

Ergebnisse einer Interviewstudie zur Evaluation von kumulativem Physiklehren und -lernen im Lehramtsstudium Physik

Tilmann John, Erich Starauschek

PSE Stuttgart-Ludwigsburg, Reuteallee 46, 71602 Ludwigsburg
tilmann.john@ph-ludwigsburg.de

Kurzfassung

Die fachliche Ausbildung von Physiklehrkräften ist häufig zu wenig an den physikalisch-fachlichen Anforderungen des zukünftigen Lehrerberufes ausgerichtet. Daher wurde an der PH Ludwigsburg die Lehre in Mechanik zu einer kumulativen Lehre weiterentwickelt, die sich auf mechanische Grundkonzepte, damit verbundene typische Alltagsvorstellungen und inhaltliche Schulbezüge fokussiert. Dieses Lehrkonzept wird evaluiert. Teil der Evaluation ist eine Interviewstudie mit 16 Studierenden, die untersucht, wie die Studierenden die kumulative Lehre wahrnehmen und über welches Lernverhalten sie berichten. Die Studie zeigt erstens, dass die Studierenden die kumulative Lehre unterschiedlich wahrnehmen, und zweitens, dass ein Zusammenhang zwischen den subjektiven Wahrnehmungen und dem Lernverhalten der Studierenden besteht. Studierende, die ‚tiefenorientiert‘ lernen nehmen die kumulative Lehre wahr. ‚Oberflächenorientierte‘ Lerner nehmen dagegen Aspekte der Lehre wahr, die ihnen helfen, Wissen auswendig zu lernen.

1. Stand der Forschung

1.1. Professionswissen von Physiklehrkräften

Aktuelle Forschungsarbeiten zur Hochschuldidaktik fragen nach den notwendigen Kompetenzen für den Physiklehrerberuf und ob diese im Lehramtsstudium entwickelt werden (vgl. Vogelsang & Woitkowski, 2017). Zur Beantwortung der ersten Frage – „Was muss eine Physiklehrkraft können, um guten Unterricht zu gestalten?“ – ist es üblich, das dafür notwendige „Lehrerwissen“ nach Shulman (1987) zu kategorisieren. U. a. Baumert & Kunter (2006) zeigen, dass drei Kategorien von Shulman zentral sind: fachdidaktisches Wissen, pädagogisch-psychologisches Wissen und Fachwissen. Dabei gilt als ungeklärt, welche Breite und Tiefe das physikalische Fachwissen aufweisen muss, um ein kompetentes Handeln im Unterricht zu ermöglichen. Merzyn (2017) schließt aus Befragungen von Physikstudierenden, dass das im Studium erworbene Fachwissen für angehende Physiklehrkräfte „unpassend“ sei: Es wird als tief bewertet, befähigt die Studierenden jedoch nur unzureichend, die Themen eines Physikcurriculums der Schule souverän zu unterrichten. Weitere Befunde stützen diese These: Nach dem Fachstudium ist ein „schulbezogenes vertieftes Fachwissen“ nicht ausreichend vorhanden, angehende Physiklehrkräfte können ihr Fachwissen nicht auf die Schulhalte beziehen (Riese, 2010; Borowski et al., 2011) und auch Physiklehramtsstudierende weisen am Ende ihres Studiums weiterhin schülertypische Alltagsvorstellungen auf (Abell, 2007).

Traditionell werden Physik-Lehramtsstudierende gemeinsam mit angehenden FachphysikerInnen ausgebildet. Die Zielkompetenzen von LehrerInnen und PhysikerInnen unterscheiden sich aber graduell und kategorial. Dieser Konflikt ist der Kern der anhaltenden Debatte um ein Physikehramtsstudiums sui generis (z.B. Korneck et al., 2010).

1.2. Lernen im Studium

Die hochschuldidaktische Forschung identifiziert in einer Analyse von Meta-Studien fachunspezifische Variablen für die Hochschullehre, die mit einer hohen Erfolgswahrscheinlichkeit im Studium korreliert sind (Schneider & Preckl, 2017). Demnach gilt z. B. eine klare Form der Präsentation und eine starke Beteiligung der Studierenden sowie die Einbettung von konzeptuell anspruchsvollen Übungen als besonders lernwirksam. Dieser Rahmen berücksichtigt aber nicht explizit die Perspektive der Studierenden. Diese findet sich z. B. im „3p-Modell“ (vgl. Abb. 1) von Biggs & Tang (2011). Das „3p-Modell“ (*presage, process, product*) setzt die individuellen Voraussetzungen der Studierenden (Vorwissen, Vorerfahrungen zum Lernen) mit deren Wahrnehmung der Lernumgebung und dem daraus resultierenden Lernverhalten (Auswendiglernen vs. tiefgehendes Lernen) sowie dem Lernerfolg in Beziehung. Aus dem Modell folgt insbesondere die Notwendigkeit, die Lehrveranstaltung an die Lehrziele und die spezifischen Voraussetzungen der Studierenden anzupassen (*constructive alignment*).

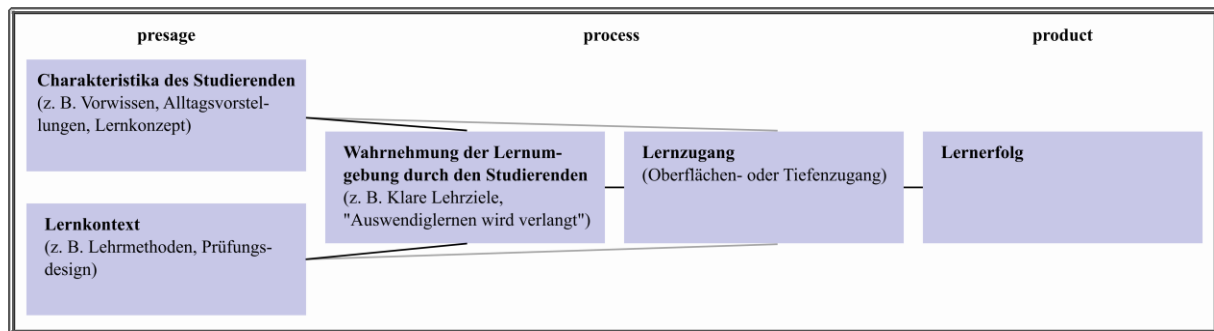


Abb.1: "3p - Modell" des universitären Lehrens und Lernens (Abbildung nach Biggs, 1989, S. 11).

