

Philipp Engelmann
Clemens Hoffmann
Volker Woest

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Naturwissenschaften integrativ – Ergebnisse eines Entwicklungsprojekts

Herausforderungen im fächerübergreifenden Unterricht

Fächerübergreifender Naturwissenschaftlicher Unterricht (kurz FNU) steht bereits seit vielen Jahren in der fachdidaktischen Diskussion (z. B. Kremer & Stäudel, 1997; Dörge, 2001; Früböse et al., 2011; Küster, 2014). Diese konnte zentrale Herausforderungen identifizieren, die bei der Konstruktion eines adäquaten Unterstützungssystems strukturgebend sind. Im Zentrum steht dabei die Situation eines fachfremden Unterrichts, mit dem (angehende) Lehrkräfte im integrierten Unterricht konfrontiert werden. Es lassen sich vier Dimensionen ableiten:

- *Motivation*: erhöhter Zeit- und Arbeitsaufwand
- *Koordination*: schulorganisatorische Hürden
- *Interpretation*: Charakteristik der Fächer und Lehrpläne
- *Konstruktion*: Mangel an geeigneten Unterrichtsmaterialien

Unter Berücksichtigung dieser Dimensionen werden im Beitrag das im Rahmen des Projekts ProfJL entwickelte Aus- und Fortbildungskonzept vorgestellt.

Ergebnisse aus der Modulentwicklung

Für die erste Phase der Lehrerbildung wurde ein Modul entwickelt, das sich neben der Dimension der Interpretation vorrangig der Motivation für fächerübergreifendes Arbeiten zuwendet. Dies stellt einen wichtigen Ansatzpunkt bei der Modulentwicklung dar, da Lehramtsstudierende noch nicht auf umfassende Erfahrung in der eigenen Unterrichtsgestaltung zurückgreifen können und damit eventuelle Unterschiede in der Zeit- und Arbeitsbelastung für sie nicht so präsent sind wie bspw. die Orientierung an den eigenen Fachdisziplinen und die Identifikation mit einem disziplinübergreifenden Unterrichtsfach. Ausgehend von den Arbeiten von Grasser (2010) und Busch (2016) wurde ein Ausbildungsmodul entwickelt, das sich an Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik richtet. Damit wurde neben der Kooperation der jeweiligen Fachdidaktiken auch in den Seminareinheiten eine Zusammenarbeit über die Fachgrenzen hinaus ermöglicht. Das bildete einen geeigneten Rahmen, um praxisorientierte Erfahrungen an exemplarischen Themen zu ermöglichen, die besonderen Ansprüche und Potentiale eines FNU kennenzulernen und so eine entsprechende Motivation für fächerübergreifendes Unterrichten zu entwickeln. Inhaltlich wurde das Modul durch die Auseinandersetzung mit den Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften strukturiert, was dazu führte das die eigene mit den anderen Fachdisziplinen verglichen und Vernetzungspunkte identifiziert wurden. Die Themen der einzelnen Sitzungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Kurzdarstellung der Modulinhalte.

Formen und Facetten des FNU	Laborpraktikum in den Fachdisziplinen
FNU in der Diskussion	Austausch mit erfahrenen Lehrkräften
Basiskonzepte der Naturwissenschaften	Diskussion von Beispielmaterialeien
Naturwissensch. Denk- und Arbeitsweisen	Konzeption von Unterrichtsmaterial
Exklusionen zu Forschungsinstituten	Transfer der Inhalte und Evaluation

Die Modulentwicklung wurde wissenschaftlich begleitet. Zur Einschätzung der Wirkungen der Seminarreihe wurden die Überzeugungen (Törner, 2005) der Lehramtsstudierenden betrachtet. Genauer wurden die Überzeugungen zum Lehren und Lernen (Voss, Kleickmann, Kunter & Hachfeld, 2011) in Bezug auf FNU untersucht und mithilfe einer vierstufigen Likert-Skala (16 Items) erhoben. Mithilfe des Wilcoxon-Tests und des Mann-Whitney-U-Test wurden Prä-Post- sowie Gruppenvergleiche durchgeführt. Dabei zeigte die Teilnahme an der Seminarreihe ($N = 70$) eine schwach positive, wenn auch nicht signifikante Veränderungen in den Überzeugungen. Das ist sicher darauf zurückzuführen, dass Überzeugungen als Konstrukt leichter veränderbar als Wertsysteme aber dennoch stabiler als Affektionen sind (Phillipp, 2007) und über eine Interventionszeit von zehn Wochen eventuell noch nicht messbar verändert werden konnten. Betrachtet man die Teilnehmenden vergleichend in Gruppen, kann man aber feststellen, dass sich die Gruppenunterschiede (angegeben als Effektstärke r) über die Seminarreihe hinweg verringern. Das ist am Beispiel der Variablen Biologie in der Fächerkombination, Hospitationserfahrung und Unterrichtserfahrung in Abbildung 1 gezeigt. Daraus lässt sich ableiten, dass sich die Überzeugungen durch die kooperative Gestaltung des Moduls positiv angleichen. Dies hängt eventuell damit zusammen, dass Potentiale eines FNU erkannt und mögliche Vernetzungspunkte identifiziert werden. Dass ein Maximalwert von ca. $r = 3,0$ nicht überschritten wird kann damit erklärt werden, dass FNU eine wertvolle Ergänzung zum Unterricht in den Fachdisziplinen darstellt, diesen aber nicht ersetzen kann. Diese Überzeugung wird auch von den Studierenden geteilt.

