

## **Kumulatives Physiklernen im Lehramtsstudium**

### **Stand der Forschung und Zusammenfassung**

In Lehrveranstaltungen der Physik an Universitäten wird physikalisches schulrelevantes Fachwissen wenig berücksichtigt (Baumert et al. 2007). Diese Annahme zeigt sich erstens in schülertypischen Alltagsvorstellungen, die angehende und auch praktizierende Physiklehrkräfte aufweisen (Abell 2007), zweitens in Berichten von Referendaren, sich fachlich ungenügend auf den Lehrberuf vorbereitet zu fühlen (Lersch 2006; Merzyn 2004) und drittens darin, dass schulrelevantes Fachwissen erst in der Praxis des Berufs erworben wird (Borowski et al. 2011). Eine mögliche Interpretation der Datenlage: der Mangel an schulrelevantem Fachwissen im Grundstudium erschwert kumulatives Lernen von Physik während der Professionalisierung als Lehrkraft. An der PH Ludwigsburg wurde daher ein kumulatives Lehrkonzept entwickelt, bei dem Grundkonzepte der Physik systematisch variiert wiederholt aufgegriffen werden, Alltagsvorstellungen der Studierenden thematisiert werden und Schulbezüge exemplarisch gezeigt werden (John & Starauschek 2018; Rubitzko, Laukenmann & Starauschek 2018). In der Evaluation wurde längsschnittlich Fachwissen erhoben und mit einer Interviewstudie untersucht, wie die Studierenden ihr Lernen in der Lehrveranstaltung beschreiben: Nur ein Teil der Studierenden profitiert von der kumulativen Lehre. Diese Studierenden lernen mit einem vertieften Lernzugang und schneiden bei der Bearbeitung von Schulbuchaufgaben am besten ab. Eine andere Gruppe von Studierenden wird trotz der Maßnahme nicht unterstützt.

### **Kumulatives Lehren und Lernen**

Grundlage der Entwicklung des Lehrkonzepts ist das kumulative Lernen mit Gagné (1968) und Ausubel (1968). Aus ihnen leitet sich die Bedeutung des Vorwissens und der vertikalen Vernetzung von Lerninhalten durch Leitideen (hier: mechanische Grundkonzepte) für das Lernen ab. Aus dem Wissensmodell von Lee (2012) folgt darüber hinaus als Bedingung für den Erwerb abstrakten Wissens, die Grundkonzepte wiederholt in stetig neuen Kontexten zu konkretisieren, also anzuwenden. Kourilsky und Wittrock (1974) stellen das Problem des fachlich falschen Vorwissens heraus. Das Lehrkonzept „Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik“ an der PH Ludwigsburg umfasst folgende zentrale Lehrmaßnahmen: Grundkonzepte der Physik (hier der Mechanik, z. B. das Kraft- oder Impulskonzept) werden wiederholt systematisch aufgegriffen. Die Inhalte nehmen an Komplexität zu, Alltagsvorstellungen der Studierenden werden thematisiert und inhaltliche Schulbezüge exemplarisch hergestellt (Rubitzko et al. 2018).

### **Evaluationsdesign und Erhebungsmethoden**

*Evaluationsgegenstand:* Das Lehrkonzept wird in drei aufeinanderfolgenden Semestern in folgenden Fachveranstaltungen implementiert: Mechanik, Schulversuche zur Mechanik und Elektrodynamik. Auch in der Elektrodynamik werden die mechanischen Grundkonzepte nochmals konkretisiert, z. B. bei der Bewegung geladener Teilchen in Feldern.

*Evaluationsfrage:* Ziel des Lehrkonzepts ist der Erwerb eines schulbezogenen physikalischen Fachwissens. Die Evaluationsfrage lautet daher: „Wie wirkt sich das zu evaluierende Lehrkonzept (1) auf den Erwerb eines schulbezogenen physikalischen Fachwissens und (2) auf das Lernverhalten der Studierenden in der Veranstaltung aus?“

*Methoden:* Zur Beantwortung der ersten Teilfrage wird vor und nach der Intervention fachliches Wissen erhoben. Dazu werden offene Aufgaben zum Kraftkonzept sowie Schulbuch-

aufgaben zum Kraftkonzept aus den Büchern Bader (2000) und Heepmann et al. (1996) eingesetzt. Für die zweite Teilfrage werden retrospektive, leitfadengestützte Interviews durchgeführt, bei welcher nach dem Lernverhalten in der Veranstaltung gefragt wird.

*Stichproben:* Aufgrund der vorliegenden Stichprobengröße (s. Tab. 1) ist die Evaluation ausgelegt auf Fallstudien.

Als Vergleich wurden die Erhebungen ebenfalls mit einer Stichprobe der Universität durchgeführt. Der Test zum Fachwissen wurde mit den Studierenden der Universität jedoch nur einmal nach der Mechanik-Veranstaltung durchgeführt.

