

## Entwicklungsprojekt: „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften ganzheitlich begreifen und vermitteln“

Jana Tampe\*, Verena Spatz\*

\* Didaktik der Physik, Technische Universität Darmstadt, Hochschulstraße 12, 64289 Darmstadt  
jana.tampe@physik.tu-darmstadt.de, verena.spatz@physik.tu-darmstadt.de

### Kurzfassung

Im Rahmen des Projekts MINTplus<sup>2</sup> an der Technischen Universität Darmstadt wird ein neues Modul entwickelt, das sich gezielt an Studierende mit mindestens einem naturwissenschaftlichen Fach (Biologie, Chemie, Physik) richtet. Obwohl diese drei Fächer eng über die vier gemeinsamen Kompetenzbereiche der KMK-Bildungsstandards miteinander verknüpft sind, lernen die Studierenden die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und Arbeitsweise in der Regel aus einer rein fachspezifischen Perspektive kennen. Das neue Modul wird den Studierenden ermöglichen, in einem Seminar gemeinsam didaktische und methodische Aspekte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu erarbeiten und diese in einem praktischen Schulprojekt zu erproben. In diesem Beitrag werden erstmals die Ziele des Moduls ausgehend von Projekt MINTplus<sup>2</sup> vorgestellt. Außerdem gibt der Artikel einen kurzen Überblick über die geplante Modulstruktur und die angestrebte Evaluation des Erstdurchlaufs.

### 1. Das Projekt MINTplus<sup>2</sup>

Das Projekt MINTplus<sup>2</sup> „Systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau in der Lehrerbildung im Umgang mit Digitalisierung und Heterogenität“ steht in Kontinuität mit dem Vorgängerprojekt MINTplus<sup>1</sup> „Systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau im Lehramtsstudium“ für die MINT-spezifische Lehramtsausbildung an der Technischen Universität Darmstadt.

Kernpunkt des Projekts MINTplus<sup>2</sup> war die Entwicklung eines MINT-spezifischen Studiengangs für Studierende des Gymnasiallehramts, in diesem Rahmen fand auch die Neuorganisation des Studiengangs für Berufsschullehrende statt. Besonders an diesem neuen Studiengang ist vor allem ein verpflichtender Vernetzungsbereich, der insgesamt über zwanzig Leistungspunkte verfügt. Wie in Abb. 1 dargestellt fungiert er als verbindendes Element zwischen den Grundwissenschaften und den beiden Fächern. Dabei sollen allerdings nicht nur Vertiefungen und Bezüge im Rahmen der eigenen Fächer möglich sein. Im Gegenteil ist es sogar eine der drei Zieldimensionen, den eigenen Horizont auch bezüglich anderer Unterrichtsfächer zu erweitern [1].

Neben der „Horizontenerweiterung“ sind die „inhaltliche Vernetzung“ und die „soziale Vernetzung“ als Zieldimensionen des Vernetzungsbereiches zu nennen, die durch den Fachbereich Psychologie in einem Paper-Pencil-Test mit 30 Items erfasst und ausgewertet wird. Zur Korrelation mit den Items der Zieldimensionen wurden außerdem Items zur Relevanz bestimmter Aspekte im Studium (z. B. Lehrqualität, Praxisbezug, Interdisziplinarität) sowie zur Extraversion und Offenheit eingepflegt [2].

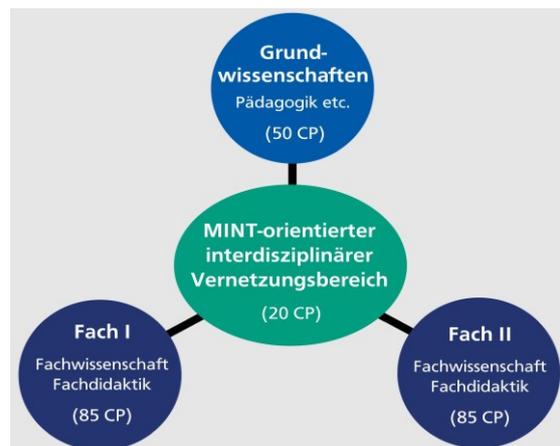


Abb. 1: Vernetzungsbereich als verknüpfendes Element des neuen MINT-Lehramtsstudiums

