzieren*, *Selektieren*, *Organisieren*, *Integrieren* übernommen (Kauertz et al., 2010). Die weitere Dimension zur *Aufgabenkomplexität*, welche in fünf Stufen hierarchisch aufgebaut ist, wird ebenfalls als Merkmal übernommen (Wellnitz et al., 2012). Das Item zum *Anforderungsbereich* der Aufgabenstellung entspricht der Einteilung des Niedersächsischen Kerncurriculums (2017).

3.1.2 Formale Merkmale zum Grad der Mathematisierung

Die Abfrage von *formalen Aufgabenmerkmalen* erfolgt durch folgende fünf Items, die den Grad des Mathematisierens widerspiegeln:

Die Aufgabe...

- ... enthält explizit eine Zahl mit Einheit.
- ... erwartet explizit eine Zahl mit Einheit in der Lösung.
- ... erwartet die Verwendung einer Formel bei der Bearbeitung.
- ... enthält ein Diagramm.
- ... erwartet das Erstellen eines Diagramms in der Lösung.

3.1.3 Kontextbezogene Merkmale der Lernaufgaben

Zuerst wird bestimmt, ob eine Lernaufgabe kontextorientiert ist oder nicht. Anschließend wird zur Einordnung der Interdisziplinarität einer Lernaufgabe untersucht, ob das Thema eher *physikspezifisch* oder *interdisziplinär* ist mit der Zuordnung zu einem oder mehreren der Bereiche *Biologie*, *Chemie*, *Mathematik*, *Technik*, *Sport*. Das Aufgabenmerkmal der *Kontextherkunft* wird anschließend in *innerfachlich*, *persönlich-gesellschaftliches Umfeld*, *professionelle Anwendungen (Technik, Wissenschaft)* unterschieden (Schecker und Parchmann, 2006).

Zur Beschreibung der *Authentizität* des Kontexts wurde die Likertskala nach Dorsch (2013, S.60) verwendet. Hierbei wird die Formulierung „Geschichte“ (ebd.) durch die differenzierenden Begriffe Kontextsituation (3 Items) und kontextualisierte Aufgabe (2 Items) ersetzt. Die Kontextsituation meint die in der Lernaufgabe beschriebene Situation an sich, wie z.B. die eines Turmspringwettkampfes. Die Items zur Authentizität der kontextualisierten Aufgabe beschreiben die damit verknüpfte Aufgabenstellung, also eine Arbeitsanweisung wie z.B. „Berechne die Auftreffgeschwindigkeit des Turmspringers.“ Bei einer Lernaufgabe sind Situation und Aufgabe nicht zwingend gleichermaßen authentisch.

3.2 Messung der Gütekriterien

Zur Untersuchung der Interrater-Reliabilität werden insgesamt 25 Lernaufgaben aus den Schulbüchern

Universum 7/8, *Dorn Bader 7/8* (Physik) sowie *Prisma Naturwissenschaften 2*, *Erlebnis Naturwissenschaften 2* und *Natur bewusst 2* (INU) von zwei Kodierern mit dem Kodiermanual analysiert. Für dessen nachfolgende Anwendung werden Aufgabenmerkmale, bei denen Cohens-Kappa κ nur auf eine mäßige Reliabilität ($\kappa < .60$) schließen lässt, nicht weiter berücksichtigt. Dies betrifft die kognitionsbezogenen Konstrukte *kognitiver Prozess*, *Aufgabenkomplexität* und *Anforderungsbereich*. Wegen einer zu geringen Reliabilität dieser Items werden die Merkmale im nachfolgenden Schulbuchvergleich nicht weiter untersucht.

Auch für die *formalen Aufgabenmerkmale* ist eine Messung der Interrater-Reliabilität notwendig, da keine Musterlösungen zu den getesteten Aufgaben vorliegen. Die fünf Items weisen je ein Cohens-Kappa $\kappa > .85$ auf, was auf eine sehr gute Reliabilität hinweist.

