

Düwel, Frauke; Niethammer, Manuela

## Entwicklung eines didaktisch induzierten Ansatzes zur Erfassung der inhaltlichen Kohärenz von Fachwissenschaft und Fachdidaktik

Wehner, Antje [Hrsg.]; Masanek, Nicole [Hrsg.]; Hellmann, Katharina [Hrsg.]; Heinz, Tobias [Hrsg.]; Grospietsch, Finja [Hrsg.]; Glowinski, Ingrid [Hrsg.]: Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden. Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung? Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 127-164



Quellenangabe/ Reference:

Düwel, Frauke; Niethammer, Manuela: Entwicklung eines didaktisch induzierten Ansatzes zur Erfassung der inhaltlichen Kohärenz von Fachwissenschaft und Fachdidaktik - In: Wehner, Antje [Hrsg.]; Masanek, Nicole [Hrsg.]; Hellmann, Katharina [Hrsg.]; Heinz, Tobias [Hrsg.]; Grospietsch, Finja [Hrsg.]; Glowinski, Ingrid [Hrsg.]: Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden. Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung? Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 127-164 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-317661 - DOI: 10.25656/01:31766; 10.35468/6118-07

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-317661>

<https://doi.org/10.25656/01:31766>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

### Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

This document is published under following Creative Commons-Licence: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work or its contents. You are not allowed to alter, transform, or change this work in any other way.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



### Kontakt / Contact:

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

*Frauke Düwel und Manuela Niethammer*

## Entwicklung eines didaktisch induzierten Ansatzes zur Erfassung der inhaltlichen Kohärenz von Fachwissenschaft und Fachdidaktik

### Zusammenfassung

Ausgehend von den besonderen Herausforderungen im berufsbildenden Lehramtsstudium, Lehramtsstudierende zu befähigen, fachwissenschaftliche Inhalte für den Zweck der Aneignung durch Auszubildende aufzubereiten, wird hergeleitet, dass eine problemorientierte fachwissenschaftliche Lehre ein Ansatz ist, die inhaltliche Kohärenz zwischen Fachwissenschaften und Berufsdidaktiken zu erhöhen bzw. wahrnehmbarer zu machen. Am Beispiel der Bauphysik wurde im Rahmen eines Teilprojektes des Verbundvorhabens *TUD-Sylber-BBS* der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* (QLB) die Umsetzung eines problemorientierten Ansatzes in der fachwissenschaftlichen Lehre initiiert und berufsdidaktisch begleitet.

**Keywords:** inhaltliche Kohärenz, Fachwissenschaft, Berufsdidaktik, Bauphysik, Problemorientierung

### Abstract

Given the challenges of degree courses in vocational teacher education to enable student teachers to prepare and design special content so that it is understood by apprentices, it is deduced that problem-oriented teaching concepts in the scientific disciplines are an approach to enhance or increase the perception of content-related coherence between scientific disciplines and the corresponding vocational didactics. In the scope of a subordinated project of the joint project *TUD-Sylber-BBS* of the *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* (QLB), the implementation of a problem-oriented approach has been initiated and accompanied for construction physics by the vocational didactics.

**Keywords:** content-related coherence, subject science, vocational didactics, construction physics, problemorientation

## 1 Geringe Kohärenz im berufsbildenden Lehramtsstudium als Problem

Ein übergeordnetes Ziel für Studierende in den Studiengängen des berufsbildenden Lehramts in den gewerblich-technischen Fachrichtungen<sup>1</sup> besteht darin,

<sup>1</sup> Zu den gewerblich-technischen Fachrichtungen zählen u. a. die Bautechnik, Holztechnik, Elektrotechnik, Metall- und Maschinentechnik, Chemietechnik.

dass sie Lehr-Lern-Settings gestalten (Mikroebene der Bildungsgestaltung), in denen sich die zukünftigen Auszubildenden mit berufstypischen Arbeitsaufgaben in Form von Lernaufgaben auseinandersetzen und berufliche Handlungskompetenz aneignen können. In ihrem Studium stehen die Studierenden vor der Herausforderung, sich zum einen bildungswissenschaftliche Grundlagen für die Gestaltung von Lehr-Lern-Settings und zum anderen technische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge, die für das Beherrschen beruflicher Arbeitsprozesse grundlegend sein können, zu erschließen und diese verschiedenen Perspektiven aufeinander zu beziehen. Hierzu belegen Lehramtsstudierende fachwissenschaftliche, berufsdidaktische sowie bildungswissenschaftliche Module. Den berufsdidaktischen Modulen kommt eine Scharnierfunktion zwischen den Fach- und den Bildungswissenschaften zu. Strukturell ist die Berufsdidaktik zwar ein Element des fachwissenschaftlichen Studiums, in ihrer Ausrichtung ist sie aber stark bildungswissenschaftlich geprägt und wird als eigenständiges Studienelement wahrgenommen. Gegenstand der Berufsdidaktik ist im Besonderen die Planung von Unterricht, welche von den Studierenden erfordert, Bezüge zwischen den Inhalten der verschiedenen Lehrveranstaltungen herzustellen, was ihnen nachweislich schwerfällt (Düwel, 2020; 2024; Düwel, et al., 2019; 2022; 2023).

Aufgrund der Schwierigkeiten, die Lehramtsstudierende der gewerblich-technischen Fachrichtungen bei der Inhaltsaufbereitung für die Gestaltung von Lehr-Lern-Settings an berufsbildenden Schulen haben, wird im Rahmen der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* (QLB) im Teilprojekt 3 des Verbundvorhabens *TUD-SYLBEB BBS*<sup>2</sup> der Ansatz verfolgt, die Kohärenz zwischen der fachwissenschaftlichen und der berufsdidaktischen Lehre zu erhöhen, indem die fachwissenschaftliche Lehre stärker arbeitsaufgabenbezogen und damit problemorientiert ausgerichtet wird. Derartig problemorientierte Lehr-Lern-Settings werden auch als *komplexe Lehr-Lern-Arrangements* (KLLA) bezeichnet (Kühne et al., 2022). KLLA sind Lerngelegenheiten, bei welchen die zukünftige Arbeitswelt der Absolvent\*innen (z. B. Ingenieur\*innen; Naturwissenschaftler\*innen bzw. auch Lehrpersonen) als Orientierungs- und Bezugspunkt für die Erarbeitung fachwissenschaftlicher Inhalte genutzt wird. In ihnen werden Zusammenhänge zwischen den fachwissenschaftlichen (technischen und naturwissenschaftlichen) Inhalten des Studiums und den späteren beruflichen Aufgaben explizit hergestellt (Kühne et al., 2022). An der Kooperation im Projekt *TUD-SYLBEB BBS* waren Kolleg\*innen aus der Bauphysik, der Physikalischen Chemie sowie die der Chemie der Beschichtungen beteiligt, wobei die folgenden Ausführungen auf die Betrachtung der Lehrveranstaltung in der Bauphysik fokussieren.

---

2 „Synergetische Lehrerbildung für das berufsbildende Lehramt“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern gefördert.

Ein Lehramtsstudium unterscheidet sich grundsätzlich von einem Fachstudium, da für das Lehramt zwei Fächer bzw. Berufliche Fachrichtungen und die Bildungswissenschaften zu studieren sind. Das Studium ist insofern formal in drei Säulen gegliedert. Die jeweiligen Module können in ihren Zielen, Inhalten und Methoden erheblich variieren, so dass Bezüge zwischen verschiedenen Modulen und zwischen Modulen und dem Anwendungskontext der Unterrichtsplanung nur bedingt von den Studierenden hergestellt werden können. Dieses Problem wird bislang vor allem aus der Perspektive der allgemeinbildenden Lehrämter befohrt (Hellmann et al., 2019). In der vorliegenden Publikation wird der Fokus auf das berufsbildende Lehramt, ein Beispiel der Beruflichen Fachrichtung der Bautechnik, gerichtet, wobei auf Befunde aus der Forschung zum allgemeinbildenden Lehramt zurückgegriffen wird. Eine Besonderheit im berufsbildenden Lehramt besteht darin, dass die zukünftigen Lehrpersonen kein Fach, sondern ein gesamtes Berufsfeld, das wiederum mehrere Berufe umfasst, vertreten. Da berufliche Lernprozesse durch die Auseinandersetzung mit berufstypischen Arbeitsaufgaben charakterisiert sind, müssen die Lehrenden die Lerninhalte gleichermaßen über berufliche Arbeitstätigkeiten wie auch fachsystematische Zusammenhänge legitimieren und anordnen können. Die Didaktik der Beruflichen Fachrichtungen, so auch die der Bautechnik (fortan als Berufsdidaktik bezeichnet) umfasst daher die Auswahl und Anordnung lernbedeutsamer Inhalte in Reflexion der beruflichen Arbeit (unter Beachtung fachwissenschaftlicher Konzepte) sowie die methodische Gestaltung einzelner Lehr-Lern-Settings bzw. umfassender Lehr-Lern-Umgebungen in Abhängigkeit der spezifischen Lernausgangslagen der Lernenden (wie z. B. Auszubildende, Fachschüler, Meisterschüler) (Bader & Sloane, 2000; Berben et al., 2001; Niethammer & Schweder, 2018).

Die Kompetenz, Unterricht zu planen und umzusetzen, erfordert dementsprechend, Wissen und Können sowohl aus unterschiedlichen Domänen<sup>3</sup> (Fachwissenschaft vs. Bildungswissenschaft) als auch Wissenschaftsdisziplinen (z. B. Bauphysik, Konstruktionslehre, Ökologie) anzuwenden und aufeinander zu beziehen. Der Aufbau und die Anwendbarkeit von Wissen aus verschiedenen Domänen durch die Studierenden wird durch die zum Teil fehlende Verzahnung – bzw. die geringe Kohärenz – zwischen den unterschiedlichen Lehrveranstaltungen (Leuders, 2020) sowie zwischen dem Studium und dem späteren beruflichen Handeln erschwert und u. a. als Ursache für Studienabbrüche in den ersten Semestern diskutiert (Rach, 2019).

Hellmann (2019) beschreibt „Kohärenz [als, d. A.] eine sinnhafte Verknüpfung von Strukturen, Inhalten und Phasen der Lehrerbildung. Kohärente Lehr-Lern-Gelegenheiten stellen systematische Bezüge her, welche es den Lernenden ermöglichen, diese Strukturen, Inhalte und Phasen als zusammenhängend und sinnhaft zu erleben“ (S. 9). In ihrer Analyse fasst sie Studien der letzten Jahre zusammen,

3 So differenzierte Shulman (1986) für das Professionswissen von Lehrenden die Wissensdimensionen Fachwissen, Pädagogisches Wissen, Fachdidaktisches Wissen neben den Überzeugungen/Haltungen sowie den motivationalen Orientierungen.

die auf den Nachweis von Wirkungen oder differentiellen Effekten kohärenter Lehr-Lern-Maßnahmen auf den Kompetenzerwerb von Studierenden, die Unterrichtspraxis oder den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern abzielten. Es gibt demnach Belege, dass kohärent ausgestaltete Studienprogramme nicht nur als solche durch Studierende wahrgenommen werden (Canrinus et al., 2019), sondern auch positive Effekte auf den Kompetenzerwerb der Studierenden haben (Blömeke et al., 2012). Einzelne Befunde weisen positive Effekte auf die *vertiefte Wissensverarbeitung* sowie den *Lernzuwachs* von Studierenden nach, wenn curriculare Kohärenz erzeugt wird (Fortus et al., 2015). Eine vertiefte Wissensverarbeitung im Sinne der Elaboration ist grundsätzlich daran geknüpft, dass die Begriffe bzw. Fakten nicht nur auswendig gelernt, sondern über ihre Bedeutung zueinander und mit vorhandenen Gedächtnisinhalten in Beziehung gesetzt und in bestehende Wissensnetze integriert werden (Anderson et al., 2013). Für Studierende eines berufsbildenden Lehramtes bedeutet dies eben auch, dass fachwissenschaftliche Inhalte für den Zweck der Aneignung durch Lernende (z. B. zukünftige Auszubildende) ausgewählt, strukturiert und wiederum zielgruppenspezifisch kontextualisiert werden können, um auf dieser Grundlage Lehr-Lern-Settings variantenreich methodisch gestalten zu können. Genau hier offenbart sich die Schnittstelle zwischen der studierten Fachwissenschaft und der korrespondierenden Berufsdidaktik, die durch die Studierenden erkannt und verstanden werden muss.

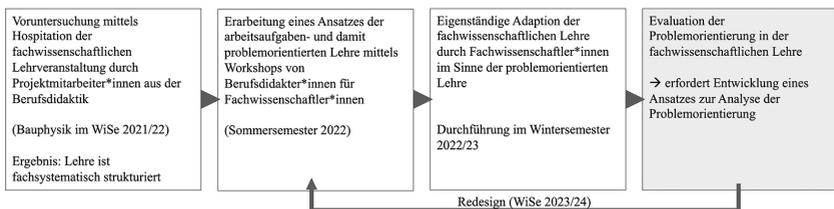
In der berufsdidaktischen Lehre zeigt sich jedoch, dass die Studierenden große Probleme haben, fachwissenschaftliche Zusammenhänge (betrachtet unter dem Inhaltsspekt) und deren Lernbedeutsamkeit hinsichtlich der eigenen zukünftigen Berufswelt zu erkennen (Düwel, 2020; 2024; Düwel et al., 2019; 2022; 2023). Die inhaltliche Verknüpfung der aus fachwissenschaftlicher und berufsdidaktischer Perspektive studierten Inhalte, d. h. die Kohärenz, wird von den Studierenden offensichtlich zu wenig wahrgenommen. Sie wird aber auch zu wenig thematisiert. Die verschiedenen Lehrveranstaltungen im Lehramtsstudium stehen häufig nebeneinander, und die „systematische und sinnbildende Vernetzung verschiedener Disziplinen sowohl auf horizontaler (zwischen den Disziplinen) als auch auf vertikaler Ebene (innerhalb einer Disziplin)“ (Kreutz, 2019, S. 118) findet kaum statt. Die Probleme der Studierenden zeigen die Notwendigkeit auf von Seiten der Hochschule, Lerngelegenheiten zu schaffen, in denen die inhaltliche Kohärenz der Studienelemente der Fachwissenschaft und Berufsdidaktik für die Studierenden herausgestellt bzw. erfahrbar wird.