Diese Gesamtbefragung wird mit der Evaluation der einzelnen Module gekoppelt, um eine Aussage darüber machen zu können, inwieweit der Vernetzungsbereich die angestrebten Kompetenzziele erreicht. Die Evaluation des hier fokussierten Moduls „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften“ erfolgt nach dem Desing-Based-Research-Ansatz [3]. Mithilfe von Theorie und einer Vorstudie im kommenden Sommersemester wird das Design des Moduls erarbeitet. Beginnend mit der Pilotierung im folgenden Wintersemester, deren Planung in Kapitel 4 detaillierter dargelegt wird, erfolgt die erste Implementierung und Analyse. In den darauffolgenden Semestern wird, wie in Abb. 2 dargestellt, das Seminar über mehrere Durchläufe und Evaluationen weiterentwickelt und gezielt verbessert.

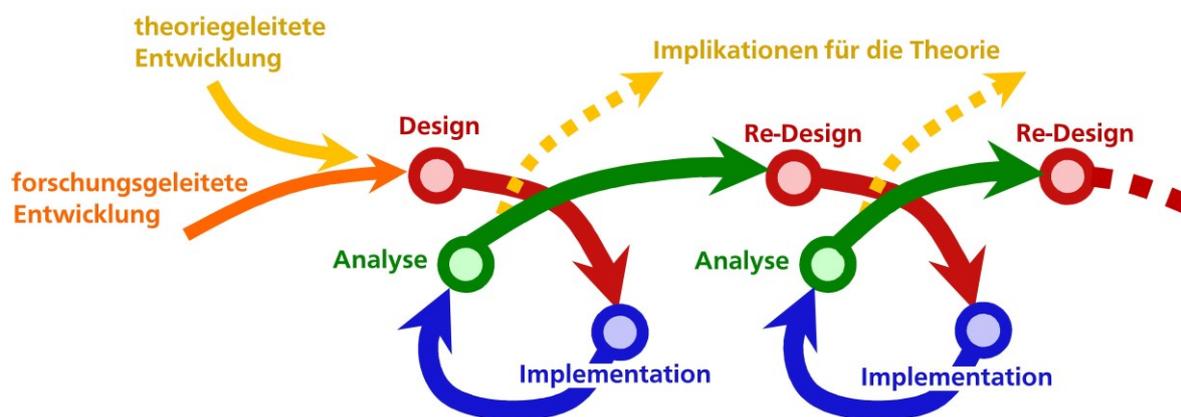


Abb. 2: Design-Based-Research-Ansatz [4]

## 2. Zielsetzung des neuen Moduls

Da das Modul Teil des Vernetzungsbereichs ist, ist es wichtig, dass bei der Konzeption des Moduls die bereits in Kapitel 1 angesprochenen Zieldimensionen bzw. Kompetenzziele berücksichtigt werden. Gleichzeitig werden spezielle Modulziele festgelegt, die das Modul innerhalb des Vernetzungsbereichs profilieren sollen, um den besonderen Beitrag des einzelnen Moduls zum Vernetzungsbereich zu beschreiben. Beide Aspekte, die Ziele des Vernetzungsbereichs und die speziellen Modulziele, sind in den nächsten beiden Abschnitten dargestellt.

### 2.1. Ziele des Vernetzungsbereichs

Als Ausgangspunkt für die Konzeption des Vernetzungsbereichs kann die Forderung des Nationalen MINT Forums genannt werden: „Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Erziehungswissenschaft müssen verzahnt werden und das Lehramtsstudium gemeinsam gestalten und verantworten.“ [5] Dementsprechend besteht die Arbeitsgruppe, die sich konkret mit dem Vernetzungsbereich beschäftigt, aus Professoren und Wissenschaftlichen Mitarbeitern sowohl aus den Erziehungswissenschaften als auch aus den Fachwissenschaften und Fachdidaktiken. Gleichzeitig sind die Fachrichtungen Pädagogik, Mathematik, Physik, Informatik, Geschichte, Philosophie, Germanistik und Sport vertreten. Somit wurden die Kompetenzziele von einem interdisziplinären Expertengremium festgelegt. Diese Arbeitsgruppe dient jedoch nicht nur einmalig der Festlegung der Ziele, sondern besteht weiterhin in ständigem Austausch und regelmäßigen Treffen, um die einzelnen Module gezielt weiter aufeinander abzustimmen und zu verzahnen. Beispielsweise ist in der aktuellen Konzeption für das Modul „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften“ ein Expertenbesuch der Germanisten vorgesehen, in dem die sprachliche Gestaltung von Versuchsanleitungen oder auch Protokollen fokussiert werden soll. So erfahren die Studierenden aus einer zusätzlichen Perspektive, wie sprachsensibler naturwissenschaftlicher Unterricht [6] gestaltet werden kann.