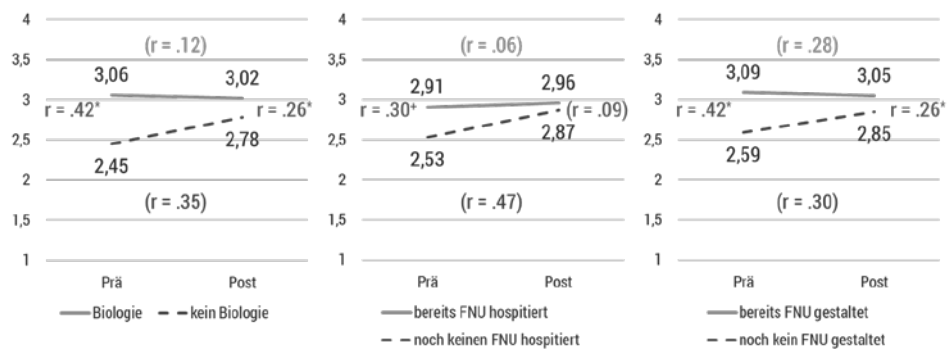


Abbildung 1: Überzeugungen zum Lehren und Lernen im FNU in Gruppen- und Prä-Post-Vergleich, Auswahl ($N = 70$, signifikante Unterschiede sind durch * oder + gekennzeichnet).

Ergebnisse der Konstruktion des Fortbildungskonzepts

Für die Entwicklung einer Weiterbildungsstruktur wurde das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) gewählt. Für eine ausführliche Darstellung der hier durchgeführten Rekonstruktion sei auf Engelmann (2019) verwiesen. Über eine Interviewstudie, die mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) ausgewertet wurde, wurden 11 Thüringer Lehrkräfte nach ihren Vorstellungen zum und Herausforderungen im fächerübergreifenden Unterricht befragt. Außerdem wurde die Frage nach Merkmalen einer adäquaten Fortbildung sowie nach Merkmalen von gewünschten Begleitmaterialien gestellt. Insgesamt decken sich die genannten Herausforderungen mit den oben genannten vier Dimensionen. Die Fortbildung selbst sollte als zertifizierter Weiterbildungsstudiengang gestaltet sein und den Fokus auf Kontexte bzw. Inhalte und deren didaktische Strukturierung legen. Insbesondere der Wunsch nach neuen Fachinhalten mit experimentellen Umsetzungsmöglichkeiten wurde hier genannt.

Diese Ergebnisse wurden mit naturwissenschaftsdidaktischen Grundlagen über Merkmale wirksamer Fortbildungen (z. B. Lipowsky, 2010; Desimone, 2009), dem im Klammerbeitrag genannten Konzeptverständnis des fächerübergreifenden Unterrichts sowie insbesondere der Sachstruktur der Fortbildungsinhalte in Beziehung gesetzt. Die inhaltliche Gestaltung der Fortbildung (siehe Tabelle 2) verfolgt dabei einen exemplarischen Ansatz, bei dem naturwissenschaftliche *Kontexte* nach einer Elementarisierung durch *Basiskonzepte*, *naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen* sowie *Schulexperimente* rekonstruiert werden.

Tabelle 2: Kurzdarstellung der Fortbildungsreihe.

