

- Schmitt, R. (2017). Systematische Metaphernanalyse als Methode der qualitativen Sozialforschung. Springer, Wiesbaden.
- Stern, L. & L.E. Roseman (2004). Can Middle-School Science Textbooks Help Students Learn Important Ideas? Findings from Project 2061's Curriculum Evaluation Study: Life Science. *Journal of Research in Science Teaching* 41 (6), 538–568.
- Strömdahl, H. R. (2012). On Discerning Critical Elements, Relationships and Shifts in Attaining Scientific Terms: The Challenge of Polysemy / Homonymy and Reference. *Science & Education*, 21 (1), 55–85.
- Tänzer, S. (2011). Von Sachunterrichtsplanung aus der Sicht von Lehramtsanwärterinnen. Abgerufen am 01.10.2019: https://www2.hu-berlin.de/wsu/ebeneI/superworte/studium/taen_pla.pdf
- Weingarten, J. (2019). Wie planen angehende Lehrkräfte ihren Unterricht? Waxmann, Münster.
- Weitzel, H., & Blank, R. (2019). Pedagogical Content Knowledge in Peer Dialogues between Pre-Service Biology Teachers in the Planning of Science Lessons. Results from an Intervention Study. *Journal of Science Teacher Education*, 1–19.
- Westermann, D. A. (1991). Expert and novice teacher decision making. *Journal of Teacher Education* 42 (4), 292–305.

Claudia Nerdel & Patricia Schöppner

Evaluation einer Lehrerfortbildung zum praktischen Einsatz von biotechnologischen Methoden im Unterricht

Zusammenfassung

Biotechnologische Forschung ist ein bedeutendes Zukunftsthema. Zielsetzung des Projekts ist daher die Kompetenzförderung bei Lehrkräften zu gut etablierten biotechnologischen Methoden am Beispiel aktueller, schülerrelevanter Forschungsthemen, z.B. Theorie und Praxis der PCR und Agarose- Gelelektrophorese zur Analyse bitterer Geschmackswahrnehmung. Didaktische Begleitmaterialien runden das Fortbildungskonzept ab, um Lehrkräften die Implementation der Themen und Arbeitsweisen zu erleichtern. Die Lehrerfortbildung ist regional organisiert und kostenlos. Die Kurstage werden in den Fachräumen einer Schule durchgeführt, um schulische Umsetzbarkeit zu zeigen. Idealerweise sollten sich zwei Lehrkräfte pro Schule anmelden, um sich bei der schulischen Implementation zu unterstützen. Per Fragebogen wurden Fortbildungsqualität und geplante Einbindung der Fortbildungsinhalte in den Biologieunterricht untersucht. Die fünf Skalen zur *Instruktionsqualität*, *Materialqualität/schulpraktischer Nutzen*, *Selbsteinschätzung eigener fachlicher/fachdidaktischer* und *praktischer Expertise* sowie *Motivation zur Vertiefung der Biotechnologie* und *Implementationsabsicht* weisen gute Reliabilitäten auf. Die positive Beurteilung der Instruktionsqualität sowie der Materialqualität/des schulpraktischen Nutzens weisen auf hohe Akzeptanz des Angebots und Zufriedenheit mit der Lehrerfortbildung hin. Gemeinsam mit der Selbsteinschätzung fachlicher/fachdidaktischer Expertise sind diese Skalen geeignet, Implementationsabsicht vorherzusagen. Die umfangreiche Ausleihe von biotechnologischem Equipment für den Unterricht im Nachgang zur Fortbildung unterstreicht zusätzlich die beabsichtigte Implementation.

Abstract

Biotechnological research is an important future topic. The aim of the project is therefore to promote the competence of teachers in biotechnological methods using well-established research topics, e.g. theory and practice of PCR and agarose gel electrophoresis to analyze the bitter taste perception. To facilitate the implementation of biotechnological topics and methods, besides the teacher training additional didactics material is provided. The teacher training is organized regionally and free of charge. The courses are executed in the schools to demonstrate the implementation under teachers' everyday conditions. Ideally, two teachers per school should register that they can support themselves during the implementation in their biology classes. The quality of the teacher training and the planned integration of biotechnology in biology classes were examined using a questionnaire. The five scales for self-assessment of instruction quality, material quality/benefit for biology class, biotechnological/didactic and practical expertise as well as motivation to deepen biotechnology and intended implementation show good reliabilities. The positive evaluation of the instruction quality as well as the material quality/benefit for biology class indicates high acceptance and satisfaction for the teacher training. In common with the self-assessment of biological/didactic expertise, they are suitable for predicting the intended implementation. Subsequent to the teacher training the extensive loan of equipment for the biology classes further emphasizes the intended implementation.

