

Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium

- Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ -

David Woitkowski*

*Didaktik der Physik, Warburger Straße 100, Universität Paderborn
david.woitkowski@upb.de

Kurzfassung

Die Studieneingangsphase im Fach Physik fordert von den Studienanfängern den Aufbau vielfältiger Fertigkeiten und Fähigkeiten. Zwei wichtige stehen im Fokus des vorgestellten Projektes KEMΦ (Kompetenzentwicklung Physik in der Studieneingangsphase): Das physikalische Fachwissen, welches in Vorlesungen gelehrt und in Übungen (und z. T. auch in Praktika) angewandt werden muss, sowie die physikbezogene Problemlösefähigkeit, welche vor allem implizit gelehrt wird, ohne die aber ein erfolgreiches Bearbeiten von Übungszetteln oder Klausuraufgaben kaum möglich ist.

Diese Fähigkeiten sollen bei Physik-Studierenden im ersten Studienjahr längsschnittlich zu drei Testzeitpunkten erhoben werden, so dass es möglich wird eine Abbildung typischer Lernverläufe zu erstellen. Damit kann z. B. geklärt werden, in welchem Umfang Problemlösefähigkeiten aus der Schule ins Studium mitgebracht werden und wie gut Sie bei den dort typischen Problemstellungen einsetzbar sind. Auch ist von Interesse, ob das Vorhandensein von Problemlösefähigkeiten den Fachwissenserwerb in dieser kritischen Phase positiv beeinflusst, oder ob sich eine gegenseitige Abhängigkeit in ihrer Entwicklung zeigt.

Zur Erhebung des Fachwissens werden ein etabliertes Testinstrument und ein komplexitätsbasiertes Niveaumodell verwendet. Für die Erhebung von Problemlösefähigkeiten wurde eigens ein neues Testverfahren entwickelt, welches sich nah an typischen Übungszettel-Aufgaben als einer wichtigen Problemlösesituation des Physikstudiums orientiert.

1. Einleitung und Ausgangslage

Die Evaluation der Wirksamkeit des Studiums an deutschen Hochschulen stellt ein wichtiges Ziel der aktuellen fachdidaktischen Forschung dar [1]. In diesem Zuge zeigen sich im Fach Physik sowohl in den Lehramts- als auch in den Fach-Studiengängen eine Reihe von Problemen: In aktuelle Studien weisen etwa ein Drittel der Studierenden auch nach angemessener Studiendauer einen unzureichenden Wissensstand auf und können die für die Physik typischen komplexen Problemstellungen nicht erfolgreich bearbeiten [2]. Dies führt im Laufe des Studiums zu einer immer größer werdende Leistungsdisparität zwischen unterschiedlich fähigen Studierendengruppen [3]. Diese Schwierigkeiten sind dabei nicht nur bezüglich des fachlichen Studienerfolgs problematisch, sondern können auch als ein wesentlicher Grund für die hohen Studienabbruch- und -schwundquoten in der Studieneingangsphase identifiziert werden [4–6]. Dennoch liegen bisher nur wenige empirische Hinweise zur Aufklärung von Verläufen und Determinanten des Fachwissenserwerbs in der Studieneingangsphase vor.

Zur Aufklärung solcher Erwerbsverläufe werden im Projekt KEMΦ (Kompetenzentwicklung Physik in der Studieneingangsphase) zwei Forschungsansätze zusammengebracht, die in der Vergangenheit eher unabhängig voneinander bearbeitet wurden: Der Ansatz der Kompetenzmessung ermöglicht es, Stu-

dierende der Physik in Niveaus einzuordnen, die die Komplexität als Qualitätsmerkmal des bei ihnen verfügbaren physikalischen Fachwissen repräsentieren [2]. Der Ansatz des wissenszentrierten Problemlösens [7] lenkt den Blick demgegenüber stärker auf die zur Bewältigung typischer fachlicher Problemanforderungen bei den Studierenden zur Verfügung stehenden Lösungsschemata – diejenige Ressource, die beim Strukturieren von Aufgaben und beim Finden und Verfolgen von Lösungsansätzen nötig ist. Die beiden Ansätze hängen insofern zusammen, als dass Problemschemata bei der Auseinandersetzung mit fachlichen Problemstellungen erworben werden, andererseits die höheren Niveaus im Fachwissen aber hypothetisch nur erreicht werden können, wenn entsprechende Schemata vorliegen und genutzt werden können.

