

Kompetenzorientiertes Prüfen im Bereich der grafischen Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik

Entwicklung eines validen, prüfungsdidaktischen Rahmens

Kumulative Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Philosophie (Dr. phil.)
im Fach Psychologie der Universität Paderborn

von

Chantal Ornella Soyka

Betreuer und Erstgutachter: Prof. Dr. Niclas Schaper
Zweitgutachterin: Prof. Dr. Katrin Klingsieck

Datum der Disputation: 17.12.2024

Neben dem Manteltext besteht die Dissertation aus den folgenden in Fachzeitschriften veröffentlichten Artikeln:

Manuskript A: Soyka, C., Schaper, N., Bender, E., Striewe, M., & Ullrich, M. (2022). Toward a Competence Model for Graphical Modeling. *ACM Transactions on Computing Education*, 23(1), Artikel 15. <https://doi.org/10.1145/3567598>

Manuskript B: Soyka, C., Ullrich, M., Striewe, M. & Schaper, N. (2023). Comparison of Required Competences and Task Material in Modeling Education. *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, 18, Artikel 7. <https://doi.org/10.18417/emisa.18.7>

Manuskript C: Soyka, C. & Schaper, N. (2024). Analyzing Student Response Processes to Refine and Validate a Competency Model and Competency-Based Assessment Task Types. *Frontiers in Education*, 9, Artikel 1397027. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1397027>

Die drei Manuskripte (A, B, C) sind Teil der kumulativen Dissertation. Bei der Manuskripterstellung waren die Aufgaben zwischen den Autor*innen jeweils wie folgt verteilt:

Konzeptualisierung der Studien	C. Soyka, N. Schaper
Datenerhebung und -auswertung	C. Soyka mit Unterstützung von M. Ullrich und M. Striewe
Verschriftlichung des ursprünglichen Entwurfs	C. Soyka (Manuskript B mit Unterstützung von M. Ullrich)
Überprüfung und Überarbeitung des Entwurfs	C. Soyka mit Unterstützung der Co-Autoren der Manuskripte (N. Schaper, M. Striewe, M. Ullrich, E. Bender)

Insgesamt entfallen 80 Prozent des Arbeitsaufwandes auf C. Soyka, 10 Prozent auf N. Schaper sowie 10 Prozent auf die Co-Autor*innen M. Ullrich, M. Striewe und E. Bender.

Darüber hinaus sind folgende deutschsprachige Beiträge mit inhaltlichem Bezug zum Dissertationsprojekt entstanden:

Soyka, C., Schaper, N., Ullrich, M., Striewe, M., Schüler, S. & Schiefer, G. (2022). Anwendungsorientierte Handreichung: Kompetenzorientiertes Prüfen in der Hochschullehre im Fachgebiet der grafischen Modellierung. Gesellschaft für Informatik. https://keamod.gi.de/fileadmin/PR/KEAMOD/Kompetenzmodell/Anwendungsorientierte_Handreichung_KEA-Mod.pdf

Soyka, C., Ullrich, M., Schaper, N. & Striewe, M. (2023). Leitfaden zum Einsatz des digitalen Fachkonzepts: KEA-Mod - Eine E-Assessment Plattform für die grafische Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik. Gesellschaft für Informatik. https://keamod.gi.de/fileadmin/PR/KEAMOD/Kompetenzmodell/KEA_Mod_Leitfaden_zum_Einsatz_des_digitalen_Fachkonzepts.pdf

Striewe, M., Forell, M., Houy, C., Pfeiffer, P., Schiefer, G., Schüler, S., Soyka, C., Stottrop, T., Ullrich, M., Fettke, P., Loos, P., Oberweis, A. & Schaper, N. (2021). Kompetenzorientiertes E-Assessment für die grafische, konzeptuelle Modellierung. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 58, 1350-1363. DOI: <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00797-x>

Danksagung

Ich möchte diese einleitenden Worte nutzen, um all jenen zu danken, die zum Entstehen dieser Dissertation beigetragen und mich auf meinem Weg begleitet haben.

Zuerst möchte ich meinem Doktorvater Prof. Dr. Niclas Schaper für seine Betreuung in allen Phasen der Promotion und im Speziellen für seine hilfreichen Anregungen und sein konstruktives Feedback danken. Ich danke auch Prof. Dr. Katrin Klingsieck dafür, dass sie sich bereit erklärt hat, ihre fachliche Perspektive im Rahmen der Zweitbegutachtung dieser Arbeit einzubringen. Ich möchte mich zudem bei den vielen Kolleg*innen des Fachs Psychologie bedanken, durch die ich im Rahmen von Lehrveranstaltungen, Forschungskolloquien und Methodentreffs während meiner Promotionszeit viel dazu lernen konnte.

Ein besonderer Dank gilt dem Team des KEA-Mod Verbundprojekts („Kompetenzorientiertes E-Assessment für die grafische Modellierung“), in dessen Rahmen diese Dissertation entstanden ist. Insbesondere danke ich Dr. Meike Ullrich und Prof. Dr. Michael Striewe für ihre fachliche Expertise und wertvollen Inputs, die diese Arbeit bereichert und mir geholfen haben, mich in die Thematik der grafischen Modellierung einzudenken und neue Einsichten zu gewinnen. Ohne ihre Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Ich möchte mich auch bei allen Studienteilnehmenden bedanken, die ihre Zeit und ihr Wissen für diese Arbeit zur Verfügung gestellt haben.

Ein riesiger Dank geht auch an meine liebe Familie für ihren Rückhalt und konstanten emotionalen Support. Insbesondere möchte ich meinen Eltern danken, für ihr Vertrauen in mich und die Zuversicht und den Optimismus und all die weiteren Dinge, die sie mir mit auf den Weg gegeben haben – und natürlich für ihr unermüdliches Korrekturlesen. Meinem Bruder Marlon danke ich für sein wertvolles Feedback und seine Hilfe als „Dissertations-Sparringspartner“. Meiner Schwester Nastassja danke ich, dass sie mir stets ein offenes Ohr schenkt. Zudem bin ich meinen Mann Stephan unendlich dankbar, dass er mich in allen Lebenslagen bedingungslos unterstützt.

Delbrück, im Dezember 2024

Chantal Soyka

Zusammenfassung

Die grafische Modellierung stellt in der (Wirtschafts-) Informatik ein zentrales Querschnittsthema dar und findet sich in vielen Curricula informatiknaher Studiengänge in Deutschland wieder. Im Fokus steht dabei der Umgang mit konzeptuellen Modellen, d.h. das Lesen und Erstellen von graph-basierten, konzeptuellen Modellen, die einen geplanten oder existierenden Realweltausschnitt darstellen. Die damit verbundenen Aufgaben erfordern ein problemlösendes Denken und involvieren eine Vielzahl an kognitiven Prozessen und Aktionen. Doch trotz der hohen Relevanz des Themas in der (Wirtschafts-) Informatik fehlt bislang ein didaktischer Rahmen, welcher die mit der grafischen Modellierung verbundenen Kompetenzziele detailliert spezifiziert und Empfehlungen für die kompetenzorientierte Prüfung der Facetten der grafischen Modellierungskompetenz gibt. Kompetenzorientiertes Prüfen stellt nicht nur eine zentrale Forderung und Entwicklung der Bologna-Reform dar, sondern erfüllt neben der Zertifizierung des Kompetenzerwerbs auch wichtige didaktische Funktionen, indem sie Leistungsanforderungen transparent macht, die Lernprozesse der Studierenden steuern und Rückmeldungen zum Lernstand geben. So zeigt sich, dass der Einsatz von Prüfungen in der Hochschullehre lernförderliche Effekte hat. Für eine lernförderliche Gestaltung und Planung eines gezielten und didaktisch sinnvollen Einsatzes von Prüfungen ist es erforderlich zu definieren, *was* – welche Kompetenzen – *wie* – mit welchen Aufgaben – geprüft werden soll. Diesen Fragen wird in dieser Dissertation für den Bereich der grafischen Modellierung im Rahmen von drei Studien schrittweise nachgegangen. Dabei werden Methoden der Kompetenzmodellierung und Aufgabenanalyse mit Ansätzen der Validierung miteinander verknüpft. Die zentralen Ergebnisse dieser Arbeit stellen ein Kompetenzstrukturmodell sowie eine kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung dar. Im Rahmen der Studien konnten Nachweise für die Repräsentativität der identifizierten Kompetenzdimensionen und -facetten sowie Aufgabentypen und den bei deren Bearbeitung involvierten Antwortprozessen im Sinne des inhaltlichen und kognitiven Aspekts der Validität generiert werden. Auf diese Weise wurde ein valider, didaktischer Rahmen geschaffen, der Lehrende bei der Definition modulrelevanter Lernergebnisse und der gezielten, kompetenzorientierten Auswahl, Entwicklung und Bewertung passender Prüfungsaufgaben unterstützt. Dadurch bietet die Arbeit Hinweise für eine stärkere und ausgewogene Kompetenzorientierung in der Modellierungslehre. Gleichzeitig trägt sie durch die erstmalige, umfassende Beschreibung des Konstrukts der grafischen Modellierungskompetenz zur Theoriebildung bei.