## 2 Forschungsprozess und Genese der Forschungsfragen

Mit dem Ziel, die inhaltliche Kohärenz im berufsbildenden Lehramt zwischen Fachwissenschaft und Berufsdidaktik bzw. zukünftiger Schulpraxis zu erhöhen, wurden zunächst die Domänen der Berufsdidaktik und der Fachwissenschaft ge-

genüberegestellt, um Spezifika und Schnittstellen erfassen zu können. Der Vergleich wesentlicher Merkmale beider Domänen (siehe Abschnitt 3) ergab, dass sinnhafte Bezüge zwischen den Wissenschaftsdisziplinen nicht unmittelbar gegeben sind, so dass zunächst Grenzen für die inhaltliche Kohärenz herausgestellt werden konnten.<sup>4</sup> In der Konsequenz dieser Erkenntnis generierten die Autorinnen die Hypothese, dass sich sinnhafte Bezüge mittelbar über den Ansatz der arbeitsaufgabenbezogenen bzw. problemorientierten Lehre herstellen lassen. Dieser Ansatz und die Implikationen für die Gestaltung der fachwissenschaftlichen Lehre werden im Abschnitt 4 skizziert. In Kooperation von Berufsdidaktiker\*innen und Fachwissenschaftler\*innen wurden Lehrveranstaltungen wie die Bauphysik problemorientiert im Sinne der KLLA gestaltet und evaluiert. Dieser Entwicklungsprozess, der dem Prinzip des *Design-based Research* folgt, umfasste die folgenden Arbeitspakete, in denen konzeptionelle und analytische Arbeitsschritte aufeinander zu beziehen waren. Der Prozess ist iterativ und nicht linear zu verstehen, da die einzelnen hier genannten Phasen rekursiv durchlaufen wurden bzw. werden (siehe auch Abbildung 1):

- Erfassen des hochschuldidaktischen Konzepts der fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltung über Hospitationen von Berufsdidaktiker\*innen im Sinne einer Istzustandserhebung
- Erarbeiten eines gemeinsamen Verständnisses von Berufsdidaktiker\*innen und Fachwissenschaftler\*innen zum Ansatz der problemorientierten Lehre im Rahmen einer vierteiligen Workshop-Reihe (Abschnitt 4.1).
- Adaption der fachwissenschaftlichen Lehre im Sinne der problemorientierten Lehre durch die Fachwissenschaftler\*innen
- Evaluation der Problemorientierung in der fachwissenschaftlichen Lehre durch die Berufsdidaktiker\*innen (siehe Abschnitte 4.3–4.5). Dies setzte die Entwicklung eines Ansatzes zur Analyse der Problemorientierung voraus (siehe Abschnitt 4.2).



**Abb. 1:** Einordnung der Evaluation als Teil des gesamten Entwicklungsprozesses (eigene Darstellung)

<sup>4</sup> Rauner (1993) plädiert daher dafür, gewerblich-technische Fachrichtungen als universitäre Fächer für die berufsbildenden Lehramtsstudiengänge einzuführen, was mehr personelle und finanzielle Ressourcen erfordern würde, aber aufgrund der geringen Studierendenzahlen in den gewerblich-technischen Fachrichtungen nicht legitimierbar ist.

Im Fokus der Evaluation stand die Forschungsfrage:

*Inwiefern gelingt es den Fachkolleg\*innen in der ersten Adaption, ihre Lehrveranstaltung über berufstypische Arbeitsaufgaben zu fundieren und entlang von Problemlöseprozessen zu strukturieren bzw. welche Lücken bzw. Brüche sind hinsichtlich der problemorientierten Strukturierung der fachwissenschaftlichen Inhalte erkennbar?*

### 3 Fachwissenschaften und Berufsdidaktik – Spezifika und Schnittstellen

Der Vergleich der Ziele, Gegenstände und wissenschaftlichen Methoden der Fachwissenschaften, welche in den gewerblich-technischen Fachrichtungen naturwissenschaftliche und technische Disziplinen umfassen, und den Berufsdidaktiken offenbart die Spezifika der Disziplinen (siehe Tabelle 1). Die Naturwissenschaften erforschen die Natur. Naturwissenschaftler beobachten, messen und analysieren die Zustände und das Verhalten der Natur mit dem Ziel, Regelmäßigkeiten zu erkennen, Erklärungen der Naturphänomene zu generieren und die Natur nutzbar zu machen (Habermas, 1969). Die „Technik- bzw. Ingenieurwissenschaften [werden, d. A.] als jene interpretiert, welche die von den Naturwissenschaften gewonnenen Erkenntnisse für die Produktion technischer Artefakte und die Gestaltung technischer Systeme nutzen“ (Weber, 2010, S.271; siehe auch Rauner, 1993, S. 22). Sie widmen sich der „Umgestaltung der Welt“ (Lohmann, 1953, S. 602) mit dem Ziel, zweckmäßige Anwendungen hervorzubringen. Diese Technik umfasst nach Ropohl (1991)

- „die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme);
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen;
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden.“ (S. 18).

Der Fokus der Berufsdidaktiken ist auf das berufs- sowie fachbezogene Lernen und Lehren gerichtet. Die Gestaltung von Lehr-Lern-Settings umfasst neben der Analyse und Strukturierung der jeweiligen Aneignungsgegenstände, wie der technischen bzw. naturwissenschaftlichen Inhalte, zum Zweck der Aneignung durch die Lernenden (in der beruflichen Aus- und Weiterbildung), die Initiierung und Unterstützung adäquater Methoden der Erkenntnisgewinnung, einschließlich lernunterstützender Mittel.

**Tab. 1:** Merkmale der fachwissenschaftlichen und berufsdidaktischen Disziplinen

Merkmale	Fachwissenschaften und ihre Lehre nach Lohmann (1953)		Berufsdidaktiken
	Technikwissenschaften	Naturwissenschaften	
Aufgabe/Ziel	Umgestaltung der natürlichen und technischen Welt durch technische Mittel für die Umgestaltung im Kontext der akademischen Arbeitswelt der Ingenieure	Untersuchung der natürlichen Welt hinsichtlich des Erkennens von Gesetzmäßigkeiten, des Generierens von Erklärungen (Habermas, 1969) im Kontext der akademischen Arbeitswelt der Naturwissenschaftler*innen	Gestaltung fachbezogener Lehr-Lernprozesse durch Initiieren und Unterstützen ausgewählter Wege der Erkenntnisgewinnung im Kontext institutioneller Lehrpraxis für eine nicht-akademische Arbeitswelt
wesentliches Tätigkeitsmerkmal	erfinden (vom Bekannten zum Unbekannten)	entdecken (vom Bekannten zum Unbekannten)	gestalten (von Lehr-Lern-Umgebungen in Abhängigkeit des Vorwissens d. Lernenden)
Gegenstand	Technik	Natur	berufliches Lehren und Lernen
Frage nach	Soll- und Ist-Zustand	Ursachen	Lernausgangslagen und -ergebnissen

Die Unterschiede in den Merkmalsausprägungen verdeutlichen die unterschiedlichen Perspektiven, welche die Fachwissenschaften, die im berufsbildenden Lehramt als Bezugswissenschaften fungieren, und die Berufsdidaktiken einnehmen (Rauner, 1993). Um dennoch Schnittstellen i. S. systematischer Bezüge zwischen diesen Studienelementen zu identifizieren, auf deren Basis die inhaltliche Kohärenz dieser Studienangebote herausgestellt werden kann, ist es zielführend, die Fachwissenschaften unter dem Blickwinkel der hochschuldidaktischen Lehre als Lehrfachwissenschaften i. S. Lohmanns (1953) zu betrachten.

Lohmann (1953) stellte heraus, dass die Lehre der Fachwissenschaft als eigenständige Lehrfachwissenschaft zu betrachten ist, indem er u. a. der Methodologie der Fachwissenschaft die Methodik ihrer Lehre gegenüberstellte. Die Methodologie bezieht sich auf die Wege der Erkenntnisfindung in der Fachwissenschaft wie sie Naturwissenschaftler\*innen und Ingenieur\*innen vollziehen. Dagegen umfasst die Methodik die Wege, auf denen Lernende sich das Unbekannte erschließen (Erkenntniswege). Die Erkenntnis kennzeichnet das Verbindende zwischen Fachwissenschaft und Lehrfachwissenschaft, während sie sich in ihren Bezugspunkten und zu betrachtenden Einflussgrößen unterscheiden:

„Während die spezielle Methodologie [der Fachwissenschaft] allein vom Stoff des betreffenden Wissenschaftsgebietes abhängig ist, bezieht die Methodik [der Lehrfachwissenschaft] Elemente ein, die aus der Anwendung, der Praxis herrühren. Ist die echte Methode vollkommen objektiv, so erscheinen in dem als Methodik bezeichneten Wissenschaftsgebiet leider auch subjektive Einflüsse, die durch die Personen des Unterrichtsgeschehens bedingt sind.“ (Lohmann, 1953, S. 620)

Die Lehrfachwissenschaften verweisen damit auf ähnliche Ziele wie die Berufsdidaktiken, da es um die methodische Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen geht, für die nicht nur die Inhalte, sondern auch die Lernausgangslagen der Lernenden zu berücksichtigen sind. Der Unterschied besteht in der Adressierung unterschiedlicher Zielgruppen. Während über die Lehrfachwissenschaften (vor allem) die zukünftigen Ingenieur\*innen oder Naturwissenschaftler\*innen für die akademische Arbeitswelt qualifiziert werden, sind es im Fall der Berufsdidaktik die zukünftigen Lehrpersonen, die sich auf eine Schulpraxis im berufsbildenden Lehramt vorbereiten. Letzteres impliziert, dass die Absolvent\*innen Lehr-Lern-Settings für die berufliche, also nicht-akademische Arbeitswelt, planen und umsetzen können.

Da in den Lehrfachwissenschaften an Hochschulen jedoch typischerweise die zukünftigen Naturwissenschaftler\*innen und Ingenieur\*innen adressiert werden, ist die konsequente Bezugnahme der im Studium vermittelten Inhalte auf berufliche (vorwiegend akademische) Anwendungskontexte erforderlich, um die Relevanz des Fachwissens für deren Tätigkeit als zukünftige Akademiker\*innen herauszustellen. Für die Lehramtsstudierenden, die an der fachwissenschaftlichen Vorlesung partizipieren, würde allein durch den stärkeren Arbeitsweltbezug der Transferbedarf nicht nivelliert, aber minimiert werden: Die fachwissenschaftlichen Inhalte, die im Kontext der Arbeitsaufgaben von Naturwissenschaftler\*innen und Ingenieur\*innen entfaltet werden, müssen von Lehramtsstudierenden noch einmal für die spezifische (Arbeits-)Praxis von Facharbeiter\*innen restrukturiert werden, um darüber das „[...] konzeptuelle(n) Verständnis unterrichtsrelevanter Fachgegenstände“ (Schween et al., 2019, S. 185) zu fundieren. Auch wenn die Arbeitsaufgaben oder -situationen im akademischen und nicht-akademischen Bereich erheblich divergieren und die Arbeitsaufgaben von Facharbeiter\*innen nicht als didaktisch reduzierte Varianten akademischer Arbeitsaufgaben aufgefasst werden können, bestehen durch den Arbeitsweltbezug unmittelbare Schnittstellen zwischen den beiden Perspektiven. Es kann angenommen werden, dass ein Transfer zwischen verschiedenen Arbeitsweltbezügen innerhalb einer Branche mit geringeren Hürden für die Lehramtsstudierenden verbunden ist, als ein Transfer von fachsystematisch strukturierten Inhalten in einen berufsrelevanten Kontext.

Aufgrund dieser Annahmen wird davon ausgegangen, dass die von den Lehramtsstudierenden wahrgenommene inhaltliche Kohärenz zwischen den Fachwissenschaften und den Berufsdidaktiken steigt, wenn die fachwissenschaftliche Lehre explizit auf typische Aufgaben bzw. Problemstellungen von Naturwissen-

schaftler\*innen respektive Ingenieur\*innen orientiert und entlang potenzieller Problemlöseprozesse strukturiert wird. Der gemeinsame Bezugspunkt für die Fachwissenschaften und die Berufsdidaktiken – als eine Voraussetzung für inhaltliche Kohärenz – wäre damit das Verstehen und die Gestaltung der jeweiligen berufsfeldspezifischen Arbeitswelt, woraus sich auch die Lernbedeutsamkeit der verhandelten Inhaltsrelationen begründet. Die theoriebewusste Auseinandersetzung mit berufsrelevanten Problemstellungen in der Fachwissenschaft offeriert den Lehramtsstudierenden die Relevanz der Inhalte für die Arbeits- und damit auch die Berufsschulpraxis und zeigt zugleich einen Ansatz für die didaktische Gestaltung beruflicher Lehr-Lern-Prozesse auf. Hier knüpft unmittelbar die berufsdidaktische Lehre an. Die Bewertung der inhaltlichen Kohärenz – und folglich der sinnhaften Bezüge – zwischen Fachwissenschaften und Berufsdidaktiken erfolgt damit vermittelt über die Analyse der Problemorientierung der fachwissenschaftlichen Lehre sowie über deren stringente Strukturierung entlang von Problemlöseprozessen. Die Problemorientierung der fachwissenschaftlichen Lehre wird damit zu einem Indikator für die inhaltliche Kohärenz zwischen Fachwissenschaften und Berufsdidaktiken. Die Kooperation mit den Fachkolleg\*innen fokussiert entsprechend auf die Gestaltung einer problemorientierten Lehre.

## **4 Gestaltung und Evaluation einer problemorientierten Vorlesungsreihe zur Bauphysik als Vermittler inhaltlicher Kohärenz zwischen Fachwissenschaft und Berufsdidaktik**

### **4.1 Problemorientierung als (hochschul-)didaktisches Konzept und Gegenstand von Workshops von Berufsdidaktiker\*innen und Fachwissenschaftler\*innen**

Ein Ausgangspunkt der Kooperation mit den Fachkolleg\*innen war zunächst die hochschuldidaktische Analyse der fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltung auf Basis von Hospitationen durch die Berufsdidaktiker\*innen im Sinne einer Istzustandserhebung (erstes Arbeitspaket, siehe Abbildung 1). Für die Lehre in der Bauphysik konnte eruiert werden, dass sie fachsystematisch strukturiert wurde und eine Problemorientierung höchstens in der Anwendungsphase am Ende der jeweiligen Vorlesungen stattfand.

Aufgrund der dargestellten Problemlage wurde – in Abstimmung mit den Fachkolleg\*innen – der Bedarf abgeleitet, die Lehre problemorientierter zu gestalten. Mit dieser Zielstellung wurde eine vierteilige Workshop-Reihe mit Fachwissenschaftler\*innen aus den Fachbereichen Bauphysik sowie Mess- und Automatisierungstechnik<sup>5</sup> im Zeitraum von Februar bis Mai 2022 durchgeführt (zweites Ar-

---

5 Auf die Mess- und Automatisierungstechnik wird in diesem Artikel nicht weiter eingegangen.

beitspaket, s. Abbildung 1). In den Workshops wurde der Ansatz der problemorientierten Lehre durch die Lehrstuhlinhaberin der Berufsdidaktik vorgestellt (erster Workshoptermin, Dauer: 5 Stunden) und exemplarisch mit den Teilnehmenden diskutiert. Dies erfolgte mit dem Ziel, dass die fachwissenschaftliche Lehre anschließend durch die Fachwissenschaftler\*innen selbständig modifiziert wird. Weitere Inhalte waren didaktische Grundlagen, wie die didaktische Grundbeziehung zwischen Lehrenden, Lernenden und den anzueignenden Inhalten sowie die Bedeutung optimaler Lernbedingungen, die durch Lehrende zu schaffen sind. Darüber hinaus wurden Grundlagen zur sachlogischen Strukturierung von Lerninhalten sowie zur Gestaltung der verschiedenen Dimensionen des methodischen Handelns von Lehrenden besprochen.

