

## Fachwissen – ein wichtiger Bestandteil des Professionswissens von Volksschullehrkräften?

*Eine empirische Studie zu einer Lehrveranstaltung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*

*Hildegard Urban-Woldron\**

### *Zusammenfassung*

Fehlendes Vertrauen in das eigene naturwissenschaftliche Wissen und unzureichendes konzeptuelles Verständnis naturwissenschaftlicher Phänomene führen häufig dazu, dass Volksschullehrkräfte im Sachunterricht eher selten physikbezogene Themen behandeln. Eine Lehrveranstaltung zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht in der Ausbildung zukünftiger Lehrpersonen für Volksschulen muss daher unter anderem auch deutlich die fachlichen Defizite der Studierenden adressieren. Der Schwerpunkt der Begleitforschungsstudie liegt auf der Erfassung der Vorstellungen zum Farbsehen und dem Umgang mit einem TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study)-Item für die vierte Schulstufe. Von den 145 teilnehmenden Studierenden waren 62 aus der Gruppe der berufsbegleitenden Studierenden (Kohorte 1); die anderen 83 Studierenden waren sogenannte Vollzeit-Studierende (Kohorte 2). Ergebnisse deskriptiver Datenauswertungen, Varianz- und Clusteranalysen, Regressionsanalysen sowie qualitative Inhaltsanalysen legen einerseits nahe, dass sich die Fehlvorstellungen von etwa zwei Drittel der Studierenden praktisch kaum von denen ihrer zukünftigen Schülerinnen und Schüler unterscheiden. Andererseits weisen die Befunde darauf hin, dass sich die beiden Kohorten deutlich bezüglich ihrer Einschätzung zur Bedeutung des Fachwissens für den Aufbau professioneller Kompetenzen unterscheiden.

## Content Knowledge – an important integral part of primary science teacher professional knowledge?

*Findings from research accompanying a science methods course*

### *Abstract*

Findings of educational research suggest that many elementary teachers are indisposed to teach science and admit a lack of knowledge and confidence to teach it. Therefore, the aim of an elementary science methods course is to help prospective primary teachers to build knowledge that will enable them to teach science effectively. However, the subject matter knowledge of a primary science teacher has to include both science content knowledge and knowledge for teaching primary school students. Consequently, the focus of the study is on evaluating pre-service primary teachers' prior content knowledge related to color vision and their ability in solving a particular TIMSS item designed for grade 4. Furthermore, prospective teacher perceptions according to the relevance of content knowledge for successful science teaching are addressed. 145 pre-service primary science teachers took part in the study. Whereas 62 out of the 145 teacher students (cohort 1) complete their teacher education in addition to another regular job, 83 are full-time teacher students (cohort 2). Starting with descriptive analysis, analyses of variance, cluster analysis, and regression analysis were conducted. However, extensive data analysis reveals a range of misconceptions held by the pre-service elementary teachers prior to the course. Generally, the prospective teachers from cohort 1 report higher values in accordance how they perceive the relevance of content knowledge for teaching science effectively.

*Schlüsselwörter:*  
Professionswissen

*Keywords:*  
Professional knowledge

\* Pädagogische Hochschule Niederösterreich, Mühlgasse 67, 2500 Baden.  
Priv.-Doz. Dr. Hildegard Urban-Woldron, [hildegard.urban-woldron@ph-noe.ac.at](mailto:hildegard.urban-woldron@ph-noe.ac.at)