Abstract

Graphical modeling is a central cross-sectional topic in (Business) Informatics and can be found in many curricula of computer science-related courses in Germany. The focus is on dealing with, i.e. reading and creating graph-based, conceptual models that represent a planned or existing section of the real world. The associated tasks require problem-solving thinking and involve a variety of cognitive processes and actions. However, despite the high relevance of the topic in (Business) Informatics, a didactic framework that specifies the competence objectives associated with graphical modeling in detail and provides recommendations for the competence-oriented assessment of the facets of graphical modeling competence is still lacking. Competence-oriented assessment not only represents a central requirement and development of the Bologna reform, but also fulfills important didactic functions in addition to certifying the acquisition of competence. They make performance requirements transparent, guide students' learning processes and provide feedback on learning outcomes. It is evident that the use of assessments in higher education has effects that promote learning. In order to design and plan the use of assessments in a targeted and didactically meaningful way that promotes learning, it is necessary to define *what* - which competencies - *how* - with which tasks – it should be assessed. This dissertation examines these questions for the area of graphical modeling in three studies. Methods of competence modeling and task analysis are combined with approaches of validation. The central results of this work are a competence structure model and a competence-oriented task classification for graphical modeling. As part of the studies, evidence was generated for the representativeness of the identified competence dimensions and facets as well as task types and the response processes involved in their processing in terms of the content and cognitive aspect of validity. In this way, a valid, didactic framework was created that supports lecturers in the definition of module-relevant learning outcomes and the targeted, competence-oriented selection, development and evaluation of suitable assessment tasks. In this way, the dissertation offers indications for a stronger and more balanced competence orientation in modeling teaching in higher education. At the same time, it contributes to theory development by providing the first comprehensive description of the construct of graphical modeling competence.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 HINTERGRUND UND RELEVANZ	1
1.2 ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN	3
1.3 VORGEHEN DER ARBEIT	5
2. MODELLIERUNG DER FACETTEN GRAFISCHER MODELLIERUNGSKOMPETENZ	9
2.1 KOMPETENZVERSTÄNDNIS UND ANSÄTZE ZUR KOMPETENZMODELLIERUNG	9
2.1.1 DAS KOMPETENZVERSTÄNDNIS	9
2.1.2 KOMPETENZVERSTÄNDNIS IN DER HOCHSCHULISCHEN INFORMATIKAUSBILDUNG	10
2.1.3 ANSÄTZE ZUR KOMPETENZMODELLIERUNG AUS DER BILDUNGSFORSCHUNG	11
2.2 GRAFISCHE MODELLIERUNG UND RELEVANTE KOMPETENZASPEKTE	15
2.2.1 BEGRIFFSBESTIMMUNG „GRAFISCHEN MODELLE“ UND „GRAFISCHE MODELLIERUNG“	15
2.2.2 DEFINITION, DIMENSIONEN UND FACETTEN DER GRAFISCHEN MODELLIERUNGSKOMPETENZ	18
2.2.3 KOMPETENZMODELLE MIT FACHBEZUG ZUR MODELLIERUNG IN DER INFORMATIK	23
3. PRÜFUNG DER FACETTEN GRAFISCHER MODELLIERUNGSKOMPETENZ	30
3.1 KOMPETENZORIENTIERTES PRÜFEN IN DER HOCHSCHULLEHRE	30
3.1.1 „CONSTRUCTIVE ALIGNMENT“ UND FUNKTIONEN KOMPETENZORIENTIERTER PRÜFUNGEN	30
3.1.2 ANSÄTZE ZUR ÜBERPRÜFUNG DES KOMPETENZERWERBS	33
3.1.3 ANSÄTZE ZUR AUSWAHL, KLASIFIKATION UND ANALYSE VON AUFGABEN	37
3.2 DEFINITION UND ANSÄTZE ZUR KLASIFIKATION VON MODELLIERUNGSAUFGABEN	39
4. VALIDIERUNG IM KONTEXT DES KOMPETENZORIENTIERTEN PRÜFENS	41
4.1 AKTUELLES VERSTÄNDNIS VON „VALIDITÄT“ UND „VALIDIERUNG“	42
4.2 ARGUMENTBASIERTER ANSATZ DER VALIDIERUNG	43
4.2.1 ASPEKTE DER KONSTRUKTVALIDITÄT NACH MESSICK	46
4.2.2 VALIDIERUNG ALS BESTÄTIGUNG THEORETISCHER KOGNITIVER MODELLE	52

Inhaltsverzeichnis

4.3 VALIDIERUNGASPEKTE UND -ANSÄTZE IN DIESER ARBEIT	56
5. STUDIEN DER KUMULATIVEN DISSERTATION	58
5.1 STUDIE 1: ENTWICKLUNG UND INHALTLCHE VALIDIERUNG DES KOMPETENZMODELLS FÜR DIE GRAFISCHE MODELLIERUNG	59
5.1.1 ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN	59
5.1.2 METHODE	60
5.1.3 ERGEBNISSE	62
5.2 STUDIE 2: ENTWICKLUNG EINER KOMPETENZORIENTIERTEN AUFGABENKLASSIFIKATION	65
5.2.1 ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGE	65
5.2.2 METHODE	66
5.2.3 ERGEBNISSE	67
5.3 STUDIE 3: VALIDIERUNG DES KOMPETENZMODELLS UND KOMPETENZORIENTIERTER AUFGABENTYPEN	68
5.3.1 ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGE	68
5.3.2 METHODE	69
5.3.3 ERGEBNISSE	69
6. DISKUSSION	71
6.1 ZUSAMMENFASSENDE BETRACHTUNG UND BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN	71
6.2 STÄRKEN UND LIMITATIONEN DER ARBEIT	81
6.3 IMPLIKATIONEN	83
6.3.1 IMPLIKATIONEN FÜR WEITERE FORSCHUNG	83
6.3.2 PRAKТИSCHE IMPLIKATIONEN	85
LITERATURVERZEICHNIS	87

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1 <i>Grafisches Modell eines Geschäftsprozesses</i>	17
Abbildung 2 <i>Expertenbeurteilung der Struktur des Kompetenzmodells und der Kompetenzfacetten</i> 62	
Abbildung 3 <i>Kompetenzstrukturmodell für die grafische Modellierung als Ergebnis der Studie 1</i>	65
Abbildung 4 <i>Aufgabentypen für die grafische Modellierung</i>	76
Tabelle 1 <i>Schritte zur Entwicklung und Validierung des prüfungsdidaktischen Rahmens</i>	8
Tabelle 2 <i>In Studie 3 untersuchte Aufgabentypen und Stichprobengrößen</i>	71
Tabelle 3 <i>Prozessstufen des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung</i>	73
Tabelle 4 <i>Inhaltsbereiche des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung</i>	73
Tabelle 5 <i>Beschreibung des Aufgabentyps "Modellinhalt interpretieren"</i>	77
Tabelle 6 <i>Evidenzen für ausgewählte Validitätsaspekte als integriertes Validitätsargument</i>	79

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Relevanz

Kompetenzorientiertes Prüfen in der Hochschullehre hat zum Ziel, den Kompetenzerwerb Studierender zielgerichtet anzubahnen und zu messen. Der Ansatz des kompetenzorientierten Prüfens entspringt dem hehren Ziel des Wandels von einer Input- zur Outputorientierung, welches der europäischen Hochschullandschaft im Zuge der Bologna Reform gesetzt wurde. Der Fokus liegt also nun mehr auf den Ergebnissen des Lernprozesses, also dem Ausmaß des Erwerbs der angestrebten Kompetenzen. Verbunden ist dies mit einem stärkeren Handlungs- bzw. Anwendungsbezug, um die Aneignung von trägem Wissen zu reduzieren (Bachmann, 2018; Klieme & Hartig, 2007). Studierende sollen befähigt werden, fachliches Wissen und Prozeduren sowie fachübergreifende Kenntnisse und Fähigkeiten in spezifischen Problemsituationen einer Domäne anzuwenden (Zlatkin-Troitschanskaia et al., 2017). Die Definition der intendierten Lernergebnisse und die Prüfung der Erreichung der Lernergebnisse soll eine bessere Transparenz der Anforderungen schaffen, die Lernprozesse zielgerichtet steuern sowie den Lernerfolg sichtbar machen und dadurch auch steigern (Romeike, 2010). Gleichzeitig sollten die neuen Bachelor-Studiengänge und damit auch die anzustrebenden Kompetenzen im Zuge der Umstrukturierung stärker auf die Anforderungen und Bedarfe des Arbeitsmarktes ausgerichtet werden, mit dem Ziel, die Beschäftigungsfähigkeit der Studierenden in Bezug zu dem jeweiligen beruflichen Handlungsfeld zu steigern (Schaper, 2012; Zlatkin-Troitschanskaia et al., 2017). Zudem soll eine Prüfung des Kompetenzerwerbs Evidenzen für die Effektivität von Bildungssystemen liefern und so einen Beitrag zur Verbesserung ihrer Qualität leisten (Leutner et al., 2017). Dies gilt sowohl auf nationaler, institutioneller oder Studiengangsebene, als auch auf Ebene einzelner Module und Lehrveranstaltungen. Vorangetrieben wurde die Beforschung und Umsetzung von Ansätzen für die Kompetenzmodellierung und -messung in Deutschland vornehmlich durch das DFG-Schwerpunktprogramm „Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen“ (2006-2013) rund um Eckhard Klieme und Detlev Leutner im schulischen Bereich und der Lehrer*innenbildung sowie die BMBF-Förderlinie KoKoHs (2015-2019) rund um Hans Anand Pant, Olga Zlatkin-Troitschanskaia und Sigrid Blömeke im hochschulischen Bereich. Als zentrale Ergebnisse dieser

