

Zusammenfassung

Forschungsarbeiten zur Modellierung des Professionswissens von Lehrkräften haben gezeigt, dass fachdidaktisches Wissen ein Prädiktor dafür ist, wie stark Schülerinnen und Schüler kognitiv aktiviert werden (vgl. Loewenberg Ball/Thames/Phelps 2008, Woitkowski/Riese/Reinhold 2011). Das Fachwissen ist dabei die Moderatorvariable (eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung) (vgl. Baumert/Kunter 2006).

Lehramtsstudierende in den Fächern Chemie und Labor- und Prozesstechnik haben häufig Probleme, Erkenntniswege aus der sachlogischen Struktur der Inhalte abzuleiten, was in einer unzureichenden Durchdringung der Fachinhalte begründet liegt (vgl. Düwel/Niethammer 2017).

In der vorliegenden Arbeit werden Verstehensprozesse von Lehramtsstudierenden der höheren Semester bei der Erschließung eines komplexen fachlichen Sachverhaltes und dessen fachdidaktische Verwertung untersucht. Als Wissensquelle werden englische Lehrbuchtexte eingesetzt, weil diese nachweislich weniger lückenhaft in ihren Argumentationslinien sind als deutsche, wie anhand von drei Beispielen zu den Themen Wasser unter dem Stoffaspekt (vgl. Düwel/Eichhorn/Niethammer im Druck), Erdölraffination unter dem Verfahrensaspekt (vgl. Düwel 2019) und Chromatografie unter dem Verfahrens- und Analysenaspekt (vgl. Düwel/Eichhorn/Niethammer 2019) gezeigt wurde. Die Darlegung der Begründungszusammenhänge in englischen Lehrbüchern liefert eine didaktische Linienführung, die bereits einen Teil der Inhaltsaufbereitung für den Unterricht ausmacht.

Die Forschungsfragen und die damit verbundenen Untersuchungen zielen daher darauf ab, die Stufen der Erkenntnisgewinnung, die Studierende bei der Erschließung der inhaltlichen Zusammenhänge eines komplexen Themas (hier: zur dünn-schichtchromatografischen Trennung eines lipophilen Farbstoffgemisches) unter Nutzung englischen Fachtextmaterials durchlaufen, zu erfassen. Zur Operationalisierung der Forschungsfragen wurde ein „Embedded Mixed Methods-Ansatz“ gewählt (vgl. Kuckartz 2014; Creswell 2013). Es wird eine qualitative Studie durchgeführt, in die eine quantitative Teilstudie (quant) eingebettet ist. Die Hauptuntersuchung ist eine Fallstudie, für die ein Lehr-Lernkonzept entwickelt wurde, durch das die Versuchspersonen in ihrem Verstehensprozess und der fachdidaktischen Verwertung ihres neu erworbenen Wissens geleitet wurden. Im Zentrum des Lehr-Lernkonzeptes steht eine Fallsituation, in der alle Rahmenbedingungen für die zu erarbeitenden inhaltlichen und konzeptionellen Aspekte einer zu planenden Vertretungsstunde vorgegeben waren. Da sowohl die fachlichen, fachdidaktischen, englischsprachlichen Vorkenntnisse als auch die aktuelle Lernmotivation einen Einfluss darauf haben, wie gut die Versuchspersonen, die gestellten Aufgaben in dem Lehr-Lernkonzept bewältigen, wurden im quantitativen Teil des Untersuchungsdesigns die personenbezogenen Merkmale wie soziodemografische Faktoren (Fragebogen), englischsprachliche (C-Test) und fachliche Vorkenntnisse (Single-Choice-Fachtest) sowie die Motivation (Fragebogen) der Versuchspersonen (Vpn) vor, während und/oder nach der Bearbeitung der Aufgabenkomplexe im Lehr-Lernkonzept erfasst.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Englischkenntnisse der Versuchspersonen weniger eine Barriere bei der Erschließung der Fachinhalte darstellen als die fachlichen Voraussetzungen. Dies liegt sicherlich darin begründet, dass die Englischvoraussetzungen von Studierenden im fortgeschrittenen Bereich liegen, wie auch die C-Testergebnisse in dieser Fallstudie zeigten. Einige hatten sogar fachkundige Englischkenntnisse auf dem Niveau von Muttersprachlern. Allein die Auseinandersetzung mit dem englischen Textmaterial brachte bei den meisten Versuchspersonen bereits einen Erkenntnisgewinn. Dieser Erkenntnisgewinn war bei den Versuchspersonen am größten, die bereits bessere fachliche Vorkenntnisse zur Thematik hatten. Die bessere Übersetzung der Begründungszusammenhänge erfolgte allerdings erst durch die im Lehr-Lernkonzept integrierten Leitfragen. Das zeigt, dass die relevanten Textpassagen nur z.T. von den Versuchspersonen eigenständig erkannt wurden. Die Zunahme im fachlichen Tiefenverständnis zur Thematik wirkte sich auch auf die fachdidaktische Verwertung und Anwendung des erworbenen Wissens aus. Erkenntniswege wurden besser übersetzt und Schülerfehlkonzepte erkannt.

