

Ko-WADiS - Erkenntnisgewinnungskompetenz von Lehramtsstudierenden - Was die Physik mit Lehramtsstudierenden macht -

Philipp Straube, Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik, Arnimallee 14, 14195 Berlin
philipp.straube@fu-berlin.de, volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

Kurzfassung

Im Rahmen des Projekts „Ko-WADiS“ wurde in einem domänenübergreifenden Ansatz die Erkenntnisgewinnungskompetenz von Lehramtsstudierenden und Fachstudierenden in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik modelliert. Die Besonderheit dieses Projektansatzes, durch das es sich auch gegenüber anderen Studien abgrenzt, ist die postulierte fachübergreifende Erkenntnisgewinnungskompetenz. Dazu wurde ein Kompetenzmodell mit sieben Zellen adaptiert. Die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die ausschließlich auf Physikstudierende (Lehramt und Mono). Die Auswertung erfolgt mit einem IPL (Rasch)-Modell. Es zeigt sich, dass bestimmte Effekte, die für die Gesamtkohorte nachgewiesen werden konnten [1], nicht für die Physikkohorte gelten.

1. Einleitung

Eine wissenschaftlich valide Erhebung von Kompetenzen ist Voraussetzung für eine Evaluation und Weiterentwicklung der universitären Lehre. Dieses bislang eher vernachlässigte Forschungsfeld erfährt nun in der Forschung zunehmend an Aufmerksamkeit. Die hier dargestellten Ergebnisse basieren auf Daten, die im Rahmen des BMBF-geförderten Projekt „Ko-WADiS“ erhoben wurden. Die Ergebnisse sind aber als vorläufig zu betrachten, da die Erhebungen noch nicht abgeschlossen sind.

2. Theoretische Grundlagen

Das in „Ko-WADiS“ [2; 3] genutzte Kompetenzmodell basiert auf den Arbeiten von Mayer [4] und Upmeyer zu Belzen und Krüger [5]. Diese für die Biologie entwickelten Kompetenzmodelle werden in diesem Projekt zu einem Gesamtmodell der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zusammengefasst. Dabei werden die beiden Erkenntnismethoden *Untersuchungen* und *Modelle nutzen* in einem Kompetenzmodell vereint und auf die beiden Fächer Chemie und Physik ausgeweitet. Zudem wird eine domänenübergreifende naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnungskompetenz postuliert. Die Studie hebt sich damit von anderen Studien ab, in denen die Erkenntnisgewinnung meistens fachspezifisch modelliert wird.

Wir folgen der Kompetenzdefinition nach Klieme und Leutner [6], wonach Kompetenzen definiert sind als „[...] *kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen*, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen in bestimmten *Domänen* beziehen.“ [Hervorhebungen im Original]. Die in dieser Definition auftretende Kontext- und Domänenspezifität bedarf einer genaueren Klärung, da man einwenden

könnte, das in Ko-WADiS angenommene domänenübergreifende Konstrukt, was sich noch dazu aus den zwei Subdimensionen *Untersuchungen* und *Modelle nutzen* zusammensetzt, widerspräche der oben genannten Definition. Hartig und Klieme [7] betonen aber, dass Kompetenzen „in einem gewissen Maß über ähnliche Situationen generalisierbar sind“ und Hartig [8] definiert den Begriff Kontext als „eine Menge hinreichend *ähnlicher realer Situationen*, in denen bestimmte, ähnliche Anforderungen bewältigt werden müssen“ [Hervorhebungen im Original]. In den drei Naturwissenschaften sind das Durchführen von Untersuchungen und das Modellieren zwei zentrale Erkenntnismethoden, die sich nur durch den Inhalt unterscheiden. Dieser Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist demnach die Menge der ähnlichen Situationen, in denen die ähnlichen Anforderungen bewältigt werden müssen. In der Domäne *Naturwissenschaften* werden die Biologie, die Chemie und die Physik subsummiert.

Das gesamte Kompetenzmodell enthält zwei Subdimensionen (s. o.) mit insgesamt sieben Kompetenzfacetten. Für jede der Facetten wurden für jedes Fach Items entwickelt, so dass sich schlussendlich 21 Bereiche (7 Facetten x 3 Fächer) unterscheiden lassen. Durch diese im Vorhinein vorgenommene Unterscheidung lässt sich post-hoc prüfen, inwiefern sich die angenommene naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnungskompetenz psychometrisch sinnvoll in weitere Teilkompetenzen unterscheiden lässt [9].