Dem Modell liegen verschiedene Studien zum Lernen im Hochschulbereich zugrunde, die zeigen, dass es im Kern zwei unterschiedliche Arten von Lernen gibt: einen Tiefen- und einen Oberflächenzugang (z.B. Säljö, 1982; Marton et al., 1993). Entwistle (1997) charakterisiert Lerner mit Oberflächenzugang über die Intention, sich in einer Lernsituation neue Informationen zu merken, um sie zu einem späteren Zeitpunkt (typischerweise in der Prüfung) zu reproduzieren. Lerner mit Tiefenzugang haben dagegen die Intention, die Inhalte verstehen zu wollen und sich damit auseinanderzusetzen. Diese beiden Lernzugänge wurden auch beim Physiklernen nachgewiesen (Prosser et al., 2000). Die zentrale Aussage des 3p-Modells lautet: Der Lernzugang der Studierenden hängt davon ab, wie diese ihre Lernumgebung wahrnehmen (z. B. Prosser & Millar, 1989). Die Wahrnehmung wiederum hängt u. a. vom Vorwissen und dem Lernkonzept der Studierenden ab. Dabei unterscheidet sich das Lernkonzept (*learning conception*) vom Lernzugang (*approaches to learning*) trotz der Ähnlichkeiten (Marton & Säljö, 1997). Das Lernkonzept ist dem Belief-System zuzuordnen und charakterisiert die Vorstellungen einer Person von Lernen. Marton et al. (1993) zeigen, dass sich Lernkonzepte ausgehend von einem einfachen, allgemeinen zu einem differenzierten Lernkonzept graduell hierarchisch ordnen lassen. Das einfache, allgemeine Lernkonzept konzeptualisiert Lernen als eine Wissenserweiterung („Lernen hat dann stattgefunden, wenn ich mehr weiß, als zuvor“) oder als das Merken und Reproduzieren von Wissen. Ein differenziertes Lernkonzept konzeptualisiert Lernen als selbstständiges Generieren von Bedeutung – z. B. durch Hinterfragen von Wissen: „Woher weiß man das?“ – und geht mit der Veränderung der Person als Folge des Lernprozesses einher („Lernen bedeutet, etwas aus einer anderen Perspektive zu betrachten“, „Verstehen bereichert mich.“). Das Lernkonzept kann sich in der Lernbiografie eines Studierenden weiterentwickeln, wird aber bereits durch erste Lernerfahrungen in der Schule gebildet (Marton et al., 1993).

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem vorhandenen Lernkonzept und dem tatsächlichen Lernzugang. Ein einfaches, allgemeines Lernkonzept führt in einer Lernsituation wahrscheinlich zu einem

oberflächenorientierten Lernzugang, ein differenziertes Lernkonzept wahrscheinlich zu einem tiefenorientierten Lernzugang (van Rossum & Schenk, 1982; Meyer & Muller, 1990). Die Wahl des Lernzugangs ist auch an die konkrete Lernsituation gebunden (Meyer & Muller, 1990; Prosser & Trigwell, 2017). Sie indiziert „die Art und Weise, (...) (wie) die Lernsituation erlebt wird, als auch die Art und Weise, wie mit ihr umgegangen wird“ (Marton & Booth, 2014, S. 59). Ist es explizites Ziel einer Lehrveranstaltung, Inhalte auswendig zu lernen, dann wäre eine oberflächenorientierte Herangehensweise angemessen. Stimmen Ziel und Angebot nicht überein – in einer Physikveranstaltung wird z. B. physikalisches Verständnis angestrebt, in den Übungen aber das Ausrechnen von Formeln favorisiert – dann wählen vermutlich auch Studierende mit einem differenzierten Lernkonzept den Oberflächenzugang.

In einem nächsten Schritt müssen die allgemeinen hochschuldidaktischen Modelle für eine Domäne spezifiziert werden. In unserem Fall: Welches physikalische Wissen und welche Alltagsvorstellungen bringen die Erstsemester mit? Welche physikdidaktischen Methoden können an universitäre Lehr-Lern-Arrangements adaptiert werden? Vogelsang & Woitkowski (2017) fassen den Forschungsstand hierzu zusammen: Der Einbezug der Fachdomäne hinsichtlich inhaltlicher Lerngegenstände ist bislang kaum Gegenstand hochschuldidaktischer Forschung (ebd. S. 8). Für die vorliegende Studie wurde mit dem Modell des „kumulativen Lehrens und Lernens im Lehramtsstudium Physik“ eine domänenspezifische Spezifikation vorgenommen und evaluiert.

