



# Didaktische Rekonstruktion eines Lehrkräftefortbildungskonzeptes für fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht

Philipp Engelmann<sup>1,\*</sup> & Volker Woest<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena

\* Kontakt: Friedrich-Schiller-Universität Jena,

AG Chemiedidaktik, August-Bebel-Str. 2, 07743 Jena

philipp.engelmann@uni-jena.de; volker.woest@uni-jena.de

**Zusammenfassung:** Der vorliegende Artikel stellt die fachdidaktische Entwicklung einer Lehrkräftefortbildung nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion vor. Ziel ist es, Lehrkräfte auf das Unterrichten fächerübergreifender Naturwissenschaften fachlich wie fachdidaktisch vorzubereiten. Die Studie legt dar, dass Basiskonzepte, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, Kontextorientierung und Experimente sinnstiftende Konstruktionskriterien sind. Der Fokus dieses Artikels liegt auf der empirisch begleiteten Analyse ausgewählter Fortbildungsinhalte. Umrahmt wird die inhaltliche Rekonstruktion durch eine Interviewstudie und ein begleitendes Evaluationskonzept. Die so entwickelte Fortbildung ist durch die fachliche Fundierung physikalischer, chemischer und biologischer Grundlagen gekennzeichnet. Dabei wird insbesondere die Rolle von fachfremdem Unterricht berücksichtigt, der für fächerübergreifende Naturwissenschaften charakteristisch ist. Mit Blick auf diese besondere Situation diskutiert der Artikel spezifische Herausforderungen im integrierten Unterricht und liefert Beiträge für eine weitere Professionalisierung von Lehrkräften für diese Unterrichtsform.

**Schlagerwörter:** Fächerübergreifende Naturwissenschaften, Lehrkräftefortbildung, Kohlenstoffnanomaterialien, Didaktische Rekonstruktion, Qualitative Inhaltsanalyse



## 1 Einführung

Mit der Implementierung fächerübergreifender Naturwissenschaftscurricula mit integrativem Charakter in nahezu allen Bundesländern stehen Lehrkräfte in Deutschland vor der Herausforderung, diese Fächer fachwissenschaftlich wie fachdidaktisch und damit auch experimentell zu gestalten. Die Professionalisierung naturwissenschaftlicher Lehrkräfte für diesen Unterricht ist somit ein Kernproblem aktueller fachdidaktischer Forschung. Im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrer\*innenbildung wurde an der Friedrich-Schiller-Universität Jena von 2016 bis 2019 ein Fortbildungskonzept für fächerübergreifende Naturwissenschaften entwickelt. Dabei wurde auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (MDR) zurückgegriffen. Im vorliegenden Beitrag soll zunächst ausgehend von aktuellen Herausforderungen im fächerübergreifenden Unterricht und Merkmalen adäquater Fortbildungen die Notwendigkeit einer Weiterbildungsstruktur begründet werden. Anschließend werden das Vorgehen der Didaktischen Rekonstruktion, das auf diese Weise erstellte Fortbildungskonzept sowie Ergebnisse der empirischen Begleitforschung diskutiert.

## 2 Herausforderungen im fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht

Die aktuelle Diskussion über fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht geht maßgeblich auf die in den 1960er-Jahren entwickelte Gesamtschulidee, die öffentliche Diskussion um Inhalte der Allgemeinbildung in den 80er-Jahren sowie die Inhalts- und Methodenkrise der späten 90er-Jahre zurück. Einen Überblick über die Geschichte des integrierten Unterrichts in den Naturwissenschaften geben Gebhard, Höttecke und Rehm (2017). Die heutige Verwendung des Terminus „fächerübergreifend“ bezeichnet einen Oberbegriff für verschiedene Organisationsformen dieses Unterrichts, die Labudde (2014) konkreter differenziert. Rehm et al. (2008) greifen in einer neueren Systematisierung Arbeiten von Häußler (1973), Hiller-Ketterer und Hiller (1997), Huber und Effe-Stumpf (1994) sowie Popp (1997) auf und fokussieren u.a. naturwissenschaftsimmanente Konzepte sowie Basiskonzepte zur strukturierten Akzentsetzung integrierter Themen.

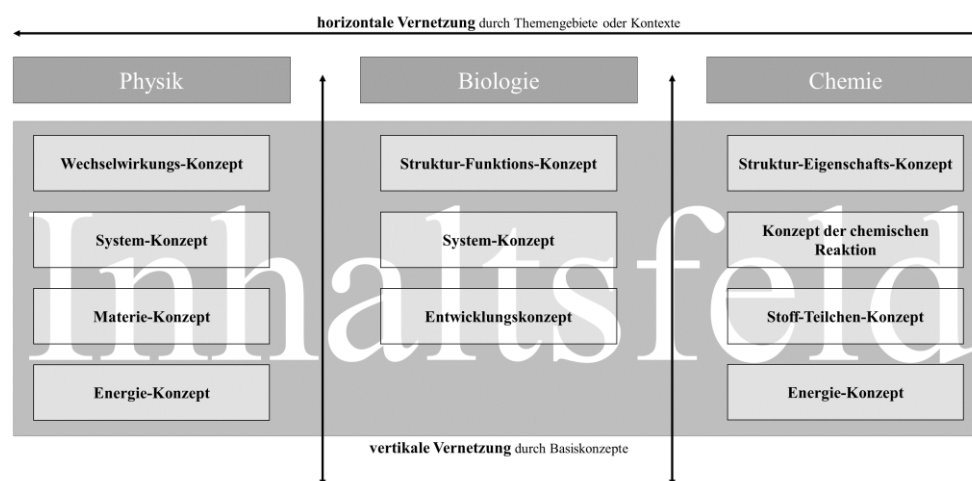


Abbildung 1: Zur Rolle der Basiskonzepte in der Diskussion um die Vernetzung der drei Naturwissenschaftendisziplinen im fächerübergreifenden Kontext (eigene Darstellung)

In dieser Tradition wird fächerübergreifender Unterricht im Rahmen des hier entwickelten Fortbildungskonzeptes themenzentriert verstanden. Fächerübergreifende Inhalte sind dabei durch ein übergeordnetes Thema gekennzeichnet, das vielfältige, im naturwissenschaftlichen Unterricht aber insbesondere biologische, chemische und/oder physikalische Zugänge erlaubt. Diese übergeordneten Themen bieten häufig ein hohes Potenzial an Kontextorientierung (siehe dazu bspw. Nentwig, Demuth, Parchmann, Gräsel & Ralle, 2007, mit „Chemie im Kontext“). Die Basiskonzepte der jeweiligen Fachdisziplinen Physik, Biologie und Chemie stellen hierbei sich wiederholende Erklärungsmuster oder Modellvorstellungen dar. Diese geben den Thematiken eine inhaltliche Struktur, die für die jeweilige Naturwissenschaft eine spezifische vertikale Vernetzung ermöglicht (vgl. Abb. 1 auf der vorhergehenden Seite). Im hier dargestellten Verständnis des integrierten Unterrichts stehen die traditionellen Fachdomänen daher in einem sich ergänzenden Verhältnis, ohne dabei ihre jeweilige fachimmanente Struktur aufzugeben. Bei einem Inhaltsfeld wie z.B. Kohlenstoffnanomaterialien eröffnet sich als Kontext die Diskussion innovativer Materialien bspw. für Leichtbaumaterialien oder die Alltags- und Zukunftsbedeutung von Graphen als *Wundermaterial*. Es lässt sich dann mithilfe des Struktur-Eigenschafts-Konzepts aus chemischer Sicht die Bedeutung von Graphen für verschiedene Anwendungsfelder (optisch transparente Elektroden, biegsame Lautsprecher, Grundbaustein für weitere Kohlenstoffnanomaterialien etc.) ableiten. Die Beschreibung der mechanischen Eigenschaften von Kohlenstofffasern erfordert hingegen physikalische Konzepte wie das Hookesche Gesetz als Bestandteil des Basiskonzeptes Wechselwirkung. Es zeigt sich, dass die Basiskonzepte durch konkrete Fachkonzepte weiter ausgeschärft oder neben inhaltlichen auch um methodische Aspekte erweitert werden können.