Daraus folgt, dass aus hochschuldidaktischer Sicht zum einen die Wissensquellen und zum anderen die inszenierten Lernanlässe, über die die Auseinandersetzung mit einem Sachverhalt initiiert wird, zu überdenken sind (vgl. Düwel/Niethammer 2017: 420).

Abstract

Research studies focused on modelling the competencies of teachers' professional knowledge (see Loewenberg Ball/Thames/Phelps 2008, Woitkowski/Riese/Reinhold 2011). They revealed that pedagogical content knowledge is a predictor of the degree to which learners are cognitively activated in class. Subject matter knowledge (knowledge of the subject and its organizing structures) is herein a moderating variable (a necessary, however, not sufficient condition) (see Baumert/Kunter 2006).

Students who do a degree course in teaching chemistry or laboratory and process technology often have problems in deducing the steps of scientific reasoning from the connections of the content. This is often due to insufficient subject matter knowledge (see Düwel/Niethammer 2017).

In this thesis, processes of understanding and reasoning of undergraduate student teachers have been investigated when elaborating on a complex technical subject matter and applying this knowledge to didactic problems. As text sources, English textbook texts have been used because they have been proved to be more consistent in their lines of arguments than German textbook texts. This was shown prior to this study. Textbook texts have been analysed on the topics regarding water (see Düwel/Eichhorn/Niethammer im Druck), crude oil raffination (see Düwel 2019) and chromatography (see Düwel/Eichhorn/Niethammer 2019). These topics represent the didactic perspectives of substances, processes and analytical methods, respectively. The results of the textbook analyses showed that English textbook texts provide a content structure as would be suitable for teaching scenarios.

The research questions aim at investigating the test persons' increase in knowledge throughout their task-based elaboration process on a complex topic (in this study, it is the separation of a lipophilic mixture of colourants by thin layer chromatography) while using English textbook texts. For answering the research questions, an embedded mixed methods approach was chosen (see Kuckartz 2014; Creswell 2013). This means that a minor quantitative study (quant) was embedded in the major qualitative study (QUAL). The main study is a case study, for which an instructional design for learning in higher education has been developed. Thus, students were guided in their elaboration process and in applying their newly acquired knowledge to content-oriented pedagogical problems. The instructional design focuses on a case providing the framework for working out aspects of the content and didactic aspects for planning a replacement lesson. For controlling other influencing factors such as prior knowledge on the subject matter, on the pedagogical content, in English as well as the learning motivation throughout their learning process, quantitative test instruments for determining personal features (a questionnaire), the English skills (a C-test), the content knowledge (a single choice test) and the learning motivation (a questionnaire) were applied in the minor quantitative study before, during and at the end of the test persons' task-based elaboration process of the instructional design.

As a result, the English skills of the test persons turned out to be less of a barrier than their knowledge on the subject matter. This is certainly due to the fact that students of higher education have an upper-intermediate to advanced level of English knowledge, which was also proved in this study by the results of the C-test. Some students who participated in the study had even proficient knowledge of English on a level of native speakers. The independent work with the English text material has already resulted in an increase in knowledge for most test persons. This increase in knowledge was highest for those test persons whose prior knowledge on the subject matter was highest. However, the connections of the content have only been explained in detail through the prompts given in the instructional design. This shows that the relevant passages of the text have only partly been recognized independently by the test persons. All in all, the increase in knowledge on the subject matter has had a positive impact on the test persons' application of their newly acquired knowledge to content-oriented pedagogical problems. Steps of scientific reasoning were better explained and misconceptions of provided student answers were recognized.

In conclusion from the point of view of higher education didactics, knowledge resources and learning opportunities for student teachers have to be reconsidered (see Düwel/Niethammer 2017: 420).