Hinsichtlich der Kontextmerkmale wird zunächst die Interrater-Reliabilität bezüglich der Einschätzung, ob ein Kontext vorliegt oder nicht, vorgenommen. Hier ergibt sich ein Wert von $\kappa \geq .68$. Mit Werten von $\kappa > .91$ sind die Items zur Art des Kontextes (*Interdisziplinarität* und *Kontextherkunft*) ebenfalls reliabel.

Anschließend wird für jedes der fünf Items zur *Authentizität* durch das gewichtete Kappa κ^* die Übereinstimmung beim Verwenden der ordinalen Antwortoptionen ermittelt. Die beiden Items zur Authentizität der kontextualisierten Aufgabe bieten nur eine geringe Übereinstimmung und werden in der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt. Demgegenüber ergibt sich für die drei Items zur Authentizität der Aufgabensituation eine sehr gute Interrater-Reliabilität ($\kappa^* \geq .77$).

Anhand der Daten werden die drei Items zur Authentizität auf interne Konsistenz durch Cronbachs α geprüft. Die Items lauten:

Die Situation...

- ... könnte so irgendwo stattfinden.
- ... ist realistisch.
- ... kann ich mir gut vorstellen.

Der Wert von $\alpha \geq .98$ deutet auf eine Redundanz der Items hin. Aus diesem Grund beschränkt sich die folgende Messung auf das Item (III), welches mit $\kappa^* = .81$ eine hohe Interrater-Reliabilität aufweist.

3.3 Stichprobe

Die genannten Aufgabenmerkmale dienen der Analyse von Lernaufgaben aus je zwei Physik- und INU-Schulbüchern (siehe Tabelle 1). Um einen Vergleich ziehen zu können, stammen die Lernaufgaben aus demselben Themengebiet der Mechanik, genauer der Einführung des Kraft-Konzepts. Bei dem Thema Kräfte handelt es sich um typische und grundlegende Inhalte der Physik, mit denen sich die

Schülerinnen und Schüler in vielen Themengebieten und Jahrgangsstufen auseinandersetzen. Am Ende von Jahrgang 8 soll gemäß der Kerncurricula beider Schulformen das Prinzip der physikalischen Kraft im Rahmen der Mechanik erstmals eingeführt werden (Niedersächsisches Kultusministerium, 2012, 2015). Die insgesamt 87 Lernaufgaben dienen folglich der Einführung und entsprechen dem ersten Kontakt der Lernenden mit Kräften. Sie bilden die Basis eines umfassenden physikalischen Prinzips, welches in späteren Jahrgängen erneut auftaucht. Um einen angemessenen Vergleich der beiden Stichproben zu gewährleisten, sollten diese in ihrem Umfang nicht zu sehr voneinander abweichen. Bei der Zusammenstellung der Stichproben wird darauf geachtet, dass stets alle auf einer Doppelseite enthaltenen Aufgaben aufgenommen werden. Dies dient dazu, ein Kapitel vollständig in die Untersuchung einzubeziehen, was die Unterschiede in der Anzahl der Aufgaben (Tabelle 1) erklärt.

Physik-Schulbücher	INU-Schulbücher
<i>Universum 7/8</i>	<i>Prisma 2</i>
27 Aufgaben	15 Aufgaben
<i>Dorn Bader 7/8</i>	<i>Erlebnis 2</i>
21 Aufgaben	24 Aufgaben

Tab. 1: Stichprobe und Verteilung der Aufgaben.