Auch wenn sich ein fächerübergreifender Unterricht durch verschiedene Formen und Dimensionen auszeichnen kann (Labudde, Heitzmann, Heiniger & Widmer, 2005), stellen aktuelle Curricula die Lehrkräfte vor die Herausforderung, alle drei klassischen Naturwissenschaftsdisziplinen im integrierten Unterricht zu berücksichtigen. Die damit einhergehende mangelnde fachliche Fundierung der Lehrkräfte bei dieser Unterrichtsform bildet einen zentralen Kritikpunkt. So fordern bspw. Schecker et al. (1996) und der MNU-Bundesverband (Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts) (2015) einen domänenspezifisch zu orientierenden Naturwissenschaftsunterricht. Diese Forderung ist u.a. auch in unzureichenden Fort- und Weiterbildungsangeboten begründet (Döriges, 2001; Bröll & Friedrich, 2012; Busch & Woest, 2016). Lehrkräfte sind im fächerübergreifenden Unterricht somit mit fachfremden Inhalten konfrontiert, die fachlich zu erschließen und fachdidaktisch aufzubereiten sind. Die sich daraus ergebenden zentralen Herausforderungen, auf die u.a. Kremer und Stäudel (1997), Döriges (2001), Fruböse, Illgen, Kohm und Wollscheid (2011) sowie Küster (2014) hinweisen, lassen sich in vier Bereiche einteilen:

*Motivation:* Die Erarbeitung fachfremder Inhalte erfordert einen erhöhten Zeit- und Arbeitsaufwand. Zudem beinhalten fächerübergreifende Curricula häufig moderne und damit für den Schulunterricht prinzipiell neue Inhalte. So müssen bei einem Thema wie Regenerative Kraftstoffe, das typisch für den integrierten Unterricht ist, neue Stoffeigenschaften wie Viskosität vermittelt werden. Auch die Herstellung von Biodiesel über eine Umesterung von Rapsöl muss unter chemischen Denkweisen neu erarbeitet und insbesondere an das Schüler\*innenniveau angepasst werden.

*Koordination:* Die Thematisierung biologischer, chemischer und physikalischer Inhaltsfelder in einem gemeinsamen Unterricht erfordert in erhöhtem Maße Absprachen zwischen den Lehrkräften. Schulorganisatorisch müssen bspw. Teamteaching oder der Aufbau einer gemeinsamen naturwissenschaftlichen Fachsammlung diskutiert werden. Für einen experimentellen Unterricht stellt sich zudem die Frage nach einem adäquaten Fachraum.

*Interpretation:* Das Verständnis für die Charakteristiken einer Fachdisziplin stellt die zentrale Herausforderung im fächerübergreifenden Unterricht dar. Werden bspw. bei einem fächerübergreifenden Thema Gitter-Modelle zur Strukturbeschreibung herangezogen, muss die Lehrkraft diese in Hinblick auf ihren Aussagegehalt und ihre Grenzen analysieren. Insbesondere relevante Schüler\*innenvorstellungen sind in Bezug auf das jeweilige Modell in die Unterrichtsplanung zu integrieren, um die Präkonzepte der Schüler\*innen aufzugreifen. Daneben unterscheiden sich die einzelnen Naturwissenschaftsdisziplinen hinsichtlich ihrer Methodiken, auch wenn im alltäglichen Sprachgebrauch oft von *einer* naturwissenschaftlichen Methode gesprochen wird. Über die Rolle der Mathematik, die Kenntnis von Basiskonzepten bis zur historischen Entwicklung einer Disziplin gibt es viele weitere fachspezifische Anteile, die im Kontext mangelnder Fachkompetenz besondere Herausforderungen darstellen.

*Konstruktion:* Seit ungefähr zehn Jahren sind integrierte Curricula in allen Schulformen der Bundesrepublik fest implementiert. Dennoch existieren für viele dieser Fächer noch keine adäquaten Unterrichtsmaterialien. Für den Anfangsunterricht (ab Klasse 5) gibt es zwar entsprechende Lehrbücher. Jedoch bleibt die Frage offen, wie Lehrkräfte deren Qualität für den eigenen Unterricht einschätzen und inwieweit diese für die Lehrkraft auch über den Schulinhalt hinaus Informationen bereitstellen.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist ein Unterstützungssystem für den fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht vonnöten. Um hierfür eine Fortbildungsstruktur für Lehrkräfte zu entwickeln, muss die Frage beantwortet werden, wodurch gute, fächerübergreifende Lehrkräftefortbildungen gekennzeichnet sind.

### 3 Merkmale guter fächerübergreifender Lehrkräftefortbildungen

Im deutschsprachigen Raum hat sich für die Beschreibung von Lehrkräftefortbildungen das Angebots-Nutzungs-Modell von Lipowsky (2010) durchgesetzt. Dieses versteht in Anlehnung an das Angebots-Nutzungs-Modell für den Unterricht nach Helmke (2012) eine Fortbildung als Angebot, das entsprechend der jeweiligen Voraussetzungen der Lehrkräfte individuell genutzt wird. Lipowsky (2010) beschreibt die zahlreichen Wechselwirkungen verschiedener Faktoren auf die Nutzung des Angebots. Der Lernerfolg muss dabei auf vier Stufen betrachtet werden, die sich auch in Arbeiten von Kirkpatrick (1970) und Desimone (2009) widerspiegeln und als Stufen der Wirksamkeit von Fortbildungen bezeichnet werden können. Auf der ersten Stufe steht die Akzeptanz. Lipowsky (2010) diskutiert hierbei Faktoren, die die Zufriedenheit der Teilnehmenden erhöhen. Desimone (2009) kritisiert in diesem Zusammenhang eine unzureichende empirische Absicherung vieler Einflussfaktoren und stellt in einem konzeptionellen Rahmen für die Lehrkräftefortbildung fünf *core features* auf, die als empirisch abgesichert gelten und die Akzeptanz eines Angebots erhöhen:

- *content focus:* Orientierung an fachspezifischen Elementen und am Schüler\*innenlernen;
- *active learning:* Ermöglichung aktiver Lerngelegenheiten für die Lehrkräfte, z.B. Beobachtung von Unterricht, Diskussionen, eigenes Bearbeiten eines Lerngegenstandes;
- *coherence:* Anknüpfung der Inhalte an den Wissensstand und die Überzeugungen der Lehrkräfte;
- *duration:* Bevorzugung von zeitlich umfangreichen, sich über einen längeren Zeitraum erstreckenden Fortbildungen;
- *collective participation:* Bearbeitung von Fortbildungsthemen durch kollektives anstelle von individuellem Arbeiten.

Der konzeptionelle Rahmen von Desimone (vgl. Abb. 2) entspricht einem Pfadmodell und spiegelt die vier Stufen der Wirksamkeit von Fortbildungen wider. Ausgehend von einer an den *core features* orientierten Lehrkräftefortbildung steigert bzw. verändert sich die professionelle Handlungskompetenz der Lehrkräfte. Dies führt zu einem erweiterten und verbesserten unterrichtspraktischen Handeln, in dessen Folge Effekte auf das Schüler\*innenlernen zu verzeichnen sind. Desimone (2009) verweist dabei darauf, dass ihrem Modell weitere Einflussgrößen fehlen, da diese empirisch noch nicht hinreichend abgesichert sind. Lipowsky (2010) unterstreicht weiterhin die Arbeitsatmosphäre und die Rolle und Kompetenz der Referent\*innen als maßgeblich für die Akzeptanz der Fortbildung.

Die Nutzung des Angebotes hängt jedoch nicht allein von diesen Merkmalen ab. So wirken sich schulische wie private Kontextbedingungen auf die individuelle Nutzung der Fortbildung durch eine Lehrkraft aus. Außerdem hängen die einzelnen Wirksamkeitsstufen interaktiv und nicht-rekursiv miteinander zusammen (Desimone, 2009). Lipowsky (2010) verweist darauf, dass in der einschlägigen Literatur noch keine direkte Korrelation zwischen Teilnehmendenzufriedenheit und dem Wissenserwerb nachgewiesen wurde. Zudem seien auch Effekte möglich, bei denen sich motivationale Professionsmerkmale erst dann ausbilden, wenn Erfolge im veränderten unterrichtspraktischen Handeln verzeichnet wurden. Damit liegt den Modellen von professionellen Lehrkräftefortbildungen stets eine gewisse Heuristik zugrunde.