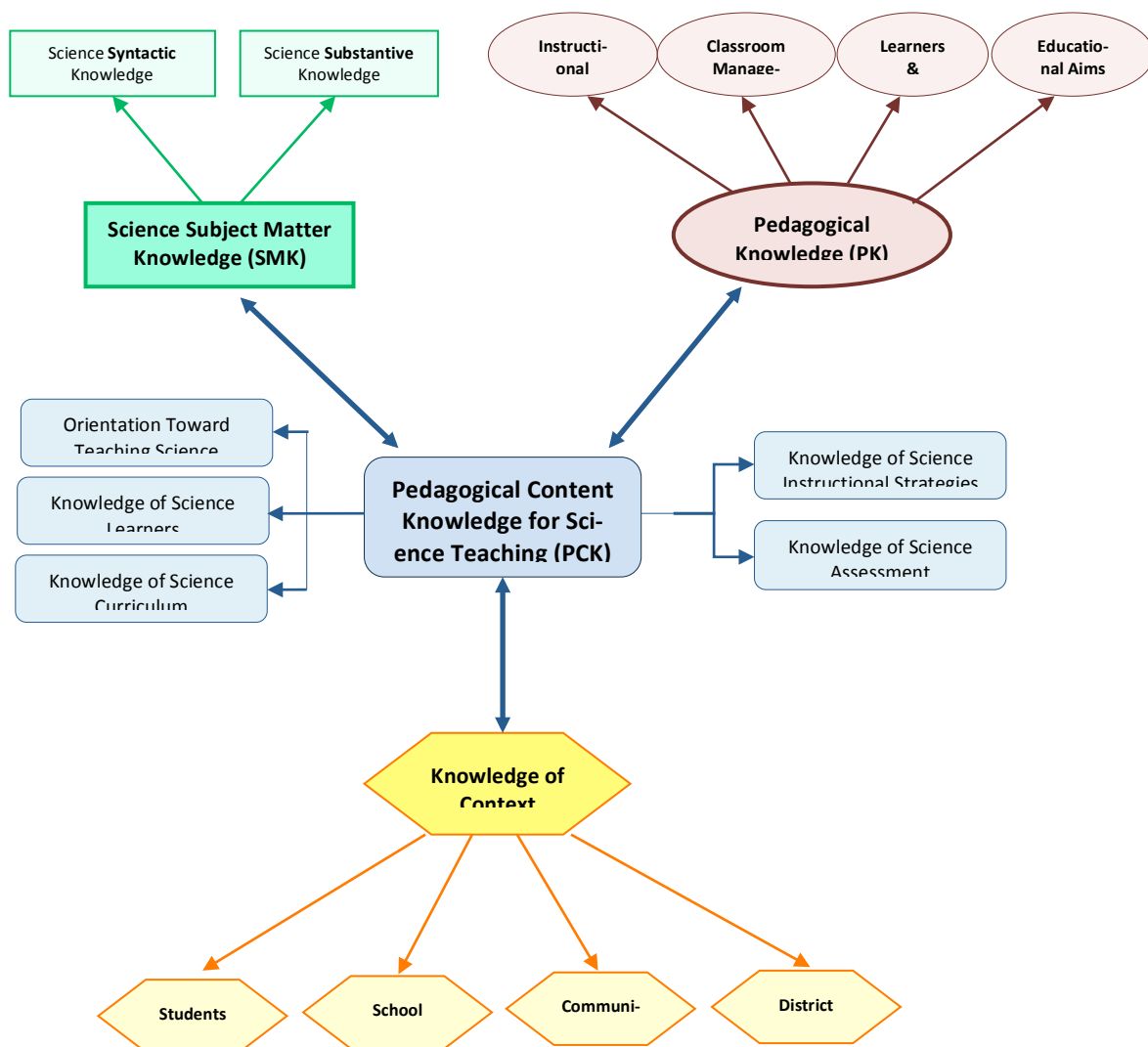
## 1 Theoretischer Hintergrund

Ein übergeordnetes Ziel der naturwissenschaftlichen Bildung im Primarbereich ist das lernende, forschende und entdeckungsfreudige Kind, das verantwortungsvoll und wertorientiert handelt und mit anderen über sein Handeln kommunizieren kann (Köster, 2006; Fthenakis, 2009). Wenn Unterricht an vorunterrichtlichen Vorstellungen anknüpft und in diesem Sinne an den Kindern orientiert ist, kann schon der Sachunterricht in der Volksschule einen Beitrag zum Aufbau geordneten, anschlussfähigen Wissens leisten (Stern & Möller, 2004; Steffensky & Lankes, 2011). Kinder können durch Beobachtung, Erklärung, Vorhersagen, Lesen, Sprechen, Ausprobieren von Ideen, Fragenstellen und Planung von Untersuchungen lernen. Handlungen begünstigen auf verschiedenartige Weise den Aufbau adäquater Konzepte, reichen aber keinesfalls für die Entwicklung von kindlichen Denkstrukturen aus (Möller, 2004). Daher besteht eine anspruchsvolle Aufgabe für die Lehrkraft darin, basierend auf Forschungsergebnissen zu Lernprozessen, insbesondere zu Präkonzepten und Lernschwierigkeiten, verstehensförderliche Handlungsformen für konkrete Themen zu bestimmen (Heran, 2011). Zu einzelnen Inhaltsbereichen liegen bereits Erhebungsinstrumente vor, die es ermöglichen, die Denkvorgänge der Kinder durch geeignete Kommunikationsprozesse auf das Entdecken physikalischer Phänomene zu lenken und die altersmäßig bedingten Unterschiede in den kindlichen Erklärungen aufzuklären (Kleickmann et al., 2010; Pollmeier et al., 2011). Die bisher vorliegenden Untersuchungen zum naturwissenschaftsbezogenen Lernen in der Volksschule deuten weiter darauf hin, dass alle Kinder in einem Unterricht, der einen konstruktiven Konzeptaufbau unterstützt und dabei situierte, kindgemäße Fragestellungen unterstützt, in ihren Verstehensmöglichkeiten nicht überfordert sind (Möller, 2004).

Ausgehend von einer konstruktivistischen Sichtweise des Lernens, benötigen Kinder Lernumgebungen, die ihnen vielfältige Erfahrungsmöglichkeiten bieten (Steffensky, 2011) und darüber hinaus die Chance geben, Erklärungen gemeinsam zu entwickeln (Peterson & French, 2008) sowie diese mit Materialien als auch in der Diskussion zu überprüfen (Jonen et al., 2004). In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wird Lernen als Konzeptwechsel (Duit, 2004) im Sinne eines Ergebnisses aktiver Umstrukturierungsprozesse (Vosniadou et al., 2001) beschrieben. Ziel einer am konstruktivistischen Lernbegriff orientierten Lehr-Lernumgebung ist es, Kinder auf inadäquate, nicht belastbare Vorstellungen aufmerksam zu machen und ihnen Möglichkeiten zur Konstruktion adäquater, qualitativer physikalischer Erklärungen zu bieten (Möller, 1999). Forschungsbefunde legen die Vermutung nahe, dass ein auf Konzeptwechsel ausgelegter Unterricht einer Verknüpfung von Instruktion und Konstruktion auf der methodischen Ebene der Unterrichtsgestaltung bedarf, um die erforderliche Balance von Selbststeuerung und Fremdsteuerung sicherzustellen (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1999). Ergebnisse darauf basierender empirischer Studien zeigen, dass gezielte Strukturierungselemente den Konzeptwechsel erleichtern, wenn sie sich einerseits auf eine inhaltliche Sequenzierung einer anwendungsorientierten Fragestellung und andererseits auf eine kognitiv strukturierende Gesprächsführung, wie das Aufmerksammachen auf Widersprüche im Denken, das Einfordern von Begründungen und Überprüfungen, das Anregen von Anwendungen, das Fokussieren auf einzelne Aspekte wie auch das Anregen der Integration von Konzepten beziehen (Möller et al., 2002).

Um die konzeptuelle Entwicklung im physikbezogenen Sachunterricht angemessen fördern zu können, ist daher die Diagnostik von Schülerkonzepten im Sinne eines formativen Assessments (Treagust, 1988) eine notwendige Voraussetzung (Pollmeier et al., 2011). Darüber hinaus müssen Lehrkräfte selbst Erfahrungen mit dem eigenständigen Konstruieren fachspezifisch-pädagogischen Wissens machen und ihre Vorstellungen vom Lehren und Lernen vor dem Hintergrund des eigenen aktiven Lernprozesses reflektieren (Kleickmann et al., 2005). Für die kompetente Umsetzung naturwissenschaftlicher Inhalte benötigen Volksschullehrkräfte neben entsprechendem inhaltspezifischem Sachwissen und fachdidaktischen Kompetenzen auch noch Interesse und Selbstvertrauen (Clarke & Hollingsworth, 2002). Sachunterrichtslehrkräfte müssen in der Lage sein, bereits bestehende und/oder erst im Unterricht entstehende Schülervorstellungen als mehr oder weniger anschlussfähig zu diagnostizieren, um kognitiv aktivierende Lehr-Lernprozesse zu planen (Heran-Dörr, 2011). Wie aber Forschungsbefunde zeigen, verfügen Grundschullehrkräfte als „Generalisten“ selten am Ende ihrer Ausbildung über die erforderlichen domänenspezifischen Kompetenzen und Handlungsdispositionen für die Gestaltung eines anspruchsvollen physikbezogenen Sachunterrichts (Harlen, 1997; Heran-Dörr, 2006). Die Berücksichtigung der Fachwissenschaften in dem mehrperspektivischen Fach Sachunterricht stellt eine große Herausforderung für die Lehrerbildung dar.

Andererseits zeigen Analysen von Unterrichtsvideos über Auswirkungen fachspezifischen Professionswissens von Primarstufenlehrkräften auf Unterricht und Schülerleistung, dass im physikbezogenen Sachunterricht ein starker Fokus auf Hands-on-Aktivitäten liegt, dass nur wenig Zeit für reflexive Phasen oder Anwendung des neu Gelernten verwendet wird und dass das Fachwissen von Lehrkräften unter Berücksichtigung der Sequenzierung von Lernprozessen im Unterricht einen positiven Einfluss auf die Schülerleistung hat (Ohle, 2010). Fehlendes Vertrauen in das eigene naturwissenschaftliche Wissen (Howitt, 2007; Kallery & Psillos, 2001; Smith et al., 2012), unzureichendes Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte (Harlen, 1997) sowie eine damit einhergehende niedrige Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrpersonen (Riggs & Enochs, 1990) beeinflussen das Lernen von Naturwissenschaften junger Kinder und legen eine spezifische Schwerpunktsetzung in der Lehrerbildung nahe (Erden & Sönmez, 2011; Rice et al., 2003). Neben einer Fokussierung auf die Entwicklung von Pedagogical Content Knowledge (Shulman, 1986; Parker & Heywood, 2010; Abell, 2007), scheint es erforderlich, innerhalb der Professionalisierungsmaßnahmen besonders auch affektive Komponenten wie Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung zu adressieren (Howitt, 2007; Ramey-Gassert et al., 1996; Palmer, 2006; Thurston et al., 2007).