Das eben genannte Beispiel macht deutlich, wie die Zieldimension der „Horizontenerweiterung“ durch gegenseitige Expertenbesuche in den Veranstaltungen

des Vernetzungsbereichs erfüllt werden kann. Doch auch die Tatsache, dass alle Module zwar interdisziplinär, aber doch im Kern von einem bestimmten Fachbereich konzipiert sind, gibt den Studierenden die Möglichkeit, im Wahlpflichtbereich auch fachfremde Schwerpunkte auszuwählen, um Perspektiven über die eigenen Fächer hinaus kennenzulernen.

Die zweite Zieldimension der „inhaltlichen Vernetzung“ bezieht sich vor allem auf die vielfältigen Bezüge der Module zu Naturwissenschafts- und Technikinhalten [7], die im Rahmen der Schwerpunktsetzung MINT immer wieder angestrebt werden. Hinter dem Zusatz „plus“ verbirgt sich jedoch auch die Erweiterung um eine geistes- und sprachwissenschaftliche Perspektive. „Inhaltliche Vernetzung“ bedeutet dabei jedoch keinesfalls inhaltliche Dopplung, darauf wurde und wird durch den ständigen Austausch innerhalb der Arbeitsgruppe Vernetzungsbereich geachtet. Konkret wurde sich daher auf folgendes Vorgehen bei der Entwicklung eines neuen Moduls geeinigt: Die Idee für ein Modul stammt in der Regel von einem konkreten Fachbereich, der zunächst eine Grobstruktur für das Modul erarbeitet. Anschließend wird diese im Rahmen eines Treffens der Arbeitsgruppe Vernetzungsbereich vorgestellt und im Plenum diskutiert, an welchen Stellen sinnvollerweise Aspekte aus anderen Fachbereichen eine Rolle spielen könnten, um den interdisziplinären Charakter zu stärken. Anschließend finden nochmals zweiseitige Expertengespräche mit Vertretern eines jeden Fachbereichs statt, um die Vernetzungsideen im Detail genauer auszuarbeiten. Auf diesem Wege konnten für das Modul „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften“ bereits Bezüge zu Germanistik, Sport und Philosophie herausgearbeitet werden.

Im Rahmen der „inhaltlichen Vernetzung“ wurden auch gemeinsame Kompetenzziele festgelegt. Angelehnt an die „Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ in der Fassung von 2015 wurden insbesondere die folgenden zentralen Ideen als Schwerpunkt für den Vernetzungsbereich formuliert: „Vertrautheit mit grundlegenden Arbeits- und Erkenntnismethoden wie Konstruieren, Experimentieren, Beweisen sowie empirischen Methoden“;

„Fähigkeit zur Erfassung, Strukturierung und Bewertung von Sachverhalten“ und die „mündliche und schriftliche Ausdrucksfähigkeit“ [1]. In den Modulen des Wahlpflichtbereichs, zu denen das Modul „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften“ gehört, soll zudem explizit mindestens eine der vier folgenden Kompetenzen gefördert werden: „fachübergreifende Methodenkompetenz“, „Medien- und Informationskompetenz“, „berufsfeldbezogene Kompetenz“ sowie „interdisziplinäre Vernetzung“ [1]. Das Modul „Experimentelle Methoden“ wird insbesondere die Weiterentwicklung der Studierenden bezüglich der erst- und der beiden letztgenannten Kompetenzfacetten in den Mittelpunkt stellen. Dies wird im folgenden Abschnitt genauer erläutert.