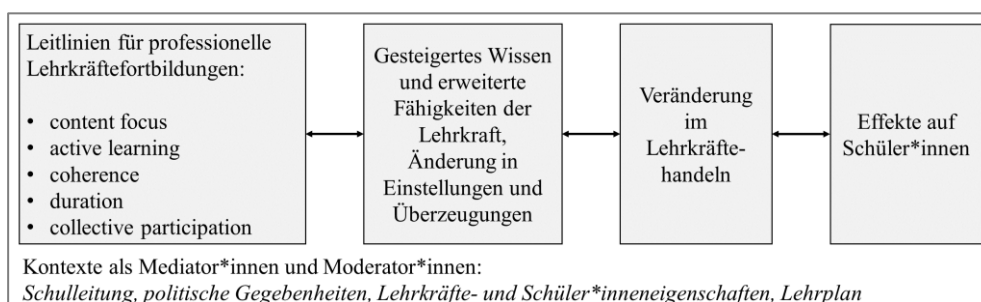


Abbildung 2: Vorschlag von Desimone (2009) für einen empirisch abgesicherten, konzeptionellen Rahmen für Lehrkräftefortbildungen (eigene Darstellung, verändert nach Desimone, 2009)

Bezogen auf naturwissenschaftliche Fortbildungen sind im deutschsprachigen Raum die maßgeblichen Arbeiten von Neu und Melle (1998), Pietzner, Scheuer und Daus (2004) sowie Schmidt und Neu (2004) zu nennen, in denen neue Experimente, ein Fokus auf Unterrichtskonzepte sowie auf fachliche Hintergründe, methodische Themen und Erfahrungsaustausch als zentrale Qualitätsmerkmale von Fortbildungen genannt werden. Pennig (2005) weist weiterhin auf organisatorische Merkmale wie Regionalität des Angebots und Nachmittagsveranstaltungen zur Vermeidung von Unterrichtsausfall hin. Wenning und Sandmann (2016) unterstreichen zudem die Rolle kompetenter Referent\*innen sowie des Begleitmaterials zur Fortbildung. Ansorge-Grein (2010) systematisiert und konkretisiert diese Erkenntnisse durch eine umfangreiche Sekundäranalyse und Expert\*inneninterviews. Im angelsächsischen Raum wird zudem immer wieder ein deutlicher Fachbezug gefordert (Jeanpierre, Oberhauser & Freeman, 2005; Banilower, Heck & Weiss, 2007; Cormas & Barufaldi, 2007), insbesondere für Fortbildungen unter Einbezug universitärer Expert\*innen (Mitchell, Roger, Gonzalez, Bitter, Webb & White, 2003).

Insgesamt muss jedoch erwähnt werden, dass für fächerübergreifende Fortbildungen kaum empirische Ergebnisse vorliegen (Engelmann, 2019). Zudem werden selten die inhaltlichen Konzeptionen der jeweiligen Fortbildung dargelegt, so dass die Übertragung der Forschungsergebnisse auf andere Qualifikationsmaßnahmen kritisch zu betrachten

ist. Die bereits genannten Herausforderungen legen jedoch nahe, dass eine adäquate Fortbildung einen *defizitorientierten Ansatz* verfolgt. Dies liegt in der Tatsache des fachfremden Unterrichts begründet, wodurch Lehrkräfte vor allem hinsichtlich ihres fachlichen und fachdidaktischen Wissens zu unterstützen sind. Die genaue Ausdifferenzierung des inhaltlichen und strukturellen Rahmens der Fortbildung wird im Folgenden fokussiert. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass empirische Ergebnisse zu professionellen Lehrkräftefortbildungen aufgrund eher kleiner Teilnehmendenzahlen oft nicht repräsentativ sind. Andererseits können auch repräsentative Erkenntnisse nicht unreflektiert auf eine neue Fortbildungsmaßnahme übertragen werden. Wie Lipowsky (2010) hervorhebt, sind vielmehr auch individuelle Voraussetzungen der Lehrkräfte zu berücksichtigen. Es wird also deutlich, dass sich eine Lehrkräftefortbildung durch einen wechselseitigen Bezug auf empirische Grundlagen und Praxisperspektiven auszeichnen sollte.

#### 4 Studiendesign

Die Vorüberlegungen zeigen, dass sich die Konstruktion einer Fortbildung für fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht im Wechselspiel aus konzeptioneller und empirischer Forschung bei z.T. ungesicherter Forschungslage auszeichnet. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion, das von Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek (1997) als Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung vorgeschlagen wird, bietet hierfür ein adäquates Studiendesign (vgl. Abb. 3).

Hierbei werden empirische Grundlagen über Qualitätsmerkmale von Lehrkräftefortbildungen sowie ein Konzeptverständnis von fächerübergreifendem Unterricht betrachtet. Weiterhin muss auf der Seite der *Naturwissenschaftsdidaktischen Grundlagen* die Sachstruktur der Fortbildungsinhalte berücksichtigt werden, die bei Kattmann et al. (1997) fachliche Klärung genannt wird (siehe Kap. 5.2). In der Situation fachfremd unterrichtender Lehrkräfte muss jedoch insbesondere ein Blick auf zentrale Konzepte, Denkmuster und Arbeitsweisen einer jeden Naturwissenschaftsdisziplin gelegt werden. Damit wird die Rolle der Basiskonzepte zur Strukturierung integrierter Themen nochmals unterstrichen.

Zur Erhebung der *Lehrkräfteperspektive* wurde eine qualitative Interviewstudie durchgeführt. In einer iterativen Abfolge fließen die Ergebnisse der Interviewstudie und der fachdidaktischen Entwicklung in die *Konzeption der Fortbildung* ein, die durch evaluative Maßnahmen wiederum auf die fachdidaktische Entwicklung zurückwirkt.

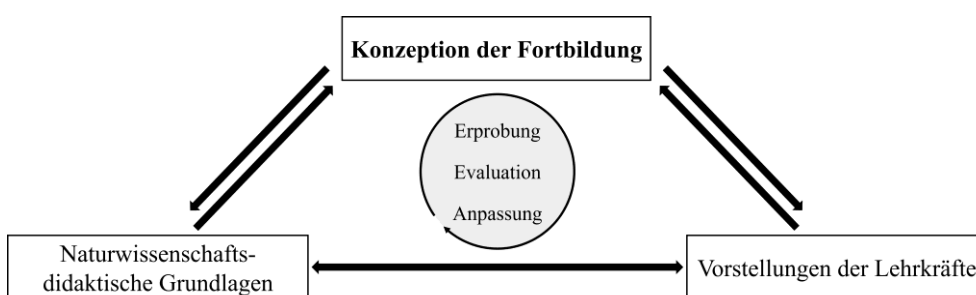


Abbildung 3: Studiendesign; adaptiertes Modell einer Didaktischen Rekonstruktion (eigene Darstellung).

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Interviewstudie

Die zur Konstruktion der Fortbildung durchgeführte Interviewstudie fokussiert *strukturelle und inhaltliche Anforderungen* an die Lehrkräftefortbildung sowie *subjektive Wertvorstellungen über fächerübergreifenden Unterricht*. Insbesondere die *Herausforderungen im fächerübergreifenden Unterricht* als Kontextbedingung für die Fortbildung wurden thematisiert. Daneben liegt ein wesentlicher Schwerpunkt auf den *Gestaltungselementen der Begleitmaterialien*. Die Interviews dienen in erster Linie dem Abgleich bzw. der Konkretisierung bestehender Befunde (vgl. Kap. 3) mit der aktuellen Situation des integrierten Unterrichts in Thüringen. Damit verfolgt die Studie einen induktiven Erkenntnisweg mit dem Ziel der Hypothesengenerierung.