4. Ergebnisse

Die formalen Merkmale zum *Grad des Mathematisierens* sind in Abbildung 1 zu finden. Besonders starke Unterschiede zeigen sich hinsichtlich der Verwendung von Formeln und Zahlen mit Einheiten. Dies wird im Schulbuch für den fächergetrennten Physikunterricht deutlich häufiger erwartet. Diagramme sind hier grundsätzlich seltener vertreten und werden im Schulbuch des INU in wenigen Fällen erwartet. Im Gegensatz zu den untersuchten Lehrbüchern des Physikunterrichts, in dessen Aufgaben keine Diagramme enthalten sind, beinhalten die Aufgaben des INU selten Diagramme. Bei der Betrachtung der Anzahl an Aufgaben, bei denen

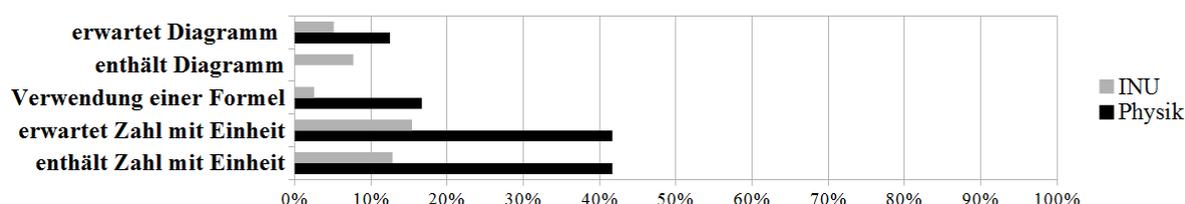


Abb. 1: Ergebnisse der formalen Merkmale zum *Grad des Mathematisierens*. Es werden Lernaufgaben aus Physik- (schwarz) und INU-Schulbüchern (grau) verglichen.

mindestens eines der fünf formalen Merkmale zutrifft, besteht ein Unterschied zwischen den Stichproben. Die Lernaufgaben der fächergetrennten Schulbücher beinhalten zu 48% mindestens ein formales Merkmal zum Grad des Mathematisierens, demgegenüber stehen 18% der Lernaufgaben des INU ($\chi^2 = 7.28$, $df = 1$, $p^* < .05$, **odds ratio = 2.99, 95% KI für odds ratio [1.35, 6.64]**). Hier und im Folgenden beschreibt p^* den korrigierten p -Wert, der sich aus der Bonferroni-Korrektur ergibt.

Die beiden Stichproben zeigen keinen Unterschied hinsichtlich der Häufigkeit von Kontexten in Lernaufgaben. Mit 35% (Physik) und 38% (INU) ist etwas mehr als ein Drittel aller analysierten Aufgaben nicht kontextorientiert.

Die Überprüfung der *Interdisziplinarität* der analysierten Lernaufgaben zeigt, dass rund 80% der Kontexte in beiden Schulbuchformen eher physikspezifisch sind. In den anderen Fällen sind sie interdisziplinär und stammt mit rund 8% zu gleichen Anteilen aus den Bereichen Technik und Sport (INU) bzw. zusätzlich auch Mathematik (Physik). Hier lassen sich keine Unterschiede feststellen. Auch hinsichtlich des Aufgabenmerkmals der *Kontextherkunft* lassen sich keine Unterschiede zwischen kontextorientierten Physik- und INU-Lernaufgaben feststellen. Mit über 55% sind die meisten Situationen von Lernaufgaben der Physik und des INU im persönlich-gesellschaftlichen Umfeld anzusiedeln. Es folgen in beiden Stichproben innerfachliche Situationen zu rund einem Drittel und Situationen aus professionellen Anwendungen mit fast 10%.

Hinsichtlich der *Authentizität* der Situation bei kontextorientierten Aufgabenmerkmalen gibt es Unterschiede, die in Abbildung 2 dargestellt werden ($U = 124$, $p^* < .05$, $r = .42$, 95% KI für r [0.14, 0.66]). Die Situation aus kontextorientierten INU-Aufgaben wird mit ca. 89% öfter als authentisch eingestuft als aus Physik-Aufgaben mit 65%.