## 2.2. Konkrete Ziele des Moduls

Die „interdisziplinäre Vernetzung“ erfolgt innerhalb dieses Moduls spezifisch zwischen den drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik. Auch wenn im Sinne des Vernetzungsbereichs auch Bezüge zur Sprachwissenschaften (z. B. sprachliche Hindernisse in Versuchsanleitungen) oder zur Geisteswissenschaft (historisch-philosophische Wurzeln der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung) hergestellt werden, so steht jedoch die Auseinandersetzung mit dem eigenen naturwissenschaftlichen Fach im Kontext einer ganzheitlichen naturwissenschaftlichen Grundbildung, wie sie beispielsweise durch Scientific Literacy [8] gefordert wird, im Mittelpunkt. Durch das Kennenlernen fachdidaktischer Konzepte von Erkenntnisgewinnung [9, 10, 11, 12] sowie den Austausch und die Reflexion des eigenen bisher erworbenen Wissens und bis dahin gemachter individueller Erfahrungen sollen die Studierenden auf der einen Seite ihre eigene Fachidentität stärken, aber auch auf der anderen Seite einen Zugang zu naturwissenschaftlich-integrierten Ansätzen erhalten [13]. Neben dieser „interdisziplinären Vernetzung“ wird durch den Modulschwerpunkt „Erkenntnisgewinnung“ gleichzeitig die „fachübergreifende Methodenkompetenz“ gefördert. In diesem Rahmen wird nicht nur im Seminar diskutiert, wie bestimmte Facetten der KMK-Kompetenz Erkenntnisgewinnung [14, 15, 16] im Unterricht konkret gefördert werden können. Neben der Nutzung von Modellen wird sowohl in theoretischer als auch praktischer Hinsicht vor allem das Planen, Durchführen und Auswerten von naturwissenschaftlichen Untersuchungen gezielt behandelt. Unter dem Stichwort „Nature of Science“ [17] wird dabei auch darauf eingegangen, inwieweit in der Schule eine adäquate Vorstellung von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen vermittelt werden kann. Mit diesem Methodenwissen sollen die Studierenden selbst Experimentiersettings entwickeln und erproben und somit eine spezifische „berufsfeldbezogene Kompetenz“ weiterentwickeln. Die Erprobung dieser Experimentiersettings erfolgt im Rahmen eines Projekttag an einer Schule. Neben den einzelnen Experimenten muss die Gesamtgruppe mit Unterstützung durch

die Modulleitung auch die Rahmenorganisation des Projekttag übernehmen. Dazu gehört beispielsweise die räumliche Organisation, eine gemeinsame Materialplanung, die zeitliche Abstimmung sowie das Finden eines gemeinsamen Mottos, unter dem der Projekttag durchgeführt wird. Auf diese Art und Weise entwickeln die Lehramtsstudierenden auch ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten bezüglich der Projektorganisation weiter, die ebenfalls eine wichtige berufsfeldbezogene Kompetenz für Lehramtsstudierende ist.

Anhand der in diesem Abschnitt erläuterten Zielstellungen wurden für die Modulbeschreibung konkret die folgenden Kompetenzziele formuliert:

Die Studierenden können nach dem Modul ...

- ... fachspezifische und interdisziplinäre Aspekte der Erkenntnisgewinnung beschreiben,
- ... beschreiben, welche Rollen das Experiment in Wissenschaft und Unterricht einnimmt,
- ... konkrete unterrichtliche Umsetzungsideen zur Förderung des Kompetenzerwerbs im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung entwickeln,
- ... bezüglich unterschiedlicher Zielstellung begründet Experimentiersettings für Lernende planen und zur Durchführung anleiten,
- ... die Wirkung eines Experimentes antizipieren und reflektieren,
- ... naturwissenschaftlich-integrierten Projektunterricht mit Experimenten planen, organisieren und durchführen.

Abb. 3: Kompetenzziele des Moduls

Auf diesen Kompetenzziele basiert die Planung der inhaltlichen und methodischen Grobstruktur, die im folgenden Kapitel 3 dargestellt wird. Auf welche Art und Weise das Erreichen der Kompetenzziele erstmals in der Pilotierung evaluiert wird, ist anschließend in Kapitel 4 dargestellt.