1 Biotechnologie im Unterricht

Biotechnologische Forschung bietet Chancen, z.B. für die Verbesserung von medizinischer Diagnostik und Therapie sowie für die Ernährung einer stetig wachsenden Weltbevölkerung. Gleichwohl bergen Eingriffe in das Erbgut von pflanzlichen und tierischen Organismen Risiken. Entsprechend ist die Haltung und Akzeptanz verschiedener Stakeholder zu diesen Forschungsbereichen in der politischen und gesellschaftlichen Debatte ambivalent. Um die fachwissenschaftliche Basis einer faktenorientierten Beurteilung biotechnologischer Themen und Methoden zu gewährleisten, sind die Bereiche Genetik und Gentechnik Bestandteil des Kompetenzbereichs Bewertung (KMK, 2005) sowie der Biologielehrpläne (z.B. ISB 2015). Ziel ist es, bereits in der Schule biotechnologische Techniken und deren Einsatzgebiete kennenzulernen. Obwohl diese Themen und Methoden eine große Bedeutung haben, kann ihre Behandlung im Biologieunterricht häufig nur theo-

retisch erfolgen. Gründe sind fehlende Ausstattung für die praktische Arbeit sowie geringe Gelder an Schulen, um die kostspieligen Geräte und Reagenzien anzuschaffen. Darüber hinaus sind Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen, z.B. bei rekombinanter DNA-Klonierung und in Bereichen der Proteinbiochemie, in Schulen nicht erlaubt. Obwohl universitäre und privatwirtschaftliche Forschungsinstitute Lehrerfortbildungen gestalten und diese Arbeitsweisen zumeist in einem professionellen Forschungslabor erproben lassen (z.B. Universität Bayreuth¹, EMBL Heidelberg² oder BASF³), sind solche Angebote in der Biotechnologie, die ebendieses praktische Arbeiten mit seiner schulischen Umsetzbarkeit verbinden, sehr selten anzutreffen. Damit werden zeitgemäße Laborfähigkeiten sowie biotechnologische Methoden und Forschungsschwerpunkte nicht im Biologieunterricht an Schüler*innen vermittelt, sondern ebenfalls häufig an außerschulischen Lernorten (Scharfenberg und Bogner, 2014; Glowinski, 2007). Ziel des biotechnologischen Lehrerfortbildungsprogramms an der Technischen Universität München ist daher die Förderung professionsbezogener Kompetenzen bei Lehrkräften. Die gewonnene Expertise soll diese befähigen, innovativen Biologieunterricht zu gestalten, der Interesse, anwendbare Kenntnisse und praktische Fähigkeiten in den modernen Arbeitsweisen der Biotechnologie bei Schüler*innen fördert. Damit einher gehen idealerweise auch Perspektiven für den wissenschaftlichen und berufsbezogenen Nachwuchs.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Entwicklung professioneller Handlungskompetenzen in der Lehrerfortbildung

Lehrkräfte werden als zentrale Akteure im Bildungswesen gesehen, ihre Qualifizierung ist entscheidend für das Gelingen von schulischen Bildungsprozessen (Bauert und Kunter, 2011). Als Wirkungskette wird angenommen, dass das Professi-

- 1 https://www.bayceer.uni-bayreuth.de/didaktik-bio/de/top/23476/4/41244/Genlabor_Flyer_neu_2019.pdf
- 2 https://www.embl.de/training/scienceforschools/teacher_training/index.html
- 3 <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/gesellschaftliches-engagement/woran-wir-arbeiten/education/angebote-7-13/lehrerfortbildungen.html> Letzter Abruf am 22.05.2020

onswissen von Lehrkräften vermittelt durch die Unterrichtsqualität einen Einfluss auf die Lernleistung von Schüler*innen hat (Schmelzing, 2010; Helmke, 2015). Seine fachspezifischen Bereiche Fachwissen und fachdidaktisches Wissen gelten als erklärungs mächtigste Faktoren von Expertenleistung (u.a. Shulman, 1987). Weil Fachwissen und fachdidaktisches Wissen stark korrelieren, wird angenommen, dass Fachwissen eine Bedingung für fachdidaktisches Wissen ist, jedoch das fachdidaktische Wissen einen wesentlichen Einfluss auf Unterrichtsgestaltung und Lernleistung der Schüler*innen hat (Baumert et al., 2010). Lehrkräfte sind daher herausgefordert, ihre berufsspezifischen Kompetenzen kontinuierlich zu entwickeln, um fachlichen und didaktischen Innovationen im Schulsystem sowie den Anforderungen eines zeitgemäßen Biologieunterrichts gerecht zu werden. Gleichzeitig stehen sie in der Kritik, nicht hinreichend über diese Handlungskompetenzen zu verfügen. Fortbildungsmaßnahmen sollten daher regelmäßig durchgeführt werden (Blömeke, 2005), allein weil das Studium zur Erlangung von Professionalität im Lehrberuf nicht ausreicht und ihr Erwerb als lebenslanger Prozess verstanden werden muss (Reusser und Tremp, 2008).

Die Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen wird durch vier aufeinander aufbauende Ebenen bestimmt (Kirkpatrick und Kirkpatrick, 2006; Lipowsky, 2010). Auf der Ebene 1 lassen sich Reaktionen und Einschätzungen der teilnehmenden Lehrkräfte anhand ihrer Zufriedenheit und Akzeptanz identifizieren. Letztere sind dann hoch, wenn die Professionalisierungsmaßnahme relevante Themen des Unterrichts aufgreift, z.B. durch expliziten Lehrplanbezug. Je stärker die Akzeptanz, je nützlicher und realisierbarer die Inhalte erscheinen, desto eher werden die Neuerungen umgesetzt (Blumenfeld et al., 2000). Auf Ebene 2 folgen kognitive Veränderungen, z.B. Erweiterung der Expertise. Lehrkräfte tendieren aus didaktischen Erwägungen oder Selbstschutz häufig zur Überschätzung ihrer Fähigkeiten (Desimone, 2009), während sich Lehrkräfte mit geringer Berufserfahrung eher unterschätzen (Kunter und Klusmann, 2010) oder aber ihre Kompetenzen weniger kritisch und daher milder beurteilen (Rauin und Maier, 2007). Auf Ebene 3 werden Veränderungen im unterrichtspraktischen Handeln beschrieben, auf Ebene 4 werden die Veränderungen bei Schüler*innen hinsichtlich eines höheren Lernerfolgs, einer günstigeren Motivationsentwicklung oder einem veränderten Lernverhalten sichtbar.