Im Folgenden wird der Ansatz der problemorientierten Lehre, wie er in den Workshops entfaltet und der Kooperation zugrunde gelegt wurde, skizziert. Auf dieser Grundlage können die Kriterien für die Bewertung der Problemorientierung herausgearbeitet werden. In bildungswissenschaftlichen Studien konnte gezeigt werden, dass herausfordernde, problemorientierte Aufgabenstellungen und Alltagsbezüge kognitiv aktivierend sind (Kleickmann, 2012) und zu besseren Ergebnissen der Schüler\*innen<sup>6</sup> führen (Kunter & Voss, 2011). Für berufsqualifizierende Bildungsprozesse ist es insofern konsequent, wenn unabhängig von der Qualifizierungsstufe (z. B. Ingenieur\*innen, Techniker\*innen auf DQR-Niveau 7 bzw. 6; Facharbeiter\*innen auf DQR-Niveau 5; BMBF, 2024) berufstypische Arbeitsaufgaben als Bezugs- und Orientierungspunkte für die Lehre genutzt werden. Werden die Lernenden erstmalig mit solchen Arbeitsaufgaben konfrontiert, stellen diese zugleich auch Probleme für die Lernenden dar. Probleme können daraus resultieren, dass den Lernenden sowohl der der Arbeitsaufgabe inhärente Zielzustand als auch der gegebene Ausgangszustand unklar sind und vor allem, dass die Operatoren, über die der Unterschied zwischen dem gegebenen Zustand und dem Zielzustand sachgerecht reduziert werden kann, unbekannt sind (Dörner, 1976).

Problemlösen bedeutet aus psychologischer Perspektive, Unterschiede zwischen einem gegebenen Zustand und einem Zielzustand mittels eines Operators zu reduzieren, wobei dieses „zielgerichtete Verhalten oft das Aufstellen von Teilzielen beinhaltet, um die Anwendung von Operatoren zu ermöglichen“ (Anderson et al., 2013, S. 164). Während eine Aufgabe dadurch charakterisiert ist, dass dem Menschen alle Aspekte (Ausgangspunkt, Ziel und Operatoren zur Zielerreichung) bekannt sind, zeichnen sich Probleme dadurch aus, dass einzelne oder auch zwei der Aspekte unklar sind (Dörner, 1974). Damit wird eine elaborierte Auseinandersetzung mit dem Ausgangs-, dem Zielzustand und/oder dem Erwerben von Ope-

---

6 In den Studien wurden Lernprozesse in der allgemeinbildenden Schule untersucht. Es ist davon auszugehen, dass die Befunde auf andere Zielgruppen übertragbar sind.

ratoren erforderlich. Dies impliziert, dass die Differenz zwischen Ausgangs- und Zielzustand in einen „Satz von Unterschieden“ (Anderson et al., 2013, S. 176; Satz i. S. v. Reihe; engl. *set*) und damit Teilzielen zerlegt werden kann. Das Finden eines geeigneten Operators oder das Beseitigen des Unterschieds, der die Anwendung eines Operators blockiert, kann ein eigenständiges Operator-Teilziel darstellen (ebd.). Dieser Prozess der Mittel-Ziel-Analyse kann als eine Kaskade von Probleminduktionen aufgefasst werden (ebd.). Über die Mittel-Ziel-Analyse wird die Folgerichtigkeit des Problemlöseprozesses determiniert. Die Teilziele verweisen auf Teilaufgaben und können in Form von Teilfragen formuliert werden. Die Mittel-Ziel-Analyse ist somit auch die Basis für die Evaluation der Folgerichtigkeit problemorientierter Lehr-Lern-Prozesse, wie sie nachfolgend für die Bauphysik angewandt wird.

Problemlöseprozesse sind wesentliche Elemente beruflicher – akademischer wie auch nicht-akademischer – Arbeitstätigkeiten. „Die psychische Strukturierung [der Regulation der Arbeitstätigkeit] ist durch die Abhängigkeit von den Zielen der Arbeitstätigkeit eine inhaltlich bedingte Ordnung. Da sie des Weiteren die Regulierung der Arbeitstätigkeit auf das Ziel hin realisiert, ist sie eine inhaltlich bedingte funktionelle Ordnung- oder Ablauforganisation“ (Hacker, 1986, S. 109), welche mittels der Komponenten der psychischen Handlungsregulation gekennzeichnet werden kann:

- „Richten (Bilden eines Ziels als Vorwegnahme und Vornahme);
- Orientieren (über Aufgabe, Ausführungsmöglichkeiten und Handlungsbedingungen);
- Entwerfen der Aktionsprogramme im Sinne des Bildens eines Ergebnis- und Tätigkeitsmodells;
- Entscheiden über Ausführungsweisen und Herbeiführen des Entschlusses (als Übergang zum Verwirklichen);
- Kontrollieren des Ausführens (als rückkoppelndes Vergleichen mit Ergebnis- und Tätigkeitsmodell, eine [reafferente] Sonderform des Orientierens).“ (Hacker, 1986, S. 112).

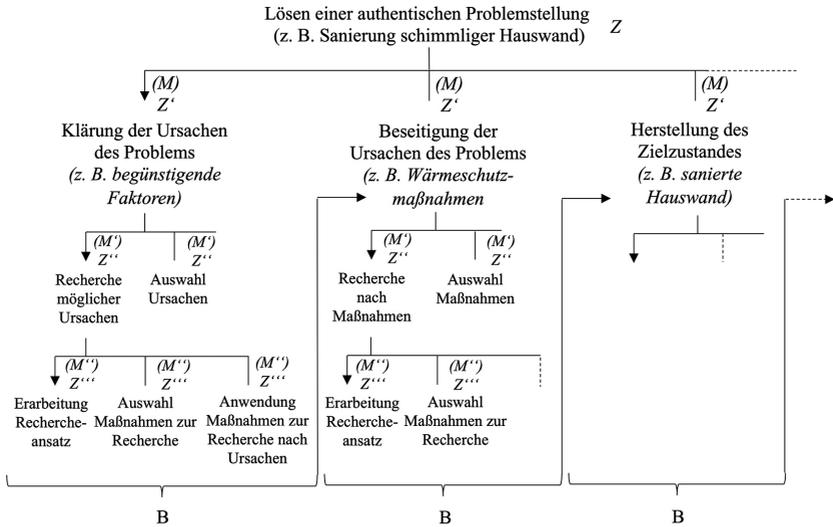
Bei neuartigen Aufgaben ist diese inhaltlich bedingte funktionelle Ordnung nicht ad hoc verfügbar, so dass die vorhandenen tätigkeitsregulierenden Gedächtnisrepräsentationen nicht ausreichen, um die Aufgabe zu lösen. Sie müssen daher zunächst erschlossen werden, womit die Aufgabe selbst ein Problem darstellt. Gleichmaßen kann jede Komponente der Handlungsregulation mit dem Lösen von untergeordneten (Teil-)Problemen verbunden sein.

Wird eine berufstypische Arbeitsaufgabe zum Bezugspunkt der fachwissenschaftlichen Lehre gemacht, entspricht diese für die Studierenden einer komplexen Problemstellung. Der Konflikt zwischen der beruflichen Relevanz und der noch nicht ausgebildeten Kompetenz der Studierenden, die Problemstellung zu bewältigen, fungiert hochschuldidaktisch als Motiv und Zugang zu den Inhalten der Lehrveranstaltung:

- zum einen wird dadurch das Ziel herausgestellt, welche Kompetenzen am Ende der Lehrveranstaltung erwartet werden,
- zum anderen kann über die Analyse der Problemstellung herausgearbeitet werden, welche Fragen (Satz von Unterschieden, siehe Anderson et al., 2013) für deren Bewältigung zu klären sind. Über diese Identifikation der unbekannteren Aspekte wird die Problemstellung in Teilfragen bzw. -aufgaben zerlegt, welche die Lehrveranstaltung inhaltlich und strukturell determinieren.

Für die Umsetzung einer problemorientierten Lehre ist u. a. zu klären, welche berufstypischen Arbeitsaufgaben in welcher Komplexität thematisiert werden sollen. So ist denkbar, dass die gesamte Lehrveranstaltung anhand einer beruflichen Aufgabe oder eben einzelne Lehrabschnitte über verschiedene berufliche Aufgaben motiviert und strukturiert werden. Die Inhalte der fachwissenschaftlichen Lehre thematisieren dann das Wissen, welches für die psychische Regulation der Arbeitstätigkeit (Hacker, 1986) bedeutsam ist, wobei in einer Vorlesung im Besonderen die Phasen des Richtens, Orientierens und Entwerfens durchlaufen werden, da i. d. R. die Gesamtheit aller tätigkeitsregulierenden Gedächtnisrepräsentationen erst erarbeitet werden muss. Über diesen Ansatz erhalten die Inhalte eine Funktion im Prozess der Problemlösung und werden darüber legitimiert. In der konkreten Umsetzung der Problemlösung werden dann das Entscheiden über Ausführungsweisen und Herbeiführen eines Entschlusses sowie die Kontrolle als handlungsregulierende Elemente wirksam. Diese Phasen werden exemplarisch in der Vorlesung durchlaufen, obliegen jedoch den Studierenden, sobald sie eine Lernaufgabe umsetzen müssen, die eine berufstypische Arbeitsaufgabe abbildet. Die theoretischen Ansätze wurden jeweils an Beispielen veranschaulicht. Das Prinzip des Ableitens der Teilziele aus einer authentischen Problemstellung nach Hacker (1986), ist in Abbildung 1 für eine Problemstellung in der Bauphysik dargestellt. In Ergänzung kann in Tabelle 2 die Zuordnung der Komponenten der Handlungsregulation nach Hacker (1986)<sup>7</sup> und der Ebenen der Mittel-Ziel-Analyse zur Suche und Anwendung der Operatoren für die Erreichung der jeweiligen Zielzustände nach Anderson et al. (2013) nachvollzogen werden. Diese Ansätze – wie sie in den Workshops erörtert wurden – sind gleichermaßen die Grundlage für die Evaluation der problemorientierten Lehre, wie im Abschnitt 4.4 dargelegt. Die konkrete Adaption der fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltung im Sinne der Problemorientierung blieb in der Verantwortung der Fachwissenschaftler\*innen. Dadurch wurden die Autonomie der Lehre und die gegebenen Verantwortlichkeiten in keiner Weise in Frage gestellt.

7 Aufgrund der hierarchischen Ordnung der Teilziele sind die Komponenten der psychischen Handlungsregulation nicht überschneidungsfrei zu kennzeichnen. Genannt wird in Tabelle 2 daher die Komponente, die für das jeweilige Teilziel die abschließende des Regulationsprozesses darstellt.



**Legende:**

Z: Ziel    B: Bedingung    M: Maßnahme (Mittel)    ↓|↓|↓| sequentielle Ziele/Maßnahmen

**Abb. 2:** Hierarchisch sequenzielle Struktur der Mittel-Ziel-Analyse<sup>8</sup> als Aspekt der Lösung einer authentischen Problemstellung (nach Hacker, 1986; Darstellung adaptiert nach Frank et al., 2016)

**Tab. 2:** Unterscheidung der Phasen der Handlungsregulation nach Hacker (1986) und Ebenen der Mittel-Ziel-Analyse nach Anderson et al. (2013) für die Lösung eines Teilproblems im Kontext der Sanierung einer Villa

lfd. Nr.	Abfolge der Schritte eines Problemlöseprozesses	nach Hacker (1986)	nach Anderson (2013)
I	Authentische Problemstellung als Ausgangspunkt der zu lehrenden Inhalte z. B. <i>Sanierung einer schimmigen Hauswand</i> → Teilfragen ableiten und sortieren in der logischen Folge eines Problemlöseprozesses (siehe 1–3)	Richten = Bilden eines Ziels (in diesem Fall als Übernahme eines bereits vorgegeben Ziels)  Orientieren (über Aufgabe, Ausführungsmöglichkeiten und Handlungsbedingungen)	Einstieg in die Mittel-Ziel-Analyse zur Suche und Anwendung der Operatoren
1	Klärung der Ursachen z. B. <i>begünstigende Faktoren zur Schimmelbildung</i>	Orientieren	erste Ebene der M-Z-Analyse

8 „Das Mittel wird [bzw. die Maßnahmen werden] vorübergehend zum Ziel. Im Endeffekt ignoriert der Problemlöser freiwillig das übergeordnete Ziel und konzentriert sich auf das Ziel, die Anwendung der Mittel zu ermöglichen“ (Anderson, 2013, S. 174)

lfd. Nr.	Abfolge der Schritte eines Problemlöseprozesses	nach Hacker (1986)	nach Anderson (2013)
1.1	Recherche möglicher Ursachen für das Problem zu dessen Behebung → Sind Maßnahmen (Operatoren) zur Recherche nach Ursachen bekannt, dann weiter zu 1.1.3	Orientieren	zweite Ebene d. M-Z-Analyse
1.1.1	Erarbeitung Rechercheansatz z. B. <i>im Rahmen der Vorlesung</i> vs. z. B. <i>Selbststudium</i>	Entwerfen <i>der Aktionsprogramme im Sinne des Bildens eines Ergebnis- und Tätigkeitsmodells</i>	dritte Ebene d. M-Z-Analyse
1.1.2	Auswahl Maßnahmen zur Recherche z. B. <i>Besuch der Vorlesung</i>	Entscheiden <i>über Ausführungsweisen und Herbeiführen des Entschlusses (als Übergang zum Verwirklichen)</i>	
1.1.3	Anwendung der Maßnahmen zur Recherche z. B. <i>im Rahmen der Vorlesung, indem Prozesse der Schimmelbildung und die Prozessbedingungen und folglich potenzielle Einflussfaktoren erarbeitet werden</i>	Durchführen (äußere Seite der Handlung)/Kontrollieren <i>hier: Teilnahme an der Vorlesung</i>	
1.2	Auswahl der Ursachen	Entscheiden	
2	Beseitigung der Ursachen des Problems z. B. <i>Wärmeschutzmaßnahmen</i>	Orientieren	erste Ebene d. M-Z-Analyse
2.1	Recherche nach Maßnahmen zur Beseitigung der Ursachen z. B. <i>nach Wärmeschutzmaßnahmen</i> → Sind Maßnahmen (Operatoren) zur Recherche nach Maßnahmen zur Beseitigung der Ursachen bekannt, dann weiter zu 2.1.3	Orientieren	zweite Ebene d. M-Z-Analyse
2.1.1	Erarbeitung Rechercheansatz nach Maßnahmen zur Beseitigung der Ursachen z. B. <i>im Rahmen der Vorlesung, indem Maßnahmen des Mindestwärmeschutzes erarbeitet werden</i>	Entwerfen <i>der Aktionsprogramme</i>	dritte Ebene d. M-Z-Analyse
2.1.2	Auswahl Maßnahmen zur Recherche z. B. <i>Besuch der Vorlesung</i>	Entscheiden	
2.1.3	Anwendung der Maßnahmen zur Recherche z. B. <i>im Rahmen der VL, indem Maßnahmen zur Sicherung des Mindestwärmeschutzes erarbeitet werden</i>	Durchführen (äußere Seite der Handlung)/Kontrollieren	
2.2	Auswahl der Maßnahmen zur Beseitigung der Ursachen des Problems z. B. <i>kriterienorientierte Bestimmung geeigneter Konstruktionslösung wie Wärmedämmung</i>	Entscheiden	zweite Ebene d. M-Z-Analyse
3	Zielzustand herstellen z. B. <i>sanierte Bauteile wie gedämmte Hauswand</i>	Orientieren	erste Ebene d. M-Z-Analyse

## 4.2 Methodischer Ansatz zur Evaluation der problemorientierten Adaption der Lehrveranstaltung Bauphysik

Auf Basis des im Abschnitt 4.1 skizzierten Ansatzes zur Problemorientierung in der Lehre wurde im Wintersemester 2022/23 die fachwissenschaftliche Lehre in der Bauphysik durch die Fachkolleg\*innen eigenständig modifiziert. Dieser erste Zyklus der Adaption der Vorlesungsreihe zur Bauphysik ist Gegenstand der hier dargestellten Evaluation durch die Autorinnen (Berufsdidaktikerinnen), über die weitere Optimierungsschritte für das Wintersemester 2023/24 abgeleitet wurden. Die Evaluationsergebnisse wurden mit den Fachwissenschaftler\*innen diskutiert und dem zweiten Zyklus der Adaption zugrunde gelegt. Die Ergebnisse dieser zweiten Entwicklungsschleife können hier noch nicht berücksichtigt werden, sie werden nur kurz im Fazit kommentiert.