2. Die Evaluationsstudie

2.1. Das Lehrkonzept „Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik“

Evaluationsgegenstand ist das Lehrkonzept „Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik“, das an der PH Ludwigsburg für Physiklehramtsstudierende der Sekundarstufe 1 entwickelt und exemplarisch in den Veranstaltungen zur Mechanik umgesetzt wurde (Rubitzko, Laukenmann & Starauschek, 2018). Professionelles Fachwissen sollte Physiklehrkräfte dazu befähigen, physikalische Grundkonzepte – hier der Mechanik – flexibel und schulbezogen anwen-

den zu können. Deshalb führt die schulbezogene Lehre mechanischer Grundkonzepte, z. B. das Kraft- oder das Impulskonzept, zu grundlegenden inhaltlichen Entscheidungen für das Lehrkonzept. Die Notwendigkeit der inhaltlichen Fokussierung auf die schulrelevanten Grundkonzepte in der professionsorientierten Hochschullehre kann anhand eines typischen Szenarios erläutert werden. In der theoretischen Mechanik sind z. B. der Lagrange- und Hamiltonformalismus hinsichtlich der Fachphysik wichtige Inhalte. Die Facetten des newtonschen Kraftbegriffs bleiben aber oft undiskutiert und werden zu trägem Wissen. Ansätze der newtonschen Mechanik aus der Experimentalphysik werden unter Umständen nicht explizit aufgegriffen. In diesem Sinn berichtet Wiesner (1994), dass Physikstudierenden die relevanten Kräfte einer Kurvenfahrt nicht fachlich korrekt einzeichnen können, obwohl davon auszugehen ist, dass sie das System im mathematischen Formalismus beherrschen. Letzteres nimmt in der Regel einen erheblichen Umfang in Übungen zur Vorlesung ein.

Die theoretische Basis der kumulativen Lehre bilden allgemeinspsychologische und didaktische Erkenntnisse zum kumulativen Lernen. Physikdidaktisches Wissen fließt in das Lehrkonzept „kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik“ ein (John & Staraschek, 2018). Folgende Aspekte bilden die Leitlinien des Lehrkonzepts und die Grundlage für die Evaluationsstudie: (1) das wiederholte, explizite Aufgreifen und (2) das kontextbasierte Üben von Grundkonzepten der Mechanik bei zunehmender Komplexität der Inhalte; dies entspricht dem kumulativen Lernen der Psychologie, mit den Wissensdimensionen konkret-abstrakt und spezifisch-allgemein. (3) Die gezielte Auseinandersetzung der Studierenden mit eigenen Alltagsvorstellungen, (4) die Sichtbarkeit des Schulbezuges und damit (5) die wahrnehmbare Relevanz der fachlichen Ausbildung.

2.2. Evaluationsfragen

Das Lehrkonzept „kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik“ soll das vertiefte Physiklernen unterstützen. Ob das Lehrkonzept tatsächlich zu vertieftem Lernen führt, zeigt sich im „3p-Modell“ in der subjektiven Wahrnehmung der Studierenden und deren Lernzugang. Dies führt zu folgende Evaluationsfragen (EF).

EF 1 Welches Lernkonzept haben die Studierenden?

EF 2 Welchen Lernzugang übernehmen die Studierenden in der Lehrveranstaltung?

EF 3 Nehmen die Studierenden die fünf Aspekte der kumulativen Lehre wahr?

EF 4 Welcher Zusammenhang besteht zwischen der subjektiven Wahrnehmung der kumulativen Lehre, dem Lernkonzept und dem Lernzugang?

2.3. Evaluationsdesign

Die Studierenden besuchen die Lehrveranstaltung Mechanik während ihres regulären Studiums. Die Evaluationsfragen werden durch eine retrospektive, qualitative Interviewstudie beantwortet.

2.3.1. Methode und Auswertung

Zur Beantwortung der Evaluationsfragen wurden leitfadengestützte, problemzentrierte Interviews durchgeführt (Hopf, 2013). Die Auswertung erfolgte in Anlehnung an die Qualitativen Inhaltsanalyse (Schreier, 2012). Die Interviewfragen zum Lernkonzept (EF 1) bilden den ersten Interviewabschnitt und folgen Marton et al. (1993), z. B. „Was bedeutet für Sie Lernen?“. Die Interviewfragen zu EF 2 und EF 3 bilden den zweiten Interviewabschnitt. Hier wird untersucht, wie die Studierenden die Vorlesung erlebt haben: z. B. „Was fanden Sie an der Veranstaltung besonders gut?“, „Denken Sie an einen Inhalt, den Sie besonders gut verstanden haben. Was hat Ihnen dabei geholfen?“. Dabei wird nicht explizit nach der kumulativen Lehre gefragt. Für die Auswertung von EF 2 werden diese Aussagen nach Oberflächenzugang, Tiefenzugang und einer Zwischenstufe kategorisiert. Für die Auswertung von EF 3 bilden die Aspekte der kumulativen Lehre deduktiv die fünf Oberkategorien (vgl. Abschnitt 2.1). Diese fünf Oberkategorien werden in drei induktiv entwickelte Subkategorien differenziert: Wahrnehmung, teilweise oder keine Wahrnehmung des Lehrkonzeptes (vgl. Tab. 2). EF 4 wird durch eine interpretative Analyse der kategorisierten Einzelfälle untersucht.

2.3.2. Stichprobe

Studierende Lehramt Physik, Sek. 1 (N=16)			
	MW (SD)		MW (SD)
Alter	21,6 (2,0)	Semester	2,1 (0,3)
Geschlecht	31 % weibl.	Abiturnote	2,6 (0,6)

Tab. 1: Deskriptive Daten zur Stichprobe (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Studiensemester und Alter zu Beginn der Mechanik-Vorlesung).

3. Ergebnisse

3.1. Lernkonzept der Studierenden

Drei Kategorien zum Lernkonzept wurden induktiv aus dem Interviewmaterial gebildet: ein oberflächliches (O) und ein vertieftes (T) Lernkonzept, sowie ein Zwischentyp (Z). Das Ergebnis ist für alle Studierenden in der ersten Zeile der Tab. 2 dargestellt. Die Kategorien bedeuten im Detail:

(O) Oberflächliches Lernkonzept: Lernen als Merken und Reproduzieren

Diese Kategorie beschreibt Lernen als Merken und Reproduktion. Lernen fokussiert hier nicht auf die Bedeutung eines Inhalts (z. B. den Bezug zum mentalen Modell, das mit einer mathematischen Formel verbunden ist), sondern auf den Inhaltsträger selbst (z. B. die Formel). Merken und Reproduzieren sind

Lernhandlung und Lernziel (z. B. die Formel in einer Prüfung abzurufen). Anwenden heißt in dieser Kategorie das Einüben von Aufgabenschemata.