Einleitung

Forschungsvorhaben wurden Kompetenzmodelle und -messinstrumente für verschiedene Domänen entwickelt, welche als Leitplanken für die entsprechenden Fachdisziplinen dienen und die Umsetzung kompetenzorientierter Lehre und Prüfungen unterstützen sollen.

Trotz großer Fortschritte in der Grundlagenforschung scheint der Transfer der Ansätze auf einzelne Lehrveranstaltung noch am Anfang zu stehen. Denn dort sind es in der Regel die Lehrenden der jeweiligen Fachdisziplinen, die gefordert sind, ihre Lehre und Prüfungen kompetenzorientiert zu gestalten, indem sie diese konsequent an die anzustrebenden Kompetenzen ausrichten (Schindler, 2015). Genau hier liegt ein Knackpunkt. Denn eine valide Anbahnung und Prüfung domänenspezifischer Kompetenzen erfordert zunächst einen theoretisch fundierten und empirisch abgesicherten Rahmen (Koeppen et al., 2008). Dieser bildet das Fundament kompetenzorientierter Prüfungen, indem er definiert, welche Kompetenzen in der jeweiligen Domäne, wie angebahnt und geprüft werden sollen. Doch die Entwicklung von entsprechenden Kompetenzmodellen und Prüfungsmethoden stellt eine arbeitsintensive Tätigkeit dar, die in der Regel eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Akteur*innen u. a. aus der Psychologie und der jeweiligen Fachdomäne erfordert (Leuders et al., 2017). Um sicherzustellen, dass auf Basis eines entwickelten Kompetenzmodells und entsprechender Prüfungsverfahren gültige Rückschlüsse über den Kompetenzerwerb der Studierenden gezogen werden können, bedarf es zudem geeigneter Validierungsmaßnahmen (Kuhn et al., 2016). Somit stellen die Kompetenzmodellierung und Entwicklung eines validen prüfungsdidaktischen Rahmens eine Aufgabe dar, die nur schwer durch einzelne in der akademischen Lehre beschäftigte Personen allein gestemmt werden kann. Gleichzeitig erfordert der Anspruch der Kompetenzorientierung von Lehrenden ein individuelles Umdenken und eine Anpassung bewährter Lehr-, Lern- und Prüfungsmethoden, die nun mehr die Studierenden und ihre Lernprozesse in den Mittelpunkt stellen (Schindler, 2015). So ist es nicht verwunderlich, dass seit mehr als 20 Jahren nach Beginn des Bologna Prozesses in vielen Fachgebieten noch immer valide Ansätze und Rahmenwerke zum kompetenzorientierten Prüfen fehlen (Kuhn et al., 2016).

Auch in der Fachdisziplin (Wirtschafts-) Informatik ist der Wandel national wie auch global bislang noch zögerlich verlaufen. So wurde erst im Rahmen der neuesten Version der renommierten und in der Fachdisziplin wegweisenden globalen Curriculumsempfehlungen „Computing Curricula 2020“ (CC2020) der Association for Computing Machinery (ACM) und IEEE Computer Society (IEEE-CS) ein wissensbasierter durch einen kompetenzorientierten Ansatz ersetzt (ACM/IEEE-CS, 2021). Für den deutschsprachigen Raum hat die Gesellschaft für In-

formatik (GI) im Jahr 2016 kompetenzorientierte Empfehlungen für verschiedene Inhaltsbereiche im Rahmen von Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen veröffentlicht (GI, 2016). Doch um auf Kursebene kompetenzorientierte Prüfungen gestalten zu können, benötigt es Kompetenzmodelle, die sich auf einen kleinen Kompetenzbereich fokussieren (Leuders et al., 2017) und diesen detailliert beschreiben.

In dieser Arbeit steht der Bereich der grafischen Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik im Fokus. Modellierung unter Verwendung spezifischer (semi-) formaler Modellierungssprachen stellt eine Grundkompetenz dar, die in vielen (Wirtschafts-) Informatik-bezogenen Studiengängen vermittelt wird (Hamann et al., 2020) sowie in unterschiedlichen informatischen Berufsfeldern und Fachbereichen, wie dem Softwaredesign, der Datenbankentwicklung und der Geschäftsprozessmodellierung, Anwendung findet. Doch auch in der Modellierungslehre fehlen bislang generelle Rahmenwerke sowie didaktische Empfehlungen, die Lehrende bei der Umsetzung einer kompetenzorientierten Lehr- und Prüfungspraxis unterstützen (Bogdanova & Snoeck, 2017). Hochschullehrende im Bereich der Modellierung stützen sich daher in der Regel auf ihr Erfahrungswissen und ihre eigenen Annahmen bezüglich des Lernprozesses (Bogdanova & Snoeck, 2017), sodass das, was an deutschen Hochschulen gelehrt wird, hinsichtlich der Lehrinhalte kein einheitliches Bild ergibt (Desel, 2020). Bestehende Curriculumsempfehlungen wie auch Kompetenzmodelle in der Fachdisziplin (Wirtschafts-) Informatik integrieren zwar die Modellierung als wichtigen Inhaltsbereich und bestätigen dadurch deren Relevanz für die hochschulische Informatikausbildung. Allerdings ist die Granularität oftmals zu grob (z. B., Linck et al., 2013), oder ihr fachlicher Fokus zu speziell (z. B. konzeptuelle Datenmodellierung im CaMeLoT-Rahmenwerk von Bogdanova & Snoeck (2019)), sodass ihre Eignung als Basis für die Entwicklung kompetenzorientierter Prüfungen in der grafischen Modellierung im Allgemeinen begrenzt ist. Es fehlt somit ein theoretisch und empirisch abgesichertes didaktisches Rahmenwerk für den Bereich der grafischen Modellierung, welches sowohl definiert *was* geprüft als auch *wie* dies geprüft werden kann.

1.2 Ziele und Forschungsfragen

Die Dissertation verfolgt daher zwei übergeordnete Ziele. Das erste Ziel dieser Arbeit ist, ein Kompetenzstrukturmodell für die grafische Modellierung zu entwickeln. Dieses soll die für die grafische Modellierung relevanten Kompetenzanforderungen strukturieren und umfassend be-

schreiben. Das Kompetenzmodell definiert die anzustrebenden Lernergebnisse durch Aufschlüsselung relevanter Kompetenzfacetten und somit *was* geprüft werden soll. Mit diesem Vorhaben ist die folgende erste Forschungsfrage verbunden:

F1: Wie lässt sich die grafische Modellierungskompetenz modellieren, d.h., welche Kompetenzdimensionen und -facetten sind relevant und repräsentativ für die Domäne und wie lassen sich diese für einen Einsatz in der Hochschullehre strukturieren?

Durch die umfassende Beschreibung und Strukturierung der für die grafische Modellierung erforderlichen Teilkompetenzen soll eine differenzierte Kompetenzprüfung gewährleistet werden, indem auf Grundlage der erforderlichen Kompetenzfacetten passende Prüfungsaufgaben oder -methoden abgeleitet bzw. definiert werden. Das zweite Ziel dieser Arbeit ist daher, eine kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation zu entwickeln. Diese soll typische Modellierungsaufgaben und ihren kognitiven Anspruch, d.h. die jeweils durch die Aufgabentypen adressierten Kompetenzfacetten, strukturiert beschreiben. Die Aufgabenklassifikation definiert somit, *wie* die intendierten Kompetenzfacetten geprüft werden können. Mit diesem Vorhaben ist die folgende zweite Forschungsfrage verbunden:

F2: Durch welche Aufgabentypen lässt sich der Erwerb der Facetten grafischer Modellierungskompetenz in der Hochschullehre anbahnen und überprüfen?