Die Lehrveranstaltung des Wintersemesters 2022/23 umfasst insgesamt 14 Vorlesungen, drei komplexe Belegaufgaben<sup>9</sup>, zwei Übungen und eine Klausur. Der erste Vorlesungstermin wurde neben der Einführung in die Problemstellung (Sanierung einer Villa) organisatorischen Angelegenheiten und der letzte Termin der Vorbereitung auf die Klausur gewidmet. Die Übungen hatten die Funktion, wesentliche Elemente der Vorlesung (z. B. technische Rechnungen) zu wiederholen und Fragen hierzu (z. B. Eingangskennwerte) zu klären, auch in Bezug auf die Belegaufgaben. Die Übungen fanden an zwei Terminen im Semester statt, zu denen jeweils zwei Themen behandelt wurden:

1. Termin: Mindestwärmeschutz und Heizenergiebedarfsberechnung,
2. Termin: Dampfdiffusion und Sommerlicher Wärmeschutz.

Die Belegaufgaben waren nach Abschluss der jeweils relevanten Vorlesungsthemen abzugeben.

Da die betreffende Lehrveranstaltung vor der Durchführung der Workshops und entsprechend vor Einführung einer Problemorientierung rein fachsystematisch strukturiert war, ist ein Prä-Post-Vergleich zur neuen Lehrveranstaltung mit integrierter Problemorientierung nicht möglich. Es können lediglich der Sachstand zur Problemorientierung nach einer ersten Adaption der Lehre unter Bezugnahme auf Änderungen zur Prä-Variante analysiert und Konsequenzen für ein weiteres Redesign für den zweiten Zyklus der Durchführung abgeleitet werden.

Der Datenkorpus für die Analyse beschränkt sich auf die Belegaufgaben sowie die Vorlesungsfolien der zwölf inhaltlich ausgelegten Veranstaltungen. Vernachlässigt werden damit das gesprochene Wort in der Vorlesung sowie das Vorlesungsskript, das den Studierenden zur Verfügung gestellt wurde. Für Rückschlüsse auf möglicherweise notwendige Optimierungsschritte für den zweiten Zyklus der Durchführung ist die hier gewählte Datenbasis ausreichend.

---

<sup>9</sup> Die Belegaufgaben sind hier als komplexe Lernaufgaben zu verstehen, die die Studierenden zu ihrer Kompetenzüberprüfung eigenständig bearbeiten.

Die Evaluation orientiert auf die Frage nach möglichen Lücken bzw. Brüchen hinsichtlich der problemorientierten Strukturierung der fachwissenschaftlichen Inhalte. Insofern wird zunächst die inhaltliche Kohärenz innerhalb der fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltung betrachtet, da hierüber die Bedeutung der fachwissenschaftlichen Inhalte und damit ihre Funktionalität für berufstypisches Handeln der Adressaten herausgestellt wird. Dies wiederum ist eine Voraussetzung dafür, dass sinnhafte Bezüge zwischen Fachwissenschaften und Berufsdidaktik hergestellt werden können.

Das methodische Vorgehen umfasste folgende Schritte:

1. Analyse der problemorientierten Strukturierung der Belegaufgaben (Abschnitt 4.3)
2. Analyse der problemorientierten Strukturierung der Vorlesungsreihe (Abschnitt 4.4)
3. Analyse der Vorlesungsreihe hinsichtlich der Abdeckung und Verteilung inhaltlicher Zusammenhänge zur Lösung eines exemplarischen Teilproblems (Abschnitt 4.5)

Die Analysen zur Problemorientierung und zu den inhaltlichen Zusammenhängen basieren auf der klassischen Inhaltsanalyse des Datenkorpus, wobei mehrere Zugänge gewählt und aufeinander bezogen werden.

Im ersten und zweiten Evaluationsschritt wird durch die Autorinnen das der Analyse zugrunde gelegte Datenmaterial (Belegaufgaben im Abschnitt 4.3 und Vorlesungsfolien im Abschnitt 4.4) danach hinterfragt, inwiefern die Inhalte über ihre Bedeutung für die Bewältigung der potenziellen, berufsrelevanten Problemstellung eingeordnet und motiviert werden. Dazu wird im Sinne der in Tabelle 2 aufgeführten Kriterien eines ideellen Problemlöseprozesses geprüft, ob die fachwissenschaftlichen Inhalte der Vorlesungsreihe sinnhaft in einen Problemlöseprozess eingebettet werden, indem sie entsprechend der übergeordneten Problemstellung funktionalisiert und angeordnet werden. Die Belegaufgaben und die Lehrveranstaltungsfolien werden dazu entlang der Phasen des Richtens, Orientierens, Entwerfens, Entscheidens, Kontrollierens (Hacker, 1986) danach untersucht, welche (Teil-)Probleme sachlogisch abgeleitet werden können und inwiefern diese in den Belegaufgaben und Vorlesungsfolien gespiegelt werden können. Die sachlogische Analyse der (Teil-)Probleme umfasst die Charakterisierung möglicher Ziel- und Ausgangszustände. Aus der festgestellten Differenz zwischen Ziel- und Ausgangszustand werden entsprechend Maßnahmen zur Reduktion der Unterschiede (gemäß Mittel-Ziel-Analyse nach Anderson et al., 2013) determiniert. Anhand der so gewonnenen ideellen Problemlösestruktur kann dann beurteilt werden, ob die Vorlesungsreihe die Inhalte auf der Ebene der Vorlesungsthemen in der Reihenfolge liefert, wie sie für die Klärung der (Teil-)Probleme der ideellen Prob-

lemlösestruktur benötigt werden. Auf dieser Grundlage kann die Folgerichtigkeit der Vorlesungsthemen und die innerhalb dieser Themen adressierten Teilfragen bewertet werden.

Im dritten Evaluationsschritt (Abschnitt 4.5) wird für ein konkretes, bauphysikalisches Teilproblem (Schaden am Bauwerk durch Schimmelbildung), das in der Post-Variante der Lehrveranstaltung explizit entfaltet wird, untersucht, welche der problemrelevanten, inhaltlichen Zusammenhänge auf der Aussageebene<sup>10</sup> in welcher Verteilung über die zwölf Vorlesungsthemen abgedeckt werden. Hierfür wurde durch die Autorinnen ein auf Propositionen aufbauendes Kategoriensystem entwickelt (nach Düwel, 2020; 2024), in welchem die inhaltlichen Zusammenhänge zur gewählten Problemstellung in Form einer Experten-Concept Map (Begriffsnetz) dargestellt werden. Die Propositionen der Experten-Concept Map wurden anschließend nach Kategorien, wie sie der sachlogischen Strukturierung der Vorlesungsinhalte zugrunde liegen, geordnet. Diese kategoriale Sortierung der Propositionen bietet eine Referenz für eine standardisierte Auswertung der Daten (Inhalte der Vorlesungsfolien), indem zu jedem Inhaltsaspekt die dazu im Material (hier den Vorlesungsfolien) enthaltenen Aussagen den jeweils zutreffenden Propositionen (Codes) zugeordnet werden. Diese Art der Codierung wurde mit MAXQDA 2022 durchgeführt. Über eine Codematrix (siehe Tabelle 6), welche die kategorial geordneten Propositionen (Zeilen der Matrix) den Vorlesungsthemen (Spalten der Matrix) gegenüberstellt, kann dann abgebildet werden, wie sich das Vorkommen der Propositionen über die Vorlesungsthemen verteilt.

Auf Basis der Analyseergebnisse können die Bedarfe für weitere Anpassungen, die in den fachwissenschaftlichen und berufsdidaktischen Lehrveranstaltungen vorgenommen werden müssten, um die inhaltliche Kohärenz wahrnehmbarer zu machen, besser charakterisiert werden.

### 4.3 Analyse der problemorientierten Strukturierung der Belegaufgaben

Die Belegaufgaben, die von den Fachwissenschaftler\*innen im Rahmen der Lehrveranstaltung konzipiert wurden, bilden bereits exemplarische Aufgaben im Ingenieurwesen im Zusammenhang mit der Sanierung eines Gebäudes ab. Damit wird eine problemorientierte Anwendung der in der Lehrveranstaltung thematisierten Inhalte, Handlungsstrategien sowie -prozeduren gefordert, nicht die reine Wiedergabe von Faktenwissen. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Belegaufgaben, die sich auf drei Themengebiete beziehen, sind in Tab. 3 zusammengefasst:

---

10 Gemeint sind Aussagen im Sinne von Propositionen, wie sie in einer Experten-Concept-Map darstellbar sind.

**Tab. 3:** Übersicht der inhaltlichen Schwerpunkte der Belegaufgaben der Vorlesungsreihe zur Bauphysik im WiSe 2022/23

Themen	Teilaufgaben <sup>11</sup>	Zusätzliche Informationen
1. Wärmeschutz und Primärenergiebedarf	1.1: a) Beurteilen des Zustandes der Außenwand bzgl. der Anforderungen an den Mindestwärmeschutz b) Auswahl und Begründung einer Sanierungsoption von dreien (A, B, C) c) Ermitteln der Oberflächentemperatur eines sanierten Anschlussdetails Außenwand-Kellerdecke und Bewerten des Anschlussdetails 1.2: a) Berechnen des Heizwärmebedarfs des Gebäudes (für die unter 1.1b ausgewählte Variante) b) Berechnen des Primärenergiebedarfs des Gebäudes (Bezug zu Heizwärmebedarf unter 1.2a) c) Beurteilen, ob energetische Bedingungen für eine KfW <sup>12</sup> -Förderung erfüllt werden (Berechnung Wärmedurchgangskoeffizient, U)	Kenngrößen zu Bauteilen Grundrisse zum Gebäude (dienen nur zum Verständnis, nicht zur Erfassung der Maße) Berechnungsbedingungen Wärmeschutz
2. Feuchteschutz (Glaserverfahren)	a) Beurteilen der Gefahr des Kondensatausfalls im Winterfall und Einordnen des Falls gemäß Glaserverfahren b) Bestimmen des maßgebenden Grenzwerts für gegebene Sanierungsoption B (wasseraufnahmefähige Baustoffe) c) Bestimmen der Trocknungsmasse, die für gegebene Sanierungsoption C während des Sommers vorliegt, und Vergleichen mit Kennwert in Teilaufgabe d) d) Erklären von Unterschieden in Ergebnissen zweier Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Kondensatmasse	Kenngrößen zu Bauteilen Berechnungsbedingungen Feuchteschutz
3 Überhitzungsschutz/Sommerlicher Wärmeschutz	3.1: a) Begründen verschiedener Einstufungen von Räumen b) Beurteilen des Zustandes des kritischen Raumes bzgl. der Anforderungen nach DIN 4108-2 c) Erläutern des Einflusses der Sanierungsmaßnahmen auf die Verfahrensergebnisse 3.2: a) Bewerten der Eignung des Häupl-Verfahrens als Bemessungsgrundlage für den kritischen Raum b) Erläutern des Einflusses der Sanierungsmaßnahmen auf die Verfahrensergebnisse c) Vergleichen der Verfahrensergebnisse	Kenngrößen zu Bauteilen Grundrisse zum Gebäude mit Darstellung der zu untersuchenden Räume

11 Die Teilaufgaben werden nicht wörtlich wiedergegeben, sondern auf das Wesentliche reduziert, um die für den Problemlöseprozess relevanten Elemente besser sichtbar zu machen.

12 Kreditanstalt für Wiederaufbau

Die Analyse fokussiert darauf, die Anforderungen zu definieren, die an die Studierenden durch die Belegaufgaben gestellt werden. Dazu werden zunächst die Operatoren der Teilaufgaben und die Zusatzinformationen betrachtet/beschrieben und nach den Kriterien der im Workshop skizzierten Mittel-Ziel-Analyse als Aspekte der Problemlösung (siehe Tabelle 2) bewertet.

### **Beschreibung der Operatoren der Teilaufgaben und der Zusatzinformationen**

Die Belegaufgaben sind durch Fachwissenschaftler\*innen so kontextualisiert, dass darüber die Handlungsregulation für die Bearbeitung der Aufgaben durch die Studierenden (nach Hacker, 1986) fundiert wird (siehe Tabelle 3). In den Aufgabenstellungen werden die mit der Sanierung verbundenen Anforderungen genannt, die für eine Zielanalyse bei der Aufgabenbearbeitung (Komponente *Richten*) erforderlich sind:

„Der neue Eigentümer des Gebäudes beabsichtigt die Sanierung der vorhandenen Bausubstanz, verbunden mit einer *energetischen Aufwertung der thermischen Hüllfläche*. Ziel ist die Schaffung einer *hochwertigen Wohnnutzung*. Die Planung und Umsetzung der notwendigen Sanierungsmaßnahmen orientiert sich an der *Sicherstellung des erforderlichen hygienischen Mindestwärmeschutzes*, an der Einhaltung der Anforderungen eines *wirtschaftlich vertretbaren Konzeptes* und an der *Schonung der vorhandenen Bausubstanz*.“ (Freudenberg & Funcke, 2022, einleitender Text zur Belegaufgabe 1)

Im Nachgang werden alle Daten bzw. Kennwerte zu Bauteilen der Villa, Grundrisse und Berechnungsbedingungen wie Raum- und Außenluftzuständen zur Verfügung gestellt, die für die Bedingungsanalyse, d. h. die Istzustandserhebung (Komponente *Orientieren*) wie auch die Lösung der Entwicklungsaufgaben (Komponenten *Entwerfen, Entscheiden, Kontrollieren*) relevant sind (Hacker, 1986).