2. Projektüberblick und Zielsetzung

Ziel des Projektes ist eine längsschnittliche Nachverfolgung der Kompetenzentwicklung von Studierenden der Physik in Fach- und Lehramtsstudiengängen im ersten Studienjahr. Dabei sind vor allem fachbezogenen Kompetenzfacetten und mögliche Entwicklungsprädiktoren von Interesse, da diese im Zentrum der fachlichen Ausbildung in diesem Zeitraum stehen [8–10].

Kompetenz wird dabei im Rahmen des Projekts aufgefasst als die „bei Individuen verfügbaren oder

von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen, motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ [11; S. 27], wobei die kognitiven Fähigkeiten, fachliche Probleme zu lösen, im Vordergrund des Forschungsinteresses stehen und die genannten Bereitschaften als mögliche Entwicklungsdeterminanten betrachtet werden.

Die Erhebung gliedert sich im Projekt in zwei Module: Im Modul FW wird die Komplexität des Fachwissens der Studierenden erfasst; im Modul PL werden die Problemschemata, die die Studierenden in fachlichen Anforderungssituationen nutzen können, sowie weitere Merkmale des Problemlöseprozesses erfasst. In jedem der Module werden einzelne Hypothesen überprüft, die insgesamt einen hypothetischen Entwicklungsverlauf und eine gegenseitige Abhängigkeit von Fachwissenskomplexität und Problemschemata abbilden.

Die längsschnittliche Erhebung im Modul FW geschieht für jede Kohorte zu drei Testzeitpunkten (Abb. 1): TZP 1 liegt in der ersten Semesterwoche des ersten Studiensemesters. Er dient somit als Erhebung des Vorwissens bei Studienbeginn. TZP 2 und 3 liegen jeweils in der letzten Woche des ersten und zweiten Studiensemesters. Da in den eingesetzten Testinstrumenten der Inhaltsbereich Mechanik, ein typischer Gegenstand des ersten Semesters [9], bearbeitet wird, können TZP 2 und 3 gewissermaßen als Post- und Follow-Up-Erhebung aufgefasst werden.

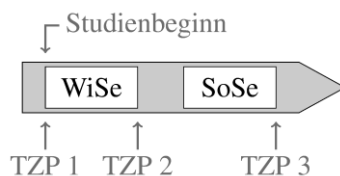


Abb.1: Testzeitpunkte im ersten Studienjahr.

Die Erhebungen des Moduls PL liegen jeweils in den zwei Wochen nach der FW-Erhebung, um einerseits ein Priming für die FW-Erhebung zu verhindern, andererseits aber eine direkte zeitliche Nähe herzustellen. Die FW-Erhebung geschieht parallel an mehreren Universitäten in Deutschland, die PL-Erhebung jedoch aufgrund des höheren Erhebungsaufwandes nur lokal.

Für das gesamte Projekt werden drei übergreifende Fragestellungen geprüft:

- Wird in beiden erhobenen Facetten ein Zuwachs beobachtet? Querschnittsdaten [12, 13] legen das nahe, können aber z. B. Stichprobeneffekte nicht ausschließen.
- Wie hängen die beiden Facetten im Lernprozess voneinander ab? Viele Lerngelegenheiten im Studium (besonders deutlich im Übungsbetrieb

bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben) erfordern entweder sowohl Fachwissen und Problemlösefähigkeiten oder bauen beide gemeinsam auf. Denkbar wäre hier also eine gegenseitige Abhängigkeit im Sinne eines Bootstrappings [vgl. z. B. 14].

- Mit welchen weiteren Merkmalen interagieren diese beiden Facetten? Von besonderem Interesse ist hier sicherlich die Mathematik [15]. Aber auch Motivation, Arbeitsverhalten sowie physikbezogene Einstellungen und Beliefs und Studienbedingungen werden hier überprüft.

3. Modul FW: Komplex verknüpftes Fachwissen

Das physikalische Fachwissen steht im Zentrum gängiger Modelle der professionellen Kompetenz angehender Physiker und Physik-Lehrkräfte [16]. Es stellt hier eine der zentralen Ressourcen dar, auf die beim Umgang mit fachlichen Anforderungen zurückgegriffen werden muss.

Im vorliegenden Modell (Abb. 2) und Testinstrument werden dabei ausschließlich Inhalte der Mechanik (Kinematik, Dynamik sowie Impuls und Energie) thematisiert, da es sich hier um in so gut wie allen Studiengängen im deutschsprachigen Raum im ersten Semester gelehrt Inhalte handelt [9].