Ankerbeispiel (Fall O14): „Lernen ist eigentlich ein Prozess auf jeden Fall. Und ich habe irgendwo einen Wissensstand, den ich durch mein Lernen erweitern möchte.“

(Z) Zwischentyp: Lernen als ein selbstgesteuerter, verstehender Vorgang

In dieser Kategorie wird Lernen als eine Bedeutungskonstruktion aufgefasst. Im Gegensatz zur ersten Kategorie ist es nicht das Ziel, sich „fertiges“ Wissen anzueignen, sondern selbstständig durch Informationen Wissen zu erarbeiten.

Ankerbeispiel (Fall Z8): „Wenn man Literatur liest und etwas aus der Literatur nicht versteht, versucht man sich das aus anderen Quellen in einer anderen Form verständnisvoll zu machen. Sprich man sucht dann nach alternativen Erklärungsmöglichkeiten, die das, was man gerade gelernt hat, auf eine andere Art und Weise darstellen.“

(T) Vertieftes Lernkonzept: Lernen als Formen und Hinterfragen der eigenen Sichtweise

In Kategorie (T) erhält Lernen zusätzlich zu (Z) eine interpretative Dimension, die eine Veränderung der eigenen Denkweise zur Folge haben kann. Studierende betonen, dass sie sich zunächst ihrer persönlichen Auffassung eines Phänomens oder eines Konzepts bewusst werden müssen.

Ankerbeispiel (Fall T1): „Ganz allgemein würde ich sagen, muss man sich erstmal überlegen, was man überhaupt wissen will. Und sich vor allem überlegen, was das Gesetz aussagt. Man kann zum Beispiel überlegen, warum ein Physiker das Gesetz überhaupt aufgestellt hat, das kommt ja nicht vom Himmel gefallen, sondern er hat sich etwas dabei überlegt, er hat zum Beispiel ein Phänomen gehabt, das er erklären wollte.“

3.2. Lernzugang der Studierenden zur Lehrveranstaltung

Mit der zweiten Evaluationsfrage wird der Lernzugang bestimmt, den die Studierenden konkret in der Lehrveranstaltung übernehmen. Induktiv wurden drei Kategorien gebildet:

(O) Oberflächenzugang: Lernen durch Merken und Reproduzieren

In dieser Kategorie beschreiben die Studierenden, dass sie in der Vorlesung oberflächliche Lernstrategien angewandt haben, die sich auf das Merken und Reproduzieren von Inhalten verallgemeinern lassen.

Ankerbeispiel (Fall O16): „Also man wurde gefragt, wie die Kraftpfeile liegen. Wir haben das oft gemacht, aber ich meine, die Formeln sind halt wichtiger, weil da steht ja alles drin. Ich kann mit so Formeln halt besser das nachvollziehen für mich. Also das Qualitative ist viel schwieriger, deshalb mach ich das nicht so gern.“

(Z) Zwischentyp: Lernen durch einen selbstgesteuerten, verstehenden Vorgang

In dieser Kategorie beschreiben die Studierenden Lernaktivitäten, die über Merken oder Auswendiglernen hinausgehen. Wissen wird selbstgesteuert generiert, z. B. indem eine Erkenntnis aus einer eigenen Schlussfolgerung resultiert, jemandem etwas erklärt oder intensiv durchdacht wird. Im folgenden Beispiel bemerkt der Student bei studentischen Diskussionen in der Vorlesung, Inhalte nicht richtig verstanden zu haben.

Ankerbeispiel (Fall Z4): „Gerade auch mit dem Partner dann darüber reden. Einfach weil man dann doch nochmal diskutiert, argumentiert und dann vielleicht während dem Aussprechen merkt: Ok das passt nicht, was ich da erzähle. Das hat mir schon viel geholfen.“

Es wird in dieser Kategorie auch häufig betont, die Inhalte verstehen *zu wollen*.

StudentIn	T1	T2	T3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16
Lernkonzept	T	T	T	Z	Z	Z	Z	Z	O	O	O	O	O	O	O	O
Lernzugang	Grün			Blau		Blau		Rot	Grün		Blau		Blau		Rot	
Wiederholtes Aufgreifen	Grün			Blau	Grün		Rot	Blau		Rot	Blau	Rot	Blau	Rot		Rot
Kontextbasiertes Üben	Grün			Blau		Blau		Rot	Grün		Blau	Grün	Blau	Blau	Rot	Rot
Alltagsvorstellungen	Grün			Blau	Grün		Rot	Grün		Blau	Blau	Rot	Blau	Blau	Rot	Rot
Expliziter Schulbezug	Grün		Blau	Grün		Blau		Grün	Blau	Blau	Rot	Grün	Blau	Blau	Rot	Rot
Relevanzwahrnehmung	Grün			Blau		Blau		Rot	Grün		Blau	Grün	Blau	Blau	Rot	Rot

Tab.2: Wahrnehmungen der kumulativen Maßnahmen nach Lernkonzept geordnet. **Zweite Zeile:** Lernkonzept mit den Bezeichnungen Oberflächlich, Zwischenkategorie, Vertieft. **Dritte Zeile:** Lernzugang mit folgenden farblichen Darstellungen: Oberflächenzugang (Rot), Zwischenkategorie (Blau), Tiefenzugang (Grün). **Zeilen 4 bis 8** enthalten die Maßnahmen der kumulativen Lehre mit folgenden farblichen Darstellungen: kumulative Maßnahme wurde nicht wahrgenommen (Rot), teilweise wahrgenommen (Grün), vollständig wahrgenommen (Blau).