Die Interviews wurden leitfadengestützt und teilstrukturiert als persönliche Befragung durchgeführt. Insgesamt wurden elf Thüringer Lehrkräfte unterschiedlicher Schulformen (Gymnasium und Realschule) mit drei umfangreichen Fragen konfrontiert: *Merkmale eines guten fächerübergreifenden Unterrichts* (Was ist für Sie guter fächerübergreifender Naturwissenschaftsunterricht?), *Defizite beim Unterrichten fächerübergreifender Naturwissenschaften* (Welche Hürden sehen Sie, was das Unterrichten fächerübergreifender Fächer angeht?) (vgl. Tab. 1) und *Merkmale einer adäquaten Fortbildung* (Wie würden Sie sich eine gelungene Weiterbildung für diese neuen Fächer vorstellen?) (vgl. Tab. 2 auf der folgenden Seite). Die Interviews wurden mit einem Diktiergerät aufgenommen und anschließend als Wortprotokolle transkribiert. Die Auswertung erfolgte durch die zusammenfassende Inhaltsanalyse nach Mayring (2014). Im Folgenden sollen ausgewählte Ergebnisse dieser Studie vorgestellt und in Hinblick auf die Konstruktion der Fortbildung diskutiert werden. Für die ausführliche Darstellung sämtlicher Auswertungsschritte und Ergebnisse sowie der Gütekriterien der Studie sei auf Engelmann (2019) verwiesen.

Hinsichtlich der Herausforderungen im fächerübergreifenden Unterricht (vgl. Tab. 1) beklagen die Lehrkräfte ein mangelndes Professionswissen (Kat. 1–3). Dieses bezieht sich für fachfremde Anteile auf fachliche, fachdidaktische und experimentelle Kompetenzen, wie es auch Fruböse et al. (2011) bereits berichten. Entsprechend der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (2008) lässt sich dabei annehmen, dass sich die geringe fachbezogene Kompetenz und die eher motivationalen Aspekte (Kat. 4–6) wechselseitig bedingen. In diesem Zusammenhang ließen sich die schulorganisatorischen Problemfelder (Kat. 7–8) als eine mangelnde soziale Eingebundenheit interpretieren. Weiterhin werden unzureichende Materialien für Lehrkräfte und Schüler\*innen genannt (Kat. 9). Somit ergeben sich hier deutliche Parallelen zu den in Kapitel 2 herausgestellten Herausforderungen. Die Interviewstudie macht deutlich, dass insbesondere naturwissenschaftsimmanente Aspekte unzureichend ausgebildet sind. Es lässt sich daher zunächst ableiten, dass die Fortbildung unter einem deutlichen Fachbezug zu gestalten ist.

*Tabelle 1:* Kategoriensystem (Auswahl) für Herausforderungen im fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht

Merkmale der Lehrkraft	Schulorganisation
1 mangelndes Fachwissen	7 unzureichende Zusammenarbeit mehrerer Fachkolleg*innen
2 mangelndes fachdidaktisches Wissen	8 unzureichende räumliche & zeitliche Ressourcen
3 mangelndes experimentelles Wissen	
4 Unsicherheit der Lehrperson	Weitere Aspekte
5 negative Einstellung gegenüber fächerübergreifendem Unterricht	9 unzureichende Materialien (für Lehrkräfte & Schüler*innen)
6 fehlende Arbeitsbereitschaft	10 schlechte Lehrplanqualität
	11 schlechte Unterrichtsqualität
	12 unzureichendes Unterstützungssystem

Bezüglich der Frage nach den Anforderungen an eine adäquate Fortbildung (vgl. Tab. 2) bestätigen die Kategorien zur inhaltlichen und methodischen Gestaltung den Fokus auf naturwissenschaftliche Inhalte (Kat. 5, 18, 20). Dieser ist jedoch durch unterrichtspraktische Beispiele zu untermauern, wobei insbesondere Experimente vorgestellt und vor Ort erprobt werden sollen (Kat. 6, 17). Damit ergibt sich eine methodische Gestaltung aus Vortrag und anschließendem Experimentierpraktikum. Organisatorisch soll die Fortbildung schulartspezifisch und als zertifizierter Weiterbildungsstudiengang mit Abminderungsstunden gestaltet werden. Hier wird von den Lehrkräften jedoch diskutiert, dass diese Organisation zwar wünschenswert, aber aufgrund von Stundenausfall kaum umsetzbar sei. In diesem Zusammenhang wünschen sich einige Lehrkräfte eher vereinzelte, kurze Angebote und andere unterrichtsbegleitende Programme (Kat. 16). Auch in Bezug auf das fachliche Niveau während der Fortbildung kann eine Variationsbreite von einer Darstellung auf Schüler\*innenniveau bis hin zu einem universitären Niveau festgestellt werden.

Den Begleitmaterialien kommt eine besondere Bedeutung zu. Diese sollen nicht nur die entsprechenden Lernmaterialien für Schüler\*innen (Kat. 9 in Tab. 1, Kat. 14 in Tab. 2) bereitstellen. Sie dienen ebenso der fachlichen, fachdidaktischen und experimentellen Vertiefung (Kat. 1–3 in Tab. 1, Kat. 11–13 in Tab. 2). Auf diese Weise können die Materialien als Mittel zum individuellen Lernen genutzt werden.

*Tabelle 2:* Kategoriensystem (Auswahl) für Anforderungen an eine Fortbildung für fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht

Organisation	Inhaltliche Gestaltung
1 schulartspezifisch	5 Darstellung des fachlichen Hintergrundes (V)
2 als zertifizierter Weiterbildungskurs mit Abminderungsstunden (V)	6 Aufzeigen möglicher Experimente
3 kurzer Anfahrtsweg	7 Aufzeigen von Umsetzungsideen für Unterricht
4 Freiwilligkeit (V)	8 Darstellung des fachdidaktischen Hintergrundes
	9 moderne Themen
Begleitmaterial	Methodische Gestaltung
10 digital und abwandelbar	15 Lehrplanbezug
11 Stoffverteilungen/Grobplanungen (L)	16 kontinuierliche, unterrichtsbegleitende Gestaltung (V)
12 Sachanalyse (V) (L)	17 Erprobung von Experimenten
13 fachliche und fachdidaktische Hinweise für Lernmaterialien (L)	18 Vortrag mit fachlichem Input
14 Lernmaterialien (inkl. Experimentieranleitungen mit Lösungen) (V) (S)	19 kollektive Arbeit
	20 Praxisbezug (exemplarisch, inhaltsbezogen)

*Anmerkung:* Die mit (V) gekennzeichneten Kategorien deuten darauf hin, dass hier eine Variation in den Aussagen der Lehrkräfte festgestellt wurde. Kategorien mit einem (L) beziehen sich auf Lehrkräfte-, solche mit einem (S) auf Schüler\*innenmaterialien.

Prinzipiell decken sich die gewonnenen Erkenntnisse der Interviewstudie mit den Charakteristiken für gute Lehrkräftefortbildungen. Nicht zuletzt in der Variation der fachlichen Tiefe der Fortbildung zeigt sich aber, dass diesem Aspekt ein besonderes Augenmerk geschenkt werden muss. Denn im Kontext fachfremden Unterrichtens sind bspw. Alternativversuche, Hinweise für das erfolgreiche Durchführen eines Experimentes, Einsatzmöglichkeiten im Unterricht und Lehrplanbezüge zu den Fachdisziplinen nötig. Weiterhin sind die jeweiligen kontextorientierten Themen durch historische Bezüge, Basiskonzepte, Alltagsorientierungen etc. zu erweitern. Diesen inhaltlichen Anforderungen



kann durch die Didaktische Rekonstruktion genüge getan werden. Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte Leitlinien der inhaltlichen Rekonstruktion exemplarisch dargestellt.

## 5.2 Fachdidaktische Entwicklungsforschung

Das Vorgehen der inhaltlichen Didaktischen Rekonstruktion (vgl. Abb. 4) der Fortbildungsthemen verlangt in einem ersten Schritt eine fachliche Klärung, aus der grundlegende Sinneinheiten abzuleiten sind. Die Rekonstruktion dieses *Elementaren* orientiert sich anschließend an ausgewählten Konstruktionskriterien. Mithilfe der dargestellten Grundlagen fächerübergreifender Naturwissenschaften lassen sich *Kontextorientierung*, *Basiskonzepte*, *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen* sowie ein *experimenteller Fokus* als Leitlinien zur didaktischen Strukturierung ableiten.