2.2 Implementation von Innovationen im Biologieunterricht

Implementationsforschung fokussiert Fragestellungen zu Gelingens- und Verstehtungsbedingungen einer Innovation im Zusammenspiel mit relevanten Akteuren und Strukturen, die bei ihrer Umsetzung beteiligt sind (Jäger, 2004; Gräsel, 2010). Unter Implementation wird die Verbreitung einer Neuerung in einer ersten Phase verstanden. Bei fachlichen und fachdidaktischen Innovationen stellt sich die Frage, inwieweit Lehrerfortbildungen die Implementation einer Innovation fördern können. Um einen Implementationserfolg zu gewährleisten, sollten Lehrkräfte in Bezug auf die inhaltliche Gestaltung der Innovation Vorteile gegenüber der bestehenden Praxis wahrnehmen, ferner sollte sie im Einklang mit ihren subjektiven Überzeugungen, Einstellungen und Werten stehen. Innovationen werden zügiger umgesetzt, wenn sie eine geringe Komplexität aufweisen und die üblichen Handlungsroutinen durch sie nicht beeinträchtigt werden (Gräsel, 2010). Positive Effekte der Innovation sollten nach Möglichkeit schnell sichtbar sein. Entscheidend ist weiterhin, ob Lehrkräfte über die nötige Motivation sowie die erforderlichen Kompetenzen verfügen, um die Innovationen in ihrem Unterricht umzusetzen (Gräsel & Parchmann, 2004). Veränderungen setzen i.d.R. eine Kommunikation der Fachschaft darüber voraus, wie die Neuerungen umgesetzt und an bestehende Bedingungen vor Ort angepasst werden können (Gräsel, 2010). Idealerweise können weitere Akteure bei der Implementation in sog. Learning Communities zusammenarbeiten (Bayrhuber et al., 2007; Ostermeier et al., 2004; Parchmann et al., 2006). Ein Kennzeichen dieses Ansatzes ist, dass Lehrkräfte den Erfolg und die Wirksamkeit prozessbegleitend durch Rückmeldungen z.B. einer wissenschaftlichen formativen Evaluation schnell beurteilen und von diesen Erkenntnissen profitieren können (Gräsel & Parchmann, 2004; Gräsel, 2010).

3 Ziele und Fragestellung

Ziel der Evaluation des Lehrerfortbildungsangebots war neben der Qualitätssicherung konkrete Hinweise für die Weiterentwicklung der angebotenen Unterstützungsmaßnahmen (Materialausleihe, didaktisches Begleitmaterial) sowie des Fortbildungskonzepts zur Erweiterung des Professionswissens und Kooperation mit Blick auf die schulische Implementationsabsicht der Fortbildungsthemen zu erhalten. Eine Fragebogenstudie sollte daher erste Erkenntnisse über die Voraussetzungen von Lehrkräften für eine mögliche Integration der Fortbildungsinhalte in den Biologieunterricht nach erfolgter Fortbildung liefern. Die Studie fokussierte

in Anlehnung an die Modellebenen von Kirkpatrick und Kirkpatrick (2006) bzw. Lipowsky (2010) und Gräsel (2010) folgende Fragestellungen:

- (1) Wie bewerten Lehrkräfte die Materialqualität und Gestaltung des Lehrerfortbildungsangebots mit Blick auf den schulpraktischen Nutzen (Ebene 1)?
- (2) Wie schätzen Lehrkräfte ihre fachliche/fachdidaktische Expertise und praktische Expertise in der Biotechnologie im Anschluss an die Lehrerfortbildung ein (Ebene 2)?
- (3) Sind die Lehrkräfte nach der Fortbildungsteilnahme motiviert, ihre Kenntnisse weiter zu vertiefen und die Fortbildungsinhalte in den Biologieunterricht einzubinden (Ebene 3)?