1 Unterrichtsqualität und fachdidaktische Kompetenzentwicklung von Lehrkräften

Unterrichtsqualität steht in dem herausfordernden Spannungsfeld dessen, was Schule leisten kann und sollte. Csapó (2010:20) konstatiert dazu treffend in seinem einführenden Beitrag zur ersten Zwischenbilanz des 2007 eingerichteten DFG-Schwerpunktprogramms „Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen“ (kurz: SPP „Kompetenzmodelle“): „Educational systems face growing pressure to prepare students for life, but curriculum developers and assessment specialists find little research that indicates how this can be done.“ Schulen stehen vor der Herausforderung, Schülerinnen und Schüler auf ein eigenverantwortliches Leben in einer durch Globalisierung und Digitalisierung bestimmten Welt vorzubereiten, wobei die Möglichkeiten der Bildungsgestaltung genauso vielfältig wie die Anforderungen sind. Studien der letzten 10 Jahre liefern belastbare Befunde über Zusammenhänge zwischen Unterrichtsqualität und Lernleistungen. Die Defizite im Bildungsbereich sind mittlerweile umfassend beschrieben. Allerdings bedarf es noch weiterer Studien, die bildungspolitische Reformen und Investitionen sowohl stützen als auch rechtfertigen (Slavin/Lake/Groff 2009: 887), um flächendeckend Schulen für Bildungsanforderungen der Zeit personell und materiell auszustatten.

Die Lehrplanentwicklung, die Ausarbeitung von Lehrmaterialien und die Entwicklung von Beurteilungssystemen zur Evaluierung von Kompetenzen, die sowohl die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler effektiv fördert als auch ihre sozialen Bedürfnisse berücksichtigt, setzt ein tieferes Verständnis über Lernwege und Wissensstrukturen voraus. Bei den daraus ableitbaren Lehr- bzw. Lernzielen sind drei Dimensionen zu berücksichtigen:

- die disziplinäre (disciplinary [content] dimension),
- die internale oder psychologische (internal [psychological] dimension) und
- die sozio-kulturelle Dimension (social and cultural dimension) (vgl. Csapó 2010: 13).

Ein kurzer historischer Rückblick zeigt, wie diese drei Dimensionen Bildungsansätze bestimmt haben und zunehmend in ihrer Vernetzung gedacht werden, um Schulbildung effizienter zu gestalten.

Anfang des 20. Jahrhunderts lag der Schwerpunkt der schulischen Bildung auf den Geisteswissenschaften. Mit den bahnbrechenden naturwissenschaftlichen Entdeckungen wurden auch naturwissenschaftliche Inhalte in die Lehrpläne an den weiterführenden Schulen (Realschule und Gymnasium) durch Pflicht- und Wahlfächer wie Biologie, Chemie, Physik, Astronomie, Erdkunde und Informatik aufgenommen. Der disziplinäre Ansatz (disziplinäre Dimension) hat maßgeblich die Methodologie des Lehrens und Lernens bestimmt. Der Lerngegenstand ist in der (fach)wissenschaftlichen Logik strukturiert (vgl. ebd.: 14–16), nach der auch der Prozess des Lehrens gestaltet wird. Das zeigen auch qualitative Studien zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften, die ab der zweiten Hälfte der 1980er-Jahre vorgenommen wurden.

„Fächervergleichende Analysen zeigen, dass das Fach den eigentlichen Handlungsrahmen von Lehrkräften darstellt. Das Fach bestimmt bis in Einzelheiten hinein die Textur des Unterrichts. Dies beginnt mit Vorstellungen über die Sequenzialität und Anordnung von inhaltlichen Komponenten und reicht bis hin zum Modus der Repräsentationen und Erklärungen.“ (Baumert/Kunter 2006: 492)

Das zu vermittelnde Wissen ist in den Wissenschaften verankert, das durch Lehrende und Lehrbücher zugänglich gemacht wird. In Lehr-Lern-Settings, die auf die disziplinäre Dimension ausgerichtet sind und die anderen beiden Dimensionen vernachlässigen, stellt der Lehrende die Lehrmaterialien bereit, nach denen sich Schülerinnen und Schüler den Lerngegenstand aneignen. Das Verständnis für Zusammenhänge wird demnach an den im jeweiligen Fach relevanten Inhalten erworben – „the teacher ‚delivers‘ the teaching material, which the student learns. [...] The school transmits the mathematics of mathematicians, the physics of physicists and the history of historians“ (Csapó 2010: 16). Unterricht in dieser Form fokussiert auf Fakten und Anwendung von Schemata in den durch die Lernmaterialien vorgegebenen Kontexten und sichert weniger Transferleistungen auf andere Kontexte (sozio-kulturelle Dimension).