**Abbildung 1:** Professionswissen für Lehrkräfte der Naturwissenschaften (modifiziert nach Abell, 2007, S. 1107).

Aus Abbildung 1 geht hervor, dass sich das Professionswissen von Lehrkräften (Pedagogical Content Knowledge) aus drei Komponenten zusammensetzt: Fachwissen, pädagogisches Wissen und Kontextwissen. Befunde der COACTIV Studie (Anders et al., 2010; Baumert et al., 2009) zeigen, dass die verschiedenen Facetten des Professionswissens einen Einfluss auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler, aber auch auf deren motivati-

onale Orientierungen haben. Insbesondere legen die Ergebnisse der Studie nahe, dass das fachdidaktische Wissen positiv auf das Ausmaß der kognitiven Aktivierung und die individuelle Unterstützung der Schülerinnen und Schüler im Unterricht wirkt, wobei das Fachwissen der Lehrkraft als Bedingung für das fachdidaktische Wissen verstanden werden kann (Blum et al., 2008). Das Konzept der SINUS-Programme zielt auf eine Professionalisierung von Grundschullehrkräften und eine Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule ab. Dabei geht die Unterrichtsentwicklung vom Fach aus (Rieck et al., 2014). Um die Wirksamkeit des Programmes zu untersuchen, werden naturwissenschaftliche Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler an SINUS Grundschulen mit den Ergebnissen der für Deutschland repräsentativen TIMSS 2011-Stichprobe verglichen, wobei bei den Lernenden an SINUS-Grundschulen höhere Kompetenzen im Bereich Naturwissenschaften festgestellt werden (Rieck et al., 2014).

## 2 Ziele und Forschungsfragen

Vor dem theoretischen Hintergrund zum Professionswissen von Lehrkräften und den Befunden zur Wirksamkeitsforschung von Professionalisierungsmaßnahmen fokussiert die empirische Untersuchung auf die Erfassung des Fachwissens von zukünftigen Volksschullehrkräften an einem Beispiel aus dem Fachbereich Physik. Der Schwerpunkt der Studie liegt auf der Diskussion der Bedeutung des Fachwissens zum Planen von Lernszenarien für den physikbezogenen Sachunterricht in der Volksschule durch Erhebung des fachbezogenen Wissens und durch Analyse der Einschätzung der Studierenden im dritten Semester der sechssemestrigen Bachelorausbildung für das Volksschullehramt. Anhand einer Aufgabe aus den freigegebenen Science TIMSS-Items 2007 für die Schulstufe 4<sup>1</sup> wird einerseits untersucht, in welchem Maße bei den Studierenden ein grundlegendes Fachwissen zum Sehen und zur Wahrnehmung von Farben vorhanden ist. Andererseits werden die individuellen Einschätzungen der Studierenden zur Bedeutung des Fachwissens bei Entwicklung von PCK (Pedagogical Content Knowledge) erfasst. Die Aufgabe ist in einen Alltagskontext eingebettet, ist der inhaltlichen Subdomäne „Physik – Licht“ zugeordnet, zielt auf die kognitive Domäne „Begründen“ ab und enthält insgesamt acht Teilfragen.



Abbildung 2: Item S031446 zu Licht und Farbe aus TIMSS 2007 Schulstufe 4.

Im Kontext der Ziele der Studie werden folgende Forschungsfragen formuliert:

1. In welchem Ausmaß verfügen die Studierenden über entsprechendes Fachwissen zum Thema Licht und Sehen?
2. Welche Bedeutung schreiben die Studierenden dem eigenen Fachwissen für die Gestaltung lernwirksamen physikbezogenen Sachunterrichts zu?
3. Was können Studierende anhand des ausgewählten Items für die Entwicklung ihres PCK lernen?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden quantitative und qualitative Datenerhebungsmethoden angewandt. Die Daten werden im Sinne von Mixed-Method-Research ausgewertet.

### 3 Methodische Vorgangsweise

Die Datenerhebung erfolgt im Rahmen der Lehrveranstaltung „Naturwissenschaftlicher Sachunterricht“, die Studierende im Bachelorstudiengang Lehramt für Volksschulen in ihrem individuellen dritten Semester absolvieren. Inhaltlich soll die Lehrveranstaltung mit einem Umfang von einer Semesterwochenstunde die für den Lehrplan Sachunterricht relevanten Themen aus den inhaltlichen Domänen Physik, Chemie und Technik abdecken. Daraus resultiert, dass unter den gegebenen Rahmenbedingungen nur sehr exemplarisch vorgegangen werden kann.

#### 3.1 Erfassung des fachlichen Vorwissens

Die Autorin, die zugleich die Lehrveranstaltung „Naturwissenschaftlicher Sachunterricht“ leitet, wählte als Einstieg in die Lehrveranstaltung die Abbildung 3, die den Studierenden mit dem Beamer präsentiert wurde. 158 Studierende (8 männlich; durchschnittliches Alter = 26,3 Jahre, Standardabweichung = 7,1 Jahre) aus fünf Parallelgruppen der Lehrveranstaltung „Naturwissenschaftlicher Sachunterricht“ wurden ersucht, auf einem Blatt Papier einen selbst gewählten Code zu notieren, der auch noch am Ende des Semesters erinnert werden kann. Dann sollten sie die Frage „Was sehen Sie und wie kommt es, dass Sie diese vier Gegenstände genau so wahrnehmen?“ möglichst ausführlich schriftlich beantworten.



Abbildung 3: Einsteigaufgabe zum Sehen von Farben.

Im Anschluss an diese Einsteigaufgabe als Motivierung für das Thema wurde das Science-Item S031446 aus TIMSS 2007 für die Schulstufe 4, beginnend mit der Beschreibung des Kontextes (vgl. Abbildung 2), thematisiert. Die Studierenden wurden auch darüber informiert, dass es sich um ein Item aus der internationalen Vergleichsstudie TIMSS 2007 handelt, mit dem auch österreichische Schülerinnen und Schüler auf der Schulstufe 4 getestet worden waren. Ebenfalls wurde den Studierenden der Grund mitgeteilt, warum sie ihre Antworten in anonymisierter Form für eine Begleitstudie zur Lehrveranstaltung zur Verfügung stellen sollten. Abgesehen von sieben Folien mit den Abbildungen 2, 4, 5 und 6 sowie den zugehörigen Fragen erhielten die Studierenden keine weiteren Informationen. Damit waren die Testbedingungen mit denen der in TIMSS 2007 getesteten Kinder vergleichbar.

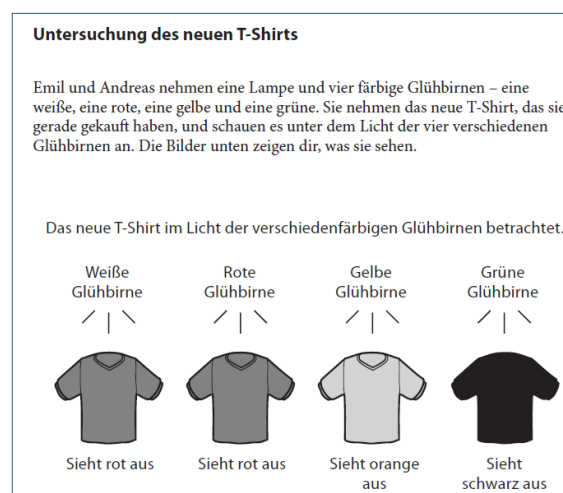


Abbildung 4: Hinführung zu den Fragen A bis D für Item S031446 aus TIMSS 2007 Schulstufe 4.

Frage A: Beschreibe die Ergebnisse der T-Shirt-Untersuchung von Emil und Andreas.

Frage B: Haben Emil und Andreas im Geschäft das falsche T-Shirt bekommen?  Ja  Nein

Frage C: Erkläre deine Antwort mit Hilfe der Ergebnisse ihrer Untersuchung.