4 Methoden

4.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 213 Biologielehrkräfte aus Bayern (N = 166) und Berlin-Brandenburg (N = 47) von 82 Schulen teil. Unter den Schulen waren 63 Gymnasien (Bayern N = 45), 5 berufliche Schulen und 2 Realschulen aus Bayern, 7 Gesamtschulen aus Berlin-Brandenburg, 5 andere. 157 TeilnehmerInnen studierten Biologie/Chemie, 52 Personen wählten Biologie/Sonstiges als Studienfächer. Auch vier fachfremde Lehrkräfte mit Chemie/Sonstiges nahmen teil. Die Berufserfahrung der Teilnehmer*innen variiert von einem bis mehr als 19 Jahren. Berufserfahrung und professionelle Kompetenzen können korrelieren, weil jeder Unterricht ein potentieller Lernanlass ist (Ericson, 2006). Gleichwohl zeigen Kompetenzmessungen in Mathematik (COACTIV, Brunner et al. 2008) und Naturwissenschaften (ProwiN; Kirschner et al., 2017), dass dies nicht immer der Fall sein muss. Auch wir sind in unserer Studie davon ausgegangen, dass sich jüngere und ältere Lehrkräfte in ihrer praktischen Erfahrung voneinander unterscheiden, weil molekularbiologische Verfahren, z.B. PCR, Anfang der 1980er Jahre in der Forschung entwickelt wurden und erst in den 1990er Jahren systematischen Einzug in die Lehramtscurricula erhielten. Die Kategorisierung nach der Berufserfahrung dient in dieser Studie daher der explorativen Untersuchung der selbsteingeschätzten Erfahrungen mit angewandter Molekularbiologie (s. FF2) und nicht als distaler Indikator zur Operationalisierung von theoretischem und methodischem Wissen a priori. Die Stichprobe teilte sich in fünf Gruppen: *Referendare Plus* (1–2 Jahre, N = 43), *Beginner* (3–5 Jahre, N = 41),

Fortgeschrittene (6–9 Jahre, N = 36), *Experten* (10–19 Jahre, N = 42), *Experten Plus* (> 19 Jahre, N = 45).

4.2 Gestaltung der Lehrerfortbildung

Die Fortbildung zeichnet sich durch regionale Organisation, Schulen als Fortbildungsort, kollegiale Kooperation sowie durch die Equipment- und Materialausleihe zur Unterstützung der Implementation aus. Es wird sowohl fachliches Hintergrundwissen an die Lehrkräfte vermittelt als auch die praktische Erprobung von biotechnologischen Schülerversuchen mit dem für den Biologieunterricht ausleihbaren Material ermöglicht. Die biotechnologischen Versuche des Basismoduls wurden am bayerischen LehrplanPLUS Biologie der Oberstufe (ISB, 2020) ausgerichtet und für 90 Minuten konzipiert, damit die Einbindung in einer Doppelstunde möglich ist. Aufwändigere Versuche werden in mehrere Schulstunden sequenziert. Die thematisch unterschiedlichen Basismodule umfassen grundlegende Methoden der biotechnologischen Industrie z.B. DNA Extraktion, PCR, Restriktionsverdau und Agarose-Gelelektrophorese, die mit schülergerechten Geräten im Biologieunterricht praktisch durchgeführt werden sollen. Lehrkräfte können in der Fortbildung in einem Kriminalfall ermitteln, der anhand der autosomal-rezessiv vererbten Stoffwechselerkrankung *Mukoviszidose* aufklärt wird, oder die eigene DNA hinsichtlich der bitteren Geschmackswahrnehmung analysieren. Teilnehmer*innen, die das Basismodul absolviert haben, können mit dem Aufbauomodul zur Laktoseunverträglichkeit ihre genetische Prädisposition hinsichtlich *Laktasepersistenz* analysieren. Eine Erweiterung der Kompetenzen ist durch Umsetzung gebräuchlicher industrieller Methoden zur Herstellung laktosefreier Milchprodukte möglich. Bei allen Modulen wird hauptsächlich für den schulischen Gebrauch optimiertes biotechnologisches Equipment verwendet, das ausgeliehen werden kann, um die spätere Umsetzung im Biologieunterricht zu erleichtern.

Im Gegensatz zu anderen Fortbildungsmaßnahmen ist diese i.d.R. regional organisiert und findet an zwei oder drei Nachmittagen an einer Schule statt. Die regionale Organisation erhöht die Attraktivität des Fortbildungsangebots für ländliche Bereiche, insb. des Münchner und Berliner Umlands. Neben dem geringen Aufwand für die Anreise ist ein weiterer Vorteil, dass die schulische Machbarkeit direkt vor Ort sichtbar wird. Alternativ stehen die TUM-Labore in München, Garching oder das *Schülerforschungszentrum Berchtesgadener Land* als Veranstaltungsort zur Verfügung. Bestandteil des Professionalisierungskonzepts ist die Anmeldung von mind. zwei Lehrkräften pro Schule, um die Implementation der molekularbiologischen Methoden durch gegenseitige Unterstützung zu erleichtern (vgl. Setstruktur

SINUS, Ostermeier et al., 2004 und Kontextprogramme u.a. Parchmann et al., 2006), z.T. nahmen gesamte Biologiefachschaften teil. Die praktische Durchführung erfolgt in 2er-Gruppen. Die Lehrkräfte haben des Weiteren für die praktische Umsetzung die Möglichkeit, das ihnen aus der Fortbildung bekannte Equipment und die Reagenzien vorbereitet für ihre Biologiekurse auszuleihen. Auch fachliche und didaktische Begleitmaterialien sollen den Lehrkräften die Einbindung der Fortbildungsinhalte in den Unterricht erleichtern. Digitale Medien, z.B. Demonstrations- und Lernvideos für Lehrkräfte und Schüler*innen, können zum besseren Verständnis komplexer Aspekte der biotechnologischen Themen und Methoden integriert werden. Die Berücksichtigung didaktischer Aspekte bei der Entwicklung der Fortbildung, die Behandlung lehrplanrelevanter Inhalte sowie das Beachten von Bedürfnissen und Defizite der Lehrkräfte kann merklich zur Wirksamkeit und Effektivität des Fortbildungsangebots beitragen (Lipowsky, 2010).