Die Entwicklung eines derartigen didaktischen Rahmens soll dazu beitragen, dass die Kompetenzorientierung in der hochschulischen Informatiklehre in dem Bereich der grafischen Modellierung stärker forciert und die Lehr- und Prüfungspraxis zielgerichteter geplant und gestaltet wird. Er soll Hochschullehrende dazu anregen, sich mit den relevanten Kompetenzanforderungen für die grafische Modellierung auseinanderzusetzen, die für die Lehre relevanten Kompetenzfacetten bewusst auszuwählen sowie umfassender und gezielter zu fördern und zu prüfen. Das Kompetenzmodell und die Aufgabenklassifikation sollen zielgruppengerecht, d.h. für die Lehrenden verständlich und pragmatisch, aber gleichermaßen theoretisch fundiert und empirisch validiert sein.

Im Rahmen der Dissertation werden daher Ansätze aus der Bildungsforschung zur Kompetenzmodellierung sowie Aufgabenanalyse und -entwicklung mit Ansätzen zur Validierung miteinander verknüpft. Validierung wird dabei als ein fortwährender, argumentativer Prozess verstanden (Leuders, 2014; Messick, 1995), der die Kompetenzmodellierung und Aufgabenentwicklung theoretisch und empirisch absichert und Erkenntnisse zur Optimierung der entwickel-

ten Produkte liefert. Der Prozess der Kompetenzmodellierung hat daher einen iterativen Charakter, da er die Erkenntnisse der Validierung zur weiteren Ausdifferenzierung des Kompetenzmodells nutzt und integriert. Um die Gültigkeit des entwickelten Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation sicherzustellen sowie auf die Probe zu stellen, werden während des Entwicklungsprozesses verschiedene Validierungsmaßnahmen vorgenommen sowie abschließend eine empirische Validierungsstudie durchgeführt. Damit ist die folgende dritte Forschungsfrage verbunden:

F3: Lassen sich die theoretisch modellierten Kompetenzfacetten und die je Aufgabentyp postulierten Kompetenzfacetten empirisch bestätigen, d.h., sind die identifizierten Kompetenzfacetten repräsentativ für die grafische Modellierung sowie hinreichend ausdifferenziert und werden die Kompetenzfacetten tatsächlich bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben adressiert?

1.3 Vorgehen der Arbeit

Das Vorgehen innerhalb dieser Dissertation zur Entwicklung und Validierung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation und zur Beantwortung der Forschungsfragen kann in sechs Schritte unterteilt werden die in Tabelle 1 dargestellt und im Folgenden näher erläutert werden. Zunächst soll das Kompetenzmodell entwickelt werden, welches die für die grafische Modellierung relevanten Kompetenzdimensionen und -facetten strukturiert und umfassend beschreibt. Hinsichtlich der Validierung orientiert sich das Vorhaben an dem argumentationsbasierten Ansatz der Validierung und den Validitätskriterien nach Messick (1989, 1995), auf die in Kapitel 4 dieser Arbeit näher eingegangen wird. In einem ersten Schritt wird die Struktur des Kompetenzmodells entwickelt und relevante Kompetenzdimensionen abgeleitet. Um das Kompetenzmodell theoretisch und fachdidaktisch abzusichern, wird zunächst ein deduktiver und normativ-orientierter Modellierungsansatz gewählt, indem einschlägige Ansätze zur Kompetenzmodellierung aus der Bildungsforschung sowie fachdidaktische Standards und Best-Practices aus dem Gebiet der Modellierung gesichtet und analysiert werden. Bereits bei der Kompetenzmodellierung sollte im Hinblick auf den konsequentiellen Aspekt der Validität sichergestellt werden, dass das Kompetenzmodell für die intendierte Zielsetzung passend ist. Da das Kompetenzmodell im hochschulischen Bereich zur Konzeption kompetenzorientierter Übungs- und Prüfungsaufgaben genutzt werden soll, sollte die Struktur und Granularität des Kompetenzmodells entsprechend gewählt werden. In Schritt 2 werden die Kompetenzdimensionen fachspezifisch ausdifferenziert sowie Kompetenzfacetten abgeleitet und ausformuliert. Hierzu

Einleitung

werden exemplarische Modulbeschreibungen von Lehrveranstaltungen mit Fachbezug zur grafischen Modellierung hinsichtlich der intendierten Lernergebnisse mittels strukturierender Inhaltsanalyse qualitativ ausgewertet. Dies entspricht einem normativen Vorgehen und soll im Sinne der inhaltlichen Validität die Repräsentativität der entwickelten Kompetenzdimensionen und -facetten curricular absichern. Im Hinblick auf die intendierte Nutzung des Kompetenzmodells sollen die Kompetenzfacetten als Lernergebnisse formuliert werden und die Wissens- und Fähigkeitsaspekte feingranular beschreiben. Das nun zunächst mittels deduktivem und normativ-orientiertem Vorgehen entwickelte Kompetenzmodell wird dann im dritten Schritt zur inhaltlichen Validierung im Rahmen einer quantitativen Fragebogenstudie durch Fachexpert*innen auf dem Gebiet der Modellierung beurteilt. Das Expert*innen-Rating soll zum einen empirische Belege für die Relevanz und Repräsentativität der identifizierten Kompetenzdimensionen und -facetten liefern. Zum anderen können die Ergebnisse des Expert*innen-Ratings Aufschluss über Verbesserungsbedarfe geben, sodass das Kompetenzmodell auf Basis des Inputs der Fachexpert*innen weiter ausdifferenziert und angepasst werden kann. Die ersten drei Schritte formen die erste Teilstudie der Dissertation, welche im Kapitel 5.1 sowie im Manuskript A der Dissertation (Soyka, Schaper, Bender et al., 2022) dargestellt wird.

Die beiden folgenden Schritte widmen sich in erster Linie der Entwicklung der kompetenzorientierten Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung. In Schritt 4 soll zunächst die vorherrschende aufgabenbezogene Lehr- und Prüfungspraxis untersucht werden, indem exemplarische Übungs- und Prüfungsaufgaben mittels strukturierender Inhaltsanalyse qualitativ ausgewertet und Aufgabentypen für die grafische Modellierung identifiziert werden. Die curriculare und fachdidaktische Absicherung der Aufgabentypen für die grafische Modellierung soll sichergestellt werden, indem Aufgabenmaterial, welches tatsächlich in der Lehre eingesetzt wird, analysiert wird. In Schritt 5 soll anschließend durch eine rationale Aufgabenanalyse mit drei Dozent*innen im Bereich der Modellierung bestimmt werden, welche für die grafische Modellierung relevanten Kompetenzfacetten durch die identifizierten Aufgabentypen angesprochen werden. Hierzu wird das Kompetenzmodell für die grafische Modellierung erstmalig genutzt, indem die Kompetenzfacetten den einzelnen Aufgabentypen zugeordnet werden. Die Anwendung des Kompetenzmodells im Rahmen der Aufgabenanalyse soll zur konsequentialen Validität beitragen, indem dessen Nutzbarkeit und Anwendbarkeit auf das Aufgabenmaterial auf die Probe gestellt wird. Zudem können auf diese Weise die Repräsentativität und Relevanz der Kompetenzfacetten eruiert werden. Diese Überprüfungen können zur Ermittlung von Revisionsbedarfen genutzt und zur weiteren Ausdifferenzierung der Kompetenzfacetten führen.

Einleitung

Durch den Abgleich des Kompetenzmodells mit den gemäß rationaler Aufgabenanalyse adressierten Kompetenzfacetten kann die Kompetenzorientierung eines typischen Pools an Modellierungsaufgaben überprüft und Implikationen für eine kompetenzorientierte Modellierungslehre abgeleitet werden. Die Schritte 4 und 5 bilden die zweite Teilstudie der Dissertation, welche im Kapitel 5.2 sowie im Manuskript B (Soyka et al., 2023) beschrieben wird.

Der sechste Schritt dient vornehmlich dazu, empirische Belege für die inhaltliche und kognitive Validität in Bezug auf die Grundannahmen, die mit dem Kompetenzmodell und der Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung verbunden sind, zu sammeln. Als Validierungsansatz wird eine empirische Aufgabenanalyse mittels Methode des lauten Denkens gewählt. Die Analyse soll zudem weiteren Aufschluss über das Konstrukt der grafischen Modellierungskompetenz und die kognitiven Anforderungen der untersuchten Aufgabentypen liefern. Im Sinne eines iterativen Modellierungsansatzes können neue Erkenntnisse die Verfeinerung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation notwendig machen. Dieser letzte Schritt zur Validierung und Anpassung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation stellt die dritte Teilstudie dar, welche in Kapitel 5.3 sowie im Manuskript C (Soyka & Schaper, 2024) beschrieben wird.