Frage D: Welche Farbe hatte die Glühbirne im Geschäft? \_\_\_\_\_

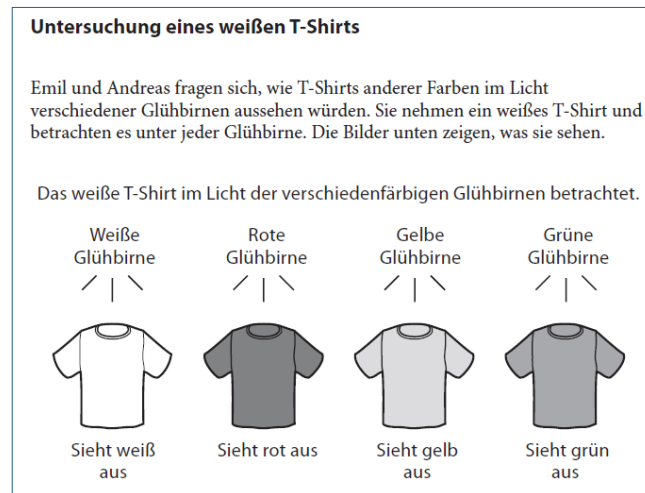


Abbildung 5: Hinführung zu den Fragen E und F für Item S031446 aus TIMSS 2007 Schulstufe 4.

Frage E: Beschreibe die Ergebnisse von Emils und Andreas' Untersuchung des weißen T-Shirts.

Frage F: Was glaubst du, welche Farbe das T-Shirt unter einer blauen Glühbirne haben würde? \_\_\_\_\_

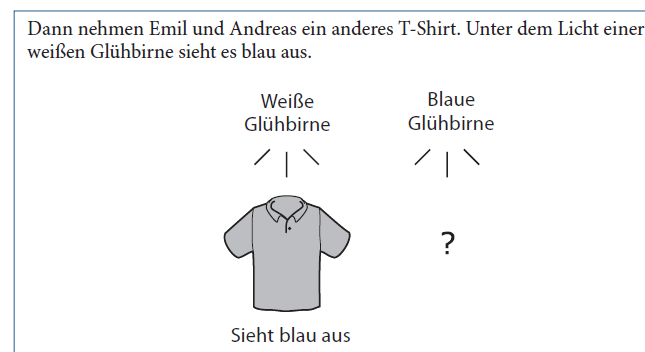


Abbildung 6: Hinführung zu den Fragen G und H für Item S031446 aus TIMSS 2007 Schulstufe 4

Frage G: Was glaubst du, welche Farbe das T-Shirt unter einer blauen Glühbirne haben würde? \_\_\_\_\_

Frage H: Erkläre deine Antwort mit Hilfe der Ergebnisse von Emils und Andreas' Untersuchung.

### 3.2 Fachdidaktische Analyse von Item S031446 aus TIMSS 2007 Schulstufe 4

Bei genauerer Betrachtung von Item S031446 aus TIMSS 2007 Schulstufe 4 drängt sich die Frage auf, wie viel Fachwissen zur richtigen Beantwortung der Fragestellungen wirklich erforderlich ist oder ob nicht vielleicht gutes Leseverständnis und ausgeprägtes logisches Denkvermögen alleine zur Lösung der Aufgabenstellung ausreichen. Da die Aufgabe dem Bereich „Begründen“ zugeordnet ist, kann nicht ausgeschlossen werden, dass es nicht hauptsächlich um das Überprüfen naturwissenschaftlichen Verständnisses geht. Mit Hilfe des in Abbildung 4 präsentierten Experiments kann ein durchschnittlich begabtes 10-jähriges Kind vielleicht auch die richtigen Lösungen zu den Fragen A bis D finden (vgl. Tabelle 1). Wenn der Einleitungstext (vgl. Abbildung 2) richtig verstanden wird, weiß das Kind, dass es bei den Bildern immer um das gleiche, eben vorher gekaufte T-Shirt geht. Dieses wird unter den verschiedenen Lampen in unterschiedlichen Farben wahrgenommen. Da das T-Shirt im Geschäft orange war, kann daraus der Schluss gezogen werden, dass dort die Lampe gelbes Licht ausgesendet hat. Das Kind muss in diesem Fall gar nicht wissen, dass das Sonnenlicht weiß ist. Ähnlich verhält sich die Situation bei der Untersuchung des weißen T-Shirts (vgl. Abbildung 5), wo ein Kind auch ohne Basiswissen

zum Licht und zum Sehen von Farben aus der bildlichen Darstellung zusammen mit dem Einleitungstext zu richtigen Schlussfolgerungen kommen kann. Auch die Frage G lässt sich weitgehend als logische Konsequenz aus den Darstellungen in Abbildung 4 beantworten: Wenn ein rotes T-Shirt sowohl unter einer weißen als auch unter einer roten Lampe rot erscheint, dann muss das auch für ein blaues T-Shirt gelten. Hier gilt allerdings eine kleine Einschränkung - das Kind müsste für das Herstellen dieses Zusammenhangs wissen, dass Sonnenlicht weiß ist.

Frage	Aufgabenstellung	Erwartete (richtige) Antworten
A	Beschreibe die Ergebnisse der T-Shirt-Untersuchung von Emil und Andreas.	Es wird beschrieben, dass sich die Farbe des Shirts <b>abhängig von der Lichtquelle</b> ändert. <i>Beispiele: Sie sahen das Shirt in unterschiedlichen Farben, wenn sich die Farbe der Lichtquelle ändert. Die Farbe des Shirts hängt von der Lichtfarbe ab. Die Farbe des Shirts ändert sich unter den verschiedenen Lampen.</i>
B	Haben Emil und Andreas im Geschäft das falsche T-Shirt bekommen?	Nein.
C	Erkläre deine Antwort mit Hilfe der Ergebnisse ihrer Untersuchung.	Die Erklärung basiert auf dem <b>Einfluss der Lichtquelle</b> . <i>Beispiele: Die Farbe des Shirts änderte sich wegen des Lichts. Das Sonnenlicht bewirkte, dass sie eine andere Farbe sahen.</i>
D	Welche Farbe hatte die Glühbirne im Geschäft?	Gelb.
E	Beschreibe die Ergebnisse von Emils und Andreas' Untersuchung des weißen T-Shirts.	Es wird beschrieben, dass sich die Farbe des Shirts <b>abhängig von der Lichtquelle</b> ändert. <i>Beispiele: Da es ein weißes Shirt ist, zeigt es immer die Farbe der Lichtquelle. Die Farbe des Shirts passte sich an die Lampe an. Wenn sich die Farbe der Lampe ändert, ändert sich die Farbe des Shirts.</i>
F	Was glaubst du, welche Farbe das T-Shirt unter einer blauen Glühbirne haben würde?	Blau.
G	Was glaubst du, welche Farbe das T-Shirt unter einer blauen Glühbirne zeigt?	Blau.
H	Erkläre deine Antwort mit Hilfe der Ergebnisse von Emils und Andreas' Untersuchung.	Die Erklärung beinhaltet einen richtigen <b>Vergleich der Farbe des Shirts mit der Farbe der Lichtquelle</b> . <i>Beispiele: Gleich wie beim roten Shirt unter der roten Lampe. Da es unter der weißen Lampe blau ist, ist das die richtige Farbe des Shirts. Daher ist es auch unter einer blauen Lampe blau.</i>

Tabelle 1: Fragestellungen zu Item S031446 aus TIMSS 2007 Schulstufe 4 und (richtige) Lösungserwartungen.