4.3 Fragebogen und Skalendokumentation

Für die Evaluation der Lehrerfortbildung wurden die *Skalen Struktur und Didaktik, Relevanz* und *Kursleitung* aus FEOM (Szymanski und Bruder 2012) ausgewählt und z.T. für den Verwendungszweck spezifiziert, um die Wirksamkeit der Lehrerfortbildung zu überprüfen (Lipowsky, 2010, Ebene 1 s.o.). Diese Skalen wurden um weitere Items zur Selbsteinschätzung der fachlichen, fachdidaktischen und praktischen Expertise zur Biotechnologie und zur Implementationsabsicht ergänzt (z.T. in Anlehnung an Pohlmann und Möller, 2010; s. auch Lipowsky, 2010; Ebene 2 und 3). Als Antwortformat wurde eine vierstufige Likert-Skala (0 = *trifft nicht zu* bis 3 = *trifft voll zu*) gewählt. Die Daten wurden mit SPSS 25 ausgewertet. Nach Rekodierung negativ formulierter Items wurde die Skalengüte mit Item-, Faktoren- und Reliabilitätsanalysen überprüft. Das resultierende Instrument umfasst fünf Skalen zur Beschreibung der Fortbildungsqualität zur Biotechnologie. Alle fünf Skalen (Tabelle 1) wiesen gute bis sehr gute Reliabilitäten auf (Bühner, 2011).

Tabelle 1: Skalendokumentation mit Itembeispielen; angegeben sind Anzahl der Items (N), Skalenmittelwerte (M/SD) und Cronbachs α .

		N Item	M	SD	α
Ebene 1	Instruktionsqualität der Fortbildung Beispielitem: Die Lehrmethoden waren zur Vermittlung der Inhalte gut geeignet	7	16,08	2,10	0,749
	Materialqualität/schulpraktischer Nutzen Beispiel: Das Skript bezieht sich auf im Lehrplan relevante Themen.	7	18,44	2,43	0,744
Ebene 2	Selbsteinschätzung fachliche/fachdidaktische Expertise Biotechnologie Beispiel: Ich fühle mich in der theoretischen Einführung überfordert. (rec)	4	8,52	2,30	0,817
	Selbsteinschätzung praktische Expertise Biotechnologie Beispiel: Vor der Teilnahme an der Veranstaltung besaß ich kaum praktische Erfahrung mit der Methodik Gelelektrophorese. (rec)	3	5,75	3,01	0,904
Ebene 3	Motivation Vertiefung Biotechnologie/Implementationsabsicht Beispiel: Die Veranstaltung hat mich motiviert, die angebotenen Inhalte in meinem Unterricht einzubauen	6	15,79	2,36	0,763

4.4 Durchführung der Evaluation

Die Lehrerfortbildungen und ihre Evaluation fand von Juni 2017 bis März 2019 statt (entspricht zwei Schulhalbjahren). 23 Lehrerfortbildungen wurden in Bayern zwei in Berlin-Brandenburg durchgeführt. Von den insgesamt 25 Fortbildungen wurden gut dreiviertel an jeweils einer der teilnehmenden Schulen veranstaltet. Die Evaluation der Lehrerfortbildung fand per Fragebogen am Ende jeder Veranstaltung statt. Zur Ermittlung von Unterschieden wurden Mittelwertanalysen (*t*-Test, ANOVA) durchgeführt. Der Einfluss der Instrukionsqualität, der Materialqualität/des schulpraktischen Nutzens sowie der Selbsteinschätzung von Fachwissen/fachdidaktischer Expertise auf die Motivation zur Vertiefung der Biotechnologie und Implementationsabsicht wurde durch eine schrittweise Regressionsanalyse untersucht.

5 Ergebnisse

Die Lehrkräfte bewerteten die Gestaltung des Lehrerfortbildungsangebots sowie die Materialqualität mit Blick auf den schulpraktischen Nutzen als sehr gut. Zwei Personen machten keine Angaben zur Skala Materialqualität/schulpraktischer Nutzen.

Tabelle 2: Deskriptive Statistik zu den Skalen der Ebenen 1–3; angegeben sind Stichprobenumfang (N), Mittelwerte (M) mit Standardabweichungen (SD) sowie die Spannweite (Min/Max).

Skala		N	M	SD	Min	Max
Ebene 1	Instruktionsqualität der Fortbildung	213	2,67	0,36	1	3
	Materialqualität/schulpraktischer Nutzen	211	2,62	0,35	1,43	3
Ebene 2	Selbsteinschätzung fachliche/fachdidaktische Expertise Biotechnologie	213	2,13	0,57	0	3
	Selbsteinschätzung praktische Expertise Biotechnologie	213	1,92	1,02	0	3
Ebene 3	Motivation Vertiefung Biotechnologie/Implementationsabsicht	213	2,61	0,41	0,83	3

Auch die eigene fachliche/fachdidaktische Expertise in der Biotechnologie wurde überdurchschnittlich eingeschätzt. Weniger Zutrauen hatten die Lehrkräfte dagegen in ihre praktischen Fähigkeiten (Tabelle 2), was jedoch zwischen den Gruppen mit unterschiedlicher Berufserfahrung variierte (Tabelle 3). Sechs Personen machten dabei keine Aussage zu ihrer bisherigen Berufserfahrung ($N_{ges} = 207$).