3. Fragestellungen

F1: Welche Unterschiede im Kompetenzstand bestehen zwischen Bachelor- und Master-Studierenden?

F2: Welche Unterschiede im Kompetenzstand bestehen zwischen Lehramtsstudierenden mit Physik als ein Fach und Physik-Mono-Studierenden?

F3: Welche Unterschiede im Kompetenzstand bestehen zwischen Lehramtsstudierenden mit einem weiteren naturwissenschaftlichen Fach neben Physik und Lehramtsstudierenden mit Physik ohne weiteres naturwissenschaftliches Fach?

4. Beschreibung der Stichprobe

Die hier dargestellten Daten basieren auf einer Stichprobe von 3115 Probanden. 1828 von ihnen studieren Biologie als ein Fach, 619 Chemie und 669 Physik. Von den 669 Physikstudierenden (28% weiblich) befinden sich 525 im Bachelor- und 144 im Masterstudium, 367 absolvieren ein Lehramtsstudium. 67 davon haben ein zweites naturwissenschaftliches Fach (Biologie oder Chemie). Der Altersdurchschnitt beträgt 23,09 (SD 5,18) Jahre.

5. Testdesign und Methode

Zur Erhebung der oben genannten Kompetenzen wurden Multiple-Choice-Aufgaben für jede der sieben Zellen des Kompetenzmodells [10] und für jedes der drei Fächer konstruiert und pilotiert. Die Items wurden im Multi-Matrix-Design über 20 Hefte verteilt.

Für die Auswertung von Tests mit unterschiedlich schwierigen Aufgaben werden Methoden der Item response theory (IRT) empfohlen [11]. Wir nutzen zur Analyse ein 1PL (Rasch)-Modell mit der Software ConQuest 3.0.1. [12].

Zunächst wurde auf Basis der Gesamtstichprobe ein Raschmodell berechnet. Anhand dieses wurde danach die Passung der einzelnen Items mit dem Raschmodell überprüft. Die Bewertung von Items erfolgte auf Grundlage der Infit-Werte $wMNSQ$ und T-Wert. Der Erwartungswert des $wMNSQ$ ist 1. Werte zwischen 0,7 und 1,3 sind noch akzeptabel [13]. Die Werte der hier analysierten Daten liegen zwischen 0,88 und 1,14 und damit innerhalb des Toleranzbereichs. Der T-Wert sollte zwischen -2,0 und 2,0 liegen. Zwei Items lagen außerhalb dieses Bereichs und wurden daher von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Die verbleibenden Items hatten Werte zwischen -1,60 und 1,30.

Eine weitere Analyse der Qualität der Items wurde anhand der Item-charakteristischen-Kurven vorgenommen. Hier muss der empirische Verlauf der Lösungswahrscheinlichkeit ungefähr mit dem durch das Raschmodell vorhergesagten übereinstimmen [14]. Ein Item wurde auf dieser Grundlage von einer weiteren Analyse ausgeschlossen.

Eine besonders wichtige Rolle in unserer Analyse spielt die Frage, ob die vorliegenden Test-Items ein *Differential Items functioning* (DIF) aufweisen, bestimmte Personengruppen bei der Beantwortung von bestimmten Items also bevorzugt oder benachteiligt werden [15]. Dieses Problem kann vor allem

zwischen den einzelnen Fächern auftreten, weshalb hier eine entsprechende Analyse durchgeführt wurde. Als Methode nutzten wir die in ConQuest integrierte Mantel-Haenszel-Statistik [16]. Die Zuordnung der für die Analyse notwendigen Vergleichsgruppen erfolgte auf Grundlage von *Plausible-Values* (PVs). Dieses Vorgehen berücksichtigt das unvollständige Testdesign und führt zu validen Ergebnissen [16]. 118 Aufgaben weisen einen vernachlässigbaren DIF auf. Drei Items wurden in die Kategorie leicht bis moderat einsortiert. Lediglich zwei Items wiesen einen moderaten bis starken DIF auf. Diese beiden Items wurden ebenfalls aussortiert. Insgesamt wurden im Rahmen der Itemselektion fünf Items von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Im nächsten Schritt wurden mit der gesamten Stichprobe für die verbleibenden Items Itemschwierigkeiten geschätzt. Diese wurden zusammen mit den Kovarianzen exportiert und dienen als Normierung für die folgenden Analysen. Für die im Folgenden dargestellten Ergebnisse wurden die Itemparameter fixiert in die Analyse importiert. Die untersuchten unabhängigen Variablen wurden in Form einer Dummy-Codierung in ein latentes Hintergrundmodell integriert. Darauf basierend wurden für jede Person fünf PVs [17] geschätzt und exportiert. Für die Untersuchung von Gruppenunterschieden wurde ein t-Test herangezogen, der die Verteilung der ersten gezogenen PVs untersuchte. Die Effektstärke wird als *cohens d* für unterschiedliche große Stichproben angegeben [18].