Viel interessanter als die richtigen Antworten, die im gegenständlichen Fall mit hoher Wahrscheinlichkeit ohne physikalisches Fachwissen und konzeptuelles Verständnis gegeben werden können, sind für die Fachdidaktik grundsätzlich immer die falschen Antworten der Lernenden (vgl. Tabelle 2). Nur daran lassen sich Einblicke in Lernschwierigkeiten gewinnen, die dann wiederum bei weiteren Unterrichtskonzeptionen Berücksichtigung finden können. Grundlegend für eine physikalisch angemessene Vorstellung der Wahrnehmung von Gegenständen ist die Streuung des Lichts an Oberflächen. Allerdings kommt bei Schülerinnen und Schülern der Primarstufe und auch der Sekundarstufe I vor dem Unterricht die Vorstellung, dass von beleuchteten gewöhnlichen Gegenständen wie Tischen, Büchern wieder Licht abgestrahlt wird, praktisch nicht vor (Guesne, 1984, 1992). Fast alle Schüler der Primarstufe und der Sekundarstufe I haben die folgende Vorstellung des Sehens: „Das Licht macht (die Gegenstände) hell und ermöglicht dadurch, sie zu sehen.“ (Claus et al., 1982, S. 82) Es wird also keine Verbindung zwischen wahrgenommenem Gegenstand und Auge mittels des gestreuten Lichts hergestellt, sondern es wird argumentiert, dass das auftreffende Licht den Gegenstand hell und damit sichtbar macht und dass das Licht auf der Oberfläche liegen bleibt oder allmählich verschwindet (Wiesner, 1986). Befunde fachdidaktischer Forschung legen sogar nahe, dass auch nach dem Optikunterricht häufig noch keine akzeptable Vorstellung der Streuung vorhanden ist (Wiesner, 1994). Das unterschiedliche Streuvermögen bei weißem beziehungsweise schwarzem Papier wird kaum zur Erklärung der unterschiedlichen Wahrnehmbarkeit herangezogen (Hock, 1980 zitiert nach Wiesner, 1986).

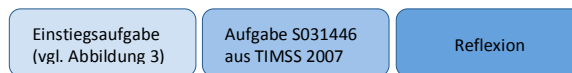
Ebenso bereitet das Thema „Farben“ den Schülerinnen und Schülern erhebliche Lernschwierigkeiten. „Die Vorstellung, dass Sonnenlicht ein Gemisch verschiedener farbiger Lichtsorten ist, also zum Beispiel auch eine blaue Lichtsorte enthält, wird massiv abgelehnt.“ (Wiesner, 1994, S. 51) Da die Lichtstreuung nicht zur Erklärung des Sehens von Farben herangezogen wird und nicht selbst leuchtende Gegenstände auch nicht als „Zwischensender“ von Licht akzeptiert werden, sieht man eine Oberfläche rot, weil sie eben rot ist und das auffallende Licht das Rot sichtbar werden lässt. Da weißes Licht nicht als Gemisch verschiedener Farben gesehen wird, sehen Schülerinnen und Schüler eine farbige Folie nicht als Farbfilter, der nur bestimmte Lichtfarben durchlässt, sondern meinen, dass die Folie das weiße Licht entsprechend färbt.

Frage	Aufgabenstellung	Falsche Antwortmöglichkeiten
A	Beschreibe die Ergebnisse der T-Shirt-Untersuchung von Emil und Andreas.	Es wird nicht explizit dargestellt, dass sich die Farbe des T-Shirts ändert. <i>Beispiele: Das T-Shirt sieht anders aus, wenn es mit einer anderen Glühbirne beleuchtet wird. Verschiedene Farben geben verschiedene Ergebnisse. Unter der grünen Lampe ist es dunkel und unter der gelben Lampe ist es heller.</i>
B	Haben Emil und Andreas im Geschäft das falsche T-Shirt bekommen?	Ja.
C	Erkläre deine Antwort mit Hilfe der Ergebnisse ihrer Untersuchung.	Auch wenn bei B die richtige Antwort gegeben wird, kann die Erklärung falsch sein. <i>Beispiele: Nein. Das T-Shirt sieht draußen nur anders aus. Ja. Es sah rot aus.</i>
D	Welche Farbe hatte die Glühbirne im Geschäft?	Weiß oder orange.
E	Beschreibe die Ergebnisse von Emils und Andreas' Untersuchung des weißen T-Shirts.	Es wird eine Veränderung des T-Shirts oder seines Aussehens ohne Einbeziehung der Farbe geschrieben. <i>Beispiele: Sie sehen, wie sich das T-Shirt ändert. Es wird dunkler. Es sah immer anders aus.</i>
G	Was glaubst du, welche Farbe das T-Shirt unter einer blauen Glühbirne zeigt?	Weiß.
H	Erkläre deine Antwort mit Hilfe der Ergebnisse von Emils und Andreas' Untersuchung.	<i>Beispiele: Weiß. Das Licht ändert die Farbe des T-Shirts. Weiß. Wegen der Sonne.</i>

**Tabelle 2:** Fragestellungen zu Item S031446 aus TIMSS 2007 Schulstufe 4 und mögliche falsche Antworten.

### 3.3 Erhebung der Einschätzungen der Studierenden

Abbildung 7 zeigt eine Übersicht über die erhobenen Daten, die abgesehen vom Geschlecht, dem Alter und der Gruppenzugehörigkeit der Studierenden im Rahmen der Lehrveranstaltung „Naturwissenschaftlicher Sachunterricht“ erhoben wurden. Die Lehrveranstaltung wurde in vier Blöcken zu je 3 Unterrichtseinheiten abgehalten. Am Anfang der ersten Einheit erhielten die Studierenden die offene Fragestellung zur Einstiegsaufgabe sowie die TIMSS Aufgabe zur Beantwortung auf einem Blatt Papier.



**Abbildung 7:** Übersicht über die erhobenen Daten.

Im ersten Seminarblock wurde unter anderem das Thema Licht und Sehen behandelt, ausgehend von aus der Literatur bekannten Schülervorstellungen, mit dem Ziel, diese bei der Planung entsprechender Lernszenarien entsprechend zu adressieren. Im Rahmen eines Arbeitsauftrages erstellten die Studierenden bis zum letzten Seminarblock eine schriftliche Reflexion, die am Ende der letzten Seminareinheit abgesammelt wurde. Die Verwendung eines Codes ermöglichte die Zuordnung der Daten beider Messzeitpunkte. In Tabelle 3 sind die fünf Impulsfragen für die Reflexion zusammengestellt.

1. Wie sind Sie bei der Lösung der TIMSS-Aufgabe vorgegangen? Haben Sie auf Fachwissen aus dem Optikunterricht zurückgegriffen, oder haben Sie die Fragestellungen weitgehend mit Textverständnis und logischen Überlegungen beantwortet?
2. Waren die fachlichen Lerninhalte bei Seminartermin 1 für Sie eine Wiederholung oder haben Sie etwas Neues dazugelernt? Wenn ja, was war neu?
3. Wie wichtig schätzen Sie die fachlichen Lerninhalte vom ersten Seminartermin zu diesem Thema für die Gestaltung lernwirksamen physikbezogenen Sachunterrichts ein? Gehen Sie darüber hinaus auch ganz allgemein auf die Bedeutung der fachlichen Grundlagen für die Gestaltung von Lernumgebungen im physikbezogenen Sachunterricht ein.
4. Könnten Sie sich vorstellen, die verwendete TIMSS-Aufgabe im Sachunterricht einzusetzen? Wenn ja, in welcher Weise? Wenn nein, warum nicht?
5. Was haben Sie mit dieser Aufgabe und der Auseinandersetzung gelernt? Nehmen Sie bitte zu dieser Frage vor dem Hintergrund des PCK-Modells Stellung.

**Tabelle 3:** Leitende Impulsfragen für die Reflexion.



## 4 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

In der Auswertung werden 145 Studierende berücksichtigt, die bei allen Datenerhebungen (Einstiegsfrage, Fragen A bis H zu TIMSS-Item S031446 sowie Reflexionsfragen 1 bis 5) teilnahmen. 62 Studierende stammten aus der Gruppe der berufsbegleitenden (= Kohorte 1) und 83 aus jener der Vollzeit-Studierenden (= Kohorte 2).