Tabelle 3: Deskriptive Statistik für die Selbsteinschätzung Fachwissen/fachdidaktische sowie praktische Expertise Biotechnologie getrennt nach Berufserfahrung.

Berufserfahrung	N	FW/FD Expertise		Prakt. Expertise	
		M	SD	M	SD
Ref plus	43	1,81	0,56	2,21	0,91
Beginners	41	2,16	0,59	1,93	1,07
Fortgeschrittene	36	2,43	0,47	2,18	0,74
Experten	42	2,16	0,42	1,65	0,98
Experten Plus	45	2,13	0,63	1,59	1,14

Eine einfaktorielle Varianzanalyse ergab einen Haupteffekt für die Anzahl der Berufsjahre bei der Selbsteinschätzung Fachwissen/Fachdidaktische Expertise Biotechnologie ($F(4,202) = 6,649, p < 0,001, \eta^2 = 0,116, N = 202$). Die subjektive Einschätzung fällt bei Teilnehmer*innen mit längerer Berufserfahrung höher aus als bei den Referendaren Plus, dabei schätzen die Fortgeschrittenen ihr biotechnologisches Wissen und ihre Vermittlungskompetenz am höchsten ein. Post-hoc-Tests mit LSD-Korrektur zeigten paarweise Unterschiede: Referendare Plus unterschieden sich signifikant von den Beginnern und den Experten. Ein höchst signifikanter Unterschied besteht zwischen den Referendaren Plus und den Fortgeschrittenen. Auch die Mittelwertunterschiede bei der Selbsteinschätzung der praktischen

Expertise Biotechnologie sind statistisch bedeutsam ($F(4,202) = 3,605, p < 0,01, \eta^2 = 0,067, N = 202$). Hier sind die Verhältnisse umgekehrt: Die geringste Selbsteinschätzung haben die Experten, während sich die Referendare plus als überdurchschnittlich praktisch erfahren einstufen. Die Post-hoc Untersuchung mit LSD-Korrektur zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen.

Im Anschluss an die Fortbildung sind die Lehrkräfte motiviert, ihre Kenntnisse zu vertiefen und die Fortbildungsinhalte in den Biologieunterricht einzubinden (Tabelle 2). Zur Vorhersage möglicher Einflussfaktoren auf die Implementationsabsicht in den Biologieunterricht wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Für die Kriteriumsvariable Motivation zur Vertiefung der Biotechnologie/Implementationsabsicht werden drei Prädiktoren Instruktionsqualität, Materialqualität/schulpraktischer Nutzen und Selbsteinschätzung Fachwissen/Fachdidaktische Expertise Biotechnologie in der Regressionsanalyse signifikant; diese Prädiktoren klären 29,3 % der Varianz auf (Tabelle 4).

Tabelle 4: Regressionsanalyse für die Kriteriumsvariable Motivation zur Vertiefung der Biotechnologie/Implementationsabsicht (Ebene 3).

Prädiktoren	B	σ_n	β	T	
Ebene 1	Instruktionsqualität der Fortbildung	0,260	0,089	0,238	2,934**
	Materialqualität/schulpraktischer Nutzen	0,311	0,084	0,282	3,71***
Ebene 2	Selbsteinschätzung fachliche/fachdidaktische Expertise Biotechnologie	0,104	0,045	0,153	2,326*
<i>R</i> _{korrr.} ² = ,293; $F(3,201) = 29,147 p = 0,000$					

Viele der Lehrkräfte implementierten die molekularbiologischen Themen und Arbeitsweisen 1–10 Monate nach Teilnahme an der Lehrerfortbildung. Die Ausleihe der Materialkisten erfolgte an eine Schule eines regionalen Netzwerks und wurde von dort aus ggf. weitertransportiert. Die Lehrkräfte organisierten die Implementation unterschiedlich: neben (mehreren) Doppelstunden im Biologieunterricht fanden auch Projektstage zur Biotechnologie mit mehreren Klassen oder sogar einer ganzen Jahrgangsstufe statt. Zum jetzigen Zeitpunkt lässt sich daher die Zahl der Lehrkräfte, die (mit bzw. ohne Fortbildung) implementiert haben, nicht genau bestimmen. Hierzu soll eine Interviewstudie Aufschluss geben, die im März 2020 angelaufen ist. Durch die portionierten Verbrauchsmaterialien bei der Ausleihe konnte zumindest bestimmt werden, dass in den Schuljahren 17/18 und 18/19 knapp 2000 Schüler*innen an der Umsetzung der Fortbildungsthemen im Biologieunterricht teilgenommen haben.