Nr.	Themenfeld	ausgewiesene Leitlinien
1	Didaktik der Naturwissenschaften	Basiskonzepte, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen
2	Bionik	Kontextorientierung, methodischer Fokus auf Lernzirkel, Modellbildung
3	Arzneimittel	Alltagsorientierung, Struktur-Eigenschafts-Konzept, chemische Arbeitsweisen
4	Wasser-Boden-Luft	Stoff-Teilchen-Konzept, Schülervorstellungen
5	Regenerative Kraftstoffe	Kontextorientierung, Interdisziplinarität
6	Kohlenstoffnanomaterialien	Forschungsorientierung, Struktur-Eigenschafts-Konzept
7	Wunschthema	Naturwissenschaften im Alltag, Inklusion

Ausgehend von einer Einführungsveranstaltung werden an ausgewählten Inhalten didaktische Strukturierungen mit den Lehrkräften diskutiert. Beispielsweise wird den Lehrkräften in einem fachlichen Input beim Thema Arzneimittel die Wirkungsweise von Penicillin als Antibiotikum auf Strukturebene aufgezeigt¹. Als das Elementare lässt sich hier das Struktur-Eigenschaft-Konzept heranziehen, das die Blockierung des Enzyms durch die strukturelle Ähnlichkeit von Penicillin und Alanylalanin beschreibt.

Die Konstruktion der Fortbildungsreihe wurde umrahmt durch einen iterativen Prozess aus Erprobungen und Begleitevaluation. Die Evaluation orientierte sich am CIPP-Modell für die Programmevaluation (Stufflebeam, 2003). Dabei wurde insbesondere der Aspekt der Teilnehmerzufriedenheit als erste Wirksamkeitsstufe von Fortbildungsmaßnahmen fokussiert sowie die Passung der Fortbildungsinhalte zum eigenen Unterricht untersucht.

Ausblick

Die hier dargestellten Entwicklungsarbeiten stellen Möglichkeiten zur Gestaltung eines Unterstützungssystems für (angehende) Lehrkräfte im fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht dar. Sie können ein Studium in den jeweiligen Fachdisziplinen nicht ersetzen, thematisieren jedoch die Herausforderungen des fachfremden Unterrichts, machen sie greifbar und schaffen Zugangspunkte. Sowohl das Aus- als auch das Fortbildungskonzept wurden in die Jenaer Lehrerbildung implementiert und werden durch das Folgeprojekt PROFJL² weiterentwickelt.

¹ Beim Zellwandaufbau gram-positiver Bakterien erfolgt die Quervernetzung einzelner Zuckerpolymerer durch die Reaktion von Alanylalanin mit Glycin. Diese Reaktion wird durch das Enzym D-Alanin-Transpeptidase katalysiert. Penicilline können an das aktive Zentrum dieses Enzyms binden es damit blockieren.

Literatur

- Busch, M. (2016). Empirische Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Kompetenzförderung, Interessenentwicklung, Wahlmotive und Lehrerperspektive. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Desimone, L.M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38 (3), 181–199. doi:10.3102/0013189X08331140
- Dörge, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU*, 54 (4), 230–232.
- Engelmann, P. (2019). Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Lehrerfortbildung. Eine didaktische Rekonstruktion (Dissertation). Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena.
- Fruböse, C., Illgen, J., Kohm, L. & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. *MNU*, 64 (7), 433–439.
- Grasser, A. (2010). Integrierte Naturwissenschaft. Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Projektunterrichts. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU).
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3–18.
- Kremer, A. & Stäudel, L. (1997). Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland – Eine vorläufige Bilanz –. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 52–66.
- Küster, J.M. (2014). Integrierter Naturwissenschaftlicher Unterricht. *MNU*, 67 (2), 109–112.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51–72). Münster: Waxmann.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt. Zugriff am 02.08.2019. Verfügbar unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoa-395173>.
- Philipp, R.A. (2007). Mathematics Teachers' Beliefs and Affect. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning. A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 257–315). Charlotte, NC: Information Age Pub.
- Stufflebeam, D.L. (2003). The CIPP model for evaluation. In T. Kellaghan & D.L. Stufflebeam (Hrsg.), *International Handbook of Educational Evaluation* (S. 31–62). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-010-0309-4_4
- Törner, G. (2005). Epistemologische Beliefs. State-of-the-Art-Bemerkungen zu einem aktuellen mathematikdidaktischen Forschungsthema vor dem Hintergrund der Schraw-Olafson-Debatte. In H.-W. Henn & G. Kaiser (eds.), *Mathematikunterricht im Spannungsfeld von Evolution und Evaluation. Festschrift für Werner Blum* (S. 308–323). Hildesheim: Div-Verl. Franzbecker.
- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 235–257). Münster: Waxmann.