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert: Der theoretische Teil der Arbeit setzt sich aus drei Kapiteln zusammen, in welchen die jeweiligen Begriffsbestimmungen sowie ausgewählte Ansätze zur Kompetenz und Kompetenzmodellierung (Kapitel 2), zu kompetenzorientierten Prüfungen und Aufgabenanalyse (Kapitel 3) sowie zur Konstruktvalidität und Validierung (Kapitel 4) aufgezeigt werden. In Kapitel 2 und 3 erfolgen zudem Bezüge zu Kompetenzmodellierungen und Aufgabenanalysen im Bereich der (grafischen) Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik. Anschließend werden in Kapitel 5 die drei empirischen Studien der Dissertation dargestellt. Abschließend werden in Kapitel 6 die zentralen Ergebnisse diskutiert, indem der Erkenntnisgewinn und die Limitationen der Arbeit dargelegt und Implikationen für Forschung und Praxis abgeleitet werden.

Tabelle 1

Schritte zur Entwicklung und Validierung des prüfungsdidaktischen Rahmens

Schritt	Produkt / Ergebnis	Entwicklung	Validierung	
1	Kompetenzmodell	<p>Ziel: Entwicklung der Struktur des Kompetenzmodells, Ableitung der Kompetenzdimensionen</p> <p>Ansatz: deduktiv + normativ</p> <p>Methode: Theoretische Analysen (Ansätze zur Kompetenzmodellierung in der Bildungsforschung, Fachdidaktische Standards)</p>	<p>Inhaltliche Validität: Theoretische Absicherung der Kompetenzdimensionen</p> <p>Konsequentielle Validität: Passung des Kompetenzmodells zum intendierten Nutzungszweck</p>	
2	Kompetenzmodell	<p>Ziel: Ableitung und Ausformulierung von Kompetenzfacetten und Ausdifferenzierung der Kompetenzdimensionen</p> <p>Ansatz: normativ</p> <p>Methode: Qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) von Modulbeschreibungen</p>	<p>Inhaltliche Validität: Curriculare Absicherung der Repräsentativität der Kompetenzdimensionen und -facetten</p> <p>Konsequentielle Validität: Passung des Kompetenzmodells zum intendierten Nutzungszweck</p>	Studie 1, Manuskript A
3	Kompetenzmodell	<p>Ausdifferenzierung der Kompetenzdimensionen und -facetten auf Basis des Expertenratings</p> <p>Ansatz: normativ</p>	<p>Ziel: Inhaltliche Validierung: Absicherung der Repräsentativität der Kompetenzdimensionen und -facetten</p> <p>Methode: Expert*innen-Rating, quantitative Fragebogenstudie</p>	
4	Aufgabenklassifikation	<p>Ziel: Identifizieren von Aufgabentypen</p> <p>Ansatz: deduktive + induktive Kategorienbildung</p> <p>Methode: Qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) von Übungs- und Prüfungsaufgaben</p>	<p>Inhaltliche Validität: Curriculare und fachdidaktische Absicherung der Repräsentativität der Aufgabentypen</p>	Studie 2, Manuskript B
5	Kompetenzmodell + Aufgabenklassifikation	<p>Ziel: Bestimmung der Kompetenzorientierung der Aufgabentypen</p> <p>Methode: Rationale Aufgabenanalyse; Anwendung des Kompetenzmodells</p> <p>Ausdifferenzierung der Kompetenzfacetten auf Basis der rationalen Aufgabenanalyse</p>	<p>Konsequentielle Validität: Passung des Kompetenzmodells zum intendierten Nutzungszweck</p> <p>Inhaltliche Validität: Absicherung der Repräsentativität der Kompetenzfacetten</p>	
6	Kompetenzmodell + Aufgabenklassifikation	<p>Anpassung und Ausdifferenzierung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation</p>	<p>Ziel: Inhaltliche und kognitive Validierung des Kompetenzmodells und kompetenzorientierter Aufgabentypen</p> <p>Methode: Empirische Aufgabenanalyse mittels Methode des lauten Denkens</p>	Studie 3, Manuskript C

2. Modellierung der Facetten grafischer Modellierungskompetenz

Zunächst soll in diesem Kapitel der Kompetenzbegriff definiert und ein Überblick über ausgewählte Ansätze zur Entwicklung von Kompetenzmodellen in der Bildungsforschung und im Hochschulkontext gegeben werden (Kapitel 2.1). Anschließend wird der in dieser Arbeit betrachtete Bereich der grafischen Modellierung und das untersuchte Kompetenzkonstrukt der grafischen Modellierungskompetenz beschrieben sowie erste Ansätze zur Kompetenzmodellierung in Bezug zur Modellierungskompetenz in der hochschulischen Informatikausbildung dargestellt (Kapitel 2.2).

2.1 Kompetenzverständnis und Ansätze zur Kompetenzmodellierung

2.1.1 Das Kompetenzverständnis

Kompetenz stellt das zentrale Konstrukt dieser Arbeit dar. Da verschiedene Disziplinen unterschiedliche Auffassungen des Kompetenzbegriffs verfolgen, soll im Folgenden erläutert werden, welches Kompetenzverständnis dieser Arbeit zugrunde gelegt wird. In der empirischen Bildungsforschung hat sich das Kompetenzverständnis nach Weinert (2002) weitestgehend durchgesetzt, wonach Kompetenzen verstanden werden als

„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (S. 27f.)

Diese Definition macht verschiedene Charakteristika des Kompetenzkonstrukt deutlich, welche gewisse Implikationen für die Kompetenzmodellierung haben. Zum einen sind Kompetenzen stets *domänen- bzw. kontextspezifisch* und befähigen zum Handeln in verschiedenen (beruflichen) Kontexten bzw. Situationen. Sie sind zwar dadurch im Sinne von Dispositionen zumindest begrenzt über ähnliche Situationen verallgemeinerbar und transferierbar (Klieme, 2004), unterscheiden sich dennoch durch ihren Bezug zu spezifischen (berufsbezogenen) Kontexten von generalisierten, kognitiven Leistungskonstrukten wie der Intelligenz (Klieme et al., 2007). Dieser Kontextbezug impliziert, dass bei der Kompetenzmodellierung von den grundlegenden Handlungsanforderungen einer spezifischen Domäne ausgegangen werden sollte (Schaper, 2009). Zum anderen werden der Kompetenz *Fähigkeiten* und *Bereitschaften* als zentrale

Teilaspekte zugeschrieben (Klieme & Hartig, 2007). Demnach stellen Kompetenzen nicht nur die kognitiven Leistungsdispositionen dar, die das Handeln möglich machen, sondern schließen auch motivationale und volitionale sowie soziale Aspekte mit ein, die die situationsspezifische Nutzung der Fähigkeiten beeinflussen (Klieme & Hartig, 2007). Dies macht Kompetenz zu einem multidimensionalen Konstrukt (Blömeke et al., 2015). So wird davon ausgegangen, dass sich im „kompetenten“ Handeln, Wissens-, Fertigkeits-, Einstellungs- und metakognitive Komponenten miteinander verknüpfen und diese somit als unterschiedliche Aspekte eines breiten Kompetenzkonstrukts aufgefasst werden können (Klieme & Hartig, 2007). Die Befähigung zum kompetenten Handeln beinhaltet also auch motivationale Orientierungen und (Wert-) Haltungen in Bezug auf die Anforderungsbereiche (Schaper, 2012). Bei der Kompetenzmodellierung sollten daher die verschiedenen Dimensionen und Facetten der Kompetenz Berücksichtigung finden.

Obwohl in der Literatur die Begriffe *Kompetenzen* und *Learning Outcomes* oftmals synonym verwendet werden (Schaper, 2012), soll hier eine Differenzierung vorgenommen werden. Im Deutschen Qualifikationsrahmen (DQR) werden Learning Outcomes verstanden als das, was Lernende wissen, verstehen und in der Lage sind zu tun, nachdem sie einen Lernprozess abgeschlossen haben. Diese Learning Outcomes werden dann in übergeordnete Kompetenzen gebündelt. Auch nach Schaper (2012) beziehen sich Kompetenzen auf umfassendere Qualifikationsziele (z. B. eines Studiengangs oder Moduls) und Learning Outcomes auf abgegrenzte Lerneinheiten. Dennoch sollten Learning Outcomes eng auf die übergeordneten Kompetenzbeschreibungen bezogen sein. In dieser Arbeit werden die einzelnen Aspekte der Kompetenz als *Kompetenzfacetten* bezeichnet. Diese Kompetenzfacetten als konstituierende Aspekte des übergeordneten Kompetenzkonstrukts werden als kompetenzorientierte Learning Outcomes (bzw. Lernergebnisse) mit einer Inhalts- und einer Handlungskomponente formuliert, um diese leichter überprüfbar zu machen.