6 Diskussion

In diesem Beitrag wurde die Evaluation einer regional organisierten Lehrerfortbildung zur Biotechnologie vorgestellt. Hierbei wurde die Erreichung der Ebenen 1 und 2 nach der dem Modell der Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen angenommen (Kirkpatrick und Kirkpatrick, 2006; Lipowsky, 2010) und zukünftiges unterrichtliches Handeln (Ebene 3) anhand der selbstberichteten Implementationsabsicht überprüft. Die teilnehmenden Lehrkräfte schätzen die Instruktions- und Materialqualität der Fortbildung hoch ein. Damit war die Gestaltung der Fortbildung nach Lipowsky (2010) „close to the job“ und bezog sich auf den alltäglichen Unterricht und auf das Curriculum. Ferner wurde sie von kompetenten Referentinnen professionell durchgeführt und bot Gelegenheiten zum Austausch mit teilnehmenden Kollegen*innen. Die Lehrkräfte verfügen mit zunehmender Berufserfahrung über das theoretische Fachwissen und fachdidaktische Wissen in der Biotechnologie. Diese Beobachtung stimmt mit den Befunden von Kunter und Klusmann (2010) überein, dass sich Lehrkräfte mit geringer Berufserfahrung eher unterschätzen. Allerdings schätzen junge Lehrkräfte gegenüber den erfahreneren Kollegen*innen ihre praktischen Fertigkeiten als gut ein. Dies könnte ein Effekt eines stärker forschungsmethodisch orientierten Studiums in den Biowissenschaften der letzten Jahrzehnte sein, bei dem biotechnologische Methoden verpflichtend Einzug in das Biologie-Lehramtsstudium erhalten haben. Die positive Bewertung der Lehrerfortbildung und die hohe Kompetenzeinschätzung der Lehrkräfte in Bezug auf die theoretischen Aspekte der Biotechnologie machen die Implementation der Fortbildungsinhalte wahrscheinlich (Blumenfeld et al., 2000; Gräsel und Parchmann, 2004; Lipowsky, 2010), die Realisierung der Fortbildungsthemen im Biologieunterricht wird auch von der Anzahl der Materialausleihen im Nachgang zur Fortbildung gestützt. Insgesamt wurden mit der vorgestellten Lehrerfortbildung die wesentlichen Zielsetzungen erreicht.

Gleichwohl sollen abschließend methodische Limitationen der Untersuchung durch die Anlage des Evaluationsdesigns und die Auswahl der Stichprobe reflektiert werden. Die Aussagekraft der Untersuchung wird durch die einmalige Befragung der Lehrkräfte eingeschränkt. Die Beurteilungen zur Instruktions- und Materialqualität sowie ihre Selbsteinschätzungen zum Professionswissen und zur Implementationsabsicht wurden nur im Anschluss an die Fortbildung erhoben (s. Kap. 4). Da molekularbiologische Untersuchungen in der Lehrerfortbildung zeitaufwändig sind, wurde auf eine Vorabbefragung der Lehrkräfte zu ihren persönlichen Voraussetzungen verzichtet. Eine wiederholte Beanspruchung der Lehrkräfte durch zwei Erhebungen kann darüber hinaus zur Verringerung der Motivation bzgl. der Fragebogenbearbeitung führen (Sequenzeffekt s. Eid et al., 2013, S. 447).

Lehrerfortbildungen in der Biotechnologie, insbesondere mit praktischen Übungen zu den Methoden, sind selten zu finden und daher auch nach der Einschätzung der erfahreneren Lehrkräfte Angebote dringend erforderlich. Die vorgestellte Fortbildung wurde basierend auf aktuellen Befunden der biologischen, fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Forschung konzipiert, um möglichst viele Lehrkräfte anzusprechen und sie von den Vorteilen eines modernen evidenzbasierten Fortbildungskonzepts profitieren zu lassen. Dieses Konzept sollte sich daher als wirksamer erweisen können als Fortbildungsmaßnahmen zur Biotechnologie, die diese Evidenzen nicht berücksichtigen und eher einer traditionellen universitären Fortbildungspraxis folgen (z.B. One-Shot mit individueller Anmeldung ausschließlich im Universitätslabor und professionellen Laborgeräten). Aus ethischen Gründen ist daher eine Kontrollgruppe schwierig umzusetzen, der man den aktuellen Stand der Wissenschaft, die didaktischen Innovationen und die organisatorischen Vorteile wesentlich vorenthält.

Ferner wird die Aussagekraft der Evaluationsstudie begrenzt, weil die Stichprobe der Lehrkräfte nicht zufällig gezogen wurde. Zwar gibt es in Bayern eine Fortbildungsverpflichtung, gleichwohl ist die Teilnahme an dieser Lehrerfortbildung und ihrer Evaluation freiwillig. Daher werden sich insbesondere solche Lehrpersonen an der Befragung beteiligt haben, die am Thema interessiert und Fortbildungen gegenüber positiv eingestellt waren. Die Fortbildungsmotivation von intrinsisch motivierten Teilnehmer*innen kann zu positiven Lerneffekten führen (Stavrou, 2008) und damit sich auf Zusammenhänge zwischen den berichteten Skalen auswirken (Bortz und Döring, 2016). Zur Überprüfung der Ergebnisse empfiehlt sich daher eine Validierungsstudie an Zufallsstichproben ggf. mit Wartegruppen-Design.

7 Ausblick

Mit dem nächsten Schuljahr 2020/21 ist die regionale Ausweitung der Lehrerfortbildung in Bayern und der Ausbau an kooperierenden Standorten geplant. Darüber hinaus wird in wachsender Anzahl eine erneute Teilnahme von ehemaligen Fortbildungsteilnehmer*innen erwartet. Aktuell werden neue Module entwickelt, die das bisherige Angebot ergänzen und vertiefen. Auch eine Erweiterung des didaktischen Begleitmaterials zu ethischen Aspekten der Biotechnologie und zur Bioinformatik befindet sich in Planung. Das Evaluationsdesign in Form der Fragebogenstudie wird überarbeitet. Anstatt einer Wartegruppe könnten Vergleichsgruppen ggf. über neue Materialien differenziert werden, mit denen sich Frage-

stellungen fachdidaktischer Grundlagenforschung untersuchen lassen. Darüber wurde im März 2020 eine Follow-up Befragung als Interviewstudie gestartet. Dabei werden Lehrkräften interviewt, die im Schuljahr 2018/19 an der Fortbildung teilgenommen und die Fortbildungsinhalte bereits in ihren Biologieunterricht implementiert haben.