(T) Tiefenzugang: Lernen durch vertieftes Nachdenken und Hinterfragen

In dieser Kategorie beschreiben die Studierenden, dass sie sich in der Vorlesung vertieft und kritisch mit den Inhalten auseinandergesetzt haben. Im folgenden Beispiel zeigt sich dies im kritischen Hinterfragen der eigenen Sichtweise.

Ankerbeispiel (Fall T1): „Und man hat sich halt überlegt, warum man es falsch gedacht hatte, also warum es kontraintuitiv ist und was die Theorie oder die Formel eigentlich sagt. Oder das Konzept. Wie passt das mit dem zusammen, was ich schon weiß?“

Die Lernzugänge sind für alle Studierende in Tabelle 2 farblich kodiert. Neun Studierenden weisen einen Tiefenzugang (GRÜN) auf, vier Studierende einem Oberflächenzugang (ROT). BLAU kennzeichnet die Zwischenstufe (Z).

3.3. Subjektive Wahrnehmung der kumulativen Lehre

Die Oberkategorien der Wahrnehmung der kumulativen Lehre bilden die fünf Aspekte der kumulativen Lehre selbst (s. 2.1): (1) das wiederholte Aufgreifen von Grundkonzepten, (2) das kontextbasierte Üben, (3) die Auseinandersetzung mit eigenen Alltagsvorstellungen, (4) exemplarische Schulbezüge, (5) die Relevanzwahrnehmung für die eigene fachliche Ausbildung für die Schule. Zu jeder Oberkategorie wurden drei Subkategorien gebildet. ROT: Die Studierenden erkennen das Element der kumulativen Lehre nicht; BLAU: Die subjektive Wahrnehmung stimmt zum Teil mit dem Aspekt überein; GRÜN: Die subjektive Wahrnehmung stimmt vollständig mit der Intention des Aspektes überein. Tabelle 2 zeigt das Ergebnis (s. die Zeilen vier bis acht). Die Tabelle weist ein Muster auf: Die Hälfte der Studierenden nimmt die kumulative Lehre vollständig oder überwiegend entsprechend ihrer Intention wahr (d. h. alle bis auf eine Kategorie sind GRÜN). Sechs Studierende nehmen die kumulativen Aspekte nicht oder nur teilweise wahr (Z8, O11, O12, O14-16). Dies fällt insbesondere für das wiederholte Aufgreifen der Grundkonzepte auf. Die anderen Aspekte wurden von diesen sechs Studierenden häufig der Zwischenkategorie (BLAU) zugeordnet. Ein Beispiel: Es berichten bis auf drei (ROT) alle Studierenden, dass sie selbst Fehlvorstellungen haben. Aber nur die GRÜN kategorisierten Studierenden geben an, sich kritisch mit den eigenen Fehlvorstellungen auseinandergesetzt zu haben.

Folgende zwei Ankerbeispiele illustrieren den Unterschied zwischen einem Oberflächen- und einem Tiefenzugang:

Ankerbeispiel (Fall O14): „Allgemein einfach Wissen auffrischen war das. Aber auch Schülervorstellungen zu löschen und die richtigen Vorstellungen zu haben.“

Ankerbeispiel (Fall T3): „Und das war oft nicht so ganz klar erstmal, weil man eben vielleicht falsche

Vorstellungen hatte oder so. Und durch diese Fragen hat man es sich echt nochmal durchüberlegt so. Halt auch daheim oder auf dem Heimweg nochmal, man muss sich das ja schon selber nochmal durch den Kopf gehen lassen, was diskutiert wurde und ob man es wirklich verstanden hatte auch.“

Fall O14 spricht im Interview einerseits davon, dass die Vorlesung ihr ihre eigenen „Schülervorstellungen“ gezeigt hat. Sie berichtet aber an keiner Stelle des Interviews von einer vertieften Auseinandersetzung mit diesen Vorstellungen. Stattdessen beschreibt sie das oberflächliche Prinzip, eine falsche Vorstellung zu „löschen“ und zu „ersetzen“. Anders verhält es sich bei Fall T3. Sie berichtet davon, eigene Vorstellungen nach der Vorlesung noch „durchüberlegt“ und kritisch geprüft zu haben, „ob [sie] es wirklich verstanden hatte“.

3.4. Zusammenhang zwischen Lernkonzept, Lernzugang und Wahrnehmung der kumulativen Lehre

Die vierte Evaluationsfrage untersucht, inwiefern ein Zusammenhang zwischen den Lernkonzepten der Studierenden und ihrer Wahrnehmung der kumulativen Lehre und dem Lernzugang besteht. Tabelle 2 zeigt: Studierende mit oberflächlichem Lernkonzept nehmen die Aspekte der kumulativen Lehre weniger wahr als diejenigen mit vertieftem Lernkonzept oder vertieften Anteilen. Davon weichen die Fälle O9 und O10 ab, die wir weiter unten diskutieren, sowie der Fall Z8, der nicht diskutiert wird.

Lernkonzept und subjektive Wahrnehmung der Lernsituation führen nach dem 3p-Modell (s. 1.2) zur Wahl des Lernzugangs. Dies wollen wir exemplarisch an zwei kontrastierenden Fallbeispielen Tiefenzugang (T1) und Oberflächenzugang (O14) zeigen:

Fallbeispiel tiefenorientierter Zugang (T1): „Bei jeder Aufgabe war etwas, was einen stutzig machen lässt. Und aha das hängt ja damit zusammen und wirklich das Thema durchdringt und dann nicht nur irgendwie oberflächlich drei Formeln im Kopf hat und die einsetzen kann, sondern wirklich die Zusammenhänge versteht, dadurch, dass es Konzepte gab, die einem vermittelt wurden und die dann immer wieder kamen, weil die in der Physik einfach auch ständig wichtig sind. [...] Und dadurch, dass ich es selbst tiefer verstanden habe, kann ich es eben besser vermitteln, also kann besser elementarisieren, weil ich einen größeren Überblick über das Fach habe. Und das hilft mir. Das fand ich eben gut, dass man immer das Gefühl hatte, dass es einen weiterbringt auch als Lehrer, was man lernt.“