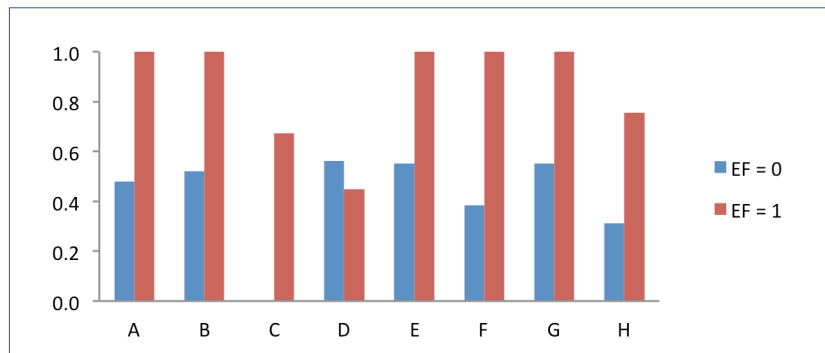


Abbildung 8: Richtige Lösungen für das TIMSS-Item S031446 abhängig von der Einstiegsaufgabe.

In Abbildung 8 sind die Lösungswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Teilfragen A bis H zu TIMSS Item S031446 in Abhängigkeit davon dargestellt, ob die Einstiegsaufgabe richtig beantwortet wurde. Alle Fragen wurden dichotom kodiert, das heißt mit 0 für eine falsche Antwort und mit 1 für eine korrekte Antwort. Alle Studierenden, die bei der Einstiegsfrage ein Verständnis für den Sehvorgang und im Speziellen für das Sehen von Farben demonstrieren, lösen mit 100% Wahrscheinlichkeit die Teilfragen A, B, E, F und G, während jene Studierenden, die Defizite im konzeptuellen Verständnis des Sehvorgangs aufweisen, zum Beispiel die Aufgabe A nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 48% richtig bearbeiten und die Aufgabe C überhaupt nicht lösen können. Eine Varianzanalyse zeigt, dass die Unterschiede in den Lösungshäufigkeiten für die beiden Gruppen mit Ausnahme von Aufgabe D hochsignifikant sind. Bei Aufgabe D treten unter anderen interessante Aussagen auf, von denen einige hier exemplarisch angeführt sind:

„Die Verkäuferin weiß aus ihrer Erfahrung, dass das Licht im Geschäft die Farbe des Shirts verändert.“

„Ich habe noch nie ein T-Shirt gesehen, das sich von orange nach rot färbt.“

„Die Farbe des T-Shirts vermischt sich mit der Farbe der Lampe; es entstehen Spektralfarben.“

„Ja, die Verkäuferin hat sich geirrt, weil man ihr gesagt hat, welche Farbe man haben möchte. Daher hätte sie wissen müssen, dass das T-Shirt im Tageslicht eine andere Farbe hat. Die Lampe im Geschäft war orange und daher war auch das T-Shirt orange.“

„Im Geschäft war kein passendes Licht; es war weißes Licht und dadurch schaute das T-Shirt anders aus als bei Tageslicht, wo sich dann die orange Farbe des T-Shirts mit dem gelben Sonnenlicht zu rot mischt.“

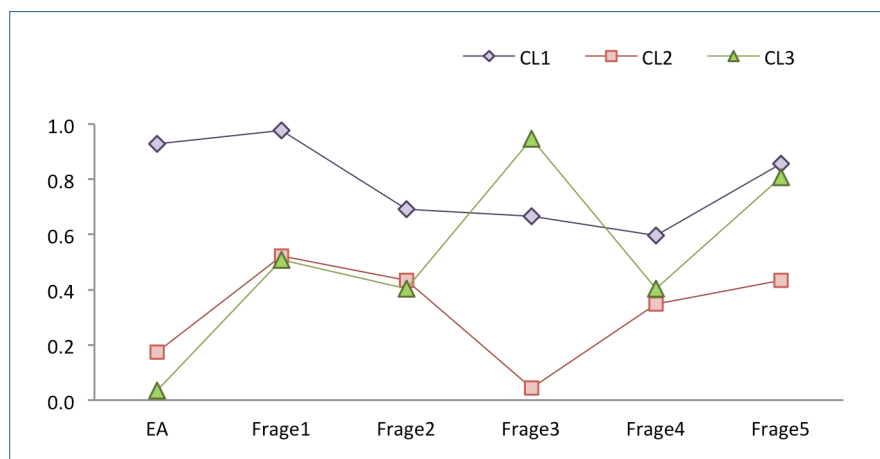
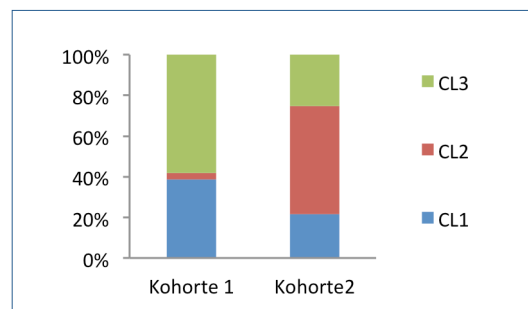


Abbildung 9: Clusterbildung nach Eingangsvoraussetzungen und Reflexionsverhalten.

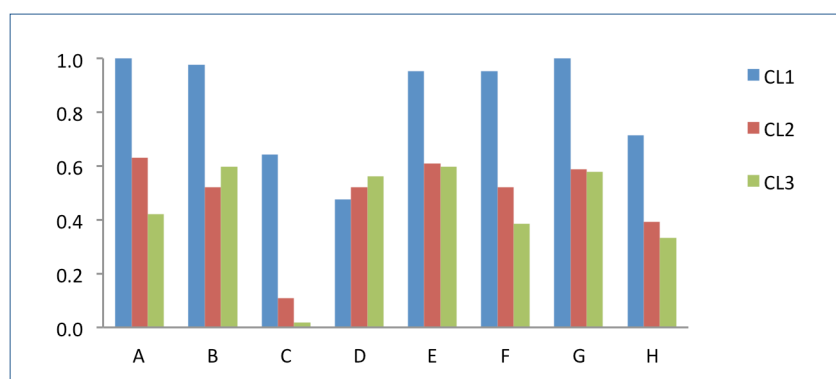
In einem ersten Zugang wurden auch die Fragen zur Ermittlung der Einschätzungen der Studierenden bei der Reflexion (vgl. Tabelle 3) zum TIMSS-Item S031446 dichotom kodiert. Wenn Studierende angaben, dass sie auf Fachwissen aus dem Optikunterricht zugegriffen hatten, wurde die Frage 1 mit 1 kodiert. Bei Frage 2 wurde 1 zugeordnet, wenn etwas Neues dazugelernt wurde. Für die Auswertung der Frage 3 wurde 1 verwendet, wenn die Studierenden meinen, dass die fachlichen Lerninhalte der Lehrveranstaltung eine notwendige Bedingung für die Gestaltung eines lernwirksamen physikbezogenen Sachunterrichts sind. Wenn Studierende angeben, dass sie sich vorstellen könnten, diese Aufgabe im Unterricht einzusetzen, wurde die Frage 4 mit 1 kodiert. Die Frage 5 wurde mit 1 kodiert, wenn Studierende das Fachwissen neben dem pädagogischen Wissen als wichtigen Bestandteil des PCK nennen.