Danksagung

Die Lehrerfortbildungen und ihre begleitende Evaluation werden von der Amgen Stiftung im Rahmen des Förderprogramms *Amgen Biotech Experience (ABE)* gefördert.

8 Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Waxmann.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., & Tsai, Y. M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal* 47(1), 133–180.
- Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Eggert, S., Elster, D., Grube, C., Hößle, C., Linsner, M., Lücken, M., Mayer, J., Möller, A., Nerdel, C., Neuhaus, B., Prectl, H., Sandmann, A., Mittelsten Scheid, N., Schmiemann, P., Schoormans, G. (2007). *Biologie im Kontext – Erste Forschungsergebnisse. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 60(5), 304–313
- Blömeke, S. (2005). Das Lehrerbild in Printmedien. *Die Deutsche Schule* 97(1), 24–39.
- Blumenfeld, P., Fishman, B., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist* 35, 149–164.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S. et al. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, S. 521–544.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. Hallbergmoos: Pearson Deutschland GmbH.
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher* 38(3), 181–199.
- Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2013). *Statistik und Forschungsmethoden: Lehrbuch. Mit Online-Materialien* (3. Deutsche Erstausgabe). Beltz.
- Ericsson, K. A. (2006). The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (Hrsg.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (S. 685–705). Cambridge University Press.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00002564 [22.05.2020]
- Gräsel, C. (2010). Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 13(1), 7–20.
- Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft* 32(3), 196–214.
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (6. Aufl.). Friedrich Verlag.
- Jäger, M. (2004). *Transfer in Schulentwicklungsprojekten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kirschner, S., Szudlek, M., Tepner, O., Borowski, A., Fischer, H. E., Lenske, G., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sumfleth, E., Thillmann, H. & Wirth, J. (2017). Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN). In C. Gräsel & K. Trempeler (Hg.), *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals: Interdisziplinäre Betrachtungen, Befunde und Perspektiven* (S. 113–130). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-07274-2_7
- Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2006). *Evaluating training programs: The four levels*. San Francisco, CA: Berrett-Koehler.
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand (Wolters Kluwer Deutschland GmbH). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf [22.05.2020]

- Kunter, M., & Klusmann, U. (2010). Kompetenzmessung bei Lehrkräften – Methodische Herausforderungen [Measuring teachers' competence – methodological challenges]. *Unterrichtswissenschaft* 38(1), 68–86.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* 1, 51–72.
- Ostermeier, C., Carstensen, C. H., Prenzel, M., Geiser, H. (2004). Kooperative unterrichtsbezogene Qualitätsentwicklung in Netzwerken. Zugangsbedingungen für die Implementation im BLK-Modellversuchsprogramm SINUS. *Unterrichtswissenschaft* 32 (3), 215–237.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., Ralle, B., & Chik Project Group (2006). „Chemie im Kontext“: A symbiotic implementation of a context-based teaching a learning approach. *International Journal of Science Education* 28(9), 1041–1062.
- Pohlmann, B., & Möller, J. (2010). Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums (FEMOLA). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 24(1), 73–84.
- Rauin, U., & Maier, U. (2007). Subjektive Einschätzungen des Kompetenzerwerbs in der Lehramtsausbildung. In M. Lüders & J. Wissinger (Hrsg.), *Forschung zur Lehrerbildung. Kompetenzentwicklung und Programmevaluation* (S. 103–131). Waxmann.
- Reusser, K., & Tremp, P. (2008). Diskussionsfeld << Berufliche Weiterbildung von Lehrpersonen >>. *Beiträge zur Lehrerbildung* 26(1), 5–10.
- Scharfenberg, E.-J. & Bogner, F. X. (2014). Outreach Science Education: Evidence-Based Studies in a Gene Technology Lab. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(4), 329–341 (13 Seiten). <http://www.ejmste.com/Makale.aspx?kimlik=231>
- Schmelzing, S. (2010). Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften: Konzeptionalisierung, Diagnostik, Struktur und Entwicklung im Rahmen der Biologielehrerbildung. Logos.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* 57, 1–22.
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB) (2015). Lehrplan Plus. <https://www.lehrplanplus.bayern.de> [22.05.2020]
- Stavrou, N. A. (2008). Intrinsic motivation, extrinsic motivation and amotivation: Examining self-determination theory from flow theory perspective. In F. M. Olsson (Hrsg.), *New Developments in the Psychology of Motivation* (S. 1–24). Nova Science Publishers.

- Szymanski, R., & Bruder, R. (2012). Lehrerprofessionalisierung im Online-Zeitalter – Konzeption und Evaluation von Online Fortbildungskursen für Mathematiklehrkräfte. In M. Lobarg, C. Fischer, I.M. Dalehefte, F. Treppe & M. Menk (Hrsg.), *Lehrerprofessionalisierung wissenschaftlich begleiten – Strategien und Methoden* (S. 87–101). Waxmann.