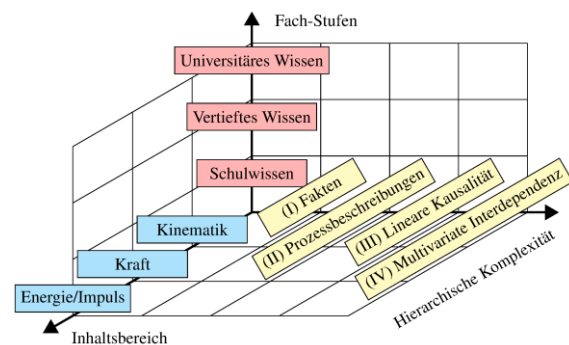


Abb.2: Strukturmodell des getesteten Fachwissens [13].

Für eine differenzierte Diagnose in der Studieneingangsphase werden drei Wissensbereiche unterschieden: Das universitäre Wissen (dessen Erwerb Ziel der fachlichen Hochschulausbildung ist) und das Schulwissen (über das Studierende zu Studienbeginn verfügen bzw. verfügen sollten). Darüber hinaus wird das vertiefte Wissen für relevant gehalten [17], das sich durch eine stärkere konzeptionelle Durchdringung der Physik und die Überwindung gängiger Fehlvorstellungen auszeichnet, welche in der physikdidaktischen Forschung wiederum als hoch relevante Lernhindernisse auf allen Bildungstufen identifiziert wurden [z. B. 18]. In der hier vorgenommenen Konzeptualisierung unterscheiden sich diese Wissensbereiche lediglich im Abstraktions-, Mathematisierungs- und konzeptionellen Durchdringungsgrad, nicht jedoch in der im Folgenden zur Niveaubeschreibung genutzten Komplexität.

3.1. Komplexität als Qualitätsmaß physikalischen Fachwissens

Wissen wird in der Psychologie typischerweise als propositionales Netzwerk aufgefasst [vgl. 19], dessen Qualität und Anwendbarkeit in schwierigen Problemstellungen mit seinem Verknüpfungsgrad steigt [20]. Dieser Verknüpfungsgrad wird in verschiedenen Studien der Naturwissenschaftsdidaktiken mit Hilfe des Aufgabenmerkmals der hierarchischen Komplexität abgebildet [13, 21, 22]. Dabei erweist sich die Komplexität als zentrales Schwierigkeitserzeugendes Merkmal einer Anforderung.

Ein solches Komplexitätsmodell kann genutzt werden, um Kompetenzniveaus zu definieren, indem jeweils Probanden, die Items derselben Komplexität hinreichend erfolgreich lösen können, auf einem gemeinsamen Niveau verortet werden. Ein solches Niveaumodell wurde in einem vorangegangenen Projekt auf der Grundlage des Tests von Woitkowski [13] erstellt [2], wobei sowohl für die gesamte FW-Skala als auch für die drei Teilskalen zum schulischen, vertieften und universitären Wissen ein Niveaumodell vorliegt.

Diese Niveauekonstruktion kann nun als Analysewerkzeug genutzt werden, um die Fachwissensentwicklung der Probanden längsschnittlich zu verfolgen [23–25]. Besonders ist dabei von Interesse, wie sich die Eingangsvoraussetzungen im Schulwissen auf den Zuwachs im universitären Wissen auswirken und unter welchen weiteren Bedingungen die oberen Niveaus erreicht werden (können).

3.2. Fachwissens-Testinstrument und geplante Analysen

Das eingesetzte Testinstrument besteht im Kern aus den Fachwissens-Items von Woitkowski [13]. Diese sind in einem partially Balanced Incomplete Block Design (pBIBD) angeordnet, so dass die Probanden zu jedem der Testzeitpunkte andere Testitems bearbeiten und Erinnerungseffekte weitgehend ausgeschlossen werden können.

Neben den Fachwissens-Items enthält das Testheft 15 Items aus dem Mathematik-Studieneingangstest von 1978 [26] zu den Themenbereichen Vektorrechnung, Geraden- und Ellipsengleichung, Quadratische Gleichungen, Funktionsgraphen und Ableitungen. Außerdem werden hier verschiedene Skalen eingesetzt, die mögliche Entwicklungsprädiktoren abdecken: Physikbezogene Beliefs und Selbstkonzept [3, 27], Studienzufriedenheit, Kontextbedingungen, Lernschwierigkeiten und Studienklima [4, 28], fachspezifische Academic Buoyancy [29], Importance und Effort mit Bezug zu Übungs- und Klausursituationen (adaptiert nach [30]).

Das gesamte Testheft ist für 60 Minuten Bearbeitungszeit ausgelegt und wird nach Möglichkeit direkt in der jeweiligen Lehrveranstaltung (Vorlesung oder Übung) oder in direkter zeitlicher Nähe dazu bearbeitet. Für die Teilnahme an allen drei Testzeitpunkten wird ein Probandengeld gezahlt.