## 3. Geplante Modulstruktur

Das Modul besteht im Wesentlichen aus drei Phasen, wobei diese eng miteinander verknüpft sind und sich sowohl inhaltlich als auch zeitlich überlappen.

Die erste Phase ist eine Erarbeitungsphase, die in Seminarform stattfindet. Da die Studierenden aus ihren Fächern bereits eine eigene Fachexpertise mitbringen, stehen in methodischer Hinsicht überwiegend kooperative Lernformen im Mittelpunkt, bei denen die Studierenden voneinander lernen und profitieren können. Ergänzt werden diese durch Impulsreferate der Lehrperson und kleine praktische Übungen.

Zu Beginn des Seminars findet eine Ausgangsniveausicherung statt, in der über das Erstellen von Concept Maps geklärt wird, welche Vorstellungen und Konzepte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung die Studierenden bereits mitbringen.

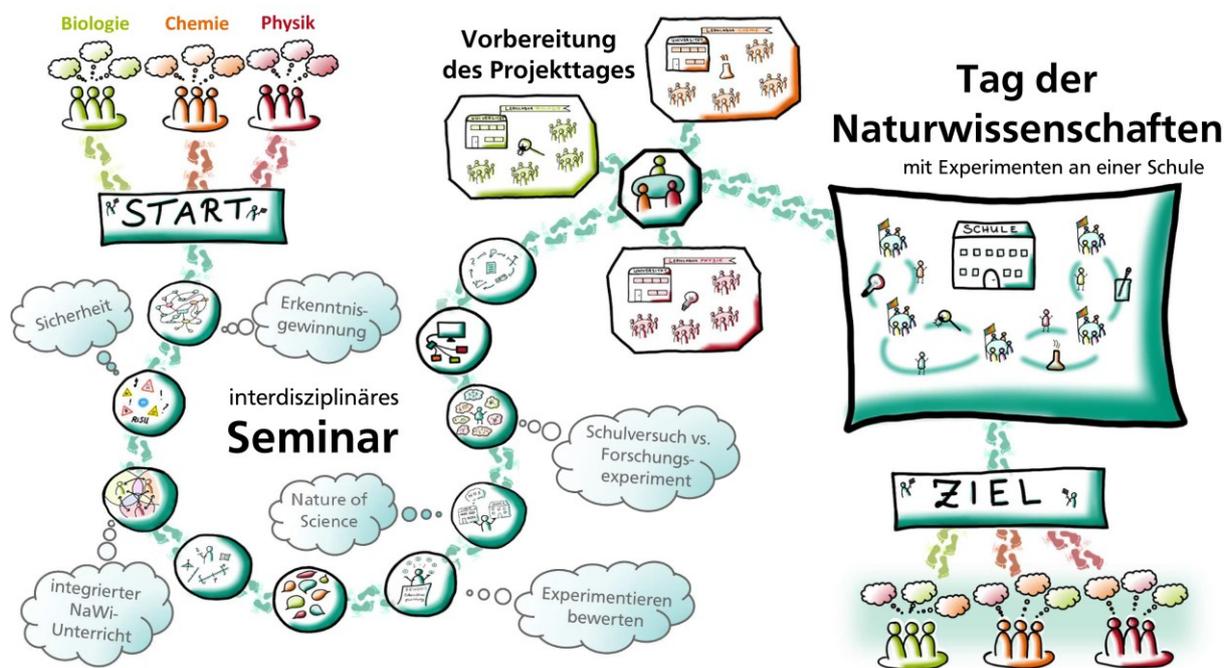


Abb. 4: geplante Modulstruktur

Anschließend werden inhaltlich unterschiedliche Facetten der Erkenntnisgewinnung behandelt, von denen einige bereits in Kapitel 2 dargestellt wurden, beispielsweise die unterschiedlichen fachdidaktischen Modelle der Erkenntnisgewinnung [9, 10, 11, 12] oder die Formen des naturwissenschaftlich-integrierten Unterrichts [13]. Auch der Begriff „Nature of Science“ [17] wurde bereits in Kapitel 2 genannt. In diesem Zusammenhang soll vor allem die Rolle von Versuchen im naturwissenschaftlichen Unterricht in Abgrenzung zur Rolle von Experimenten in der naturwissenschaftlichen Forschung diskutiert werden [18], um daraus Konsequenzen für den Unterricht abzuleiten. Im Rahmen des Seminars soll außerdem ein Blick in wichtige Dokumente wie die Bildungsstandards [14, 15, 16] oder die Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht [19] geworfen werden. Auch eine Analyse von Schulbüchern und anderen Unterrichtsmaterialien mit Versuchsbeschreibungen ist vorgesehen. Weitere Themenschwerpunkte wie das Kennenlernen von außerschulischen Lernorten für naturwissenschaftlichen Unterricht (z. B. Exkursion in die Lernlabore der TU Darmstadt), Bewertungsmöglichkeiten der Kompetenz „Erkenntnisgewinnung“ [20] oder Möglichkeiten inklusiven experimentellen Unterrichts [21] sind ebenfalls angedacht.

Innerhalb des Seminars wird zudem die zweite Phase des Moduls eingeleitet. Es handelt sich dabei um die Vorbereitung eines interdisziplinären Projekttages, dessen Durchführung und Reflexion die dritte und letzte Phase des Moduls darstellt.

Vorbereitende Elemente, die bereits während des Seminars stattfinden, sind ein einleitender Impulsvortrag zu den Grundlagen der Projektplanung, -organisation und -durchführung [22] durch die Lehrperson. Außerdem erhalten die Studierenden im Seminar alle