I: „Was war das konkret, was Ihnen als auch als zukünftiger Lehrer weiterbringt?“

T1: „Einfach sowas wie, dass man die Sachen formulieren können muss. Wir mussten ja oftmals so argumentieren und so. Das habe ich an der Uni nie (..) ja eigentlich fast nie gemacht. [...] Aber es

bringt mich weiter, wenn ich es verstanden habe, weil nur wenn ich es wirklich verstanden habe, kann ich es auch richtig vermitteln.“

In diesem Zitat deuten die Aussagen zum Lernen „das Thema durchdringen“ und „wirklich die Zusammenhänge verstehen“ auf eine intrinsische Motivation und damit auf ein tiefenorientiertes Lernkonzept hin. Dieses Lernkonzept wird aus Sicht des Studenten durch die Lehrveranstaltung unterstützt, indem Konzepte „immer wieder kamen“. Damit spricht er den kumulativen Lehraspekt des wiederholten Aufgreifens von Grundkonzepten an, die er also auch wahrgenommen hat. Die Vorlesung korrespondiert zu seinem tiefenorientierten Lernkonzept. Dies zeigt sich wiederum in dem vertieften Lernzugang, den der Student in der Lehrveranstaltung wählt, z. B.: „Bei jeder Aufgabe war etwas, was einen stutzig machen lässt. Und aha, das hängt ja damit zusammen“. Diese Aussage deutet auf ein kritisches und vertieftes Nachdenken und somit auf den vertieften Lernzugang hin. Die Bedeutung des Lernens liegt für den Studenten neben dem inhaltlichen Verständnis zudem darin, als Lehrer weiterzukommen. Dazu ist es aus seiner Sicht notwendig, die Inhalte „tiefer verstanden [zu haben]“. Diese Erwartung macht ihn sensibel für Maßnahmen der Lehre, die ihn dabei unterstützen, als Lehrer besser zu werden. Konkret nimmt der Student dabei die qualitativen Herangehensweisen an physikalische Inhalte als unterstützend wahr („[...] dass man Sachen formulieren können muss“).

Beim zweiten Fall ist eine andere Beziehung zwischen der Wahrnehmung der Lehre, Lernkonzept und Lernzugang zu erkennen:

Fallbeispiel Oberflächenzugang (O14): „Da hätte ich halt gern, dass da einfach auch zwei, drei Rechenaufgaben dabei sind. Einfach, dass man auch sich mit den Formeln beschäftigt. Klar braucht man die in der Schule nicht so. Aber wenn es dann halt einfach jemanden gibt, wie mich, die halt gern über Formeln arbeiten, für die ist das dann halt noch einmal eine Hilfe. Dass die Formeln besser im Gedächtnis bleiben. [...] Ok, jetzt habe ich ja die Prüfung geschafft, jetzt brauche ich das nicht mehr, jetzt kommt ja wieder was Neues. Wie so ein bisschen den Speicher leeren.“

Die Studentin beschreibt Lernen als Merken und Reproduzieren, wenn sie zum Beispiel sagt, „dass die Formeln im Gedächtnis bleiben“ und sie nach der Prüfung „den Speicher leeren“ kann. Dies entspricht einem Oberflächenzugang zum Lernen in der Lehrveranstaltung. Die Studentin nimmt die Maßnahmen der kumulativen Lehre überwiegend nicht wahr (s. Tab. 2). Stattdessen wünscht sie sich Rechenaufgaben und Formeln, denn diese unterstützen sie nach ihrem subjektiven Lernkonzept, weil sie sich die Formeln gut merken und in der Prüfung reproduzieren kann. Für Student (T1) lag die Bedeutung des Lernens darin, Inhalte zu verstehen, weil es

ihn als Lehrer „weiterbringt“. Bei Studentin (O14) ist eine solche Bedeutung auch bei Betrachtung ihres gesamten Datenmaterials nicht zu erkennen. Stattdessen lässt sich auf eine extrinsische Motivation des Lernens schließen: Ihr Ziel ist es, die Prüfung zu bestehen. Anschließend argumentiert die Studentin, sie brauche das Wissen danach nicht mehr. Zum Beispiel wird die Möglichkeit, dass sie das erworbene Wissen als zukünftige Lehrerin benötigen könnte, von ihr nicht angesprochen. Sie folgt einem Oberflächenzugang. Dies lässt den Schluss zu, dass ihr Oberflächenkonzept ihren Lernzugang und die Art und Weise, wie die Vorlesung wahrgenommen wird, beeinflusst.

3.5. Die Fälle O9 und O10

Die Fälle O9 und O10 passen auf den ersten Blick nicht in das bisherige Muster: Die Studenten haben ein oberflächliches Lernkonzept; z. B. konzeptualisiert der Fall O9 Lernen als das Lösen von Aufgaben:

Fallbeispiel (O9) – Oberflächenkonzept und Tiefenzugang: „Man hat etwas verstanden, wenn man es ausrechnen kann“.

Gleichzeitig nimmt Fall O9 die kumulative Lehre wahr. Das folgende Zitat zeigt, dass Fall O9 aufgrund der Maßnahmen einen Tiefenzugang wählt (der Fall O10 verhält sich analog).