Zur Analyse der Daten wird ein dreidimensionales dichotomes Rasch-Modell (getrennt nach den Facetten schulisches, vertieftes, universitäres Wissen) herangezogen. Besonders bei schwächeren Probanden passte dieses in früheren Studien signifikant besser als ein eindimensionales Modell [13]. Anschließend werden die Probanden zu jedem Testzeitpunkt für jede der Wissensbereiche einem Niveau zugeordnet, so dass nun der Verlauf durch die Niveaus analysiert werden kann.

4. Modul PL: Problemlösen

Im Sinne des beschriebenen Projektes ist ein Problem „jede Aufgabe, die das Analysieren und Schlussfolgern auf ein Ziel (oder eine ‚Lösung‘) hin benötigt. Dieses Analysieren und Schlussfolgern muss auf einem Verständnis der Domäne aus der die Aufgabe stammt, beruhen. Ein Problem kann nicht durch Erinnern oder Reproduzieren gelöst werden [...]. Ob es sich bei einer Aufgabe um ein Problem handelt oder nicht, ist nicht davon abhängig, wie schwierig oder verwirrend es für den vorgesehenen Löser ist.“ [31; S. 44]. Diese Definition ist so gewählt, dass viele typische Übungszettel-Aufgaben in physikalischen Lehrveranstaltungen darunter fallen.

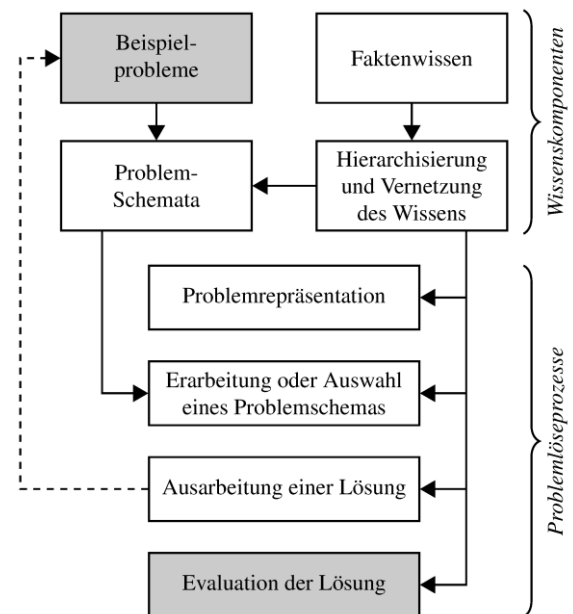


Abb.3: Modell des wissenszentrierten Problemlösens [7].

Um solche Problemstellungen erfolgreich lösen zu können, wird üblicherweise auf verschiedene Wissenskomponenten zurückgegriffen und werden in der Regel verschiedene Lösungsschritte durchlaufen (Abb. 3), wie im Modell des wissenszentrierten Problemlösens beschrieben [7]. Neben komplex verknüpftem Fachwissen, wie es im Modul FW erhoben wird, werden bei einer erfolgreichen Problemlösung auch Problemschemata genutzt. Diese fassen Wissens Elemente im Umkreis von Beispielaufgaben zu komplexen, geordneten Gruppierungen zusammen. Sie liefern somit die Information, wie d. h. mit welchen Werkzeugen und welchen Argu-

mentationsweisen ein gestelltes Problem sinnvoll und effektiv bearbeitet werden kann.

Fehlen diese Ressourcen im Übungsbetrieb der Physik, so treten verschiedene Schwierigkeiten auf: Ein „Ansatz“ wird nicht gefunden, die Bezugnahme auf (z. B. in der Vorlesung) gelerntes Fachwissen gelingt nicht oder die (z. B. auch mathematische) Ausarbeitung einer Lösung scheitert [31, 32].

4.1. Testinstrument zum Problemlösen

Die Problemlösefähigkeit soll im Projekt nahe an der real im Studium vorkommenden Situation der Bearbeitung eines Übungszettels erhoben werden – allerdings mit geringerem Zeitaufwand. Dazu werden im Rahmen des FW-Tests zu TZP 1 freiwillige Probanden gesucht. Diese nehmen zu selbst gewählten Zeitpunkten ein bis zwei Wochen nach dem FW-Test am Problemlösetest teil. Auch hier werden Probandengelder für die Teilnahme an allen drei Problemlösetests gezahlt. Angestrebt wird, den Problemlösetest mit ca. 10 % der Probanden des FW-Tests durchzuführen.