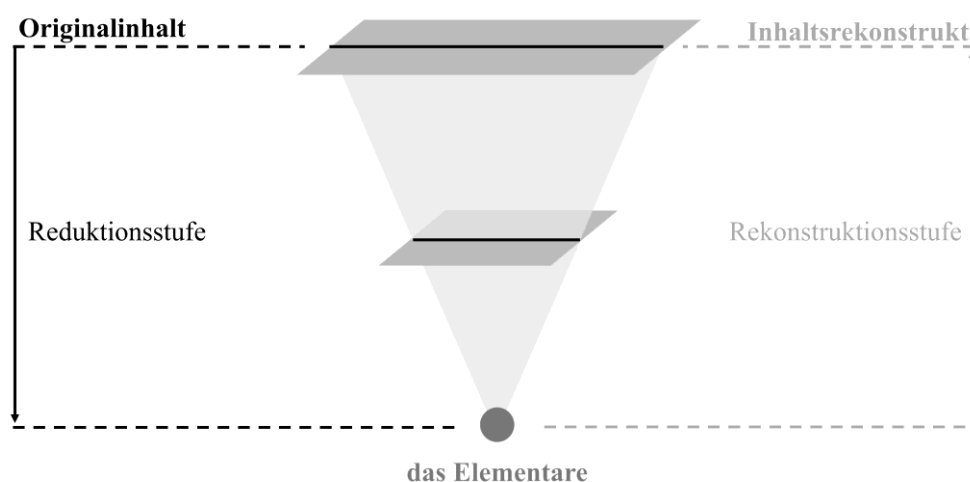


Abbildung 4: Vorgehen der Didaktischen Rekonstruktion der Fortbildungsinhalte (eigene Darstellung)

Für die Fortbildung wurden sieben Veranstaltungen fachdidaktisch rekonstruiert (vgl. Tab. 3 auf der folgenden Seite). In einer ersten Veranstaltung *Didaktik der Naturwissenschaften* werden die fachdidaktischen Grundlagen für die weiteren Veranstaltungen gelegt. Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf *Basiskonzepten* und *naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen*, mit denen die folgenden Themen inhaltlich strukturiert werden. Exemplarisch sei hier die Fortbildung zu *Kohlenstoffnanomaterialien* genannt. Im Rahmen der Fortbildung werden u.a. *Experimente* vorgeschlagen, bei denen ein mit Industrieruß leitfähig gefüllter und ein kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff hergestellt werden. Diese Experimente eröffnen dabei die Diskussion um moderne Werkstoffe, z.B. in der Leichtbauweise, als sinnstiftenden *Kontext*. Chemisch betrachtet liegt beiden Materialien Graphen als Strukturelement zugrunde. Im Rahmen der fachlichen Klärung lässt sich hier bspw. zeigen, dass die elektrische Leitfähigkeit von Industrieruß in der Gitter- und Bandenstruktur von Graphen begründet liegt (siehe dazu Neto, Guinea, Peres, Novoselov & Geim, 2009). Auch die mechanische Stabilität von Graphen, die die Ursache für die Verwendung von Kohlenstoffasern in der Leichtbauweise darstellt, geht auf die Struktur von Graphen zurück. Als elementare Sinneinheit kann deshalb bei diesem Thema das Struktur-Eigenschafts-Konzept abgeleitet werden und als Erklärungsmuster für die Materialeigenschaften der im Experiment hergestellten Werkstoffe dienen. Für eine ausführliche Darstellung des gesamten Rekonstruktionsprozesses der Fortbildungsreihe sei auf Engelmann (2019) verwiesen.

In Erweiterung zu den bereits genannten Konstruktionskriterien ergeben sich weitere didaktische Leitlinien für die Fortbildungsreihe. So werden neben den Basiskonzepten

auch *naturwissenschaftliche Grundkonzepte* im Sinne einer fachlichen Vertiefung (Kat. 5 in Tab. 2) über alle Veranstaltungen verteilt fokussiert. An dieser Stelle seien die Van-der-Waals-Kräfte als grundlegende molekulare Wechselwirkung genannt. Diese werden bei der Beschreibung der Haftwirkung von Geckofüßen beim Thema Bionik eingeführt. Bei den Phänomenen Adhäsion von Wasser an Oberflächen (Wasser-Boden-Luft), Schmelzpunkte von Treibstoffen (Regenerative Kraftstoffe) und Adsorptionsprozesse an Aktivkohle (Kohlenstoffnanomaterialien) wird dieses Konzept immer wieder aufgegriffen und vertieft. Ein weiteres Beispiel ist das Prinzip des Kräftegleichgewichts. Dieses wird sowohl bei der Beschreibung der Oberflächenspannung beim Lotuseffekt (Bionik) als auch bei der Bestimmung der Viskosität durch die Kugelfallmethode nach Stokes (Regenerative Kraftstoffe) angesprochen.

*Tabelle 3:* Kurzdarstellung der Fortbildungsveranstaltungen

Themenfeld	Thematisierte Inhalte (Auswahl)
Didaktik der Naturwiss.	Basiskonzepte, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, Prinzip der Frage an die Natur, forschendes Lernen
Bionik	Geschichte der Bionik, Lotuseffekt, Haften ohne Klebstoff, transparente Wärmedämmung, Faltungen in der Natur, Spinnseide, stabile Bauweise unter Materialminimierung (Sprossachsen, Bienenwaben), Klettverschluss
Arzneimittel	Darstellung und Hydrolyse von Acetylsalicylsäure, Synthese von Wintergrünöl, quantitative Bestimmung von Wirkstoffen in Tabletten, qualitative Untersuchung von Tablettenbestandteilen, Wirkungsweise von Antazida, Wasserdampfdestillation von Anissamen, Sublimation von Coffein und Kaffee
Wasser-Boden-Luft	Kohäsions- und Adhäsionskräfte, elektrische Leitfähigkeit von Lösungen, Chromatografie, Stofftrennung am Beispiel Boden, Säure- und Kalkgehalt von Böden, Luft ist nicht Nichts, Ausdehnung von Luft durch Temperaturerhöhung, Magdeburger Halbkugeln
Regenerative Kraftstoffe	Herstellung von Biodiesel und Bioethanol, Brennwert von Rapsöl, Viskosität von Kraftstoffen, Pyrolyse von Holz, Kältemischung, Mischbarkeit von Kraftstoffen, Modellexperimente zu Otto- und Dieselmotor
Kohlenstoffnanomaterialien	Herstellung und Adsorptionswirkung von Aktivkohle, Bau eines Aktivkohlefilters, Untersuchung von Industrieruß als Füllstoff für leitfähige Kunststoffe, Herstellung eines kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffes
Abschluss	Wunschthema (z.B. Naturwissenschaften im Alltag, Inklusion)

Neben den eher fachlichen Konzepten spielen auch *praktisch-experimentelle Fähigkeiten* für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine bedeutende Rolle (Kat. 2 in Tab. 1). So werden bspw. Kräftemessungen bei der Bestimmung von Scher- und Zugkräften (Klette als bionisches Vorbild für den Klettverschluss) thematisiert. Mikroskopische Grundlagen werden bei der Untersuchung von Rapssamen (Regenerative Kraftstoffe) vermittelt. Eine besondere Bedeutung stellen aber chemische Arbeitsweisen im Labor für fachfremde Lehrkräfte dar (Fruböse et al., 2011). Mit der Fortbildung Arzneimittel werden u.a. Grundlagen zu Stofftrennungsvorfahren, Titrations, qualitativen Nachweismethoden, pH-Wert-Messungen und organischen Synthesen mithilfe von Experimenten erarbeitet.

Weiterhin thematisieren die Fortbildungen ebenso das Lernen der Schüler\*innen. Hierzu bieten die Fortbildungen verschiedene *methodische und mediale Zugänge* an, um Anreize sowohl für selbstgesteuertes als auch für multimediales Lernen zu schaffen (Kat. 9 in Tab. 1, Kat. 7, 14 in Tab. 2). So ist u.a. das Thema Bionik für den Unterricht

methodisch als Lernzirkel aufbereitet. Neben dem deutlichen Fokus auf Schüler\*innen-experimente enthalten die Lernsets ebenso Rätsel, Spiele, Videos, Hörspiele oder Modelldarstellungen zur Vermittlung der jeweiligen Inhalte.