Die für Deutschland schockierenden PISA-Ergebnisse im Jahr 2000, die bescheinigten, dass die Leistungen der Fünfzehnjährigen im internationalen Vergleich in allen drei Domänen (Lesen, Mathematik, Naturwissenschaften) signifikant unter dem Mittelwert der OECD lagen, mögen ein Indiz für diese Problematik gewesen sein, dass Unterricht zu stark auf Fakten und Anwendung von Schemata in entsprechenden Kontexten ausgerichtet ist bzw. war, sodass das angeeignete Wissen allgemein reproduzierbar und eher nur in Kontexten anwendbar ist, in denen es angeeignet wurde (vgl. ebd.: 17). Lt. Zusammenfassung der PISA-Studie 2000 lagen z. B. 26,3 Prozent der Schülerinnen und Schüler auf dem unteren Niveau einer nominellen naturwissenschaftlichen Grundbildung, während nur 3,4 Prozent das Niveau einer konzeptuellen und prozeduralen Grundbildung auf der Basis eines Denkens mit Modellen erreichten (Artelt et al. 2001: 29).

In Deutschland beschäftigt sich seitdem die Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK) intensiv mit Verbesserungsmöglichkeiten schulischer Bildung. Dazu wurden 2003 Bildungsstandards für verschiedene Fächer und Schulabschlüsse beschlossen, um bundeslandübergreifend einheitliche Maßstäbe zur Umsetzung bildungspolitischer Zielsetzungen mit dem Anspruch festzulegen, Schülerinnen und Schüler auf die Lebens- und Arbeitswelt des 21. Jahrhunderts vorzubereiten. In allen Bundesländern gab es in den letzten Jahren für alle Schularten Lehrplannovellierungen. In den daraufhin in Kraft getretenen Lehrplänen wurden zu den zu unterrichtenden Inhalten gezielt Festlegungen auszubildender methodischer Fähig- und Fertigkeiten getroffen (vgl. Lersch 2010: 1), die das logische Denken fördern (internale oder psychologische Dimension) und erforderlich sind, um erworbenes Fachwissen in alltäglichen und beruflichen Kontexten anwenden zu können (sozio-kulturelle Dimension). Damit wird einer stärkeren Verknüpfung der drei von Csapó (2010) genannten Dimensionen Rechnung getragen.

Die Ansprüche an Bildung des 21. Jhrts. unterscheiden sich zu den vorherigen Jahrhunderten durch die exponentielle Entwicklung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich und die damit einhergehende stärkere Vernetzung von Lebensräumen über nationale Grenzen hinweg. Um Kinder und Jugendliche auf ein eigenverantwortliches Leben in der Gesellschaft vorzubereiten, das starken Veränderungen unterworfen ist, auf die man sich einstellen können muss, sind die drei von Csapó genannten Dimensionen, die auch früher schon eine Rolle bei Bildungszielen spielten, stärker in ihrem Zusammenspiel zu betrachten (vgl. ebd.: 21–22).

Die OECD PISA-Studien sind die auf dem Bildungssektor einflussreichsten Studien, deren Testformat auf anwendbares Wissen ausgelegt ist, über das 15-Jährige in einer modernen Gesellschaft verfügen sollten, um sich gesellschaftlich einbringen, ein ausgewogenes Leben führen und sich weiterentwickeln zu können. Letzteres entspricht der soziokulturelle Dimension, die im Literalitätsverständnis des PISA-Rahmenkonzepts berücksichtigt wird. Der Begriff „literacy“ (Literalität) ist nicht nur auf das Leseverstehen beschränkt, sondern umfasst auch das naturwissenschaftliche (scientific literacy) und mathematische Verständnis (mathematical literacy) (vgl. ebd.: 21).

In Deutschland erfolgten seit den PISA-Ergebnissen von 2000 intensive Bestrebungen, von wissenschaftlicher Seite die bei Schülerinnen und Schülern ausgebildeten Kompetenzen in den jeweiligen Fächern qualitativ und quantitativ zu erfassen, um daraus Konsequenzen für die Unterrichtspraxis abzuleiten. Das bildungspolitische Interesse spiegelt sich in den dazu vom Bund geförderten Projekten wider. Für die Fächer Physik und Chemie sind besonders die Arbeiten von Kauertz (2008) bzw. Bernholt (2010) hervorzuheben, deren Ansätze für die Entwicklung eines Kompetenzmodells für den berufsbildenden Bereich des Berufsfeldes Labor- und Prozesstechnik von Frank et al. (2016) aufgegriffen und weiterentwickelt wurden.