Der Problemlösetest selbst besteht aus zwei Phasen. In der ersten Phase wird den Probanden ein Übungszettel vorgelegt, die diese mit der Methode des lauten Denkens lösen sollen (wie z. B. schon bei Simon und Simon [33]). Die Übungszettel sind dabei inhaltlich an den jeweiligen Stand im Studium angepasst: Zu TZP 1 geht es inhaltlich um den schiefen Wurf, zu TZP 2 um Schwingungen und zu TZP 3 um die Energie- und Impulserhaltung. Jeder Übungszettel folgt demselben Aufbau mit 4 Aufgaben (welcher den Probanden jedoch nicht mitgeteilt wird): Die ersten drei Aufgaben können jeweils unter Anwendung desselben Problemschemas bearbeitet werden. Die erste Aufgabe ist dabei typischerweise aus der Schule oder der vorangegangener Lehrveranstaltung bekannt und erfüllt den Zweck, zu prüfen ob das Schema und grundlegende Begriffe beim Probanden überhaupt vorhanden sind. Die zweite und dritte Aufgabe erfordern dann den Umgang mit höherer Komplexität oder mehreren Lösungsschritten. Eine dieser Aufgaben gibt konkrete Zahlenwerte vor, die andere nicht. Die vierte Aufgabe schließlich bewegt sich im selben Inhaltsbereich, ist aber nicht mit genau demselben sondern einem abgewandelten Problemschema lösbar. Hier soll geprüft werden, inwieweit die Probanden selbst ein Schema erarbeiten oder abwandeln können.

In der zweiten Phase werden die Probanden direkt im Anschluss zur Bearbeitung des Übungszettels interviewt. Zunächst wird dabei nach der allgemeinen Herangehensweise an den Aufgabenzettel gefragt und ob diese mit dem Umgang mit „realen“ Übungszetteln übereinstimmt. Dabei interessiert vor allem, in welcher Reihenfolge die Aufgaben bearbeitet werden, wie schwierig sie in Relation zueinander eingeschätzt werden und wie diese Einschätzung das Vorgehen beeinflusst. Anschließend sollen die Probanden für jede Aufgabe ihren Lösungsweg erklä-

ren. Dabei soll festgestellt werden, wie die Probanden auf den Ansatz zur Lösung kommen, welche Informationen (aus Skript, Literatur, dem Internet oder vorangegangenen Aufgaben) herangezogen werden, wie mit Schwierigkeiten im Lösungsprozess umgegangen wird, für wie korrekt die Probanden ihre Lösung halten und ob ihnen die inhaltlichen und strukturellen Zusammenhänge zwischen den Aufgaben klar sind.

Auf diese Weise wird der Lösungsprozess der Probanden zweimal erhoben, einmal während des Prozesses und einmal nach dem Prozess. Durch diese Doppelung soll die Validität der jeweiligen Interpretation abgesichert werden.

Die beiden Phasen des Problemlösetests werden jeweils aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die jeweiligen Lösungsniederschriften liegen ebenfalls vor. Die Auswertung geschieht mit den Mitteln der strukturierenden Inhaltsanalyse [34]. Dazu werden deduktive Kategorien aus der Literatur abgeleitet [7, 35–38] und ggf. weitere Kategorien aus dem Material gebildet.

Auf dieser Datenbasis wird dann geklärt, welche Problemschemata bei den Studierenden überhaupt zur Lösung der Aufgaben zur Verfügung stehen und unter welchen (durch komplexe Aufgabenstellungen erschwerten) Bedingungen sie genutzt werden können. Außerdem wird deutlich, auf welches Fachwissen die Studierenden jeweils zurückgreifen können – die fachlichen Inhalte der genutzten Aufgaben sind jeweils fest im Curriculum der jeweiligen Lehrveranstaltung verankert, es interessiert hier aber, wie und ob das Wissen jeweils abgerufen wird. Schließlich interessiert eine umfassende Analyse der auftretenden Schwierigkeiten sei es in der Problemrepräsentation, der Auswahl oder Erarbeitung eines Problemschemas oder in der (auch mathematischen) Ausarbeitung der Lösung.

5. Vorstudien und erste Ergebnisse

Das vorgestellte Projekt basiert unter anderem auf Ergebnissen zweier Vorstudien, die im Folgenden kurz dargestellt werden sollen.

5.1. Erste Fachwissens-Längsschnitte

Mit dem hier eingesetzten Fachwissens-Testinstrument wurden bereits frühere Erhebungen durchgeführt, so auch zwei erste Längsschnitt-Erhebungen. Diese folgten jeweils demselben Erhebungsplan wie oben, erfassten aber noch nicht dieselben Begleitskalen (Einstellungen, Beliefs, Studienbedingungen) wie im schließlich eingesetzten Instrument. Intention war zunächst erste Erfahrungen bei der Akquise von Längsschnittkohorten zu sammeln.