Fallbeispiel (O9) – Oberflächenkonzept und Tiefenzugang: „Also bei mir ist es oft so, ich denk mir einen physikalischen Zusammenhang, denk mir: Ok das ist eigentlich ganz einfach. Stell mir das so vor, hör das dann vielleicht von einem, der die Lösung sagt und dann: Ja ok, so habe ich es auch gedacht. Aber wenn man dann jetzt sieht, dass zum Beispiel neun das falsch haben und man dann die anderen Meinungen hört von denen, die es nicht wussten, dann merkt man auch teilweise finde ich, dass man es selbst auch nicht so genau wusste, dass man selbst nur die Oberfläche hatte, aber nicht genau den Hintergrund. Wo dann andere sich dann wiederum mehr Gedanken gemacht hatten und deswegen es dann nicht verstanden haben. Manchmal sieht man nur die Oberfläche, hat dann die richtige Lösung, was vielleicht auch mit Glück zusammenhängt und diesen genauen Zusammenhang dahinter kriegt man dann oft durch die genauen Besprechungen.“

Insbesondere spricht Fall O9 davon, dass ihm erst durch die Diskussion bewusst wurde, nur oberflächlich gelernt zu haben. Der Student hat aber nicht von sich aus einen Tiefenzugang gewählt. Die Fälle O9 und O10 zeigen, dass es prinzipiell möglich ist, bei Lernern mit Oberflächenkonzept über die kumulative Lehre Tiefenlernen zu induzieren.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Tabelle 2 zeigt, dass drei der sechzehn Studierenden eindeutig ein vertieftes und acht eindeutig ein oberflächliches Lernkonzept nennen. Ähnliche Zahlen-

verhältnisse zeigen sich auch in bisherigen Studien mit Studierenden in den Anfangssemestern (z. B. Prosser & Millar, 1989). Unsere Auswertung ist also valide. Wir gehen mit der folgenden Deutung über die eigene Evaluationsfrage hinaus: Die eindeutigen Tiefenlerner mit Tiefenkonzept stellen vermutlich immer nur eine Minderheit unter den Studierenden dar (s. 2.2, EF1). Hingegen findet sich bei neun Studierenden ein Tiefenzugang beim Lernen. Nur vier Studierende mit Oberflächenkonzept weisen einen Oberflächenzugang auf (s. 2.2, EF2). Offenbar kann Tiefenlernen durch kumulative Lehre induziert werden. Dies geschieht überwiegend beim Zwischentypus (Z), aber auch bei Lernern mit Oberflächenkonzept (Fälle O9 und O10). Dennoch zeigt sich, dass etwa ein Viertel der Studierenden auch durch eine professionsorientierte und kognitionspsychologisch potenziell wirksame Lehre nicht erreicht wird.

Nach Biggs & Tang (2011) verhalten sich Lernende mit oberflächlichem Lernkonzept beim Lernen weniger selbstständig als solche mit vertieftem Lernkonzept, d. h. sie sind weniger an den Inhalten interessiert und kommen deshalb z. B. ohne inhaltliche Fragen und Erwartungen in eine Vorlesung. Sie können prinzipiell bei gezielter Unterstützung mit einem Tiefenzugang lernen. Dies scheint nach unseren Ergebnissen aber nur mit einem größeren Aufwand als den schon erbrachten möglich zu sein. Unsere Interpretation lautet: Auch mit sehr großem Aufwand bleibt ein Teil der Studierenden im Oberflächenkonzept verhaftet – im Fall des Physiklernens auf einem formelbasierten Lernen.

Nach dem „3p-Modell“ beeinflusst die subjektive Wahrnehmung der Lehre den Wissenserwerb. Gute Lehre sollte als gute Lehre wahrgenommen werden. Die Interviewstudie zeigt allerdings, dass nur ein Teil der Studierenden die kumulative Lehre wahrnimmt. Etwa die Hälfte der Studierenden erkennt die kumulativen Aspekte. Sie berichten, dass das wiederholte Aufgreifen und Üben der Grundkonzepte es ihnen ermöglicht, die Grundkonzepte erstens zu elaborieren und zweitens Zusammenhänge besser zu erkennen. Zudem hat die kumulative Lehre sie auf die eigenen Alltagsvorstellungen aufmerksam gemacht, was ihnen eine vertiefte Auseinandersetzung mit diesen eigenen Vorstellungen ermöglichte. Die Wahrnehmung der expliziten Schulbezüge führt dazu, dass die Studierenden die fachlichen Inhalte auch als relevant für ihren zukünftigen Lehrberuf bewerten. Nach Heublein et al. (2010) tritt insbesondere häufig im Lehramtsstudium eine fehlende Relevanzwahrnehmung zusammen mit Studienabbrüchen auf. Dem könnte die kumulative Lehre nach unserem Modell entgegenwirken. Die andere Hälfte der Studierenden nimmt die kumulativen Aspekte der Lehre hingegen nicht oder nur teilweise wahr.

Wie hängen Lernkonzept, die Wahrnehmung der kumulativen Lehre und der gewählte Lernzugang zusammen (s. 2.2., EF4)? Studierende, welche die

kumulative Lehre nicht oder nur teilweise erkennen, weisen in der Tendenz ein oberflächliches Lernkonzept auf. Das zeigt sich darin, dass ihre subjektive Wahrnehmung ihnen auch die (und nur die) Elemente der Lehre zeigt, die zu ihrem Oberflächenkonzept passen. Typischerweise folgt das Lernverhalten dann dem Schema des Merkens und Reproduzierens. Wir bestätigen den engen Zusammenhang zwischen den Lernkonzepten und der Wahrnehmung der Lehre der bisherigen Studien (z. B. Säljö, 1982; Marton & Booth, 2014, S. 63; Prosser & Trigwell, 2017). Da die Zwischentypen Z und zwei Oberflächenlerner einen Tiefenzugang gewählt haben und alle diese Fälle eine Wahrnehmung der kumulativen Lehre aufweisen, können wir begründet einen kausalen Zusammenhang annehmen. Dies müsste weiter untersucht werden.