Einen besonderen Fokus im Rahmen des Schüler\*innenlernens stellen weiterhin *Schüler\*innenvorstellungen und Präkonzepte* dar (Kat. 2 in Tab. 1, Kat. 8 in Tab. 2). Gerade im Anfangsunterricht (ab Klasse 5) werden viele naturwissenschaftliche Phänomene über das Teilchenmodell erklärt. Mit dem Thema Wasser-Boden-Luft werden Experimente vorgestellt, die sich hiermit erklären lassen. In dieser Veranstaltung werden nach der Einführung des Teilchenmodells die zugrunde liegenden Schüler\*innenvorstellungen diskutiert, da diese auch für den weiterführenden naturwissenschaftlichen Unterricht relevant sind (siehe dazu Barke, 2006, S. 35–96). Im Kontext dieser Fortbildung zählen dazu animistische Sprechweisen und Umwandlungs- sowie Mischungskonzepte. Weiterhin werden Vernichtungs- und Verbrennungsvorstellungen diskutiert.

Zu jedem Thema wurde eine Lehrkräftehandreichung angefertigt, die Sachanalysen, fachliche Exkurse, Experimentieranleitungen, Lernstationen für Schüler\*innen sowie fachdidaktische Hinweise enthält (Kat. 10–14 in Tab. 2). Dabei besteht die besondere Herausforderung in der Vermittlung der fachlich z.T. sehr anspruchsvollen Inhalte. Zu deren Strukturierung stellen die Basiskonzepte für die Lehrkräfte ein sinnvolles Instrument dar.

### 5.3 Evaluation des Fortbildungskonzeptes

Das Fortbildungskonzept wurde im Zeitraum von 2017 bis 2018 in zwei Durchläufen zunächst pilotiert und anschließend erprobt (vgl. Abb. 5). Die einzelnen Fortbildungen wurden als Halbtagesveranstaltungen nach Schulschluss durchgeführt und bestanden jeweils aus einem fachlichen und fachdidaktischen Input (Vortrag), einer Experimentierphase mit informellen Austauschmöglichkeiten und einer Reflexion (Kat. 17–19 in Tab. 2).

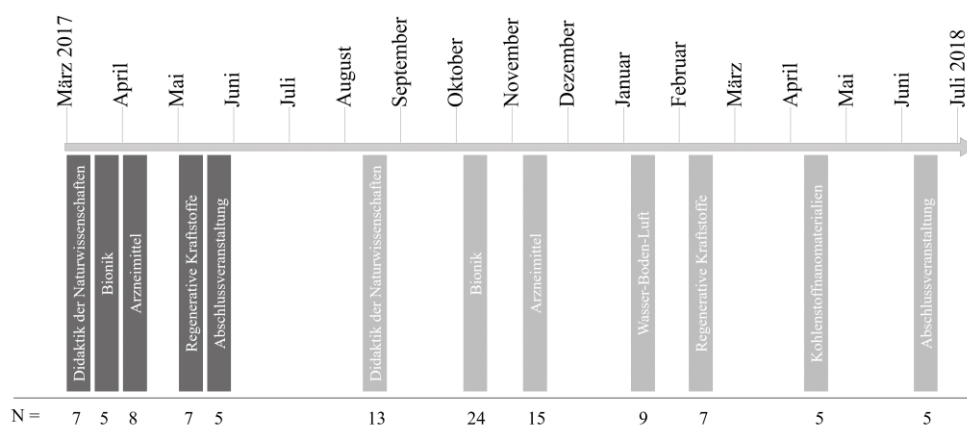


Abbildung 5: Zeitlicher Ablauf der einzelnen Veranstaltungen für die Pilotierung (dunkelgrau) und die Erprobung (hellgrau). Unter jedem Block ist die Teilnehmendenzahl der Veranstaltung aufgeführt. Die jeweiligen Veranstaltungen wurden als Halbtageskurse am Nachmittag durchgeführt (eigene Darstellung).

Die Evaluation des Fortbildungskonzeptes bettet sich in das von Stufflebeam (2003) in den 60er-Jahren entwickelte CIPP-Modell (Context, Input, Process, Product) für Programmevaluationen ein (vgl. Abb. 7 auf der folgenden Seite). Der Fokus der evaluativen Begleitforschung liegt für Pilotierung und Erprobung auf der Erhebung der Teilnehmendenzufriedenheit als erster Stufe der Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen (vgl.

Abb. 6). Aufgrund der typischerweise geringen Teilnehmendenzahlen in Fortbildungsveranstaltungen kann dieses Konstrukt methodisch trianguliert werden. Hierzu werden offene und geschlossene Fragebogeninstrumente begleitend zur Fortbildung mit einer Gruppendiskussion am Ende kombiniert. Insgesamt kann eine sehr hohe Teilnehmendenzufriedenheit mit dem konstruierten Angebot abgeleitet werden. Weiterhin zeigt sich, dass die Struktur der Veranstaltungen als angemessen bewertet wird. Kritisiert wird jedoch in der Pilotierung die Gestaltung als Block, so dass in der Erprobung die Fortbildung über ein Schuljahr verteilt wurde. Zudem wurde die Anzahl von fünf Veranstaltungen als Mindestumfang beurteilt. Die Erprobung wurde deshalb um zwei weitere Veranstaltungen erweitert: Wasser-Boden-Luft für einen stärkeren fachdidaktischen Fokus auf Schüler\*innenvorstellungen (Kat. 8 in Tab. 2) und Kohlenstoffnanomaterialien für einen Bezug zu modernen Naturwissenschaftsthemen (Kat. 9 in Tab. 2).

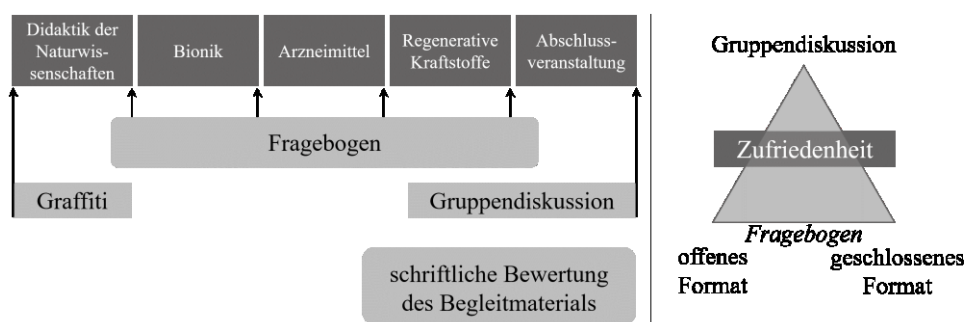


Abbildung 6: Forschungsmethodisches Vorgehen zur Erhebung der Teilnehmendenzufriedenheit in der Pilotierung (eigene Darstellung)

Für die Konstruktion und Auswertung der Evaluationsmethoden wie auch für weitere evaluative Begleitungen (z.B. bzgl. des Begleitmaterials oder der Erwartungsabfrage an die Fortbildungsreihe der Lehrkräfte über ein Graffiti) sei auf Engelmann (2019) verwiesen.

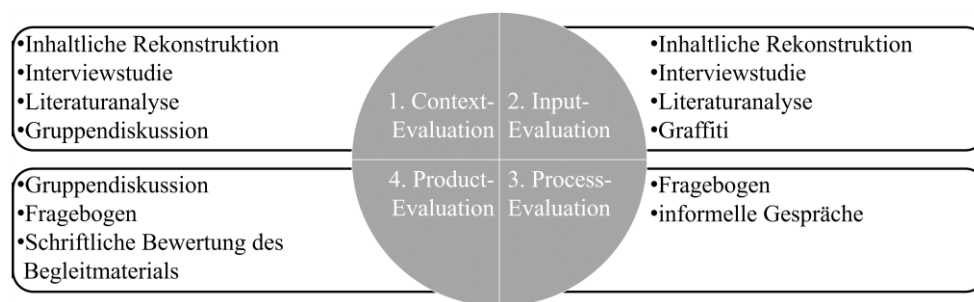


Abbildung 7: Evaluationsmethoden im Rahmen des CIPP-Modells für die konstruierte Lehrkräftefortbildung (eigene Darstellung)

Neben der Akzeptanz der Fortbildung wurde in der Pilotierung auch die Passfähigkeit der Fortbildung zur eigenen Unterrichtspraxis untersucht. Die Aussagen der Lehrkräfte aus einem offenen Fragebogenformat wurden hierzu kategorisiert (vgl. Abb. 8 auf der folgenden Seite). Es zeigt sich, dass die maßgeblichen Faktoren für die Passung zum Unterricht in den bereitgestellten Unterrichtsmaterialien und Experimenten liegen. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Fokussierung auf inhaltliche, kontextorientierte Themen für eine solche Fortbildung angemessen ist.