Die erste dieser beiden Erhebungen wurde lokal in Paderborn in zwei Erstsemester-Lehrveranstaltungen durchgeführt. Dabei zeigte sich erstens eine Dropout-Quote zwischen den Testzeitpunkten von im Mittel 50 % (stark schwankend zwischen den erfass-

ten Studiengängen und Testzeitpunkten). Zweitens wurden erhebliche Studiengangsunterschiede im Fachwissen und dessen Entwicklung deutlich. Die in einer Lehrveranstaltung getesteten Studierenden im Haupt-/Realschul-Lehramt und im Nebenfach (v. a. Chemie) zeigten im Vergleich mit den Fach- und Gymnasial-Lehramts-Studierenden der anderen Lehrveranstaltung erhebliche Unterschiede in den Testergebnissen. Um hier zu klären, inwieweit dies auf Charakteristika der beiden Lehrveranstaltungen oder Dozenten zurückzuführen ist, wären umfangreiche Analysen vonnöten, die ursprünglich nicht im Fokus der Autoren stand. In der Konsequenz wurde die vorrangig betrachtete Zielgruppe auf Fach-Studierende und Studierende anderer Studiengänge, die jedoch im ersten Studienjahr dieselben Fachvorlesungen belegen, eingeschränkt. Erste Ergebnisse sind auf Tagungen präsentiert worden [39].

Die zweite Längsschnitt-Erhebung fand an zwei Standorten statt und hatte zunächst das Ziel, den Ablauf einer extern durchgeführten Längsschnitterhebung zu pilotieren. Hier wurden Testleitermanuale und weitere Materialien erprobt. Auf Grundlage dieses Datensatzes konnten erste Vergleiche zwischen TZP 1 und 2 vorgenommen werden (N=110). Es zeigt sich, dass die Studierenden in diesem Zeitraum im Mittel in allen drei Skalen (schulisches, vertieftes, universitäres Wissen) sowie in den mathematischen Kenntnissen signifikante Wissenszuwächse aufweisen. Auch gibt es erste Anzeichen dafür, dass die zu TZP 1 im Schulwissen erreichte Komplexität ein wesentlicher (limitierender) Prädiktor für den Erwerb universitären Wissens zwischen TZP 1 und 2 sein könnte. Vergleicht man hier Probanden, die zu TZP 2 angemessen hohe Niveaus im universitären Wissen erreichen mit denen, die diese Niveaus nicht erreichen, zeigen sich Unterschiede in allen Vorwissensskalen sowie bei mehreren motivationalen Faktoren [40].

5.2. Interviewstudie zum Problemlösen in der Studieneingangsphase

Da bereits in früheren Studien und in der ersten Längsschnittstudie (s. o.) klar wurde, dass nur ein Teil der Varianz im Fachwissenserwerb auf deskriptive Daten aus Motivations-, Belief- und Einstellungsskalen zurückführbar ist, wurde eine Interviewstudie durchgeführt, die verschiedene Aspekte der Studieneingangsphase umfasste, und Hypothesen generieren sollte, welche weiteren Entwicklungscharakteristika der mit dem Fachwissenserwerb in Zusammenhang stehen könnten. Dafür wurden im Rahmen der zweiten Fachwissens-Vorstudie 8 freiwillige Studierende akquiriert, die sich in etwa gleichmäßig auf Fach- und Lehramtsstudiengänge sowie auf die Geschlechter verteilten und eine erhebliche Streuung in der Abiturnote aufwiesen. Von allem Probanden liegen auch Fachwissensdaten vor.

Mit diesen Probanden wurden im Verlauf des ersten Semesters im Abstand von 2–3 Wochen insgesamt 5

ca. 45-minütige leitfadengestützte Interviews geführt, das erste in der dritten Semesterwoche, das letzte in der Woche vor der Klausur (Experimentalphysik A). Neben sozialen und emotionalen Aspekten des Studienbeginns, des Selbstkonzeptes als Physiker bzw. Physik-Lehrkraft und dem allgemeinen Arbeitsverhalten wurde in jedem Interview die Bearbeitung des jeweils zuletzt gelösten Übungszettels der Experimentalphysik A thematisiert. Die Interviews wurden im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse [34] mit deduktiv aus dem Material gewonnenen Kategorien analysiert.

Im Verlauf der Interviewstudie wurde klar, dass die Bearbeitung der Übungszettel sowohl in Qualität als auch in Quantität eng mit den fachlichen Leistungen korrespondieren – insbesondere stärker als die anderen abgefragten Themen. Hier zeigt sich eine große Streuung in der Herangehensweise an die Aufgaben, die Kooperation mit anderen Studierenden, die Fähigkeiten, einen Ansatz zu finden. Allgemein verbreitet ist aber das Problem, dass auch zum Ende des Semesters kein Proband ausgefeilte Problemlösestrategien für diese Problemstellungen entwickelt hatte und etwa ab der Hälfte des Semesters eine wesentliche Überforderung mit den mathematischen Anforderungen der Übungszettel auftrat [32].