konkreten Informationen zur Zusammenarbeit mit der Schule sowie die Möglichkeit, Rollen innerhalb der Projektorganisation festzulegen und sich auf ein gemeinsames Rahmenthema zu einigen.

Die konkrete Vorbereitung der experimentellen Stationen findet in Kleingruppenarbeit außerhalb der Seminarzeit statt. Bezüglich Material und Expertenberatung ist eine enge Kooperation mit den Lernlaboren der TU Darmstadt geplant.

Die Durchführung des Projekttages soll für die Studierenden den Höhepunkt des Seminars bilden, an dem sie ihre eigenen Experimentiersettings ausprobieren können. Er dient im Rahmen der Modulkonzeption als „Abschlussprojekt“. Untersuchungen zu Forschendem Lernen im universitären Kontext haben gezeigt, dass sich solche Projekte als motivationsförderlich erweisen [23].

Während des gesamten Moduls, aber insbesondere als Abschluss nach dem Projekttag werden die Studierenden durch gezielte Fragestellungen zur Reflexion angeregt. Diese soll in einem Portfolio dokumentiert werden, dessen abschließende Präsentation gleichzeitig als Lernerfolgsevaluation für das gesamte Modul dient. Auf Grundlage des Portfolios kann für die Studierenden eine Reflexion auf zwei Ebenen stattfinden [23]: Zum einen können die Studierenden inhaltlich ihren Lernprozess reflektieren, zum anderen kann auch die Methodik bezüglich der Planung und Durchführung des eigenen Projekts im Portfolio individuell analysiert werden. Darüber hinaus kann der Reflexionsprozess der Studierenden auch Aufschluss über die Gestaltung der Lehrveranstaltung geben [23], daher wird das Portfolio auch in die Evaluation der Erstdurchführung des Moduls einbezogen, die im folgenden Kapitel dargestellt wird.

#### 4. Geplante Evaluation des Pilotdurchgangs

Da es sich um ein von Grund auf neu konzipiertes Modul handelt, soll die Evaluation des Pilotdurchgangs auf rein qualitativer Basis erfolgen, um gezielt Besonderheiten und Verbesserungspotential zu identifizieren. Die Auswertung erfolgt dementsprechend rein explorativ mittels qualitativer Inhaltsanalyse und dokumentarischer Methode [24, 25].

Neben der bereits angesprochenen Analyse der Portfoliobeiträge werden Interviews zu Beginn und Ende der Modulveranstaltung geführt. Einerseits werden zu Beginn der Veranstaltung Erwartungen und zum Ende der Veranstaltung Feedback erfragt, um allgemein Stärken und Schwächen des ersten Moduldurchgangs zu ermitteln und daraus Verbesserungen abzuleiten. Andererseits werden die Studierenden anhand von Vignetten in Form von Experimentiermaterial angeregt, ihre Ideen zur unterrichtlichen Umsetzung zu schildern. Auf diese Art und Weise soll eine Aussage über den Lernfortschritt möglich sein.