Die Evaluationsstudie zeigt also, dass ein großer Teil der Studierenden subjektiv durch die kumulative Lehre beim kumulativen, vertieften Physiklernen unterstützt wird. Die vorgeschlagene kumulative Lehre der Physik für Lehramtsstudierende ist daher grundsätzlich geeignet, Grundkonzepte kumulativ zu lehren, Schulbezüge und die damit einhergehende Relevanz wahrnehmbar zu machen und eine vertiefte Auseinandersetzung der Studierenden mit ihren Alltagsvorstellungen zu bewirken. Andererseits gibt es Grenzen: Studierende mit oberflächlichem Lernkonzept lassen sich nur bedingt erreichen. Offen bleibt auch die Frage inwieweit diese Leitlinien für die Gestaltung der konkreten Lehr-Lern-Arrangements hinreichend sind.

Wie ist die Wirkung der kumulativen Physiklehre in die Debatte um die Physikausbildung einzuordnen? Prosser et al. (2000) fordert für die Hochschullehre in den Naturwissenschaften, dass sie das Vorwissen und das Vorverständnis der Studierenden stärker berücksichtigen soll (ebd. S. 71). Merzyn (2004) kritisiert, dass in der naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung in Deutschland „Wissen passiv konsumiert“ werde, was auf die traditionelle Art der Wissensvermittlung zurückzuführen sei (ebd. S. 83) und fordert damit ein „aktiveres Lernen“. Unsere Ergebnisse unterstützen beide Forderungen. Es könnte aber auch eine stabile Gruppe von Studierenden geben, die selbst durch geeignete Maßnahmen nicht zum Tiefenlernen geführt werden können.

Letztendlich können wir mit dieser Studie keine Aussage über die Lernwirksamkeit der kumulativen Lehre machen. Ein weiterer Teil der Evaluationsstudie befasst sich mit den Auswirkungen der kumulativen Lehre auf die Entwicklung des physikalischen Wissens. Die Daten hierzu werden zurzeit ausgewertet und die Ergebnisse demnächst veröffentlicht.

5. Literaturverzeichnis

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Ledermann (Eds.), *Handbook of Research in Science Education*, 1105–1149.

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Biggs, J. B. (1989). Approaches to the enhancement of tertiary teaching. *Higher Education Research & Development*, 8(1), 7–25.
- Biggs, J. B. & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does*: McGraw-Hill Education (UK).
- Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S. & Fischer, H. E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(10), 1–9.
- Entwistle, N. (1997). Contrasting Perspectives on Learning. In F. Marton, D. Hounsell & N. J. Entwistle (Eds.), *The experience of learning: Implications for teaching and studying in higher education*. Scottish Academic Press, 3–22.
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. & Besuch, G. (Eds.) 2010. Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. HIS: Hochschul-Informationssystem GmbH.
- Hopf, C. (2013). Qualitative Interviews – ein Überblick. In U. Flick, E. von Kardoff & I. Steinke (Eds.), *Qualitative Forschung: Ein Handbuch*. Rowohlt Taschenbuch Verlag, 10, 349–359.
- John, T. & Starauschek, E. (2018). Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik: Entwicklung eines Modells zur professionsorientierten Fachausbildung von Physiklehrkräften. In *PhyDid B (Ed.), Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Korneck, F., Lamprecht, J., Wodzinski, R. & Schecker, H. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik – Lage und Perspektiven der Physiklehrerbildung in Deutschland; eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Bad Honnef.
- Marton, F., Dall'Alba, G. & Beaty, E. (1993). Conceptions of learning. *International Journal of Educational Research*, 19(19), 227–300.
- Marton, F. & Säljö, R. (1997). Approaches to Learning: Explaining Differences in Outcome. In F. Marton, D. Hounsell, & N. J. Entwistle (Eds.), *The experience of learning*. Scottish Academic Press, 39–58.
- Marton, F. & Booth, S. (2014). *Learning and awareness*. Berlin. Logos-Verlag.
- Merzyn, G. (2004). *Lehrerbildung–Bilanz und Reformbedarf. Überblick Über Die Diskussion*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Merzyn, G. (2017). Auf den Lehrer kommt es an. *PhyDid A - Physik Und Didaktik in Schule Und Hochschule*, 1(16), 67–80.
- Meyer, J. & Muller, M. W. (1990). Evaluating the quality of student learning. *Studies in Higher Education*, 15(2), 131–154.
- Prosser, M. & Millar, R. (1989). The “how” and “what” of learning physics. *European Journal of Psychology of Education*, 4(4), 513.
- Prosser, M., Trigwell, K., Hazel, E. & Waterhouse, F. (2000). Students’ experiences of studying physics concepts: The effects of disintegrated perceptions and approaches. *European Journal of Psychology of Education*, 15(1), 61–74.
- Prosser, M. & Trigwell, K. (2017). Student learning and the experience of teaching. *HERDSA Review of Higher Education*, 4, 5–27.
- Riese, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung-Indizien für notwendige Veränderungen der fachlichen Ausbildung von Physiklehrkräften. *PhyDid a-Physik Und Didaktik in Schule Und Hochschule*, 1(9), 25–33.
- Rubitzko, T., Laukenmann, M. & Starauschek, E. (2018). Kumulatives Lehren der Mechanik in der Lehramtsausbildung. In *PhyDid B (Ed.), Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Säljö, R. (1982). *Learning and understanding: A study of differences in constructing meaning from a text*: Humanities Pr.
- Schneider, M. & Preckel, F. (2017). Variables associated with achievement in higher education. *Psychological Bulletin*.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*: Sage publications.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23.
- Van Rossum, E. J. & Schenk, S. M. (1984). The relationship between learning conception, study strategy and learning outcome. *British Journal of Educational Psychology*, 54(1), 73–83.
- Vogelsang, C. & Woitkowski, D. (2017). Physikdidaktische Forschung in der Hochschule. Eine Übersicht über Forschungsdesigns und-methoden. *Die Hochschullehre*, 3(1).
- Wiesner, H. (1994). Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik. *Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten und fachdidaktische Folgerungen*. *Physik in der Schule*, 32(4), 122–127.

Danksagung

Das Vorhaben Lehrerbildung PLUS wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.