Insgesamt zeigt sich in dieser Vorstudie aber auch, dass das bloße Sprechen über einen Übungszettel der letzten oder vorletzten Woche nur wenige relevante Informationen liefert, da die Studierenden diese sehr unterschiedlich ausführlich bearbeiten und sich unterschiedlich gut an ihr konkretes Vorgehen erinnern konnten, so dass für die Hauptstudie auf das oben dargestellte Laute Denken beim Lösen präparierter Übungszettel umgestellt wurde.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Studieneingangsphase in der Physik ist (wie in vielen anderen MINT-Fächern auch) durch eine Reihe von Herausforderungen für die Studienanfänger geprägt. Neben dem Zurechtfinden im für sie neuen System „Universität“ und den vielfältigen Passungsproblemen und Leistungsanforderungen zählen hierzu auch fachliche Schwierigkeiten, die nicht zuletzt eine wesentliche Rolle bei Studienabbruch und -wechsel als auch bei späteren Leistungsproblemen im Studium spielen.

Im Rahmen des Projektes KEMΦ (Kompetenzentwicklung Physik in der Studieneingangsphase) soll die Dynamik der Fachwissensentwicklung im ersten Studienjahr längsschnittlich nachverfolgt werden. Es sollen Problemstände empirisch fassbar gemacht und Entwicklungsprädiktoren geprüft werden. Dabei werden vor allem zwei relevante fachliche Kompetenzfacetten in den Blick genommen: Das Fachwissen als dasjenige Wissen dessen Erwerb in der Studieneingangsphase im Vordergrund steht und welches aufgegliedert nach schulischem, vertieftem und universitärem Wissen in seiner Komplexität analysiert wird. Daneben die Problemlösefähigkeit und

insbesondere die dabei bei den Studierenden zur Verfügung stehenden Problemschemata, die einen zielgerichteten und strukturierten Umgang mit physikalischen Aufgabenstellungen ermöglichen.

Für diese beiden Merkmale kann hypothetisch eine gegenseitige Abhängigkeit in der Entwicklung angenommen werden, die im Rahmen der parallel stattfindenden Erhebungen geprüft werden kann. Perspektivisch können die so gefundenen Ergebnisse zur Dynamik und zu Prädiktoren der fachlichen Entwicklung zur gezielten Unterstützung von Studierenden eingesetzt werden.

7. Literatur

- [1] Zlatkin-Troitschanskaia, O.; Pant, H. A.; Kuhn, C.; Toepper, M.; Lautenbach, C. (2016): Messung akademisch vermittelter Kompetenzen von Studierenden und Hochschulabsolventen: Ein Überblick zum nationalen und internationalen Forschungsstand. Wiesbaden: Springer
- [2] Woitkowski, D.; Riese, J. (2017): Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveau-modells im physikalischen Fachwissen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 23, Nr. 1, S. 1–14
- [3] Riese, J. (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos
- [4] Albrecht, A. (2011): Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Berlin, Freie Universität
- [5] Schild, N.; Rehfeld, D.; Nordmeier, V. (2016): Mögliche Prädiktoren für den Studienerfolg im Lehramt und im Fach Physik. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover
- [6] Thiel, F.; Veit, S.; Blüthmann, I.; Lepa, S. (2007): Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin. Berlin: Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, FU Berlin
- [7] Friege, G. (2001): Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. Berlin: Logos
- [8] Bing, R.; Redish, E. F. (2009): Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. In: Physical Review Special Topics - Physics Education Research 5, Nr. 2
- [9] KFP, Konferenz der Fachbereiche Physik (2005): Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zu Bachelor- und Master-Studiengängen in Physik. Bad Honnef: KFP
- [10] Van Heuvelen, A. (1991): Learning to Think like a Physicist: A Review of Research-Based Instructional Strategies. In: American Journal of Physics 59, Nr. 10, S. 891–897
- [11] Weinert, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. 2. Aufl. Weinheim: Beltz, S. 17–32
- [12] Riese, J.; Reinhold, P. (2012): Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 15, Nr. 1, S. 111–143
- [13] Woitkowski, D. (2015): Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung. Berlin: Logos
- [14] Schauble, L. (2003): Scientific Thinking: More on What Develops. In: Human Development 46, 2-3, S. 155–160
- [15] Buschhüter, D.; Spoden, C.; Borowski, A. (2016): Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22, Nr. 1, S. 61–75
- [16] Woitkowski, D. (2017): Studieneingangsprofile in Fach- und Lehramts-Studiengängen Physik: Eine kontrastierende Analyse auf Basis eines Kompetenzstrukturmodells für Fach-Physiker. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 16, Nr. 1, S. 43–56
- [17] Woitkowski, D.; Borowski, A. (2017): Fachwissen im Lehramtsstudium Physik. In: Fischler, H.; Sumfleth, E. (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 200), S. 57–74
- [18] Duit, R. (2008): Zur Rolle von Schülervorstellungen im Unterricht. In: Geographie Heute 29, Nr. 265, S. 3–6
- [19] Schnotz, W. (1994): Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten. Weinheim: Beltz
- [20] Peuckert, J.; Fischler, H. (2000): Concept Maps als Diagnose- und Auswertungsinstrument in einer Studie zur Stabilität und Ausprägung von Schülervorstellungen. In: Fischler, H.; Peuckert, J. (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Berlin: Logos, S. 91–116
- [21] Bernholt, S. (2010): Kompetenzmodellierung in der Chemie – Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Berlin: Logos
- [22] Kauertz, A. (2008): Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos
- [23] Commons, M. L.; Trudeau, E. J.; Stein, S. A.; Richards, F. A.; Krause, S. R. (1998): Hierarchical Complexity of Tasks Shows the Exist-