Während die Interviews vor allem dazu dienen, das Seminar als Ganzes zu evaluieren, wird die Analyse einzelner Portfolioaufgaben und der One-Minute-Papers, die am Ende jeder Seminarsitzung ausgefüllt werden, dazu genutzt, einzelne Modulelemente gezielt zu verbessern.

Ein weiterer Schwerpunkt der Auswertung liegt auf der Auswertung von Concept Maps, die die Studierenden zu Beginn und zum Ende des Moduls zum Thema „Erkenntnisgewinnung“ erstellen. So soll identifiziert werden, welche Begriffe und Verknüpfungen die Studierenden zum Beginn und zum Ende des Moduls in ihre Concept Maps integrieren. Dabei ist interessant, ob sich die Concept Maps zu Beginn des Moduls abhängig von dem studierten naturwissenschaftlichen Fach unterscheiden. Durch einen Vergleich mit den Concept Maps, die die Studierenden am Ende des Semesters erstellen, soll untersucht werden, inwieweit das konzeptionelle Wissen bezüglich der Erkenntnisgewinnung durch das Modul steigt. Zudem soll die Fragestellung untersucht werden, ob sich das konzeptionelle Wissen eher ausdifferenziert (Stärkung der Fachidentität) oder eher um vollständig neue Begriffsgruppen und Verknüpfungen erweitert (Aufnahme interdisziplinärer Aspekte). Die entsprechenden Evaluationsinstrumente wie Vignetten, Interviewleitfäden und Reflexionsaufgaben für das Portfolio müssen bis zum Modulstart im Wintersemester 2019/20 entwickelt werden. Sie werden auf die Ziele, Inhalte und Methoden des Moduls abgestimmt und sind daher eng mit der Ausdifferenzierung der Modulplanung, die im folgenden Ausblick dargestellt ist, verknüpft.

#### 5. Ausblick

Die Konzeption des Moduls fußt bis jetzt auf zwei wesentlichen Arbeitsschritten: erstens auf der Integration des Moduls in das Projekts MINTplus<sup>2</sup>, ins-

besondere in Bezug auf die Vereinbarungen, die innerhalb der Arbeitsgruppe des Vernetzungsbereichs getroffen wurden, und zweitens auf einer Literaturrecherche zum Thema „Erkenntnisgewinnung“ in den drei Fachdidaktiken der Naturwissenschaften. Vor dem Modulstart im kommenden Wintersemester 2019/20 werden in einer Vorstudie noch zwei weitere Perspektiven erfasst. Zum einen werden Studierende in einer Paper-Pencil-Abfrage zu ihren Erwartungen an ein naturwissenschaftlich-integriertes Modul zur Erkenntnisgewinnung befragt. Zum anderen werden Experten aus den Fachdidaktiken der Biologie, Chemie und Physik der TU Darmstadt um Rat gebeten, um weitere Ideen und Ansätze zu integrieren und das Modul in die Studienordnung der drei Fächer einzupassen, sodass die Modulinhalte für die Studierenden als Ergänzung und Vertiefung und nicht als Dopplung erscheinen. Aus den Ergebnissen dieser Vorstudie werden weitere Implikationen für das Modul abgeleitet, sodass eine weitere Ausdifferenzierung der hier dargestellten Planung erfolgen kann.