5. Zusammenfassung und Diskussion

Um eine Analyse von Lernaufgaben zur Einführung des physikalischen Kraftkonzepts durchzuführen, wurde zunächst ein literaturbasiertes Kategorien-

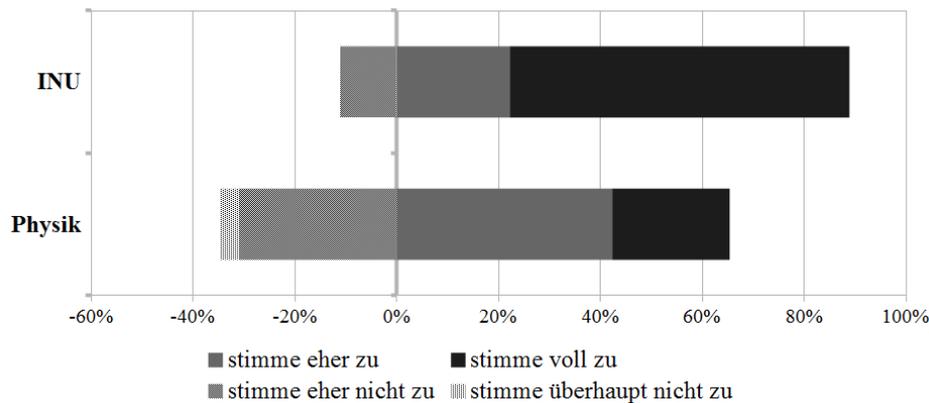


Abb. 2: Ergebnisse zur *Authentizität* von Lernaufgaben aus Physik- (unten) und INU-Schulbüchern (oben). Über vier Stufen wurde die Zustimmung zur Aussage „Die Situation kann ich mir gut vorstellen.“ abgefragt.

system, welches die Untersuchung unterschiedlicher Aufgabenmerkmale ermöglicht, erstellt. Das Kategoriensystem umfasst *kognitionsbezogene Merkmale*, *formale Merkmale zum Grad des Mathematisierens* und *Kontextmerkmale*. Wegen einer zu geringen Interrater-Reliabilität mussten die *kognitionsbezogenen Merkmale* für die weitere Auswertung verworfen werden. Diese Aufgabenmerkmale basieren auf Kompetenzmodellen zur Entwicklung von Testitems. Vor dem Hintergrund der geringen Interrater-Reliabilität stellt sich die Frage, inwiefern dessen Dimensionen für eine Analyse von Lernaufgaben, die sich von Leistungsaufgaben unterscheiden (Leisen, 2010), geeignet sind. Auch das Fehlen einer Musterlösung kann zu den nicht zufriedenstellenden Interrater-Reliabilitäten beitragen.

Im weiteren Verlauf wurde exemplarisch an der Einführung des Kraft-Konzepts untersucht, inwiefern sich die Lernaufgaben aus Physik-Schulbüchern und Schulbüchern des INU unterscheiden. Aus den oben beschriebenen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass zumindest bezüglich der formalen Merkmale die Mathematisierungskompetenz in den Aufgaben der Physikschulbücher stärker gefordert bzw. gefördert wird als in den Aufgaben des integrierten Fachs (vgl. Abb. 1). Dies steht im Gegensatz zur Hypothese H2.

Bezüglich der Hypothese H3.1 zeigen sich keine Unterschiede. Beide Aufgabengruppen bestehen gleichermaßen zu etwa zwei Dritteln aus kontextorientierten Lernaufgaben.

Hinsichtlich der Interdisziplinarität und der Kontextherkunft konnten keine Unterschiede zwischen fachsystematischem und fächerübergreifendem Unterricht festgestellt werden. Die Überprüfung der Interdisziplinarität zeigt, dass die kontextorientierten Lernaufgaben meistens physikspezifisch sind. Die Kontextherkunft ist am häufigsten in das persönlich-gesellschaftliche Umfeld einzuordnen, gefolgt von dem innerfachlichen Bereich.