### **Bewertung der mit den Belegaufgaben verbundenen Anforderungen**

Mit den konkreten Teilaufgaben (siehe Tabelle 3) wird die übergeordnete Problemstellung der Sanierung einer Villa bereits anhand spezifischer bauphysikalischer Anforderungen strukturiert. Die Teilaufgaben repräsentieren Ergebnisse einer ersten Mittel-Ziel-Analyse nach Anderson et al. (2013), wie sie auch im Workshop erklärt wurde. Ihre Umsetzung erfordert Mittel-Ziel-Analysen auf den untergeordneten Ebenen. Die in den Belegaufgaben geforderten Entscheidungen können nur auf Grundlage berechneter Kennwerte begründet getroffen werden. Die Studierenden müssen insofern die Zielzustände mittels geeigneter Kennwerte charakterisieren können wie auch die Maßnahmen zur Ermittlung der Kennwerte sowie zur Bewertung verschiedener bauphysikalischer Lösungen beherrschen. Voraussetzung für die Bearbeitung der Belegaufgaben sind folglich die Grundlagen, die in den Vorlesungen zu den fachwissenschaftlichen Inhalten (sowohl zum Sach- als auch Handlungswissen) gelegt werden.

Im nächsten Evaluationsschritt wurde geprüft, inwiefern die Vorlesungsreihe nicht nur die fachwissenschaftlich bedeutsamen Bezüge und Inhalte thematisiert, sondern auch adäquate berufstypische Problemlöseprozesse exemplarisch abbildet.

#### 4.4 Analyse der problemorientierten Strukturierung der Vorlesungsreihe

Für diese Analyse werden zwei Zugänge gewählt, die nacheinander dargestellt werden:

- die Folgerichtigkeit der Reihung der Vorlesungsthemen,
- die Passfähigkeit der explizit gestellten Teilfragen zur Logik des Problemlöseprozesses.

Dazu wird zunächst die komplexe Problemstellung beschrieben, die im Unterschied zum Vorjahr in der neu konzipierten Vorlesungsreihe an den Anfang gestellt wird, was als Resultat der Workshops gewertet werden kann. Anschließend werden Soll-<sup>13</sup> und Istzustände der Themenreihenfolge bzw. der Teilfragen verglichen und bewertet. Darüber ist ableitbar, inwiefern die Vorlesungsreihe Problemlöseprozesse adäquat abbildet und hierüber notwendige Voraussetzungen für die Bewältigung der Belegaufgaben (siehe Abschnitt 4.3) durch die Studierenden schafft.

##### **Beschreibung der Problemstellung zur Sanierung einer Villa**

Die Räume einer Villa sollen so saniert werden, dass diese als Wohnräume nutzbar sind und im Einklang mit dem Denkmalschutz energetisch aufgewertet werden (= Problemorientierung). Mit der Sanierung der Villa sind verschiedene Anforderungen verbunden, die im Rahmen der Vorlesungsreihe thematisiert werden. Ein Aspekt, auf den im Folgenden immer wieder Bezug genommen wird, ist die Sicherung des Mindestwärmeschutzes. In diesem Zusammenhang ist von den Studierenden zu klären, durch welche Faktoren und Prozesse die Oberflächentemperatur an Bauteilen beeinflusst wird, um verschiedene Maßnahmen der Wärmedämmung gegeneinander abwägen zu können (= Mittel-Ziel-Analyse). Dementsprechend sind Wärmeleitung, Strahlung und Konvektion als mögliche Arten der Wärmeübertragung zu betrachten.

##### **Analyse zur Folgerichtigkeit der Reihung der Vorlesungsthemen**

Die Vorlesungsreihe adressiert zu allen Vorlesungsthemen die Sanierung der Villa. In der Lehrveranstaltung werden die problemrelevanten Teilaufgaben, wie sie auch in den Belegaufgaben aufgegriffen werden, thematisiert. Die Vorlesungsthemen und deren Reihenfolge wurde im Vergleich zum Vorjahr nicht geändert

---

13 Die Kriterien für einen möglichen Sollzustand werden über die Problemanalyse nach Hacker (1986) und Anderson (2013) abgeleitet.

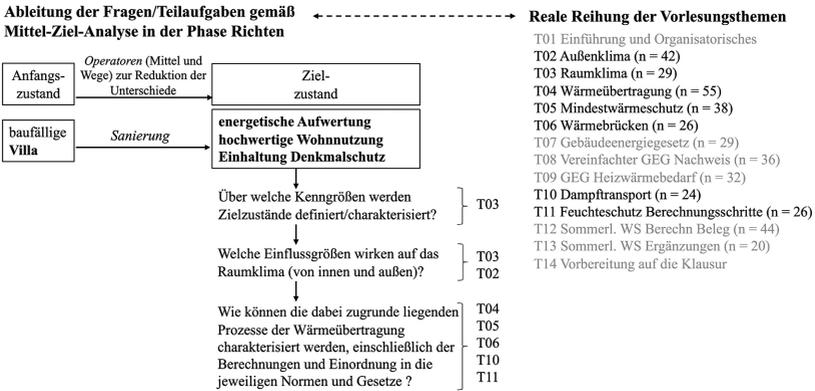
(siehe Abbildung 3). Inwiefern diese Reihung der Logik der Problemlösung der Sanierung entspricht, wird im Folgenden analysiert, indem die ideelle Themenstruktur anhand der zu klärenden Teilfragen skizziert und anschließend an der tatsächlichen Themenreihung gespiegelt wird (siehe Abbildung 3).

Die Sanierung der Villa setzt die Vorwegnahme der Ziele (Richten) voraus. Hierüber ergibt sich folgerichtig die Leitfrage, über welche Kenngrößen diese Zielzustände definiert werden können. Im Fall der vorliegenden Problemstellung würden damit alle Aspekte des Raumklimas (T03) relevant und objektiviert werden müssen, z. B. welchen Kriterien muss ein hochwertiger, behaglicher Wohnraum genügen? Das Objektivieren schließt ein, dass die jeweiligen Aspekte auch quantifiziert werden, woraus sich ein Bedarf an Bestimmungs- und Berechnungsverfahren der entsprechenden Kenngrößen ergibt. Eine Charakterisierung des Raumklimas erfordert im nächsten Denkschritt, dass Einflussgrößen auf das Raumklima sowie die Wirkmechanismen der Beeinflussung bekannt sind. Hierüber begründet sich die Behandlung der Themen Außenklima (T02) und Wärmeübertragung (T04) sachlogisch.

Die sachlogische Problemanalyse ergibt insofern eine andere Themenreihung – T03, T02, T04 – als in der konkreten Lehrveranstaltung umgesetzt wurde. Das Außenklima, welches eine Einflussgröße auf das Raumklima darstellt, wird in der Vorlesungsreihe vorangestellt, so dass im Einstieg Inhalte behandelt werden, deren Bedeutung für die Sanierung noch unklar ist. Die funktionale Einordnung der Inhalte für die Problemlösung ist für die Studierenden nicht direkt erschließbar. Die Bedeutung der nachfolgenden Vorlesungsthemen kann über die konkreten Sanierungsziele

- Vermeidung von Schäden (z. B. Schimmelbildung an Bauteiloberflächen)
- Begrenzung des Heizenergiebedarfs

abgeleitet werden. Mit dem Thema Mindestwärmeschutz (T05) werden Zusammenhänge zwischen Wärmeübertragung und Feuchtebildung thematisiert, was die vertiefte Beschäftigung mit den Wirkmechanismen der ablaufenden bauphysikalischen Prozesse erfordert. Damit können die Themen Wärmebrücken (T06), Dampftransport (T10) sowie Feuchteschutz (T11) funktional zur Problemstellung der Schadensvermeidung eingeordnet werden. Sie werden allerdings nicht aufeinanderfolgend behandelt, sondern T10 und T11 folgen erst nach Einführung der gesetzlichen Grundlagen zu Kennwerten und Maßnahmen zu deren Ermittlung (T07 bis T09), die im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgeschrieben sind. Die Inhalte des GEG beziehen sich allerdings hauptsächlich auf das Sanierungsziel, den Heizenergiebedarf bei Bauvorhaben zu begrenzen. Somit ist die Einordnung der Vorlesungen zum GEG (T07 bis T09) nicht passfähig zum bis dahin adressierten Sanierungsziel der Schadensvermeidung.



**Abb. 3:** Gegenüberstellung der sich aus der Problemstellung ergebenden Teilfragen (im Sinne der Mittel-Ziel-Analyse) und den jeweils relevanten Vorlesungsthemen (eigene Darstellung)

Es wird deutlich, dass die Inhalte der Vorlesung maßgeblich der Auseinandersetzung mit Zielgrößen der Sanierung einschließlich der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren gewidmet sind (nach Hacker, 1986: Orientieren). Hieraus resultieren relevante Aufgaben von Bauingenieur\*innen im Rahmen der Sanierung von Bauwerken, wie z. B. Ermitteln von Bauzuständen bzw. die adäquate Auswahl und Bewertung von Sanierungsmaßnahmen unter verschiedenen Maßgaben. Die jeweiligen (Teil-)Aufgaben und deren Umsetzung (Berechnungsverfahren) werden in den Vorlesungen integriert vermittelt und exemplarisch ausgeführt. Dadurch dass die Berechnungsverfahren hergeleitet, exemplarisch ausgeführt und ermittelte Kennwerte in ihrer Bedeutung für zu treffende Entscheidungen diskutiert werden, werden die Studierenden mit (Teil-)Aufgaben im Kontext des Entwerfens und ggf. Entscheidens vertraut gemacht. In den Belegaufgaben wird den Studierenden die Verantwortung für die sachgerechte Ausführung der theoretisch mit der Sanierung der Villa verbundenen Aufgaben übergeben. Für die Klärung offener Fragen dienen die Übungen. Die aufgezeigten logischen Brüche in der Reihung der Vorlesungsthemen werden nachfolgend auf der Ebene der Teilfragen als wesentliche strukturgebende Elemente eines Problemlöseprozesses geprüft.

**Analyse zur Passfähigkeit der explizit gestellten Teilfragen zur Logik des Problemlöseprozesses**

Im Gegensatz zum Vorjahr werden auf den Vorlesungsfolien explizit Teilfragen gestellt, so dass in der Analyse gesondert zu prüfen ist, wie passfähig diese Teilfragen zur Logik des Problemlöseprozesses sind. Da eine vollständige Darlegung der Analyse zu umfangreich gewesen wäre, werden exemplarisch nur die Teilfra-

gen der ersten beiden Vorlesungsthemen zum Außen- und Raumklima (T02 und T03) betrachtet, deren Reihung bereits als logischer Bruch zur inneren Logik des Problemlöseprozesses identifiziert wurde.

Zur besseren Nachvollziehbarkeit werden die Themen T02 und T03 getrennt voneinander betrachtet. Zur besseren inhaltlichen Einordnung der Teilfragen, die nicht durchgängig als Strukturierungselement genutzt werden, wird immer erst der jeweilige thematische Kontext beschrieben. Anschließend werden die Teilfragen nach ihrer Passfähigkeit zur Logik des Problemlöseprozesses, wie sie sich aus der Mittel-Ziel-Analyse (siehe Abbildung 1 bzw. Tabelle 2) ergeben müsste, beurteilt. In diesem Zusammenhang wird auch auf Vorlesungsinhalte verwiesen, zu denen keine Teilfragen formuliert werden, über die sich jedoch inhaltliche Bezüge zu den Teilfragen herstellen lassen. Die Teilfragen selbst sind tabellarisch (siehe Tabellen 4 und 5) unter Berücksichtigung der Foliennummern aufgelistet. Über die Foliennummern ist ablesbar, mit welchem Abstand Teilfragen zueinanderstehen. Die hierarchische, inhaltliche Einordnung der Teilfragen wurde von den Autorinnen durch Gliederungsnummern kenntlich gemacht, so dass in der weiteren Darstellung leichter Bezug auf die jeweiligen Teilfragen genommen werden kann. Die Schwierigkeiten, die bei der Einordnung der Teilfragen in die Logik des Problemlöseprozesses festgestellt werden konnten, sind in der Spalte „Anmerkungen“ aufgeführt.

### **Vorlesungsthema Außenklima T02**

Mit der ersten Folie zum ersten Vorlesungsthema „Außenklima“ werden durch ein Foto von der Villa auf das Sanierungsprojekt verwiesen und Teilfragen zum Thema „Außenklima“ (siehe Tabelle 4) formuliert. Mit den Teilfragen 1.1 bis 1.4 wird der Fokus auf außenklimarelevanten Zeitphasen und Wetterelemente (auch meteorologische Elemente genannt) gerichtet. Sie sind jeweils Überschriften zur Einschätzung des Energiebedarfs sowie des Abkühlungs- und Überhitzungsrisikos eines Gebäudes im Allgemeinen bzw. der zu sanierenden Villa im Speziellen untergeordnet.

Mit den Teilfragen 1.5 bis 1.7 wird auf die Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und die Messung der Lufttemperatur und -feuchtigkeit Bezug genommen. Der Bezug zur Villa wird durch die Auswahl der Daten zu den regionalen Wetterelementen des Villenstandortes implizit hergestellt. Die Teilfragen 2A bis 2D dienen der Einordnung sogenannter Extremwetterlagen in Deutschland, die auf Besonderheiten geographischer Lagen zurückgeführt werden können. Die Teilfragen 3 und 4 fokussieren auf die in der Atmosphäre vorkommenden Strahlungsarten und deren Einwirkung auf Außenbauteile. Die daran anschließenden Wind- und Niederschlagskennwerte werden nicht an Teilfragen geknüpft.

**Tab. 4:** Teilfragen zum Außenklima T02 (Folien zur ersten inhaltlichen Sitzung der Vorlesung mit Problembezug Villa)<sup>14</sup> (post)

Teilfragen zu T02 Außenklima	Anmerkungen	Nr. Folie zu T02
Titelfolie und Folien zur Inhaltsübersicht		1–4
1 Villa: Welche Phasen und Wetterelemente spielen eine Rolle?	Zielbezug nur mittelbar über Unterüberschriften der jeweiligen Folien gegeben (s. Ergänzungen in eckigen Klammern) → Teilfragen sind daher unvollständig	5
1.1 Welche Zeitphasen sollten wir betrachten [mit Bezug zum Energiebedarf]?		
1.2 Welche Zeitphasen sollten wir betrachten [mit Bezug zum Überhitzungs-/Auskühlungsrisiko → sommerlicher/winterlicher Wärmeschutz]?		
1.3 Welche Wetterelemente sind wichtig [mit Bezug zum Energiebedarf]?		
1.4 Welche Wetterelemente sind wichtig [mit Bezug zum Überhitzungs-/Auskühlungsrisiko → sommerlicher/winterlicher Wärmeschutz]?		
1.5 Wie sieht eine (DWD) Klima-Messstation aus?	meteorologische Elemente werden bei Berechnungsverfahren benötigt; Bezug wird nicht hergestellt; Fokus auf Messmethoden ist unbegründet	8
1.6 Wie wird die Lufttemperatur gemessen?		10
1.7 Wie wird die Luftfeuchtigkeit gemessen? > Wie wird sie angegeben?		16
2 In welcher Gegend Deutschlands ist es...	Einordnung sogenannter Extremwetterlagen in Deutschland; Bezug zu Überhitzungs-/Abkühlungsrisiko wird nicht explizit hergestellt	28
A) Im Jahresdurchschnitt am Kältesten?		30
B) Extrem heiß?		31
C) Extrem kalt?		32
D) Am regenreichsten?		33
3 Was ist mit kurzweiliger/langweiliger Strahlung gemeint?	Fokus auf die in der Atmosphäre vorkommenden Strahlungsarten und deren Einwirkung auf Außenbauteile; Bezug zu Überhitzungsrisiko wird nicht explizit hergestellt	38
4 Wie können wir die Solarstrahlung auf ein Bauteil umrechnen?		41
4.1 Wie erfolgt die Umrechnung der gerichteten Strahlung zum Bauteil?		42

Die Teilfragen zum Thema Außenklima (T02) werden nur formal in den Kontext des Sanierungsprojektes gestellt und ergeben sich nicht direkt aus der Problemstellung. Somit zeigt sich auch auf der Ebene der Teilfragen, dass sie sich nicht konsequent in die Logik des Problemlöseprozesses zur Sanierung der Villa einordnen lassen. Es handelt sich vielmehr um eine Denomination der fachsystematisch strukturierten

<sup>14</sup> Die Ergänzungen zu den Teilfragen in eckigen Klammern beziehen sich auf Unterüberschriften der jeweiligen Folien, in deren Zusammenhang die Teilfragen gestellt wurden.