#### 6. Literatur

- [1] Gallenbacher, J.; Bruder, R. (2017): Ein Vernetzungsbereich als neues Studienelement im MINT-orientierten Studiengang Lehramt am Gymnasium. In: MINT<sup>plus</sup> – systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau in der Lehrerbildung, S. 18-19.
- [2] Löw, M. (2018): Evaluierung des Vernetzungsbereichs – aktueller Stand. In: Protokoll Projektsitzung MINT<sup>plus</sup> und MINTplus<sup>2</sup>, S. 4.
- [3] Wilhelm, T.; Hopf, M. (2014): Design-Forschung. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 31–42). Berlin: Springer Spektrum.
- [4] Fraefel, U. (2014). Professionalization of pre-service teachers through university-school partnerships Partner schools for Professional Development»: development, implementation and evaluation of cooperative learning in schools and classes, S. 9.
- [5] Nationales MINT Forum (Hrsg.) (2013): Zehn Thesen und Forderungen zur MINT-Lehramtsausbildung. Empfehlungen des Nationalen MINT Forums, S. 14
- [6] Leisen, J. (2010): Handbuch Sprachförderung im Fach - Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Varus, Bonn.
- [7] Bruder, R.; Bachmann, Y. (2017): Das Projekt MINT<sup>plus</sup> im Überblick. In: MINT<sup>plus</sup> – systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau in der Lehrerbildung, S. 6-7.
- [8] Bybee, R. (2002): Archiving Scientific Literacy: Myth or Reality. In Döbrich, P. (Hrsg.): Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion, S. 8–9.
- [9] Nerdel, C. (2017): Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und

- aufgabenbasiert für Schule und Hochschule, Berlin: Springer Spektrum, S. 116.
- [10] Mikelskis-Seifert, S.; Duit, R. (2010): Naturwissenschaftliches Arbeiten. In Duit, R. (Hrsg.): PIKO-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst (Band 6).
- [11] Sommer, K.; Pfeifer, P. (2018): Experiment und Erkenntnis. In: Sommer, K., Wambach-Laicher, J. & Pfeifer, P. (Hrsg.): Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. Seelze: Friedrich Aulis, S. 72.
- [12] Straube, P. (2016): Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- [13] Labudde, P. (2017): Facettenreiche Naturwissenschaft. Perspektiven und Herausforderungen integrierter naturwissenschaftlicher Unterrichts. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 28 (161), S. 2–7.
- [14] Kultusministerkonferenz (2004): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. (Beschluss der KMK vom 16.12.2004).
- [15] Kultusministerkonferenz (2004): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. (Beschluss der KMK vom 16.12.2004).
- [16] Kultusministerkonferenz (2004): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. (Beschluss der KMK vom 16.12.2004).
- [17] Höttecke, D. (2008). Was ist Naturwissenschaft? Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. Naturwissenschaften im Unterricht–Physik, 19 (103), S. 4–11.
- [18] Höttecke, D.; Rieß, F. (2015): Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21 (1), 127–139.
- [19] Kultusministerkonferenz (2016): Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht. (Empfehlung der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 26.02.2016).
- [20] Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I: Logos Verlag Berlin GmbH.
- [21] Küpper, A.; González, L.; Hennemann, T.; Schulz, A. (2019): Kontext „Star Wars“: Inklusiven Physikunterricht zu den Grundlagen der Optik mit dem „Modell dualer Unterrichtsplanung“ gestalten. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 30 (170), S. 26-31.
- [22] Schelle, H. (2010): Projekte zum Erfolg führen. Projektmanagement systematisch und kompakt, München: Dt. Taschenbuch-Verl.
- [23] Sonntag, M.; Rueß, J.; Ebert C.; Friederici, K.; Schilow, L.; Deicke, W. (2017): Forschendes Lernen im Seminar. Ein Leitfaden für Lehrende, Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin; Bologna.lab.
- [24] Nohl, A.-M. (2012): Interview und dokumentarische Methode. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer VS.
- [25] Mayring, P. (2016): Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken, Weinheim, Basel: Beltz.

### Dank

Die Ausarbeitung des Moduls „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften ganzheitlich begreifen und vermitteln“ ist Teil des Projekts „MINTplus<sup>2</sup>: Systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau in der Lehrerbildung im Umgang mit Digitalisierung und Heterogenität“, das im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird.

### Anmerkung

In dieser Veröffentlichung wird konsequent der Arbeitstitel „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften ganzheitlich begreifen und vermitteln“, wie er im MINTplus<sup>2</sup>-Projekt verankert ist, verwendet. Da sich das Modul aber über das Experiment hinaus dem gesamten KMK-Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ widmen soll, wurde der Modultitel inzwischen in „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften ganzheitlich begreifen und vermitteln“ geändert.