6. Ergebnisse

Die erste Fragestellung bezog sich auf einen Unterschied zwischen Bachelor- und Master-Studierenden. Wir vermuteten einen Kompetenzvorsprung von Studierenden im Master-Studiengang, da diese mehr Lerngelegenheiten zum Erwerb der untersuchten Kompetenzen hatten. Ein positiver Ausgang der Prüfung dieser Hypothese würde darauf hindeuten, dass mit dem vorliegenden Test ein im Studium erworbenes Konstrukt gemessen wird.

H1: *Master-Studierende erzielen höhere Leistungen als Bachelor-Studierende*

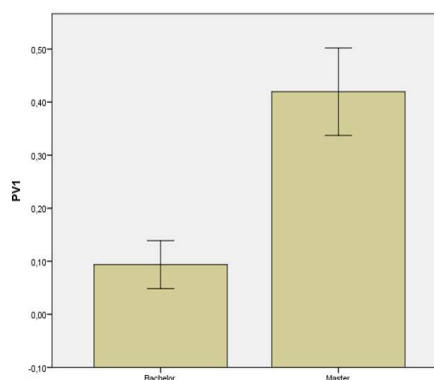


Abb1: PVs zu H1 mit +/- 2-facher Standardfehler

Der t-Test ist hochsignifikant, die Hypothese wird daher angenommen. Die Effektstärke deutet auf einen starken Effekt hin. (Tabelle 1 im Anhang)

Die zweite Fragestellung betraf einen möglichen Unterschied zwischen Studierenden der Physik und Lehramtsstudierenden mit einem Fach Physik. Wir vermuteten hier einen Vorteil für die Lehramtsstudierenden, da im Rahmen der Didaktikveranstaltungen die untersuchte Kompetenz explizit vermittelt wird. Bei Studierenden der Physik ohne Lehramtsbezug findet die Förderung dieser Kompetenzen eher implizit im Rahmen der Laborpraktika statt.

H2: *Lehramtsstudierende mit einem Fach Physik erzielen höhere Leistungen als Mono-Studierende der Physik.*

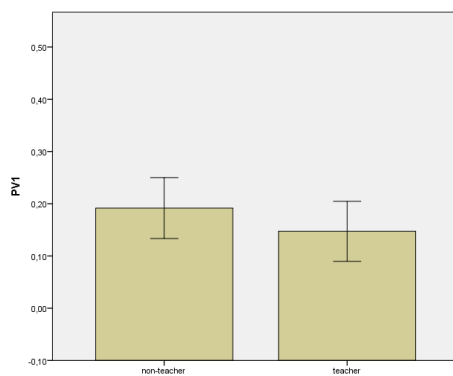


Abb.2: PVs zu H2 mit +/- 2-facher Standardfehler

Der t-Test ist nicht signifikant, weshalb die Hypothese verworfen werden muss. (Tabelle 2 im Anhang)

Die dritte Hypothese betraf einen möglichen Unterschied zwischen Lehramtsstudierenden mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern. Wir vermuteten hier einen Vorteil für Studierende mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern, da diese im Laufe ihres Studiums mehr Lerngelegenheiten zum Erwerb dieser Kompetenz erhalten

H3: *Lehramtsstudierende mit einem weiteren naturwissenschaftlichen Fach erzielen höhere Leistungen, als Studierende mit nur einem naturwissenschaftlichen Fach.*

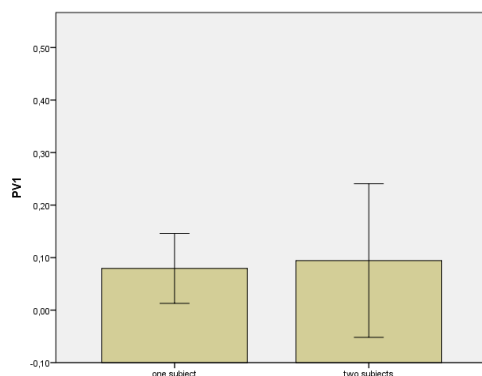


Abb3: PVs zu H3 mit +/- 2-facher Standardfehler

Der t-Test ist nicht signifikant. Die Hypothese muss demnach ebenfalls verworfen werden. (Tabelle 3 im Anhang)