Vorlesungsinhalte. Den Studierenden obliegen damit zusätzliche Interpretationsleistungen, die auf den Folien dargestellten Inhalte einzuordnen und zu verstehen.

So lässt sich z. B. die ausführliche Darstellung der Klimadatengewinnung nur als Exkurs verstehen, bei dem aufgezeigt wird, über welche Plattform Klimadaten für den Villenstandort bereitgestellt und welche Messmethoden für die Erhebung genutzt werden. Die Relevanz möglicher Messmethoden für die verschiedenen meteorologischen Elemente erschließt sich nicht ad hoc, so dass deren Erörterung nicht begründet scheint. Auch bei den nachfolgenden Fragen 2 bis 4 wird der Problembezug zu wenig deutlich. Bezüge zu Berechnungsverfahren, in denen diese Daten recherchiert und verfahrensspezifisch ausgewählt werden müssen, werden auf den Folien jedoch nicht explizit hergestellt. Sie folgen erst bei den Themen T05, T06, T10 bis T13.

Des Weiteren sind die Teilfragen zum Teil unvollständig formuliert, da die Bezugsgrößen nicht bzw. nur in den Überschriften enthalten sind (siehe Teilfragen 1.1 bis 1.4). Konkret müsste über die Teilfrage herausgestellt werden, dass die Wirkung des Außenklimas auf das Raumklima bzw. auf den „Energiebedarf des Gebäudes“ betrachtet werden soll. Hierfür wären relevante Elemente des Außenklimas (Wetterelemente) im Kontext differenzierter Zeitverläufe zu erarbeiten.

### **Vorlesungsthema Raumklima T03**

In der zweiten inhaltlichen Vorlesung (T03) wird mit der Frage nach der Bedeutung des Raumklimas (siehe Tabelle 5, Teilfrage 5) implizit auf die Zielgrößen für die Sanierung (oder auch das Betreiben) eines Gebäudes hingeleitet, z. B. die Konstruktion soll dauerhaft schadensfrei bleiben, der Energiebedarf soll minimiert, die Behaglichkeit und der Komfort sollen maximiert werden (Folie 5). In diesem Zusammenhang werden charakteristische bauphysikalische Größen für das Raumklima eingeführt. Zudem wird der Zusammenhang zwischen den Elementen des Raumklimas und Außenklimas und der Konstruktionsfeuchte thematisiert (Folie 7). Mit der Teilfrage 6 „Woraus ergibt sich das Raumklima im Allgemeinen?“ (Folie 9) wird die Problemanalyse vertieft, indem konditionale Zusammenhänge zwischen dem Raumklima und den relevanten Bedingungen, wie

- Außenklima mit den Elementen Temperatur, Luftfeuchte, kurz und langwellige Strahlung, Wind, Niederschlag;
- innere Quellen wie Personen, Geräte, Beleuchtung;
- Luftförderstrom bzw. Luftwechselrate, die wiederum durch Dichtheit, Lüftungsverhalten determiniert werden;
- Gebäudetechnischen Einrichtungen, wie Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage;
- Hygrothermisches Verhalten des Bauwerkes bzw. der einzelnen Bauteile, wie Wärmetransportwiderstände, Wärmespeicherverhalten, Feuchtetransportwiderstände, Feuchtespeicherverhalten

benannt werden. Die skizzierten Größen müssen nicht nur qualitativ beschrieben, sondern auch quantifiziert werden, was die mathematische Modellierung und ggf. auch die Messung derselben einschließt. Hierüber wären dann Teilaufgaben im Rahmen der Villensanierung ableitbar, um sinnhafte Bezüge zwischen den fachwissenschaftlichen Inhalten und der zukünftigen akademischen (ggf. nicht-akademischen) Arbeitswelt herstellen zu können.

**Tab. 5:** Teilfragen zum Raumklima (Folien zur zweiten inhaltlichen Sitzung der Vorlesung mit Problembezug Villa) (post)<sup>15</sup>

Teilfragen zu T03 Raumklima	Anmerkungen	Nr. Folie zu T03
Titelfolie und Folien zur Inhaltsübersicht		1–4
5 Villa: Warum ist das Raumklima von Bedeutung?	Zielbezug nur mittelbar über Unterüberschriften der jeweiligen Folien gegeben (s. Ergänzungen in eckigen Klammern) à Teilfragen sind daher unvollständig	5
5.1 Welche Elemente sind wichtig [mit Bezug zum Schadenspotenzial der Konstruktion]?		
5.2 Welche Elemente sind wichtig [mit Bezug zum Energiebedarf]?		
5.3 Welche Elemente sind wichtig [mit Bezug zur Behaglichkeit/zum Komfort]?		
6 Woraus ergibt sich das Raumklima im Allgemeinen?	Betrachtung der Kenngrößen zur Beschreibung von Raumluftzuständen; Problembezug zur Schimmelbildung durch hohe Luftfeuchtigkeit wird nicht explizit hergestellt	9
6.1 Wann kann es zu derartig hohen Feuchten an Bauteiloberflächen kommen?		10
7 Was ist die spezifische Enthalpie?		18
8 Mollier hx-Diagramm: Was ist für ein Raumluftzustand ablesbar?	Anwendung Mollier hx-Diagramm zur Bestimmung von Raumluftzuständen; Problembezug wird nicht explizit hergestellt	19
9 In welchem Verhältnis stehen		24
9.1 Wassergehalt $x$ und Feuchteabgabe $M$ ?		
9.2 Zuluft-Förderstrom und Abluftförderstrom im Raum?		

In der Vorlesung zum Thema Raumklima (T03) geht es allerdings primär um einen theoretischen Zugang zur Bestimmung von Raumluftzuständen mit Hilfe des Mollier-hx-Diagramms, so dass der Arbeitsweltbezug bzw. der Bezug zur Problemstellung durch die entsprechenden Teilfragen noch nicht ausreichend expliziert wird. Während bei Teilfrage 5 der Bezug zur Villa und implizit zu den Zielzuständen (Schadenspotenzial, Energiebedarf, Behaglichkeit/Komfort) gegeben ist, werden mit den Teilfragen 6 bis 9 bauphysikalische Größen losgelöst von der Problemstel-

<sup>15</sup> Die Ergänzungen zu den Teilfragen in eckigen Klammern beziehen sich auf Unterüberschriften der jeweiligen Folien, in deren Zusammenhang die Teilfragen gestellt wurden.

lung thematisiert. Ebenso fehlen in den Teilfragen die Bezugsgrößen, so dass deren Relevanz zur Problemlösung nur implizit durch z. B. Überschriften gegeben ist. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Vorlesungsreihe sowohl auf der Ebene der Vorlesungsthemen als auch auf der Ebene der Teilfragen, wie sie für die Themen Außen- und Raumklima exemplarisch betrachtet wurden, noch Lücken und Brüche aufweist. Über die Analyse wurden allerdings wesentliche Ansatzpunkte für die nächste Runde des Redesigns im zweiten Zyklus der Durchführung der Lehrveranstaltung (2023/24) herausgearbeitet. Nachfolgend werden nun auf der nächst untergeordneten Ebene die Abdeckung und Verteilung inhaltlicher Zusammenhänge zur Lösung eines exemplarischen Teilproblems der Villensanierung betrachtet.

#### **4.5 Analyse der Vorlesungsreihe hinsichtlich Abdeckung und Verteilung inhaltlicher Zusammenhänge zur Lösung eines exemplarischen Teilproblems**

Im folgenden Evaluationsschritt wird im Vergleich zum vorherigen im Abschnitt 4.5 die nächst tiefere Inhaltsebene eingenommen. Dazu wird für die konkrete bauphysikalische Problematik Vermeidung von Schimmelbildung, die im Rahmen der post-Variante thematisiert wird, danach analysiert, welche problemrelevanten, inhaltlichen Zusammenhänge (Propositionen), in welcher Verteilung über den Lehrveranstaltungsverlauf abgedeckt werden. Darüber kann bewertet werden, inwiefern ein Grundverständnis dieser Zusammenhänge unterstützt wird, je nachdem wie nah oder weit Aussagen über die Vorlesungsthemen verteilt sind. Damit wird die inhaltliche Kohärenz der Vorlesungsinhalte innerhalb der fachwissenschaftlichen Vorlesungsreihe zu der hier gewählten Problemstellung betrachtet.

#### **Beschreibung der Entwicklung des Kategoriensystems und Auswertungsmöglichkeiten zur Messung inhaltlicher Kohärenz auf der Textebene der Vorlesungsfolien**

Grundlage der Analyse inhaltlicher Zusammenhänge im Sinne inhaltlicher Kohärenz zur Problemstellung ist ein auf Propositionen aufbauendes Kategoriensystem. Zur Entwicklung des Kategoriensystems wurden für die Problemstellung der Schimmelbildung, wie sie auf den Vorlesungsfolien zu den Themen T02 bis T06 und T10 bis T11 der Post-Variante thematisiert wird, durch die Autorinnen eine Experten-Concept Map (siehe Abbildung 4) erstellt, die die Zusammenhänge abbildet, die für ein Grundverständnis der Problemlage notwendig sind. Dementsprechend werden nur problemrelevante Zusammenhänge<sup>16</sup> berücksichtigt und um wenige erkenntnisunterstützende ergänzt. Das heißt, die Fachinhalte der Vorlesung selbst werden nicht in Frage gestellt.

16 Es werden z. B. Zusammenhänge zur Wärmeleitfähigkeit von Materialien als Einflussgröße auf die Wärmedämmung einer Wand fokussiert; andere zur Strahlung und Konvektion als weitere Formen der Wärmeübertragung werden vernachlässigt; ebenso werden nicht alle Kenngrößen genannt und Details zur Herleitung der Berechnungsverfahren außer Acht gelassen.

In der Concept Map sind Begriffe in ihrer Relation zu anderen dargestellt, indem sie durch beschriftete Pfeile verbunden werden. Verknüpfungswörter sind häufig Verben (möglichst im Aktiv), es können aber auch Adjektive, Adverbien oder Konjunktionen enthalten sein. Die Erstellung der Concept Map erfolgte nach klar definierten Konstruktionsprinzipien (Düwel, 2020, 2024).

Das auf diese Weise generierte Netzwerk von Propositionen (Aussagen) wurde im nächsten Schritt nach Inhaltsaspekten kategorisiert (siehe Tabelle 5), um so aufeinander aufbauende Propositionen zu gruppieren.

1. Konstruktion (Hauptkategorie 1)
2. Bedingungen Außen- und Raumklima (Hauptkategorien 2–5)
3. Materialeigenschaften der Bauteile/Wand (Hauptkategorie 6)
4. Berechnungsverfahren nach Glaser (Hauptkategorie 7)

Das zugrunde gelegte Kategoriensystem besteht aus 57 Propositionen und ermöglicht die Standardisierung der auf den Vorlesungsfolien enthaltenen Aussagen.

Die Codierung des Datenmaterials, d. h. der Vorlesungsfolien, wurde mit MAXQDA 2022 realisiert. Die Verteilung der Aussagen über die zwölf Vorlesungsthemen (T02 bis T13) kann dann in Form einer Code-Matrix visualisiert werden (siehe Tabelle 6). Die inhaltliche Kohärenz der mit der Problemstellung auf der Textebene der Vorlesungsfolien verbundenen Zusammenhänge wird halbquantitativ über die Abdeckung der Propositionen innerhalb der jeweiligen Vorlesungsthemen sowie deren Verteilung über die zwölf Vorlesungsthemen ausgewertet.

### **Beschreibung der im Kategoriensystem abgebildeten Zusammenhänge**

Für die bessere Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse zur inhaltlichen Kohärenz auf der Textebene der Vorlesungsfolien werden die in Abbildung 4 und damit auch in Tabelle 6 dargestellten Zusammenhänge in Ergänzung zu den Ausführungen in Abschnitt 4.4 kurz skizziert. Die Sanierung einer Villa erfordert eine Bestandsaufnahme, bei der z. B. Schimmel an einem Bauteil festgestellt wird. Schimmelbildung an Bauteiloberflächen wird durch Feuchtigkeit begünstigt, die durch Tauwasserbildung entsteht. Die Risikoabschätzung der Tauwasserbildung erfolgt über das Glaserverfahren. Maßgeblich bei der Tauwasserbildung an Bauteiloberflächen ist die Unterschreitung der Grenztemperatur an deren Oberfläche. Die für einen definierten Raumluftzustand zutreffende Grenztemperatur ist im Mollierh-x-Diagramm ablesbar, in dem Kenngrößen zu spez. Enthalpie, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Wassergehalt und Wasserdampfdruck aufgetragen sind, um den jeweiligen Raumluftzustand zu beschreiben. Das Raumklima wird beeinflusst durch Faktoren des Außenklimas wie z. B. Bewölkung, Strahlung, Niederschlag und Faktoren des Raumklimas wie gebäudetechnische Einrichtungen (z. B. Heizungsanlage), Funktionsnebenwirkungen (z. B. Personen, Geräte, Beleuchtung) und Luftförderstrom bzw. Luftwechselrate. Letztere wird von der Dichtheit des Gebäudes und dem Lüftungsverhalten sowie dem Wind, einem meteorologischen Element des Außenklimas, beeinflusst.



### **Ergebnisse der Analyse zur Aussagenabdeckung und -verteilung über die zwölf Vorlesungsthemen**

Die Code-Matrix (siehe Tabelle 6) stellt die Verteilung der kategorial sortierten Propositionen über die zwölf Vorlesungsthemen dar. Der geringe Problembezug in der Einstiegsvorlesung zum Außenklima (T02), wie bereits im Abschnitt 4.4 dargelegt, spiegelt sich auch in den Aussagen wider, die auf den Vorlesungsfolien getroffen werden. Alle Codes, bis auf einen Code (K04B\_13 Wind beeinflusst Luftförderstrom bzw. Luftwechselrate; Bezug Raumklima), beziehen sich nur auf Propositionen zum Außenklima. Erst mit der zweiten Vorlesung zum Raumklima (T03) werden die mit der Problemstellung verbundenen Bezüge zu Zielstellungen und Einflussgrößen, den damit verbundenen Kenngrößen und dem Kriterium der Grenztemperatur an der Bauteiloberfläche, die über das Mollier-hx-Diagramm in Abhängigkeit der jeweils gegebenen Raumlufzustände abgelesen werden kann, hergestellt. Nachfolgend wird der Schwerpunkt bei den Themen Wärmeübertragung, Mindestwärmeschutz und Wärmebrücken (T04 bis T06) auf die Berechnungsgrundlagen gelegt, so dass nur auf ausgewählte Einflussgrößen/Kenngrößen des Raumklimas Bezug genommen wird. Bezüge zur Problemstellung (K01K\_05 Bestandsaufnahme umfasst Feststellung Schaden an Bauteil, K01K\_06 Schimmel ist Schaden) und den wesentlichen Bedingungen an der Bauteiloberfläche (z. B. K02B\_03 Feuchtigkeit an Bauteiloberfläche entsteht durch Unterschreitung Grenztemperatur) sind bei allen drei Themen (T04 bis T06) gegeben.