- ence of Developmental Stages. In: *Developmental Review* 18, S. 237–278
- [24] Dawson-Tunik, T. L. (2006): Stage-Like Patterns in the Development of Conceptions of Energy. In: Liu, X.; Boone, W. J. (Hrsg.): *Applications of Rasch Measurement in Science Education*. Maple Grove: JAM Press, S. 111–136
- [25] Dawson-Tunik, T. L.; Commons, M. L.; Wilson, M.; Fischer, Kurt W. (2005): The shape of development. In: *The International Journal of Cognitive Development* 2, Nr. 2, S. 163–196
- [26] Krause, F.; Reiners-Logothetidou, A. (1981): Kenntnisse und Fähigkeiten naturwissenschaftlich orientierter Studienanfänger in Physik und Mathematik: Die Ergebnisse des bundesweiten Studieneingangstests Physik 1978. Bonn: Universität Bonn
- [27] Lamprecht, J. (2011): Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz: Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik. Berlin: Logos
- [28] Burger, R.; Groß, M. (2016): Gerechtigkeit und Studienabbruch. Die Rolle der wahrgenommenen Fairness von Benotungsverfahren bei der Entstehung von Abbruchsintentionen. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 19, Nr. 3, S. 625–647
- [29] Neumann, I.; Sorge, S.; Jeschke, C.; Heinze, A.; Neumann, K. (2016): Zur Academic Buoyancy von Physikstudierenden. In: Maurer, Christian (Hrsg.): *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 86–88
- [30] Sundre, D. L. (2007): The Student Opinion Scale (SOS), A measure of examinee motivation: Test Manual. Harrisonburg: Center for Assessment and Research Studies, James Madison University
- [31] Brandenburger, M. (2016): Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. Berlin: Logos
- [32] Woitkowski, D.; Reinhold, P. (2018): Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben : Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In: Maurer, Christian (Hrsg.): *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 726–729
- [33] Simon, D. P.; Simon, H. A. (1978): Individual differences in solving physics problems. In: Siegler, R. (Hrsg.): *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, S. 325–348
- [34] Kuckartz, U. (2014): *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 2., durchges. Aufl. Weinheim: Beltz Juventa
- [35] Chi, M. T. H.; Feltovich, P. J.; Glaser, R. (1981): Categorization and representation of physics problems by experts and novices. In: *Cognitive Science* 5, S. 121–152
- [36] Chi, M. T. H.; Glaser, R. (1988): *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- [37] Chi, M. T. H.; Slotta, J. D.; Leeuw, N. de (1994): From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. In: *Learning and Instruction* 4, Nr. 1, S. 27–43
- [38] Redish, E. F. (2006): Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses. arXiv preprint arXiv:physics/0608268
- [39] Woitkowski, D.; Reinhold, P. (2017): Fachwissenwerb in der Studieneingangsphase Physik: Ein Längsschnitt. In: Maurer, Christian (Hrsg.): *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 532–535
- [40] Woitkowski, D.; Reinhold, P. (eingereicht): Erwerb komplex-verknüpften Fachwissens im Physikstudium: Erste Ergebnisse einer längsschnittliche Analyse der im ersten Semester erreichten Niveaus. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.

Förderung

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – WO 2181/2-1.