Gegen eine Passung sprechen vor allem schulorganisatorische Hindernisse, die bereits in Kapitel 2 aufgeführt und in Kapitel 5.1 im Rahmen der Interviewstudie genannt werden. Diese können durch die hier konstruierte Fortbildung nicht berücksichtigt werden.

Weiterhin wurde die Fortbildungsreihe im Gegensatz zu den Ergebnissen der Interviewstudie nicht als ganztägiges, unterrichtsbegleitendes Angebot in Form eines zertifizierten Weiterbildungsstudiengangs konzipiert (Kat. 2, 16 in Tab. 2). Dies liegt in der unzureichenden Freistellungspraxis für die Lehrkräfte begründet, so dass das Fortbildungskonzept auf freiwilliger Basis gestaltet werden musste.

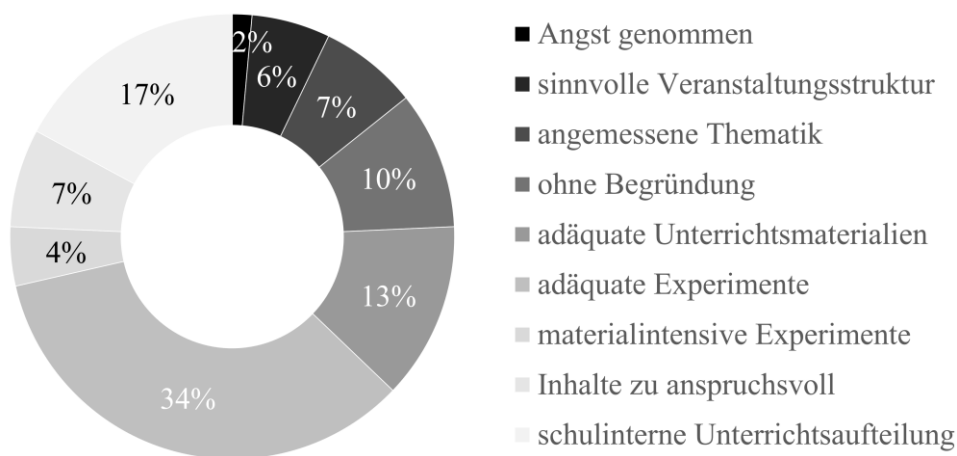


Abbildung 8: Kategoriensystem für die Passung der Veranstaltungen zum eigenen Unterricht. Die weißen Prozentangaben sprechen für eine Passung, die schwarzen dagegen (eigene Darstellung).

## 5.4 Zusammenfassung

Durch die Interviewstudie, die inhaltliche Rekonstruktion sowie die Begleitevaluation zum Fortbildungskonzept lassen sich zentrale Angebotsmerkmale für eine Fortbildung zu fächerübergreifenden Naturwissenschaften ableiten:

### I. Strukturelle Merkmale

Entsprechend der allgemeinen Anforderungen an gute Lehrkräftefortbildungen ist die Fortbildung als schuljahresbegleitendes Programm zu gestalten. Hierbei sollten die Veranstaltungen möglichst als Ganztagsveranstaltungen konzipiert sein. Zur umfangreicheren Abdeckung verschiedener lehrplanrelevanter Themen kann auch die Veranstaltungsanzahl weiter erhöht werden. Diese Organisation erfordert jedoch eine adäquate Freistellungspraxis der Lehrkräfte. Insbesondere für strukturelle Rahmenbedingungen ist daher eine Kooperation aus Fortbildungsanbieter (hier die Universität) und den zuständigen Bildungsbehörden elementar.

### II. Inhaltliche Merkmale

Zur Praxisanbindung der Fortbildung haben sich Experimente und Unterrichtsmaterialien als relevante Kriterien erwiesen. Insgesamt muss die Fortbildung jedoch im Kontext fachfremden Unterrichts für physikalische, chemische und biologische Grundlagen eine fachliche Fundierung anbieten. Fächerübergreifende Fortbildungen stehen damit besonders vor der Herausforderung, Theorie und Praxis in ein ausgewogenes Verhältnis zu bringen. Zu diesem Zweck eignen sich besonders Schulexperimente. Diese liefern nicht nur Unterrichtsideen, sondern erlauben den Lehrkräften eine eigene Vertiefung kognitiver, affektiver und psychomotorischer Fähigkeiten.

### *III. Methodische Merkmale*

Als Veranstaltungsstruktur hat sich eine Dreiteilung aus fachlichem Input, Experimentierpraktikum und Reflexion als sinnvoll erwiesen. Allerdings muss stets die Passfähigkeit der fachlichen Tiefe auf den individuellen Teilnehmendenkreis abgestimmt werden. In diesem Zusammenhang müssen auch andere Veranstaltungsformate diskutiert werden, bspw. Lerngemeinschaften oder Zusatzstudien an der Universität. Vor allem Formate mit geringeren Teilnehmendenzahlen erlauben eine kompetentere und individuellere Betreuung der Lehrkräfte. Auf diese Weise lassen sich auch Praxiserfahrungen einzelner Lehrkräfte effektiver in die Fortbildung integrieren.

## 6 Fazit

Unter Nutzung des Modells der Didaktischen Rekonstruktion konnte ein Fortbildungsangebot konstruiert und implementiert werden, das sowohl theoriegeleitet als auch die Praxis berücksichtigend gestaltet wurde. Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion bietet damit ein effektives Forschungsdesign, das fachdidaktische Entwicklungsarbeiten mit empirischer Lehr-Lern-Forschung in Verbindung setzt.

Für die Professionalisierung von (angehenden) Lehrkräften für integrierten Naturwissenschaftsunterricht muss jedoch die hier entwickelte Fortbildung um die folgenden Maßnahmen weiterentwickelt werden:

### *I. Kooperation aller Akteure der Lehrer\*innenbildung*

Neben einer Kooperation zwischen Universität und Schulbehörden müssen auch die naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken sowie Fachinstitute eine Kooperationsstruktur aufbauen und sich zu einem integrierten Unterricht bekennen. Erst auf diese Weise lassen sich für fächerübergreifende Curricula zentrale Leitziele formulieren. Außerdem besteht Bedarf an einer Verstärkung fächerübergreifender Lernmaterialien in Form von Lehrbüchern und Arbeitsheften.

### *II. Verknüpfung der Phasen der Lehrer\*innenbildung*

Neben bestehenden Lehrkräften müssen auch Lehramtsstudierende auf fächerübergreifenden Unterricht fachlich wie fachdidaktisch vorbereitet werden. Neben fachdidaktischen Modulbausteinen ist hier speziell eine fachliche Vertiefung in allen drei Naturwissenschaften zu fordern. Zu diesem Zweck bietet sich neben einer Umstrukturierung von Lehramtsstudiengängen etwa die Bildung von Arbeitskreisen aus Lehrkräften, Studierenden, Fachdidaktiker\*innen und Fachwissenschaftler\*innen an.

### *III. Entwicklung eines Nachhaltigkeitskonzeptes*

An der Friedrich-Schiller-Universität Jena wird aktuell eine Lehr-Lern-Werkstatt (Learning-to-Teach Lab: Science) implementiert, die die Bildung solcher Fachkreise mit schulpädagogischer Begleitung unterstützt. Daneben können ausgewählte Anteile der hier entwickelten Fortbildung durch Einzelveranstaltungen in bestehende Fortbildungsprogramme integriert werden.

Die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Lern- und Fortbildungsmaterialien sind auf Anfrage bei den Autoren in elektronischer Form erhältlich.