Auf den Vorlesungsfolien zum Gebäudeenergiegesetz (T07 bis T09) werden keinerlei Aussagen zu den Zusammenhängen der Problemstellung Schimmelbildung getroffen. Das Gebäudeenergiegesetz bietet die gesetzliche Grundlage für Berechnungsverfahren und einzuhaltende Grenzwerte beim Heizwärmebedarf. Somit hat das Thema zwar mit Maßnahmen zum Wärmeschutz zu tun, aber nur vor dem Hintergrund Energie zu sparen. Der Bezug zur Villa wird über den Energiebedarfsausweis der Villa hergestellt. Dieser Aspekt wird im betrachteten Inhaltsauschnitt allerdings nicht berücksichtigt, so dass auch keine Codes zugeordnet werden konnten. Genauso verhält es sich mit dem sommerlichen Wärmeschutz (T12 und T13).

Mit den Themen Dampftransportvorgänge (T10) und Feuchteschutz (T11) ist der Anschluss an die Problemstellung der Schimmelbildung wieder gegeben, er wird auf den Folien jedoch nicht explizit hergestellt. Im Fokus stehen drei Aussagen zur Risikoabschätzung der Tauwasserbildung an Bauteiloberflächen, für die das Glaser-Verfahren angewandt wird (K05B\_04 Lufttemperatur ist Kenngröße, K05B\_07 Wasserdampfdruck ist Kenngröße, K07V\_01 Glaserverfahren ist Risikoabschätzung d. Bildung v. Tauwasser), die implizit mit der Gefahr der Schimmelbildung verbunden sind. Somit wird das Vorwissen der Studierenden aus den vorangegangenen Vorlesungsthemen, insbesondere den Themen Raumklima und Mindestwärmeschutz, vorausgesetzt.

## Bewertung der inhaltlichen Kohärenz der Vorlesungsinhalte zur Problemstellung

Tab. 6: Anzahl der in den Vorlesungsfolien vorkommenden Aussagen<sup>17</sup>

Vorlesungsthemen	T02p	T03p	T04p	T05p	T06p	T07p	T08p	T09p	T10p	T11p	T12p	T13p	SUMME
<b>1 Konstruktion</b>													
K01K_01 Villa erfordert Sanierung Villa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K01K_02 Sanierung Villa erfordert Bestandsaufnahme	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3
K01K_03 Villa hat Bauteil	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K01K_04 Wand ist Bauteil	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K01K_05 Bestandsaufnahme umfasst Festst. Schaden an Bauteil	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
K01K_06 Schimmel ist Schaden an Bauteil	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>2 Bedingung an Bauteloberfläche</b>													
K02B_01 Feuchtigkeit an Bauteloberfläche verursacht Schimmel	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
K02B_02 Feuchtigk. an BTO entsteht durch Tauwasser an BTO	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
K02B_03 Feuchtigk. an BTO entsteht durch Untersch. (Grenz)Temp	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
K02B_04 Außenkl. beeinfl. durch WÜ an Wand (Grenz)Temp. an BTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K02B_05 Raumkl. beeinfl. durch WÜ an Wand (Grenz)Temp. an BTO	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K02B_06 Wärmedämmung beeinflusst (Grenz)Temp. an Bauteloberfl.	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>3 Bedingung Außenklima</b>													
K03B_01 meteorologisches Element definiert Außenklima	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_02 Bewölkung ist meteorologisches Element	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_03 Luftdruck ist meteorologisches Element	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_04 Luftfeuchtigkeit ist meteorologisches Element	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_05 Lufttemperatur ist meteorologisches Element	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_06 Niederschlag ist meteorologisches Element	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_07 Niederschlag beeinflusst Luftfeuchtigkeit	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_08 Niederschlag wirkt auf Außenseite Wand	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_09 Strahlung ist meteorologisches Element	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_10 Strahlung wirkt auf Außenseite Wand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
K03B_11 Strahlung beeinflusst Lufttemperatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
K03B_12 Wind ist meteorologisches Element	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K03B_13 Wind wirkt auf Außenseite Wand	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>4 Bedingung Raumklima</b>													
K04B_01 Außenklima beeinflusst Raumklima	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_02 Funktionsnebenwirkung beeinflusst Raumklima	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_03 Beleuchtung ist Funktionsnebenwirkung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_04 Gerät ist Funktionsnebenwirkung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_05 Person ist Funktionsnebenwirkung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_06 Gebäudetechnischen Einrichtung beeinflusst Raumklima	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_07 Heizungsanlage ist Gebäudetechnischen Einrichtung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_08 Klimaanlage ist Gebäudetechnischen Einrichtung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_09 Lüftungsanlage ist Gebäudetechnischen Einrichtung	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_10 Luftförderstrom/Luftwechslerate beeinflusst Raumklima	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
K04B_11 Dichtheit beeinflusst Luftförderstrom/Luftwechslerate	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_12 Lüftungsverhalten beeinflusst Luftförderstrom/-wechslerate	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
K04B_13 Wind beeinflusst Luftförderstrom bzw. Luftwechslerate	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_14 Luftdruck definiert Raumklima	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_15 Luftfeuchtigkeit definiert Raumklima	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K04B_16 Lufttemperatur definiert Raumklima	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>5 Bedingung Kenngrößen</b>													
K05B_01 (Grenz)Temp. an BTO ablesbar in Mollie-hs-Diagramm	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
K05B_02 Mollie-hs-Diagramm beschreibt Luftzustand	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
K05B_03 Luftzustand durch Kenngröße	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K05B_04 Lufttemperatur ist Kenngröße	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
K05B_05 rel. Luftfeuchte ist Kenngröße	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
K05B_06 spez. Enthalpie ist Kenngröße	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K05B_07 Wasserdampfdruck ist Kenngröße	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3
K05B_08 Wassergehalt ist Kenngröße	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>6 Eigenschaften Material</b>													
K06E_01 Material der Wand hat hygrothermisches Verhalten	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
K06E_02 Feuchtspeicherverhalten ist hygrothermisches Verhalten	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K06E_03 Feuchttransportwiderstand ist hygrotherm. Verhalten	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K06E_04 Wärmespeicherverhalten ist hygrothermisches Verh.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K06E_05 Wärmetransportwiderstand ist hygrothermisches Verhalten	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K06E_06 Material der Wand hat Wärmeleitfähigkeit	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
K06E_07 Wärmeleitfähigkeit beeinflusst Wärmedämmung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>7 Berechnungsverfahren</b>													
K07V_01 Glasverf. ist Risikoabschätzung d. Bild. v. Tauwasser	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
SUMME	11	37	5	15	6	0	0	0	2	4	2	0	82

BTO: Bauteloberfläche; WÜ: Wärmeübertragung

17 Anzahl Codierungen wurde binarisiert. Grau markiert sind die binarisierten Code-Vorkommisse sowie die Summen einzelner Codes über alle Vorlesungsthemen (letzte Spalte) bzw. der insgesamt je Vorlesungsthema vorkommenden Codes (letzte Zeile).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch die Analyse der Verteilung der problemrelevanten Aussagen (Propositionen) über die Vorlesungsthemen hinweg aufgezeigt werden kann, welche Schwerpunkte innerhalb der Vorlesungsthemen gesetzt werden. Zusammenhänge, die zwischen diesen Aussagen bestehen, werden am besten beim Thema Raumklima hergestellt und dann als Vorwissen bei der Behandlung der folgenden Themen vorausgesetzt. Aufgrund der Abdeckung der Aussagen, wie sie in den Vorlesungsfolien zugänglich sind, kann von den Studierenden ein grundlegendes Verständnis der Zusammenhänge zu den Ursachen der Schimmelbildung an Bauteilen beim Thema T03 Raumklima erworben werden. Damit ist bei diesem Thema die hohe Abdeckung der Aussagen zur Problemstellung der Schimmelbildung an Bauteiloberflächen ein Indiz für die inhaltliche Kohärenz auf der Textebene. Die im Abschnitt 2.2 aufgezeigten logischen Brüche der Teilfragen, besonders beim Thema Außenklima (T02) zeigt sich auch hier auf der Aussagenebene, da beim Einstieg in die Vorlesungsreihe die fokussierten Einflussgrößen des Außenklimas nicht in Beziehung zur Problemstellung und zum Raumklima gesetzt werden. Die geringe inhaltliche Kohärenz zur Problemstellung auf Teilfragen- und Aussagenebene beim Einstiegsthema erschwert den Verstehensprozess entlang der Denk- und Handlungsschritte einer Problemlösung.

## 5 Fazit und Ausblick

Die Frage der inhaltlichen Kohärenz zwischen den Fachwissenschaften und der Berufsdidaktik im beruflichen Lehramtsstudium sollte nicht simplifiziert werden, indem die Vertreter\*innen der verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen im berufsbildenden Lehramt aufgefordert werden, in ihrer Lehre jeweils stärker aufeinander zu verweisen. Hierfür fehlen sachlogische Grundlagen, da eine Wissenschaft jeweils ihre spezifischen Ziele, Inhalte und Methoden im Fokus haben sollte/muss. Schnittstellen zwischen den Wissenschaften sind dort gegeben, wo die Vermittlung der Inhalte – im Verständnis einer Lehrfachwissenschaft – in den Vordergrund tritt. Eine adressatengerechte Gestaltung von Lehr-Lern-Settings zur Aneignung der Fachinhalte impliziert, dass die Relevanz der Inhalte für die zukünftige Arbeitswelt herausgestellt wird. Dies kann im Besonderen über Anwendungsbezüge, welche sich in berufstypischen Arbeitsaufgaben zeigen, gelingen. Werden Studierende mit derartigen berufstypischen Arbeitsaufgaben in Form von Lernaufgaben konfrontiert, stellen diese aufgrund ihrer Neuartigkeit Probleme dar. Die fachwissenschaftliche Lehre kann insofern als ein Prozess der Problemlösung inszeniert und strukturiert werden, was für die Lehramtsstudierenden gleichermaßen eine Blaupause für die Gestaltung beruflicher Lehr-Lern-Prozesse darstellt. Hierüber treten inhaltliche Bezüge zwischen den Fachwissenschaften und der Berufsdidaktik zu Tage.

Durch die Analyse konnte aufgezeigt werden, dass eine Adaption von fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen hin zu einer Problemorientierung mit Herausforderungen verbunden ist, die ggf. in Kooperation mit den Berufsdidaktiken bewältigt werden können. Die Gespräche mit den Kolleg\*innen der Bauphysik zu den dargestellten Analysenergebnissen bestärkten beide Seiten, die Kooperation über die Projektlaufzeit hinaus fortzuführen.

Im vorliegenden Beitrag wurde die Problemorientierung als Ansatz für die Bewertung der inhaltlichen Kohärenz zwischen Fachwissenschaften und Berufsdidaktiken theoretisch begründet. Am Beispiel der Bauphysik (und konkret anhand der Problemstellung der Schimmelbildung an Bauteilen) wurde die Umsetzung einer problemorientierten Lehre nach drei Gesichtspunkten analysiert:

1. der problemorientierten Strukturierung der Belegaufgaben (Abschnitt 4.3),
2. der problemorientierten Strukturierung der Vorlesungsreihe (Abschnitte 4.4)
3. der Abdeckung und Verteilung inhaltlicher Zusammenhänge zur Lösung eines exemplarischen Teilproblems (Abschnitt 4.5)

Die Analyse zur problemorientierten Strukturierung der Belegaufgaben und der Vorlesungsreihe ergab, dass aufgrund der Kontextualisierung der Belegaufgaben die Handlungsregulation (nach Hacker, 1986) fundiert werden kann. Die Reihung der Vorlesungsthemen und die innerhalb der ersten beiden Vorlesungsthemen explizit gestellten Teilfragen weisen noch Lücken und Brüche in der problemorientierten Strukturierung auf. Die Teilfragen werden nicht konsequent aus der Ausgangsproblemstellung abgeleitet und stellen häufig eher formale Adaptionen der fachsystematisch strukturierten Vorlesungsinhalte dar.

Offene Stellen/Brüche in der Problemlösestruktur erfordern Transferleistungen, die für eine berufsdidaktische Verwertung durch die Lehramtsstudierenden zusätzlich erbracht werden müssen. Dadurch kann die Wahrnehmung der inhaltlichen Kohärenz von Fachwissenschaft und Berufsdidaktik durch die Lehramtsstudierenden beeinträchtigt werden. Auf Basis der Analysenergebnisse wurden Bedarfe für weitere Anpassungen in den fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen zum Zweck der besseren Hervorhebung der inhaltlichen Kohärenz differenzierter charakterisiert. So wurden wesentliche Ansatzpunkte für das Redesign der Lehrveranstaltung in der Bauphysik im zweiten Zyklus herausgearbeitet. Die angepasste Lehrveranstaltung wurde im Wintersemester (2023/24) durchgeführt. Für das konkrete Beispiel der Schimmelbildung an Bauteilen wurde aufgrund der nahezu vollständigen Abdeckung der Aussagen in den Vorlesungsfolien eruiert, dass die Erarbeitung und das grundlegende Verständnis der Zusammenhänge zu den Ursachen der Schimmelbildung durch die Studierenden optimal unterstützt werden. Die in den Abschnitten 4.4 und 4.5 aufgezeigten logischen Brüche zeigen jedoch auf, dass die Zusammenhänge zwischen Problemstellung und den Teilfragen bzw. den damit verbundenen Begründungszusammenhängen eigenständig

vom Rezipienten herzustellen sind. Das ist ein erheblicher Interpretationsaufwand, der den Verstehensprozess entlang der Denk- und Handlungsschritte einer Problemlösung erschweren kann.

Eine Stärke des vorgestellten methodischen Vorgehens zeigt sich in der inhaltlichen Tiefe bei der Betrachtung der Fachinhalte. Durch die Darstellung der logischen Brüche in der problemorientierten Lehre konnten für den zweiten Zyklus der Durchführung gezielt Impulse für die Modifikation der Lehre und auch der Lehrmaterialien gegeben werden. Die Herausforderungen des Ansatzes zeigen sich vor allem in der aufwendigen Form der Datenanalyse. Limitiert wird die konkret vorgestellte Untersuchung durch die Fokussierung der Betrachtungen auf die Vorlesungsfolien und die Belegaufgaben, da das Skript und das gesprochene Wort außer Acht gelassen werden. Diese Eingrenzungen sind in Anbetracht von Aufwand und Nutzen zu bewerten. Zusätzliche Daten erhöhen den ohnehin immensen Analysenaufwand und es ist fraglich, ob der Erkenntnisgewinn dadurch erheblich gesteigert werden kann. Die bereits aufgezeigten logischen Brüche/Lücken markieren Lernbarrieren, die letztlich auch die inhaltliche Kohärenz zwischen der Fachwissenschaft und der Berufsdidaktiken verschleiern. Die Herausforderungen, die die inhaltlich kohärente Strukturierung der Fachinhalte und damit deren Funktionalisierung für die zukünftige Arbeitstätigkeit der Studierenden mit sich bringt, sind dadurch hinreichend gekennzeichnet. Die Fokussierung auf die Vorlesungsfolien ist auch dadurch begründbar, dass das Grundschema, anhand dessen die Lehre strukturiert wird, für die Zielgruppe über die Vorlesungsfolien erkennbar sein sollte.