Lehramt	PH Ludwigsburg	Universität
	Haupt-/Realschule	Gymnasium
<i>N</i>	16	9
Alter <i>MW (SD)</i>	21,7 (3,7)	22,2 (1,6)
Anteil weibl.	38 %	44 %
Abinote <i>MW (SD)</i>	2,5 (0,6)	2,0 (0,6)

Tab. 1: Stichproben

## Ergebnisse

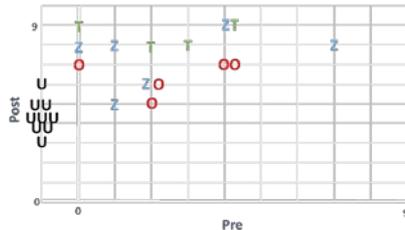
*Interviewstudie:* Die Ergebnisse der Interviewstudie sind ausführlich in John & Staraschek (i. D.) dokumentiert. Ein induktiv entwickeltes Kategoriensystem ergibt Tiefen- und Oberflächenzugänge beim Lernen und eine Zwischenkategorie. Dieses Ergebnis bildet den Stand der Forschung ab (vgl. u. a. Prosser et al. 1996; Crawford et al. 1998; Marton & Säljö 1997; Trigwell et al. 2013). Die Gruppe der Tiefenlerner („T“) berichtet im Interview, dass die kumulativen Lehrmaßnahmen sie beim vertieften Lernen unterstützt haben. Dagegen berichtet die Gruppe der Oberflächenlerner („O“) trotz der kumulativen Maßnahmen lediglich oberflächlich gelernt zu haben. Dies kann am Beispiel der Maßnahme der Thematisierung der Alltagsvorstellungen verdeutlicht werden: Die Tiefenlerner beschreiben das Bewusstwerden eigener Alltagsvorstellungen damit, sich reflektiert und kritisch gefragt zu haben, weshalb sie diese Vorstellungen haben und worin genau die physikalische Theorie diesen widerspricht. Dagegen sprechen die Oberflächenlerner davon, sich lediglich zu merken, welche Ausdrücke physikalisch falsch sind und welche richtig. Eine dritte Gruppe wurde als Zwischentyp bezeichnet („Z“), den wir nicht weiter beschreiben.

*Fachwissen:* Die qualitative Auswertung führt induktiv zu einem dreistufigen (1-3), hierarchischen Antwortraum. Die höchste Stufe entspricht einer differenzieren und rundum richtigen Antwort. Die niedrigste Stufe entspricht dem Nennen von Fakten ohne weitere Erklärung. Am Beispiel des 2. Newtonschen Axioms: (1) Nennen der Formel  $F = m \cdot a$ , (2) Erklärung eines Spezialfalls, z. B. der eindimensionale Fall mit einer Kraft, (3) Erklärung des Zusammenhangs zwischen einer resultierenden Kraft und der Änderung entweder des Betrags oder der Richtung der Geschwindigkeit. Sowohl die offenen Aufgaben zum Kraftkonzept als auch die Schulbuchaufgaben wurden auf diese Weise ausgewertet, Summenscores gebildet und in Abb. 1 a-c als Streudiagramm dargestellt. Die 16 Studierenden der PH Ludwigsburg werden durch die Buchstaben „T“, „Z“, und „O“ dargestellt, die 9 Studierenden der Universität mit „U“.

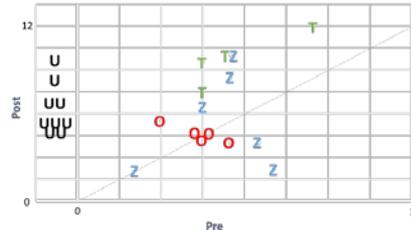
*Ergebnisse:* (1) Beim „Kraftkonzept“ (Abb. 1a) zeigt sich bei der Interventionsgruppe ein Wissenszuwachs. Die Universitätsstudierenden liegen im unteren Ende der Verteilung der PH Studierenden. (2) Bei den „Schulbuchaufgaben“ (Abb. 1b) findet im Mittel keine Wissenszuwachs statt. Es lassen sich aber zwei Gruppen unterscheiden: Ein Teil der Stichprobe verbessert sich gar nicht, ein anderer Teil verbessert sich leicht. Die Stichprobe der Universität im Post-Test ist ähnlich verteilt. (3) Abb. 1c zeigt für den Post-Test den Zusammenhang zwischen dem „Kraftkonzept“ und den „Schulbuchaufgaben“. Hier wurde bei der Auswertung der Schulbuchaufgaben ein dichotomes Kriterium verwendet: Nur solche Aufgaben, die vollständig richtig sind, wurden als richtig bewertet, alle anderen Antworten wurden als falsch bewertet. Dies liefert Folgendes: „O“-Studierende können keine der Schulbuchaufgaben vollständig richtig lösen. Dagegen lösen die „T“-Studierenden die Schulbuchaufgaben

am besten. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen hinsichtlich der Lernzugänge zeigt sich bei den Schulbuchaufgaben. Zudem zeigt das Diagramm, dass zwischen den Testteilen kein Zusammenhang besteht; es gibt Studierende, die das Kraftkonzept differenziert erklären können und trotzdem die Schulbuchaufgaben zum Kraftkonzept nicht oder nur teilweise lösen können.