7. Diskussion

Die durchgeführten Tests zur Überprüfung der Passung des Raschmodells auf den vorhandenen Datensatz zeigen, dass für einen Großteil der Items eine Passung angenommen werden kann. Die fünf entfernten Items schaden der Inhaltsvalidität nur minimal, da sie aus verschiedenen Fächern und Kompetenzfacetten stammen. Nach der Itemselektion konnten auf Grundlage der verbleibenden Items entsprechende Analysen durchgeführt werden. Es deuten sich Unterschiede im Kompetenzstand von Studierenden im Bachelor- und Masterstudium an. Dies deutet darauf hin, dass dieser Test ein im Studium erworbenes Kompetenzkonstrukt misst.

Die Effektstärke deutet auf einen starken Effekt hin. Da im Moment in der Gruppe der Bachelorstudierenden sowohl Studierende am Anfang ihres Studiums, als auch am Ende des Bachelors zusammengefasst werden, ist zu erwarten, dass bei einer feineren Analyse sich noch größere Unterschiede zeigen.

Wir hatten vermutet, dass Lehramtsstudierende einen höheren Kompetenzstand aufweisen als Mono-Physik-Studierende. Dieser Effekt zeigte sich nicht, die Hypothese muss verworfen werden. Es scheint keine signifikanten Unterschiede im Kompetenzstand der beiden Gruppen zu geben. Dies ist insofern interessant, da bei einer Analyse der Gesamtkohorte [1] dieser Effekt sich ebenfalls nicht zeigte. Stattdessen deutete sich ein Vorteil für die Mono-Physik-Studierenden an. Die Wirkung der impliziten Vermittlung durch die Laborpraktika (oder anderer Lehrveranstaltungen) wurde anscheinend unterschätzt. Möglicherweise wurde aber auch die Vermittlung innerhalb der Didaktikveranstaltungen überschätzt. Hier müssen detailliertere Analysen zeigen, wo die Ursachen zu vermuten sind.

Ebenfalls hatten wir einen Vorteil für Lehramtsstudierende mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern vermutet (im Gegensatz zu solchen, die nur Physik und ein weiteres nicht-naturwissenschaftliches Fach studieren). Auch dieser Effekt zeigte sich nicht, weshalb auch diese Hypothese verworfen werden muss. Daraus kann geschlossen werden, dass Lehramtsstudierende mit einem Fach Physik keinen Vorteil davon haben, wenn sie ein weiteres naturwissenschaftliches Fach studieren. Interessanter Weise wurde dieselbe Hypothese für die Gesamtkohorte angenommen [1]. Wobei darauf hinzuweisen ist, dass in dieser Berechnung sämtliche Studierende mit einem Fach (also auch Mono-Studierende) eingingen. Darauf basierend kann man einen systematischen Vorteil für Lehramtsstudierende der Physik vermuten. Inwiefern sich dieser tatsächlich zeigt, müssen weitere Analysen zeigen.

Die in diesem Beitrag formulierten Hypothesen wurden auch schon in einem anderen Artikel [19] diskutiert. Die dort beschriebene Prüfung geschah allerdings auf abweichende Weise. Um einen DIF auszuschließen, wurden die Schwierigkeitsparameter nur auf Grundlage der Physikstudierenden geschätzt. Auf Basis dieser Daten mussten mehrere Items von der Analyse ausgeschlossen werden. In der hier vorliegenden Analyse wurden die Parameter auf Grundlage der Gesamtkohorte geschätzt, da durch eine DIF-Analyse kritische Items vorher aussortiert wurden. Die Ergebnisse in beiden Untersuchungen gleichen sich aber im Wesentlichen. Lediglich bei H2 zeigte sich sogar ein leichter Vorteil für die Fachstudierenden Physik.

Das Projekt wird im Rahmen des Programms „Ko-KoHs“ durch das BMBF gefördert.