Die zweite Hypothese H3.2 zu authentischen Lernaufgaben des INU konnte durch die Ergebnisse bestätigt werden. Innerhalb kontextorientierter Aufgabenstellungen wurde die beschriebene Situation in den INU-Lernaufgaben häufiger als authentisch beurteilt als in den Aufgaben der Physikschulbücher.

Zur Einordnung der Ergebnisse muss insgesamt berücksichtigt werden, dass die Schulbücher für den INU für die integrierten Gesamtschulen in Niedersachsen konzipiert wurden, während die Physikschulbücher für das Gymnasium bestimmt sind. Somit zielen die enthaltenen Lernaufgaben auf unterschiedlich heterogene Zielgruppen ab.

Als weiterer Schritt ist der Fokus erneut auf eine Untersuchung der kognitionsbezogenen Merkmale zu legen. Hierfür sind eine spezifischere Formulierung der Items sowie die Ausarbeitung einer gezielteren Rater-Schulung anzustreben. Zudem kann die Untersuchung zum Grad des Mathematisierens über das Abfragen der formalen Merkmale hinaus erweitert werden. Die Mathematisierungskompetenz umfasst neben diesen formalen Merkmalen auch Bereiche, die sich auf funktionale Zusammenhänge und deren Darstellungsform sowie Termumformungen und das Lösen von Gleichungen beziehen (Kultusministerium, 2017). Hier gilt es herauszuarbeiten, inwiefern sich diese Merkmale durch ein geeignetes Testinstrument untersuchen lassen.

6. Literatur

Bader, F. (2015). *Dorn Bader Physik Gymnasium 7/8 Niedersachsen*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.

Bergau, M., Boldt, J., Geissler, G., Hänsel, M., Hell, K., Krause, B., . . . Tebeck, S. (2013). *Prisma Naturwissenschaften 2 Ausgabe A*. Ernst Klett Verlag Stuttgart Leipzig.

- Carmesin, H.-O., Kahle, J., Konrad, U., Trumme, T. & Witte, L. (2016). *Universum Physik: Band 7/8 Gymnasium Niedersachsen G9*. Cornelsen Verlag GmbH, Berlin.
- Cieplik, D., Dobers, J., Freundner-Huneke, I., Kirks, H.-D., Schulz, S., Tegen, H. & Zeeb, A. (2011). *Erlebnis Naturwissenschaften 2*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- Dorschu, A. (2013). *Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben..* Logos Verlag Berlin GmbH.
- Fischer, H. E. & Draxler, D. (2001). Aufgaben und naturwissenschaftlicher Unterricht. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 54 7, S.388-393.
- Fruboese, C., Illgen, J., Kohm, L. & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. *MNU Journal* 64/7, S.433-439.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 16, S.135-153.
- Kuhn, Jochen (2008). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. *Habilitationsschrift*, Natur- und Umweltwissenschaften der Universität Koblenz-Landau.
- Labudde, P. (2008). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht. *Naturwissenschaften vernetzen - Horizonte erweitern*. Kallmeyer, S.7-18.
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht - Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 20, S.11-19.
- Langlet, J. & Kremer, M. (2011). Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht: Lernen - Prüfen - Diagnostizieren. *MNU Themenreihe Bildungsstandards*.
- Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. *Unterricht Physik* 2010 Nr. 117/118, S.9-13.
- Müller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten – Handreichung für die Unterrichtsentwicklung. *Physik im Kontext*.
- Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H. & Fischer, H. E. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 13, S.101-113.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2012). *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule – Schuljahrgänge 5-10: Naturwissenschaften*.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2015). *Kerncurriculum für das Gymnasium – Schuljahrgänge 5-10: Naturwissenschaften*.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2017). *Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe: Physik*.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 12, S.45-66.
- Sudeik, T. & Vorwerk, B. (2010). *Natur Bewusst Naturwissenschaften 2*. Westermann.
- Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse. *Dissertation*.
- Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H. A., . . . Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards - eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 18, S.261-291.