Eine mit den Auswahlvariablen Einstiegsfrage und Fragen 1 bis 5 durchgeführte Clusteranalyse (Ward-Methode) lieferte das Ergebnis, das in Abbildung 9 dargestellt ist. Die Studierenden in Cluster CL1 weisen mit Ausnahme von Frage 3 bei allen anderen Variablen die höchsten Werte auf. Am meisten sind die Studierenden aus Cluster CL3 davon überzeugt, dass das Verstehen fachlicher Inhalte und Zusammenhänge eine notwendige Voraussetzung für gelingenden und lernwirksamen Unterricht ist. Es handelt sich bei dieser Gruppe um Studierende, die praktisch keine fachwissenschaftlichen Voraussetzungen zum Thema Licht und Sehen von Farben mitbringen und dieses Vorwissen nach eigenen Einschätzungen bei der Lösung der TIMSS-Aufgabe auch nur zu etwa 50% aktivierten. In der Gruppe CL2 sind Studierende mit ebenfalls eher niedrigen fachlichen Vorkenntnissen, die sich aber deutlich von ihren Kolleginnen und Kollegen in CL2 unterscheiden, da sie den fachlichen Grundlagen für die Gestaltung guten Unterrichts extrem wenig Bedeutung zumessen und auch das Fachwissen als Element des Professionswissens nicht als bedeutsam einschätzen.



**Abbildung 10:** Clusterzugehörigkeit nach Kohorten.

In Abbildung 10 ist die Zusammensetzung der Kohorten nach Clusterzugehörigkeit dargestellt. Während von 62 berufsbegleitenden Studierenden (Kohorte 1) nur 2 Studierende dem Cluster CL2 angehören, sind es bei den Vollzeit-Studierenden (Kohorte 2) 44 von insgesamt 83 Studierenden. Der mit 36 von 62 Studierenden hohe Anteil aus Cluster CL3 stützt das Ergebnis einer Varianzanalyse, dass sich die Kohorten nicht signifikant in Bezug auf die fachwissenschaftlichen Einstiegsvoraussetzungen, aber hoch signifikant hinsichtlich der Fragen 3 und 5 unterscheiden. Ebenso illustriert Abbildung 11 die relativen Lösungswahrscheinlichkeiten bei der Beantwortung der Teilfragen zu TIMSS-Item S031446, die, wie mit einer Varianzanalyse gezeigt werden konnte, mit Ausnahme von Frage D in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Cluster signifikant unterschiedlich sind.



**Abbildung 11:** Clusterzugehörigkeit nach Kohorten.

Ergänzend sollen noch exemplarische falsche Antworten zu Teilaufgabe H angeführt werden, die von 71% der Studierenden aus Cluster CL1, von 39% aus CL2 und 33% aus CL3 richtig gelöst wird:

*„Ein weißes T-Shirt nimmt beim Beleuchten mit verschiedenfarbigem Licht die Farbe des Lichts an, daher ist es blau.“*

*„Weiße Lampe – blaues Shirt; blaue Lampe – weißes Shirt. Die Farben kehren sich um.“*

*„Das weiße T-Shirt passt sich der Farbe des Lichts an.“*

*„Weißes Licht verändert die Farbe des Untergrundes nicht; daher bleibt das T-Shirt blau.“*

*„Das blaue Licht macht nichts mit dem blauen T-Shirt; daher bleibt es blau.“*

*„Weil das blaue T-Shirt im blauen Licht noch dunkler wirkt, wird es fast schwarz.“*

*„Weiß. Durch den Kontrast.“*

*„Die Farbe des T-Shirts ist unabhängig von der Farbe der Lampe; daher ist es blau.“*

*„Gelb. Man sieht die Komplementärfarbe.“*

*„Ein weißes Shirt nimmt jede Farbe an, mit der es bestrahlt wird.“*

Mit einer Regressionsanalyse konnte gezeigt werden, dass die fachlichen Eingangsvoraussetzungen (EA in Abbildung 9) zusammen mit Frage 1 (F1) ein Prädiktor für die Lösungswahrscheinlichkeit von Teilaufgabe H sind.

Modell 1: Lösungswahrscheinlichkeit von H =  $0,313 + 0,443 \cdot EA$  ( $R^2 = 0,176$ ,  $p = 0,000$ )

Modell 2: Lösungswahrscheinlichkeit von H =  $0,216 + 0,333 \cdot EA + 0,207 \cdot F1$  ( $R^2 = 0,205$ ,  $p = 0,000$ )

Mit Ausnahme von Teilaufgabe D lassen sich die Lösungswahrscheinlichkeiten für alle anderen Teilaufgaben alleine mit Hilfe der Auswertung der Einstiegsaufgabe EA vorhersagen, wobei der Einfluss der Frage 1 und damit der Aktivierung des Fachwissens nur bei Teilaufgabe H nachgewiesen werden kann. Allerdings ergeben sich für die übrigen Teilaufgaben für  $r^2$  Werte von 0,235 bis 0,580, was Varianzaufklärungen zwischen 23,5% und 58% entspricht.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Da man auf den ersten Blick davon ausgehen könnte, dass sich die TIMSS-Aufgabe S031446 weitgehend ohne physikalisches Basiswissen und mit gutem Textverständnis und logischen Folgerungen lösen lässt, stellt der Befund, dass 94 von 145 Studierenden angeben, auf Fachwissen aus dem Optikunterricht zurückgegriffen zu haben, ein überraschendes Ergebnis dar. Allerdings können nur 49 von 145 Studierenden zeigen, dass sie über ein entsprechendes Fachwissen zur Erklärung des Sehvorgangs und des Farbensehens verfügen. Die qualitative Auswertung der Fragen aus den Reflexionsberichten gibt Einblicke, wie Studierende die Bedeutung der fachlichen Grundlagen für die Planung von Unterricht einschätzen. Besonders auffällig stellen sich bei vergleichbaren Eingangsvoraussetzungen die unterschiedlichen Einschätzungen der Studierenden, die Verfügbarkeit entsprechender fachlicher Expertise als Voraussetzung für guten Unterricht zu sehen, in Hinblick auf die Zugehörigkeit zu einer der beiden Kohorten dar. Die inhaltsanalytische Auswertung der Teilaufgaben A bis H zu TIMSS-Item S031446 legen nahe, dass einige zukünftige Volksschullehrkräfte in ihrem früheren Optikunterricht offensichtlich vorhandene Präkonzepte und alternative Vorstellungen nicht überwinden konnten. Nur etwa ein Drittel der Studierenden aus der gewählten Stichprobe hat ein konzeptionelles Verständnis, wie das Farbensehen überhaupt erklärt werden kann. Die übrigen zwei Drittel erklären das Phänomen unter Einbeziehung von unwissenschaftlichen Vorstellungen, die in der physikdidaktischen Literatur als Schülervorstellungen bekannt sind.

Die Befunde der Studie legen nahe, dass den fachwissenschaftlichen Grundlagen in der Ausbildung von Lehrpersonen für Volksschulen ein entsprechender Stellenwert eingeräumt werden muss, wenn im physikbezogenen Sachunterricht der Volksschule anschlussfähiges Wissen für das weitere Lernen im Fachunterricht der Sekundarstufe erworben werden soll. Wie das PCK-Modell nachvollziehbar veranschaulicht, stellt das Fachwissen eine wichtige Komponente zum Aufbau von Professionswissen für Lehrkräfte dar. Fachwissenschaften in entsprechendem Ausmaß in die Ausbildung von zukünftigen Volksschullehrkräften zu integrieren, stellt aufgrund der Tatsache, dass diese immer noch als Generalisten gesehen werden, eine große Herausforderung für die Curriculumentwicklung im Rahmen der PädagogInnenbildung NEU dar. Dies gilt im Besonderen für das mehrperspektivische Fach Sachunterricht mit seinen zahlreichen Bezugswissenschaften.

## Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In: Abell, S.K. & Lederman, N.G. (Eds.), *Research on Science Teacher Education*, pp. 1105-1149, New York: Routledge.
- Anders, Y., Kunter, M., Brunner, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2010). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften und die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schüler. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 3, S. 175-193.
- Andersson, B. & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish Pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education* 5, pp. 387-402
- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A. & Klusmann, U. (2009). Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente (Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 83). Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Blum, W., Krauss, S. & Neubrand, M. (2008). Zusammenhänge des Professionswissens mit Lehrermerkmalen, Unterrichtsqualität und Leistungszuwächsen der Schüler. In: Vászrhelyi, E. (Hrsg.). *Beiträge zum Mathematikunterricht 2008. Vorträge auf der 42. Tagung für Didaktik der Mathematik 2007 in Budapest* (S. 157-160). Münster: WTM-Verlag.
- Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a Model of Teacher Professional Growth. *Teaching and Teacher Education*, 18, pp. 947-967.
- Claus, J., Strok, E. & Wiesner, H. (1982). Optik im Sachunterricht. Eine empirische Untersuchung zu Vorstellungen und Lernprozessen. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, 10, S. 82-92.
- Duit, R. (2004). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.). *Schülervorstellungen in der Physik*. Aulis Verlag. S. 8-14.
- Erden, F.T. & Sönmez, S. (2011). Study of Turkish Preschool Teachers' Attitudes toward Science Teaching. *International Journal of Science Education*, 33, 8. pp. 1149-1168.
- Fthenakis, W.E. (2009). *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. Troisdorf: Bildungsverlag Eins.
- Guesne, E. (1984). Die Vorstellungen von Kindern über Licht. *Physica Didactica* 11, S. 79-98.
- Guesne, E. (1992). Light. In: Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (Eds.), *Children's Ideas in Science*. Open University Press, Milton Keynes.
- Harlen, W. (1997). Primary Teachers' Understanding in Science and its Impact in the Classroom. *Research in Science Education*, 27, 3. pp. 323-337.
- Heran-Dörr, E. (2006). *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften*. Dissertation. LMU München.
- Heran-Dörr, E. (2011). *Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht*. Publikation des Programms SINUS an Grundschulen, IPN Kiel.
- Howitt, C. (2007). Pre-Service Elementary Teachers' Perceptions of Factors in an Holistic Methods Course Influencing their Confidence in Teaching Science. *Research in Science Education*, 37, pp. 41-58.
- Jonen, A., Hardy, I., & Möller, K. (2003). Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern? - Erklärungen von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht. In: Speck-Hamdan, A., Brügelmann, H., Fölling-Albers, M. & Richter, S. (Eds.), *Kulturelle Vielfalt. Religiöses Lernen* (pp. 159-164). Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. (= Jahrbuch Grundschule, 4).
- Kallery, M. & Psillos, S. (2001). Pre-School Teachers' Content Knowledge in Science: Their Understanding of Elementary Science Concepts and of Issues raised by Childrens' Questions. *International Journal of Early Years Education*, 9, 3, pp. 165-179.
- Kleickmann, T., Gais, B. & Möller, K. (2005). Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. Gibt es einen Zusammenhang zwischen Vorstellungen und Lehrerausbildung? In: Cech, D. & Giest, H. (Eds.), *Sachunterricht in Praxis und Forschung - Erwartungen an die Didaktik des Sachunterrichts* (S. 167-176). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, 15).
- Kleickmann, Th., Hardy, I., Möller, K., Pollmeier, J., Tröbst St. & Beinbrech, Ch. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter: Theoretische Konzeption und Testkonstruktion. *ZfDN* 16, S. 265-283.
- Köster, H. (2006). *Freies Explorieren und Experimentieren – eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*. Berlin: Logos-Verlag.

- Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J. & Belyukova, S. (2012). Beliefs about Teaching Science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. *International Journal of Science Education* 34,2, pp. 153-166.
- Möller, K. (2004): Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In: Köhnlein, W. & Lauterbach, R. (Hrsg.): *Verstehen und begründetes Handeln*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 147-165.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M. & Doll, J. (Hrsg.). *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, S. 176-191.
- Ohle, A. (2010). *Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement*. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Palmer, D.H. (2006). Sources of Self-efficacy in a Science Methods Course for Primary Teacher Education Students. *Research in Science Education*, 36, pp. 337-353.
- Parker, J. & Heywood, D. (2000). Exploring the relationship between subject knowledge and pedagogic content knowledge in primary teachers' learning about forces. *International Journal of Science Education*, 22, 1, pp. 89-111.
- Peterson, S.M. & French, L. (2008). Supporting young childrens' explanations through inquiry science in preschool. *Early Childhood Research Quarterly* 23, pp. 395-408.
- Pollmeier, J., Hardy, I., Koerber, S. & Möller, K. (2011). Lassen sich naturwissenschaftliche Lernstände im Grundschulalter mit schriftlichen Aufgaben valide erfassen? *Zeitschrift für Pädagogik*, 57, S. 834-853.
- Ramey-Gassert, L., Shroyer, M.G. & Staver, J.R. (1996). A Qualitative Study of Factors Influencing Science Teaching Self-Efficacy of Elementary Level Teachers. *Science Education* 80, 3, pp. 283-315.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1999). *Instruction*. In: Perleth, C. & Ziegler, A. (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie. Grundlagen und Anwendungsfelder*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber. S. 207-215.
- Rice, D.C., Roychoudhury, A. (2003). Preparing more Confident Preservice Elementary Science Teachers: One Elementary Science Methods Teacher's Self-Study. *Journal of Science Teacher Education*, 14, 2, pp. 97-126.
- Rieck, K., Dalahefte, I.M., Wendt, H. & Köller, O. (2014). Wirkungen auf Lehrende und Lernende nach neun Jahren SINUS in Grundschulen. Vortrag auf der GDSU-Tagung 2014 in Hamburg.
- Riggs, I.M. & Enochs, L.G. (1990). Toward the Development of an Elementary Teacher's Science Teaching Efficacy Belief Instrument. *Science Education* 74, 6, pp. 625-637.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2). pp. 4-14.
- Smith, K.V., Loughran, J., Berry, A. & Dimitrakopoulos, C. (2012). Developing Scientific Literacy in a Primary School. *International Journal of Science Education*, 34, 1, pp. 127-152.
- Steffensky, M. (2011). Im Sandspielen oder Basiskonzepte erarbeiten? Ansätze und Perspektivennaturwissenschaftlicher Bildung im Kindergarten. In S. Bernholdt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. GDGP-Jahrestagung Oldenburg.
- Steffensky, M. & Lankes, E-M. (2011). *Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang vom Kindergarten zur Grundschule. Handreichung des Programms SINUS an Grundschulen*. Kiel.
- Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichts. In: Lenzen, D, Baumert, J, Watermann, R. & Trautwein, U. (Hrsg.). *PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung*. S. 25-36.
- Thurston, A., VandeKeere, K., Topping, K.J., Kosack, W., Gatt, S., Marchal, J., Mestdagh, N., Schmeinck, D., Sidor, W. & Donnert, K. (2007). Peer learning in primary school science: Theoretical perspectives and implications for classroom practice. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, Vol. 5 (3), No. 13, pp. 477 – 496.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. In: *Learning and Instruction* 15, pp. 317-419.
- Wiesner, H. (1986). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich der Optik. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 13, S. 25-29.
- Wiesner, H. (1994). Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik. *Physik in der Schule*, 32, S. 51- 54.

<sup>1</sup> Quelle: [https://www.bifie.at/system/files/dl/TIMSS-2007\\_freigegebene-items-nawi.pdf](https://www.bifie.at/system/files/dl/TIMSS-2007_freigegebene-items-nawi.pdf)