2.1.2 Kompetenzverständnis in der hochschulischen Informatikausbildung

Es zeigt sich, dass in aktuellen Curriculumsempfehlungen im Bereich der Informatik ein ganzheitliches Kompetenzverständnis angelehnt an bzw. analog zu Weinert (2002) zugrunde gelegt wird, welches neben kognitiven Wissens- und Fähigkeitsaspekten auch nicht-kognitive Aspekte wie Einstellungen und Werte berücksichtigt. Die GI (2016) nimmt in den Empfehlungen für Bachelor-Studiengänge im Bereich der Informatik explizit Bezug auf die Kompetenzdefinition nach Weinert. Es werden neben kognitiven auch nicht-kognitive Kompetenzen aufgeschlüsselt,

welche in fachbezogenen Handlungskontexten, d.h. insbesondere im Rahmen problemorientierter Aufgaben, erworben werden. Die GI (2016) unterstreicht die Relevanz des Erwerbs nicht-kognitiver Kompetenzen insbesondere für die Persönlichkeits- und Professionalitätsentwicklung, weist gleichzeitig jedoch darauf hin, dass sie im Informatikstudium in der Regel nicht expliziter Lerngegenstand sind. Der Erwerb kognitiver Kompetenzen vollzieht sich auf verschiedenen kognitiven Prozessstufen und in verschiedenen Anwendungskontexten, die sich hinsichtlich ihrer Kontextualität und Komplexität unterscheiden. Auch im CC2020 wird ein kompetenzbasierter Ansatz eingeführt und das den Curriculumsempfehlungen zugrundeliegende Kompetenzverständnis erläutert (ACM/IEEE-CS, 2021). Demnach setzt sich das Kompetenzkonstrukt aus Wissen (knowing what), Fähigkeiten (knowing how) und Dispositionen (knowing why) im Kontext einer bestimmten Aufgabe zusammen. Die Dispositionen spiegeln die Einstellungen, Werte und Motivation in Bezug auf die Durchführung einer Aufgabe wider und haben einen Einfluss auf die Handlungsentscheidungen und die Qualität der Aufgabenerfüllung. Die stärkere Kompetenzorientierung soll eine Brücke zwischen hochschulischer Lehre und beruflicher Praxis schlagen und die Beschäftigungsfähigkeit sowie die Fähigkeit zum lebenslangen Lernen der Informatik-Studierenden fördern. Beide Ansätze empfehlen somit für die hochschulische Informatikausbildung, einen starken Fokus auf die Handlungsorientierung, auf nicht-kognitive Fähigkeiten sowie auf die Kontextualisierung der Aufgaben zu setzen.

2.1.3 Ansätze zur Kompetenzmodellierung aus der Bildungsforschung

Um eine Kompetenzorientierung systematisch umzusetzen, ist eine Modellierung der für die betrachtete Domäne relevanten Kompetenzen unerlässlich. Kompetenzmodelle beschreiben die Kompetenzen im Sinne von anzustrebenden Lernergebnissen systematisch und dienen als theoretische Grundlage für die Umsetzung von Kompetenzmessverfahren und die Überprüfung des Kompetenzerwerbs (Koeppen et al., 2008). Somit wird der Begriff des *Kompetenzmodells* in dieser Arbeit in seiner engeren Bedeutung, „als eine theoretische, inhaltliche Abgrenzung und strukturelle Beschreibung eines bestimmten Kompetenzbereiches“ (Leuders, 2014, S. 9) verstanden und verwendet. Kompetenzmodellierung bezeichnet hier den Prozess der Entwicklung des Kompetenzmodells und schließt die Entwicklung eines psychometrischen Kompetenzmessinstruments nicht mit ein. Nach Schaper (2012) lassen sich drei Formen von Kompetenzmodellen unterscheiden, die verschiedene (ergänzende) Funktionen erfüllen. *Kompetenzstrukturmodelle* beschreiben die Dimensionalität und Binnenstruktur von Kompetenzen, indem das betrachtete Kompetenzkonstrukt in Teilkompetenzen (bzw. Kompetenzfacetten) aufgeschlüsselt wird (Klieme et al., 2007). Es wird angenommen, dass die Teilkompetenzen in gewisser

Weise miteinander korreliert sind, jedoch die identifizierten Kompetenzdimensionen hinreichend unabhängig voneinander sind (Schaper, 2012). So kann eine differenzierte Diagnostik ermöglicht werden, die individuelle Stärken und Defizite in den verschiedenen Bereichen identifiziert (Blömeke et al., 2015; Klieme et al., 2007). Auf Basis von Kompetenzstrukturmodellen können zudem die Learning Outcomes und Lern- und Prüfungsinhalte einer Lehrveranstaltung abgeleitet werden. Im Sinne des Kompetenzverständnisses nach Weinert (2002) werden die Dimensionen der Kompetenzmodelle in der Bildungsforschung domänenpezifisch bzw. kontextbezogen ausgestaltet (Schaper, 2012). *Kompetenzniveaumodelle* versuchen die Kompetenzentwicklung zu skalieren, in dem verschiedene aufeinander aufbauende Kompetenzniveaus definiert werden. Diese Kompetenzniveaus beschreiben kriterienorientiert, über welche Kompetenzen die Person auf der jeweiligen Stufe verfügt bzw. welche Aufgaben Personen mit unterschiedlich hohen Kompetenzen bewältigen können (Klieme et al., 2007). Derartige Kompetenzmodelle dienen insbesondere der kriterienorientierten Bewertung der Kompetenzausprägungen, bei der der aktuelle Leistungsstand mit dem angestrebten Niveau verglichen werden kann (Schaper, 2012). *Kompetenzentwicklungsmodelle* beschreiben den Prozess des Kompetenzerwerbs und somit, in welcher Sequenz die angestrebten (Teil-) Kompetenzen im Lernprozess entwickelt werden sollen und wie sich die Expertise in der Domäne schrittweise entwickelt (Schaper, 2012).

Zur Entwicklung der Kompetenzmodelle können verschiedene Zugänge und Methoden gewählt werden (Schaper, 2012). *Normative* Zugänge zur Kompetenzmodellierung stützen sich auf Standards, Rahmenvorgaben und Konzepte zur Bestimmung von Bildungszielen, wie Bildungsstandards oder Curricula und *empirische* Zugänge meist auf qualitative und/oder quantitative Erhebungen (z. B. Anforderungsanalysen mittels Critical Incident-Technik). Schaper (2012) unterscheidet zudem induktive und deduktive Strategien und setzt sie ins Verhältnis zu den bereits erwähnten Zugängen. *Induktive* Strategien, bei denen Kompetenzaspekte auf Basis von empirischen Analysen abgeleitet werden, entsprechen den empirischen Zugängen der Kompetenzmodellierung. *Deduktive* Strategien stützen sich ähnlich wie beim normativen Zugang auf bestehende Konzepte, wobei hier neben bestehenden Curricula auch lerntheoretische Modelle und Annahmen hinzugezogen werden, welche die Kompetenzmodellierung leiten. Exemplarische deduktive Modellierungsverfahren sind Curriculum-Analysen, Curriculum-Workshops mit Fachexperten sowie die Auswertung des Forschungstandes. Es empfiehlt sich hierbei insbesondere, auf dem Theorie- und Erkenntnisstand der Fachdidaktik aufzubauen

(Klieme et al., 2003), damit die Kompetenzmodellierung anschlussfähig ist. Um sicherzustellen, dass die Kompetenzmodellierung sowohl theoretisch fundiert, an normativen Setzungen orientiert, wie auch empirisch abgesichert und an berufsbezogenen Anforderungen orientiert ist, sollte eine Kombination der aufgeführten Verfahren genutzt werden (Schaper, 2012).

Schott und Ghanbari (2008) schlagen einen Ansatz zur Kompetenzmodellierung auf Basis von Aufgabenanalysen vor, welcher theoretische bzw. deduktive bzw. normativ-orientierte Zugänge mit empirischen Analysen verknüpft. Sie unterscheiden vier Arten von Aufgabenanalysen, die semantische, rationale, psychologische und empirische Aufgabenanalyse, welche sukzessive durchgeführt werden sollten und so zu einer iterativen Entwicklung eines Kompetenzmodells beitragen. Der Ansatz sieht vor, Kompetenzen auf Basis von domänentypischen Aufgaben abzuleiten. Bei der *semantischen* Aufgabenanalyse wird zunächst das betrachtete Kompetenzkonstrukt durch Fachvertreter*innen definiert und beschrieben. Anschließend wird durch die Fachvertreter*innen im Rahmen einer *rationalen* Aufgabenanalyse bestimmt, aus welcher Menge an Aufgaben sich die Kompetenz zusammensetzt und wie diese gelöst werden. Hier wird die Frage beantwortet, was kompetente Personen in der Domäne wie in der Lage sein sollen, zu tun. Im Zuge der *psychologischen* Aufgabenanalyse wird der Prozess der Aufgabenausführung unter Berücksichtigung bestimmter Personenmerkmale präzisiert. Die abschließende *empirische* Aufgabenanalyse soll mit Hilfe von Befragungen oder der Methode des lauten Denkens die tatsächlichen Lösungsprozesse untersuchen und somit die tatsächlichen Prozesse bei einer Person beschreiben. Dies dient somit zur Überprüfung der vorherigen theoretischen Annahmen zu den Kompetenzanforderungen.