8. Literatur

- [1] Hartmann, Stefan; Mathesius, Sabrina; Stiller, Jurik; Straube, Philipp; Upmeier zu Belzen, Annette; Krüger, Dirk (im Druck): Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In: Koch-Priewe, Barbara; Köker, Anne; Seifried, Jürgen; Wuttke, Eveline (Hrsg.): Kompetenzen von Lehramtsstudierenden und angehenden ErzieherInnen. Bad Heilbrunn: Klinkhart.
- [2] Straube, Philipp; Nordmeier, Volkhard (2012): Ko-WADiS - Wohin geht es? In: Nordmeier, Volkhard; Grötzebauch, Helmuth (Hrsg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- [3] Straube, Philipp; Nordmeier, Volkhard (2013): Ko-WADiS – Kompetenzmodell der Erkenntnisgewinnung. In: Nordmeier, Volkhard; Grötzebauch, Helmuth (Hrsg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- [4] Mayer, Jürgen (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Krüger, Dirk; Vogt, Helmut (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 177–184.
- [5] Upmeier zu Belzen, Annette; Krüger, Dirk (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, 41–57.
- [6] Klieme, Eckhard; Leutner, Detlev (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen: <http://kompetenzmodelle.dipf.de/pdf/rahmenantrag> (Stand: 08.2013).
- [7] Hartig, Johannes; Klieme, Eckhard (2006): Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In: Schweizer, Karl (Hrsg.): Leistung und Leistungsdiagnostik. Heidelberg: Springer Medizin, 127–143.
- [8] Hartig, Johannes (2008): Kompetenzen als Ergebnisse von Bildungsprozessen. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Kompetenzerfassung in pädagogischen Handlungsfeldern. Bonn: BMBF, 15–25.
- [9] Hartig, Johannes; Höhler, Jana (2010): Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT-Modellen. Projekt MIRT. In: Klieme, Eckhard; Leutner, Detlev; Kenk, Martina (Hrsg.): Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. Weinheim: Beltz, 189–198.
- [10] Straube, Philipp; Tiemann, Rüdiger; Upmeier zu Belzen, Annette; Krüger, Dirk; Nordmeier, Volkhard (2014): Ko-WADiS | Theoretische Grundlagen. In: Bernholt, Sascha (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Kiel: GDGP.
- [11] Neumann, Knut (2014): Rasch-Analyse naturwissenschaftsbezogener Leistungstests. In: Krüger, Dirk; Parchmann, Ilka; Schecker, Horst (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, 355–369.
- [12] Adams, Ray; Wu, Margaret; Wilson, Mark (2012): ConQuest 3.0.1: Australian Council for Educational Research.
- [13] Bond, Trevor G.; Fox, Christine M. (2007): Applying the Rasch model. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- [14] Hambleton, Ronald K.; Swaminathan, Hariharan; Rogers, H. Jane (1991): Fundamentals of Item Response Theory. Newbury Park: Sage.
- [15] Boone, William J.; Staver, John R.; Yale, Melissa S. (2014): Rasch analysis in the human sciences. Dordrecht: Springer.
- [16] Sun, Xiaoxun (2012): Conquest Notes 7 - Using Mantel-Haenszel Statistics: <http://www.acer.edu.au/files/Conquest-Notes-7-UsingMantel-HaenszelStatistics.pdf> (Stand: 12.2014).
- [17] Wu, Margaret (2005): The role of plausible values in large-scale surveys. In: Studies in Educational Evaluation 31, 2-3, 114–128.
- [18] Field, Andy (2009): Discovering statistics using SPSS. Los Angeles, Calif.: Sage.
- [19] Straube, Philipp; Nordmeier, Volkhard (im Druck). In: Bernholt, Sascha (Hrsg.): Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Kiel: IPN.

9. Anhang

Gruppe	N	M	SD	df	t	p	d
Bachelor	525	-0,0936	0,51717	667	-6,762	<,001	1,001
Master	144	0,4197	0,49531				

Tab. 1: t-Test und Effektstärke zu H1 (Master-Studierende erzielen höhere Leistungen als Bachelor-Studierende)

Gruppe	N	M	SD	df	t	p	d
kein Lehramt	297	0,1917	0,50240	662	1,079	>,05	-0,084
Lehramt	367	0,1472	0,54970				

Tab. 2: t-Test und Effektstärke zu H2 (Lehramtsstudierende mit einem Fach Physik erzielen höhere Leistungen als Mono-Studierende der Physik)

Gruppe	N	M	SD	df	t	p	d
1 Fach Nawi.	300	0,0794	0,57681	365	-0,190	>,05	0,026
2 Fächer Nawi.	67	0,0943	0,59872				

Tab. 3: t-Test und Effektstärke zu H3 (Lehramtsstudierende mit einem weiteren naturwissenschaftlichen Fach erzielen höhere Leistungen, als Studierende mit nur einem naturwissenschaftlichen Fach.)