a) Kraftkonzept (Pre/Post)



b) Schulbuchaufgaben (Pre/Post)



c) Schulbuchaufgaben / Kraftkonzept (Post)

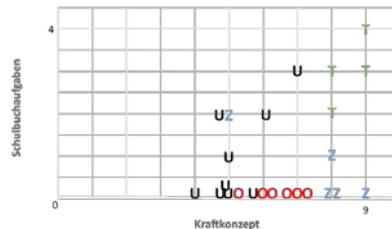


Abb. 1: Streudiagramme zur Darstellung der Ergebnisse des Fachwissenstests. Bezeichnungen: „T“: Tiefenlerner, „Z“: Zwischentyp, „O“: Oberflächenlerner. Die Stichprobe der Universität („U“) hat jeweils nur am Post-Test teilgenommen und ist daher in a) und b) in einer Spalte dargestellt. a) Testteil Kraftkonzept für Pre- und Post-Test. b) Testteil Schulbuchaufgaben für Pre- und Post-Test. c) Testteile Schulbuchaufgaben und Kraftkonzept nur für den Post-Test. Das Kriterium zur Auswertung der Schulbuchaufgaben ist hier dichotom und unterscheidet sich zu b).

### Diskussion

Die Daten zeigen, dass nur etwa ein Viertel der Studierenden das Angebot der kumulativen Lehre nutzt: Diese Studierende lernen mit einem Tiefenzugang und können nach der Intervention das Kraftkonzept differenziert erklären und die zugehörigen Schulbuchaufgaben lösen. Die bleiben für diese Studierende der Universität auch nach der Mechanik-Veranstaltung eine Herausforderung. Die andere Gruppe der Studierenden lernt trotz eines lernerorientierten kumulativen Angebots nicht vertieft. Diese Studierende können auch nach der Intervention keine Schulbuchaufgaben zum Kraftkonzept lösen und erreichen nicht das Niveau, das von angehenden Lehrkräften erwartet werden kann. Personenmerkmale begrenzen vermutlich die Nutzung eines kumulativen Lehrangebots. Natürlich muss die Datenbasis verbreitert werden, um allgemeine Aussagen zu treffen.

### Danksagung

Das Verbundprojekt "Lehrerbildung PLUS" wird im Rahmen der gemeinsamen "Qualitäts-offensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

**Literatur**

- 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.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*: Holt, Rinehart and Winston.
- Bader, F. (2000). *Physik 12/13 Gymnasium Sek II*. Hannover: Schroedel Verlag.
- Baumert, J. (2007). Neue Wege in der Lehrerbildung - staatliche und universitäre Verantwortlichkeiten. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn, & R. Watermann (Eds.), *Professionell Lehren - Erfolgreich Lernen*. Münster: Waxmann Verlag.
- 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.
- Crawford, K., Gordon, S., Nicholas, J. & Prosser, M. (1998). Qualitatively different experiences of learning mathematics at university. *Learning and instruction*, 8(5), 455–468.
- Gagné, R. M. (1968). Contributions of learning to human development. *Psychological review*, 75(3), 177–191.
- Heepmann, B., Muckenfuß, H., Schröder, W. & Stiegler, L. (1996). *Physik Natur und Technik für Realschulen - Baden-Württemberg 10 (1st ed.)*: Cornelsen.
- John, T. & Staraschek, E. (2018). Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik: Entwicklung eines Modells zur professionsorientierten Fachausbildung von Physiklehrkräften. In *PhyDid B, Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, Würzburg.
- John, T. & Staraschek, E. (im Druck). Ergebnisse einer Interviewstudie zur Evaluation von kumulativem Physiklehren und -lernen im Lehramtsstudium Physik. In *PhyDid B, Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Kourilsky, M. & Wittrock, M. C. (1992). Generative teaching: An enhancement strategy for the learning of economics in cooperative groups. *American Educational Research Journal*, 29(4), 861–876.
- Lee, J. (2012). *Cumulative Learning and Schematization in Problem Solving*. Universität, Freiburg. Retrieved from <https://www.freidok.uni-freiburg.de/fedora/objects/freidok:8783/datastreams/FILE1/content>
- Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerbildung. *Z. f. Päd.* 51, 164–181.
- 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: Implications for teaching and studying in higher education* (pp. 39–58). Scottish Academic Press.
- Merzyn, G. (2004). *Lehrerbildung-Bilanz und Reformbedarf. Überblick über die Diskussion*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Prosser, M., Walker, P. & Millar, R. (1996). Differences in students' perceptions of learning physics. *Physics Education*, 31(1), 43.
- Trigwell, K., Ashwin, P. & Millan, E. S. (2013). Evoked prior learning experience and approach to learning as predictors of academic achievement. *British journal of educational psychology*, 83(3), 363–378.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process 1. *Educational psychologist*, 11(2), 87–95.
- Rubitzko, T., Laukenmann, M. & Staraschek, E. (2018). Kumulatives Lehren der Mechanik in der Lehramtsausbildung. In *PhyDid B, Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, Würzburg.