Die über die Lehrpläne neu definierten Lernziele¹ erfordern entsprechende konzeptionelle Ansätze für den Unterricht, die den inhaltlichen und methodischen Vorgaben entsprechen (Lersch 2010: 3). Die Ergebnisse der PISA-Studien von 2003, 2006, 2009, 2012 und 2015 zeigten zwar eine Steigerung der Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler, die aber gegenüber denen aus Ländern wie Finnland oder Kanada, schwächer ausfielen. Auch Ergebnisse anderer Studien (vgl. Kauertz 2008; Bernholt 2010) zur Kompetenzmessung im naturwissenschaftlichen Bereich konnten Lerndefizite von Schülerinnen und Schülern aufzeigen. Bei der Suche nach den Ursachen festgestellter Lerndefizite werden neben persönlichen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler genauso Dimensionen erfolgreichen Unterrichts diskutiert, die Einfluss auf den Lernerfolg haben (vgl. Erkenntnisse von Slavin/Lake/Groff 2009).

¹ Streng genommen sind es Lehrziele (vgl. Minnameier 2005: 191), die im Idealfall Lernziele der Lernenden werden, wenn Lernende die von Lehrkräften gesetzten Lehrziele für sich als Lernziele annehmen.

Bei der Erfassung der Dimensionen erfolgreichen Unterrichts spielt die Lehrperson eine zentrale Rolle. Daher wurden in den letzten Jahren einige Studien zur Kompetenzmodellierung des Professionswissens von Lehrkräften durchgeführt (vgl. Woitkowski 2015, 2011), um ein tiefergreifenderes Verständnis erfolgreichen Unterrichts zu erhalten. Diese Studien zur Modellierung und Messung des Professionswissens von (angehenden) Lehrkräften wie COACTIV (Kunter et al. 2011), TEDS (Blömeke/Kaiser/Lehmann 2010), FALCO (Krauss et al. 2017a) nutzten den Ansatz Shulmans (1986), der das Professionswissen von Lehrkräften u. a. nach Fachwissen (content knowledge, CK) und fachdidaktischem Wissen (pedagogical content knowledge, PCK) unterscheidet. Fachdidaktisches Wissen bedeutet dabei, die mit dem zu unterrichtenden Inhalt (Lerngegenstand) verbundenen Lernwege und Lernhürden antizipieren zu können, um dann den Unterricht methodisch so zu gestalten, dass Lernende in ihren Denkprozessen für die Auseinandersetzung mit dem Inhalt aktiviert werden (vgl. Shulman ebd.²; Düwel/Niethammer 2017). Demnach „benötigen Lehrkräfte spezifisches Wissen, das sie dazu befähigt, fachliche Inhalte adressatenbezogen zu strukturieren und darzustellen“ (Riese et al. 2015: 57).

Aus diesem Anspruch wird die zentrale Aufgabe der Fachdidaktiken deutlich, die darin besteht, Studierende zu befähigen, das Fachwissen mit dem fachdidaktischen Wissen zu verknüpfen, was Lehramtsstudierenden oft schwerfällt (vgl. Lorentzen et al. 2018). Einer der Gründe liegt in der Organisation des Lehramtsstudiums begründet. Lehramtsstudierende durchlaufen in den Fachdisziplinen dieselben Lehrveranstaltungen wie diejenigen, die ein rein fachwissenschaftliches Studium absolvieren. Somit sind diese fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen nicht auf die später zu unterrichtenden Inhalte zugeschnitten, sondern auf die innerhalb dieser Disziplin zu bewältigenden Forschungsaufgaben.

Um diesem Grundproblem in der Lehramtsausbildung zu begegnen, wurden Maßnahmen zur Verbesserung der Lehrerbildung ergriffen, die seit 2014 durch Bundesmittel unter dem Stichwort „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ finanziert werden.³ Für die Ableitung der eigenen Forschungsfragen werden Ergebnisse relevanter Studien aus den insgesamt 49 geförderten Projekten kurz umrissen sowie von Studien, die vor der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ durchgeführt wurden.

² „Teachers must not only be capable of defining for students the accepted truths in a domain. They must also be able to explain why a particular proposition is deemed warranted, why it is worth knowing, and how it relates to other propositions, both within the discipline and without, both in theory and in practice.“ (Shulman ebd.: 9).

³ Dieses Programm umfasst zwei Förderphasen. In der ersten Förderphase, die bis 2019 lief, wurden 49 Projekte an 59 Hochschulen aus 16 Bundesländern aus den Bundesmitteln finanziert. Die daran anschließende Förderphase läuft bis 2023, in der Anschlussvorhaben der in der ersten Förderphase gelaufenen Projekte finanziert werden (vgl. Frister 2018: 15–16).