Der vorgestellte Evaluationsansatz ist für jede problemorientierte Lehre übertragbar, erfordert aber jeweils eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit den fachwissenschaftlichen Inhalten und deren Anordnung im Kontext der konkret thematisierten Problemstellungen. Mit den Ansätzen der psychischen Handlungsregulation oder der Mittel-Ziel-Analyse sind lediglich heuristische Zugänge hierfür gegeben.

Unberücksichtigt blieb in der vorgelegten Untersuchung die Frage nach den Herausforderungen, die die Übertragung der Inhalte aus dem Kontext der beruflichen Arbeit von Ingenieur\*innen und Naturwissenschaftler\*innen in den von Facharbeiter\*innen mit sich bringt. Studierende im berufsbildenden Lehramt müssen letztlich die Arbeitswelt von Facharbeiter\*innen als Lerngegenstand verstehen und berufsdidaktisch reflektieren. Hinsichtlich dieser Diskrepanz werden von Vertreter\*innen der Didaktiken der Beruflichen Fachrichtungen gegenwärtig zwei Denkrichtungen diskutiert und unterschiedlich favorisiert. Zum einen kann eingewendet werden, dass die Fachwissenschaften, wie sie an den Universitäten verortet sind, prinzipiell nicht der Funktion als Bezugswissenschaften für die Ausbildung im Lehramt für berufsbildende Schulen gerecht werden können und dass stattdessen eigenständige Berufs(feld-)wissenschaften etabliert werden müssen

(Spöttl, 2010). Diese Berufs(feld-)wissenschaften analysieren und strukturieren die Inhalte, wie sie in beruflichen Arbeitsaufgaben und Arbeitssituationen bedeutsam werden. Die Aufgabe, die inhaltliche Kohärenz zwischen den Säulen der ersten Phase der Lehrkräftebildung zu sichern, müsste in diesem Fall zwischen den Berufs-(feld-)wissenschaften, der Berufsdidaktik und den Bildungswissenschaften ausgehandelt werden. Für die strukturelle Etablierung dieser Berufs-(feld-)wissenschaften an den Hochschulstandorten fehlen gegenwärtig – im Besonderen aufgrund der geringen Studierendenzahlen in den gewerblich-technischen Beruflichen Fachrichtungen – die Ressourcen.

Zum anderen werden die Fachwissenschaften – trotz bestehender Herausforderungen – weiterhin als Bezugswissenschaften angenommen. In dem Fall ist die problemorientierte Gestaltung der Lehre als Ansatz zur Erhöhung der Wahrnehmung inhaltlicher Kohärenz zwischen Fachwissenschaften und Berufsdidaktiken – wie im Beitrag diskutiert – weiter zu forcieren und zu optimieren. Zu prüfen wäre, inwiefern auch Arbeitskontexte thematisiert werden, in denen das Arbeitshandeln von Facharbeiter\*innen unmittelbar zugänglich wird.

Die Methode der Problemorientierung an sich erfordert eine stringente Konzeption der Lehrveranstaltungen, um den mit einer gewählten Problemstellung verbundenen Problemlöseprozess transparent zu machen. Nur eine authentische Problemstellung an den Anfang einer Lehrveranstaltung zu stellen, ohne konsequente Ableitung der sich daraus ergebenden Teilfragen, ist keine Verbesserung gegenüber der fachsystematischen Sortierung der Inhalte. Die Evaluation zeigt auf, dass auch im Kontext einer problemorientierten Lehre logische Brüche und Lücken auftreten können, die wiederum den Prozess der Wissensaneignung erschweren können. Dies mag sich nachteilig auf die Wahrnehmung der inhaltlichen Kohärenz zwischen Fachwissenschaft und Berufsdidaktik auswirken.

Ein Großteil dieser logischen Brüche und Lücken zu beheben ist im Redesign der Vorlesungsreihe zur Bauphysik gelungen (Ergebnisse dazu sind in Düwel & Niethammer, im Druck publiziert). Der dafür notwendige Arbeits- und Zeitaufwand war erheblich. So sehr die Verbesserungen im zweiten Zyklus der Lehrveranstaltung dafürsprechen, problemorientierte Ansätze in den Fachwissenschaften weiter zu forcieren und zu optimieren, steht und fällt die Machbarkeit solch umfassender konzeptioneller Umstellungen mit den personellen Ressourcen, die in unserem Fall durch die Finanzierung im QLB-Projekt gegeben waren.

Weitere Forschungsarbeiten wären nachfolgend notwendig, um Veränderungen in der Wahrnehmung der inhaltlichen Kohärenz intra- und interdisziplinär zu untersuchen. Das schließt auch die Messung des Wissens- und Kompetenzzuwachses ein. Darüber hinaus wäre die Übertragung des in diesem Artikel vorgestellten Analysenansatzes auf andere fachwissenschaftliche Disziplinen zu untersuchen.

## Literatur

- Anderson, J. R., Neuser-von Oettingen, K. Ü. & Plata, G. Ü. (2013). *Kognitive Psychologie Lehrbuch* (7., erweiterte und überarbeitete, neu gestaltete ed.). Springer VS.
- Bader, R. & Sloane, P. (Eds.). (2000). *Das Lernfeldkonzept*. Ernst-Verlagsgesellschaft.
- Berben, T., Bänisch, R. & Klüver, J. (2001). Das Lernfeldkonzept und die Entwicklung der Schulorganisation dargestellt am Modellversuch Berufliche Qualifizierung. In P. Gerds & A. Zöllner (Eds.), *Der Lernfeldansatz der Kultusministerkonferenz* (pp. 181–205). Bertelsmann.
- Blömeke, S., Suhl, U. & Döhrmann, M. (2012). Zusammenfügen was zusammengehört. Kompetenzprofile am Ende der Lehrerausbildung im internationalen Vergleich. *Zeitschrift für Pädagogik*, 58, 422–440.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF (2024): *Der DQR*, [online] [https://www.dqr.de/dqr/de/der-dqr/dqr-niveaus/dqr-niveaus\\_node.html](https://www.dqr.de/dqr/de/der-dqr/dqr-niveaus/dqr-niveaus_node.html) [22.01.2024].
- Canrinus, E. T., Klette, K. & Hammerness, K. (2019). Diversity in Coherence: Strengths and Opportunities of Three Programs. *Journal of Teacher Education*, 70(3), 192–205. <https://doi.org/10.1177/0022487117737305>
- Dörner, D. (1974). *Die kognitive Organisation beim Problemlösen. Versuche zu einer kybernetischen Theorie der elementaren Informationsverarbeitungsprozesse beim Denken* (1 ed.). Huber.
- Düwel, F. (2020). *Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten. Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung*. Technische Universität Dresden.
- Düwel, F. (2024). *Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten. Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung*. Dissertation. Logos. <https://doi.org/10.30819/5731>.
- Düwel, F., Eichhorn, S. & Niethammer, M. (2019). Entwicklung berufsdidaktischer Kompetenzen. Konzeptioneller Ansatz zur Vernetzung von Disziplinwissen und berufsdidaktischem Wissen. *bwp(at)* Nr. 37, 1–23. [http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel\\_et\\_al\\_bwpat37.pdf](http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel_et_al_bwpat37.pdf)
- Düwel, F., Hillegeist, A. & Niethammer, M. (2022). Qualität beruflicher Lernaufgaben. Implikationen für die fachliche und berufs-/fachdidaktische Professionalisierung von Lehrkräften. In S. Anselmann, U. Faßbauer, H. Nepper & L. Windelband (Eds.), *Berufliche Arbeit und Berufsbildung zwischen Kontinuität und Innovation. Konferenzband zur 21. Tagung der Gewerblichen-Technischen Wissenschaften und ihren Didaktiken (GTW)* (pp. 75–92). wbv. <https://doi.org/10.3278/9783763971831>
- Düwel, F. & Niethammer, M. (2023). Güte von Argumentationslinien in Unterrichtskonzepten im Fach Chemie. In H. Van Vorst (Ed.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt* (pp. 222–225). [https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2023/05/Tagungsband\\_2023.pdf](https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2023/05/Tagungsband_2023.pdf)
- Düwel, F. & Niethammer, M. (im Druck). Entwicklung eines problemorientierten Ansatzes zur Herstellung der inhaltlichen Kohärenz von Fachwissenschaft und Fachdidaktik. In S. Kersten & G. Kamasch (Eds.), *Herausforderungen zeitgemäßer Technikbildung im akademischen und berufsbildenden Sektor. Wege zu technischer Bildung. Referate der 17. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung in Dresden 2023*. VLW. <https://ipw-edu.org/bibliothek>
- Düwel, F., Niethammer, M. & Eichhorn, S. (2023). Modellierungsansatz zur Analyse der Sequenzierung von Aussagen in Texten. [www.bwpat.de/profil-8\\_fuerstenau](http://www.bwpat.de/profil-8_fuerstenau), 1–25. [http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel\\_et\\_al\\_bwpat37.pdf](http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel_et_al_bwpat37.pdf)
- Fortus, D., Sutherland Adams, L. M., Krajcik, J. & Reiser, B. (2015). Assessing the role of curriculum coherence in student learning about energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(10), 1408–1425. <https://doi.org/10.1002/tea.21261>
- Freudenberg, P. & Funcke, B. (2022). Aufgabe 1: Wärmeschutz und Primärenergiebedarf. Belegaufgabe zur Vorlesung Bauphysik im Wintersemester 2022/23. TU Dresden. Unveröffentlichte Materialien.
- Habermas, J. (1969). *Erkenntnis und Interesse Theorie*; 2 (12. – 16. Tsd. ed.). Suhrkamp.
- Hacker, W. (1986). *Arbeitspsychologie* (1 ed.). Deutscher Verlag der Wissenschaften.

- Hellmann, K. (2019). Kohärenz in der Lehrerbildung. Theoretische Konzeptionalisierung. In Hellmann, K., Kreutz, J., Schwichow, M. & Zaki, K. (Eds.). (2019). *Kohärenz in der Lehrerbildung*. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4>
- Hellmann, K., Kreutz, J., Schwichow, M. & Zaki, K. (Eds.). (2019). *Kohärenz in der Lehrerbildung*. Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4>
- Kleickmann, T. (2012). Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. (10.04.2021, Trans. 1 ed.). IPN. [http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material\\_aus\\_SGS/Handreichung\\_Kleickmann.pdf](http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf)
- Kreutz, J. (2019). Lehrkohärenz in der Geschichtslehrerbildung. Schnittmengen zwischen Geschichtswissenschaft und Geschichtsdidaktik. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Eds.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (pp. 117–131). Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4>
- Kühne, T., Hillegeist, A., Ott, M., Fürstenau, B. & Niethammer, M. (2022). Komplexe Lehr-Lern-Arrangements als gemeinsame Aufgabe von Fachwissenschaft und Fachdidaktik. In S. Anselmann, U. Faßbauer, H. Nepper & L. Windelband (Eds.), *Berufliche Arbeit und Berufsbildung zwischen Kontinuität und Innovation*. Konferenzband zur 21. Tagung der Gewerblichen-Technischen Wissenschaften und ihren Didaktiken (GTW) (pp. 91–104). wbv. <https://doi.org/10.3278/9783763971831>
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (pp. 85–114). Waxmann.
- Leuders, T. (2020). Kohärenz und Professionsorientierung in der universitären Lehrerbildung. Hochschuldidaktische Impulse durch das 4C/ID-Modell. In J. Kreutz, T. Leuders & K. Hellmann (Eds.), *Professionsorientierung in der Lehrerbildung. Kompetenzorientiertes Lehren nach dem 4-Component-Instructional-Design-Modell* (pp. 7–24). Springer VS.
- Lohmann, H. (1953). Die Technik und ihre Lehre. Ein Forschungsteilprogramm für eine wissenschaftliche Ingenieurpädagogik. *Wissenschaftliche Zeitschrift der TH Dresden* 3, 602–629.
- Niethammer, M. (2022). Problemorientierung in der Lehre. Folien zum Workshop im Rahmen des Teilprojektes 3 des Verbundvorhabens SYLBER-BBS der Qualitätsinitiative Lehrerbildung, Concept Mapping and Summary Writing as Learning Tools in Problem-Oriented Learning, unveröffentlichte Materialien.
- Rach, S. (2019). Lehramtsstudierende im Fach Mathematik. Wie hilft uns die Analyse von Lernvoraussetzungen für eine kohärente Lehrerbildung. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Eds.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (pp. 69–84). Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4>
- Rauner, F. (1993). Zur Begründung und Struktur gewerblich-technischer Fachrichtungen als universitäre Fächer. In A. Bannwitz & F. Rauner (Eds.), *Wissenschaft und Beruf. Berufliche Fachrichtungen im Studium von Berufspädagogen des gewerblich-technischen Bereiches* (Vol. 17, pp. 10–37). Donat.
- Ropohl, G. (1991). *Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie* (1 ed. Vol. 971). Suhrkamp.
- Schween, M., Trabert, A. & Schmitt, C. (2019). ProfiWerk und PraxisLab Chemie. Hochschuldidaktische Innovationen zur kohärenten Professionalisierung angehender Gymnasiallehrkräfte im Rahmen des Projekts ProPraxis. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Eds.), *Kohärenz in der Lehrerbildung* (pp. 183–198). Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Spöttl, G. (2010). Berufliche Fachrichtungen als universitäre Fächer und deren wissenschaftliche Begründung. In J.-P. Pahl & V. Herkner (Eds.), *Handbuch berufliche Fachrichtungen*. wbv Publikation. <https://doi.org/10.3278/6004020w>
- Weber, J. (2010): Technikwissenschaft/Technowissenschaft. In H.-J. Sandkühler (Ed.): *Enzyklopädie Philosophie*. Hamburg: Felix Meiner Verlag 2010, Bd.3, S. 2717u-2721b.

## Autorinnen

Düwel, Frauke, Dr.

Technische Universität Dresden

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten, Fachsprachen, fachbezogenes Englisch

frauke.duewel@tu-dresden.de

Niethammer, Manuela, Prof. Dr.

Technische Universität Dresden

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Arbeitsaufgabenbasiertes Lehren und Lernen, didaktisch induzierte Arbeitsanalyse, außerschulisches und interdisziplinäres Lernen; integrierte Beruf- und Studienorientierung, Umgang mit Heterogenität als didaktische Aufgabe, Berufliche Bildung für Nachhaltige Entwicklung

manuela.niethammer@tu-dresden.de

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben „TUD-Sylber-BBS“ wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2022 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.