Wie oben bereits erwähnt werden aufgrund der Kontextspezifität der Kompetenz Kompetenzmodelle domänenspezifisch ausgearbeitet und strukturiert. Die Struktur und damit die Dimensionen eines Kompetenzmodells richtet sich also nach den fachspezifischen bzw. fachdidaktischen Besonderheiten, d.h. den in der Domäne zu bewältigenden Anforderungen und den dabei involvierten kognitiven Prozessen (Fleischer et al., 2013) und sollte gleichzeitig dem intendierten Verwendungszweck des Modells Rechnung tragen (vgl. Klieme & Leutner, 2006). Grundlage für die Definition der Kompetenzdimensionen können gemäß Fleischer und Kolleg*innen (2013) beispielsweise unterschiedliche Arten von Aufgabenstellungen, Wissensarten oder Verarbeitungsprozesse sein.

Im Rahmen der Gestaltung kompetenzorientierter Lehre und Prüfungen im hochschuldidaktischen Kontext wird häufig auf sogenannte Lernzieltaxonomien zurückgegriffen (Romeike,

2010; Schaper, 2012). So stellt die Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001), auch bekannt als die revidierte Bloom'sche Taxonomie (1956), einen bewährten allgemein-didaktischen Ansatz zur Beschreibung und Strukturierung von Learning Outcomes dar. Die Taxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) beschreibt eine Wissensdimension, die die vier Wissensarten Faktenwissen, konzeptionelles Wissen, prozedurales Wissen und metakognitives Wissen differenziert, sowie eine kognitive Prozessdimension mit den sechs Kategorien „Erinnern“, „Verstehen“, „Anwenden“, „Analysieren“, „Evaluieren“, „Erschaffen“. Die Wissensdimension bezieht sich auf die fachbezogenen Inhalte, die gelernt werden sollen. Sie schließt Wissen zu Terminologie und fachlichen Details (Faktenwissen), Wissen über Klassifikationen, Kategorien, Prinzipien sowie Theorien, Modelle und Strukturen (konzeptionelles Wissen) und Wissen über fachspezifische Methoden, Techniken und Vorgehensweisen und das Wissen über Kriterien, wann diese eingesetzt werden (prozedurales Wissen), ein. Zudem umfasst sie metakognitives Wissen, also Wissen über Kognition im Allgemeinen sowie Bewusstsein und Wissen über die eigene Kognition, welches sich auf strategisches Wissen, Wissen über Aufgaben und Aufgabenstrategien sowie Wissen über das eigene Wissen und die eigenen Fähigkeiten, im Sinne von eigenen Stärken und Schwächen, bezieht. Die kognitive Prozessdimension umfasst die oben genannten sechs Kategorien, für die jeweils mehrere kognitive Prozesse in Form von Verben als Unterkategorien definiert wurden. Für die sechs Kategorien wird eine hierarchische, jedoch keine kumulative Struktur angenommen, sodass sie zwar in ihrer Komplexität von „Erinnern“ bis „Erschaffen“ tendenziell ansteigen, für die Bewältigung der nächsthöheren Stufe jedoch nicht zwingend die Bewältigung der darunterliegenden Stufe erforderlich ist. Gleichzeitig können die einzelnen Kategorien teilweise hinsichtlich ihrer Komplexität überlappen. Mit Hilfe dieser zweidimensionalen Struktur können die angestrebten Lernergebnisse somit gezielt formuliert bzw. systematisch einer Wissensart und einer kognitiven Prozessstufe zugeordnet und somit strukturiert werden. Allerdings betrachtet die Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) lediglich kognitive Wissens- und Fähigkeitsaspekte. Nicht-kognitive Lernergebnisse bleiben unberücksichtigt (Schaper et al., 2013). Aus diesem Grund schlagen Schaper et al. (2013) vor, die Wissens- bzw. Inhaltsdimension um „Werte, Haltungen und Überzeugungen“ sowie „Sozial-kommunikative Fähigkeiten“ zu ergänzen, um dem Kompetenzverständnis nach Weinert gerecht zu werden, sodass die Matrix zur Strukturierung von Kompetenzfacetten und zur Ableitung und Gestaltung kompetenzorientierter Prüfungsaufgaben und -formate genutzt werden kann.

Es sei angemerkt, dass es sich bei der Lernzieltaxonomie nicht um ein kognitionspsychologisches Modell handelt, sondern um einen didaktischen Ansatz, um Learning Outcomes zu formulieren und lernergebnisorientierte Prüfungsaufgaben zu entwickeln. Dennoch kann diese zweidimensionale Struktur für Kompetenzmodelle adaptiert werden, um verschiedene inhaltliche Bereiche des betrachteten Kompetenzkonstrukts wie auch die involvierten kognitiven Prozesse abzubilden und Kompetenzfacetten (im Sinne von kompetenzorientierten Learning Outcomes) zu strukturieren. Sie lässt dabei auf pragmatische Weise im Sinne des „Constructive Alignments“ (s. Kapitel 3.1.1) einen Abgleich zwischen den angestrebten Kompetenzfacetten und den durch die Prüfungsaufgaben adressierten Kompetenzfacetten zu, sodass sich dieser Ansatz insbesondere für die intendierte Nutzungsweise des Kompetenzmodells in dieser Arbeit eignet.

2.2 Grafische Modellierung und relevante Kompetenzaspekte

2.2.1 Begriffsbestimmung „grafischen Modelle“ und „grafische Modellierung“

Grafische Modelle bzw. grafische Modellierung stellen in der (Wirtschafts-) Informatik keine einheitlich definierten Artefakte oder Methoden dar. Daher soll zunächst beschrieben werden, was in dieser Arbeit als grafisches Modell und grafische Modellierung verstanden wird, indem diese in die große Vielfalt informatischer Modelle eingeordnet werden.

Fundament für den informatischen Modellbegriff bildet die allgemeine Modelltheorie nach Stachowiak (1973). Nach Stachowiak kann ein Modell ein konkretes oder gedankliches Abbild von etwas oder Vorbild für etwas sein. Modelle bilden also einen existierenden oder geplanten Ausschnitt der Wirklichkeit ab. In der Wirtschaftsinformatik werden beispielsweise Prozessmodelle als Abbild existierender Unternehmensprozesse erstellt, um diese zu veranschaulichen oder zu analysieren. Andererseits werden Prozessmodelle als Vorbild zukünftiger Unternehmensprozesse entwickelt, um neue Prozesse einzuführen oder bestehende Prozesse zu verändern und zu optimieren. Zur weiteren Spezifizierung schlüsselt Stachowiak (1973) den Begriff des Modells auf, indem er seine drei konstituierenden Merkmale definiert: So bilden Modelle stets ein existierendes oder geplantes Original ab (Abbildungsmerkmal). Sie stellen also eine Repräsentation dieses Originals dar. Dabei werden jedoch lediglich die für den jeweiligen Zweck relevanten Merkmale des Originals im Modell abgebildet (Verkürzungsmerkmal). Damit geht außerdem einher, dass Modelle für einen bestimmten Verwendungszweck in einem