## Literatur und Internetquellen

- Ansorge-Grein, K. (2010). *Qualität und Qualitätsmanagement in der universitären naturwissenschaftlichen Lehrerfortbildung*. Dissertation Goethe-Universität Frankfurt a.M.
- Banilower, E.R., Heck, D.J., & Weiss, I.R. (2007). Can Professional Development Make the Vision of the Standards a Reality? The Impact of the National Science Foundation's Local Systemic Change through Teacher Enhancement Initiative. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (3), 375–395. <https://doi.org/10.1002/tea.20145>
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer.
- Bröll, L., & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht. *MNU*, 65 (3), 180–186.
- Busch, M., & Woest, V. (2016). Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht. Empirische Befunde zur Lehrerperspektive. *MNU*, 69 (4), 269–277.
- Cormas, P.C., & Barufaldi, J.P. (2007). *Effective Research-based Characteristics of Professional Development: A Mixed Methods Study*. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- Deci, E.L., & Ryan, R.M. (2008). Self-Determination Theory: A Macrotheory of Human Motivation, Development, and Health. *Canadian Psychology*, 49 (3), 182–185. <https://doi.org/10.1037/a0012801>
- Desimone, L.M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38 (3), 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- Döriges, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU*, 54 (4), 230–232.
- Engelmann, P. (2019). *Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Lehrerfortbildung. Eine Didaktische Rekonstruktion*. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.
- Früböse, C., Illgen, J., Kohm, L., & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. *MNU*, 64 (7), 433–439.
- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). Die Naturwissenschaften disziplinar oder integriert unterrichten? In U. Gebhard, D. Höttecke & M. Rehm (Hrsg.), *Pädagogik der Naturwissenschaften* (S. 201–2015). Weinheim: Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9_12)
- Häußler, P. (1973). Bisherige Ansätze zu disziplinübergreifenden naturwissenschaftlichen Curricula. Eine Übersicht. In K. Frey & P. Häußler (Hrsg.), *Integriertes Curriculum Naturwissenschaft. Theoretische Grundlagen und Ansätze*. Bericht über das 4. IPN-Symposium (S. 31–69). Weinheim: Beltz.
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrprofessionalität*. Seelze: Klett Kallmeyer.
- Hiller-Ketterer, I., & Hiller, G.G. (1997). Fächerübergreifendes Lernen in didaktischer Perspektive. In L. Duncker & W. Popp (Hrsg.), *Über Fachgrenzen hinaus. Chancen und Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens* (S. 166–195). Heinsberg: Dieck.
- Huber, L., & Effe-Stumpf, G. (1994). Der fächerübergreifende Unterricht am Oberstufen-Kolleg. Versuch einer historischen Einordnung. In U. Krause-Isermann, J. Kupsch & M. Schumacher (Hrsg.), *Perspektivenwechsel. Beiträge zum fächerübergreifenden Unterricht für junge Erwachsene* (Arbeitsmaterialien aus dem Bielefelder Oberstufen-Kolleg, Bd. 38) (S. 63–86). Bielefeld: Oberstufen-Kolleg.

- Jeanpierre, B., Oberhauser, K., & Freeman, C. (2005). Characteristics of Professional Development that Effect Change in Secondary Science Teachers' Classroom Practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (6), 668–690. <https://doi.org/10.1002/tea.20069>
- 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.
- Kirkpatrick, D.L. (1970). Evaluation of Training. In P.L. Browning (Hrsg.), *Evaluation of Short-Term Training in Rehabilitation* (Oregon Studies in the Rehabilitation of the Retarded, Bd. 3) (S. 35–56). Eugene, OR: College of Education University of Oregon.
- 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.
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20 (1), 11–19. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9>
- Labudde, P., Heitzmann, A., Heiniger, P., & Widmer, I. (2005). Dimensionen und Facetten des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. Ein Modell. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11 (11), 103–115.
- 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-ssoar-395173>.
- Mitchell, J., Roger, L., Gonzalez, R., Bitter, C., Webb, N., & White, P. (2003). *Evaluation of the National Science Foundation Graduate Teaching Fellows in K-12 Education (GK-12) Program*. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- MNU (Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts). (2015). *MNU-Standpunkt*. Zugriff am 01.08.2019. Verfügbar unter: [http://www.mnu.de/images/presse/Standpunkt\\_MNU\\_150125.pdf](http://www.mnu.de/images/presse/Standpunkt_MNU_150125.pdf).
- Nentwig, P., Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, C., & Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext. Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, 84 (9), 1439–1444. <https://doi.org/10.1021/ed084p1439>
- Neto, A.H.C., Guinea, F., Peres, N.M.R., Novoselov, K.S., & Geim, A.K. (2009). The Electronic Properties of Graphene. *Reviews of Modern Physics*, 81 (1), 109–162. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.81.109>
- Neu, C., & Melle, I. (1998). Die Fortbildung von Chemielehrerinnen und -lehrern. Gegenwärtige Situation und Möglichkeiten zur Veränderung. *Chemikon*, 5 (4), 181–186. <https://doi.org/10.1002/ckon.19980050404>
- Pennig, D. (2005). *Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Konzeptes zur Lehrerfortbildung und Lehrerausbildung*. Jena: Friedrich-Schiller-Universität. Zugriff am 10.12.2020. Verfügbar unter: <http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet/Document-7889/Promotion.pdf>.
- Pietzner, V., Scheuer, R., & Daus, J. (2004). Fragebogenstudie zum Fortbildungsverhalten von Chemielehrerinnen und -lehrern. In H.J. Bader, K. Höner & I. Melle



- (Hrsg.), *Frankfurter Beiträge zur Didaktik der Chemie*, Bd. 3 (S. 13–53). Frankfurt a.M.: Schutt.
- Popp, W. (1997). Die Spezialisierung der Zusammenhänge als regulatives Prinzip der Didaktik. In L. Duncker & W. Popp (Hrsg.), *Über Fachgrenzen hinaus. Chancen und Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens* (S. 135–154). Heinsberg: Dieck.
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., et al. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 99–124.
- Schecker, H., Bethge, T., Breuer, E., von Dwingelo-Lütten, R., Graf, H.-U., Gropengießer, I., & Langensiepen, B. (1996). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext allgemeiner Bildung. *MNU*, 49 (8), 488–492.
- Schmidt, S., & Neu, C. (2004). Interviewstudie zum Fortbildungsverhalten von Chemielehrerinnen und -lehrern. In H.J. Bader, K. Höner & I. Melle (Hrsg.), *Frankfurter Beiträge zur Didaktik der Chemie*, Bd. 3 (S. 55–108). Frankfurt a.M.: Schutt.
- 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. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-0309-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-010-0309-4_4)
- Wenning, S., & Sandmann, A. (2016). Bio-Innovativ. Netzwerk Lehrerfortbildung. *Biologie in unserer Zeit*, 46 (1), 12–14. <https://doi.org/10.1002/biuz.201690003>

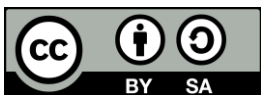
## Beitragsinformationen<sup>1</sup>

### Zitationshinweis:

Engelmann, P., & Woest, V. (2021). Didaktische Rekonstruktion eines Lehrkräftefortbildungskonzeptes für fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht. *HLZ – Herausforderung Lehrer\*innenbildung*, 4 (2), 247–264. <https://doi.org/10.11576/hlz-2545>

Eingereicht: 23.10.2019 / Angenommen: 29.06.2020 / Online verfügbar: 26.02.2021

ISSN: 2625–0675



© Die Autor\*innen 2021. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 Deutschland (CC BY-SA 4.0 de).  
URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

## English Information

**Title:** Educational Reconstruction of a Teacher Training Concept for Interdisciplinary Science Education

**Abstract:** This article introduces the didactic development of teacher training according to the Model of Educational Reconstruction. The aim is to prepare teachers for the teaching of interdisciplinary natural sciences, both subject-specifically and didactically. The study shows that basic concepts, scientific inquiry, context-based teaching, and experiments are meaningful design criteria. The focus of this article is on the empirical analysis of selected training content. The content reconstruction is framed by an interview study and an accompanying evaluation concept. The training thus developed is characterized by the focus on physical, chemical and biological foundations. In particular, the role of non-specialist teaching, which is characteristic of interdisciplinary science, is taken into account. Considering this particular

<sup>1</sup> Die vorliegende Arbeit entstand im Projekt *Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung* (ProfJL) an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. ProfJL wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

challenge, the article discusses specific challenges in interdisciplinary education and contributes to the further professionalization of teachers in this type of teaching.

**Keywords:** interdisciplinary science, teacher training, carbon nanomaterials, Model of Educational Reconstruction, Qualitative Content Analysis