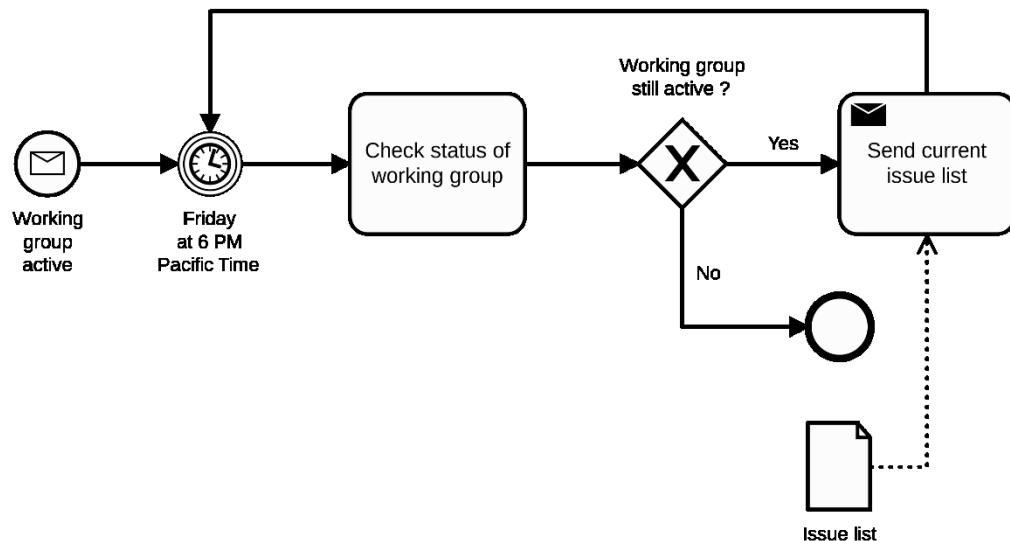
spezifischen Kontext entwickelt werden (pragmatisches Merkmal). Stachowiak (1973) unterscheidet zudem grob drei verschiedene Arten von Modellen, in die sich nach Thomas (2001, 2002) auch informatische Modelle einordnen lassen. Vorwegzunehmen sind die *technischen Modelle*, bei denen es sich um überwiegend drei-dimensionale, raum-zeitliche und materiell-energetische Modelle handelt. Diese werden in dieser Arbeit nicht betrachtet. *Grafische Modelle* stellen nach Stachowiak (1973) in der Regel zwei-dimensionale Modelle dar, die das Original beispielsweise als Bild bzw. schematische Abbildung oder in Form eines DarstellungsmodeLLS beispielsweise als Diagramm oder Darstellungsgraph modellieren. *Semantische Modelle* werden als Kommunikationssysteme verstanden, die Individuen zur Verarbeitung ihrer Wirklichkeit verwenden (Thomas, 2001). Zentral ist hier die Unterscheidung zwischen internen semantischen Modellen, zum Beispiel im Sinne mentaler Modelle und externen semantischen Modellen. Letztere bilden Zeichen und Zeichenkombinationen ab, deren Bedeutung durch Konventionen festgelegt sind. Nach Stachowiak (1973) ist der Übergang von grafischen Modellen zu den externen semantischen Modellen fließend. Grafische Modelle, wie sie in dieser Arbeit betrachtet werden, sind an dieser Schnittstelle zu verorten.

Grafische Modelle werden in dieser Arbeit als graph-basierte Diagramme verstanden, die unter Anwendung einer konzeptuellen Modellierungssprache entwickelt werden. Nach Lindland et al. (1994) verfügt eine konzeptuelle Modellierungssprache über eine festgelegte Syntax, die vorschreibt, welche Aussagen mit der jeweiligen Modellierungssprache gemacht werden können. Diese wiederum umfasst ein Alphabet, im Sinne von Modellierungselementen, die jeweils eine bestimmte Schreibweise (Notation) haben sowie eine Grammatik, die festlegt, wie diese Modellierungselemente kombiniert werden dürfen. Die Semantik einer Modellierungssprache definiert die Bedeutung der Modellierungselemente, indem es das Modell mit dem betrachteten Sachverhalt in Verbindung setzt. Bei konzeptuellen Modellen wird die Semantik durch eine Menge an Konzepten transportiert (Mayr & Thalheim, 2021). Zentral ist dabei, dass diese Konzepte sowie deren Bedeutung und Notation zuvor festgelegt werden, um die Kommunikation mithilfe der Modelle bzw. über die Modelle zwischen verschiedenen Akteur*innen zu ermöglichen (Mayr & Thalheim, 2021). Grafische Modelle sehen die Verwendung von Modellierungssprachen vor, bei denen die Modellierungselemente bestimmte Knoten und Kanten darstellen, die durch ihre Verbindung Modelle mit einer Graphenstruktur abbilden und bei denen die Notation grafische Elemente (z. B. Formen, Piktogramme) umfasst (Ullrich et al., 2023). Sie stellen daher einen Teilbereich konzeptueller Modelle dar, da letztere auch nicht-grafische

Modelle einschließen. Beispiele für die betrachteten grafischen, konzeptuellen Modellierungssprachen sind die Unified Modeling Language (UML), die Business Process Model and Notation (BPMN) oder das Entity-Relationship-Model (ER). Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 1 ein exemplarisches grafisches Modell eines Geschäftsprozesses, dargestellt mit der Modellierungssprache BPMN.

Abbildung 1

Grafisches Modell eines Geschäftsprozesses



Anmerkung. "BPMN - A Process with normal flow" von Mikelo Skarabo lizenziert unter CC BY-SA 4.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/?ref=openverse>.

Die *grafische Modellierung* stellt ein Querschnittsthema in der (Wirtschafts-) Informatik dar, da sie in verschiedenen Fachgebieten, z. B. der Datenbank- und Softwareentwicklung und der Geschäftsprozessmodellierung, Anwendung findet (Fettke, 2009). Sie dient in diesen Bereichen durch die Reduktion, Strukturierung und Visualisierung von Informationen u.a. der Kommunikation und des Verständnisses zwischen verschiedenen Stakeholdern, als Grundlage für das Design und die Planung von Systemen, Softwareanwendungen oder Geschäftsprozessen, zur Generierung von Code, sowie zur Repräsentation eines Systems und Analyse seiner Eigenschaften (Bork et al., 2023; Frank, 2016). Analog zu Glinz (2008) werden Modelle hier somit „als Informatikartefakte bzw. als Mittel zur Erstellung oder zum Verstehen von Informatikartefakten“ (S. 426) betrachtet.

Modellierung wird in der Literatur in der Regel mit der „Modellbildung“, d.h. mit dem Erstellen von informatischen Modellen gleichgesetzt. In dieser Arbeit werden die Begriffe jedoch wie folgt verwendet: Der Begriff der (grafischen) Modellierung wird als Überbegriff für den Bereich der (Wirtschafts-) Informatik verstanden, der sich mit informatischen (grafischen) Modellen und deren Umgang befasst. Wenn es um das Erstellen von (grafischen) Modellen geht, wird von „Modellbilden“ bzw. der „Modellbildung“ gesprochen. Letzteres ist ein Teil bzw. eine Hauptaufgabe in dem Bereich der „Modellierung“.

2.2.2 Definition, Dimensionen und Facetten der grafischen Modellierungskompetenz

Nachdem zuvor die Begriffe der *Kompetenz* und der *grafischen Modellierung* eingeordnet wurden, sollen diese nun in eine Beschreibung der *grafischen Modellierungskompetenz* integriert werden. Das Ziel dieses Kapitels ist, eine Definition der grafischen Modellierungskompetenz, als zentrales Konstrukt dieser Arbeit, zu entwickeln und die damit verbundenen Kompetenzaspekte aufzuschlüsseln. Hierbei wird sowohl Bezug genommen auf Qualitätsstandards der Modellierung als auch auf in der Fachliteratur diskutierte Wissens- und Fähigkeitsaspekte und Einstellungen, die für die grafische Modellierung relevant sind.

Entsprechend des zugrundeliegenden Kompetenzverständnisses nach Weinert (2002) wird die *grafische Modellierungskompetenz* in dieser Arbeit wie folgt definiert:

Die grafische Modellierungskompetenz beschreibt die erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um Probleme der grafischen Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen verschiedener Anwendungsdomänen und zu unterschiedlichen Zwecken erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.

Bei der Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik geht es in der Regel um das Lösen schlechtstrukturierter und kontextabhängiger *Probleme* (Bogdanova & Snoeck, 2019). *Anwendungsdomänen* der grafischen Modellierung sind vielfältig. Es handelt sich dabei um die Branche, Organisation oder den Unternehmensbereich (bspw. öffentliche Verwaltung, Finanzbereich, Versicherung), in denen das grafische Modell Anwendung findet. Die Anwendungsdomäne stellt spezielle Anforderungen an das grafische Modell, sodass die Modellierung stets kontextabhängig ist. Der *Modellierungszweck* legt fest für welchen Geltungsbereich ein Modell erstellt wird und für welchen bestimmten Einsatzzweck das Modell verwendet werden soll (z. B. Codegenerierung, Simulationen, zur Kommunikation zwischen verschiedenen Akteuren,

als Entwurfsgrundlage für Implementierungs-/ Entwicklungsprozesse; zur Unterstützung von Analysen). Der Modellierungszweck bedingt u.a. die Modellierungssprache, die Sicht oder den Abstraktionsgrad des Modells.

Modellierung wird als eine anspruchsvolle Aufgabe aufgefasst, die eine Vielzahl kognitiver Prozesse und Handlungen umfasst (Rosenthal et al, 2019). Es bleibt die Frage, welche spezifischen Fähigkeiten, Werte und Einstellungen die grafische Modellierungskompetenz umfasst und kompetentes Handeln in den Fachgebieten der Modellierung ermöglichen. Im Folgenden werden diese näher beleuchtet, indem zunächst auf kognitive Fähigkeiten in Bezug zur grafischen Modellierung und nachfolgend auf die für die Modellierung relevanten fachübergreifenden bzw. nicht-kognitive Kompetenzfacetten eingegangen wird.

In der vorliegenden Arbeit werden zwei zentrale fachspezifische Inhaltsbereiche der grafischen Modellierungskompetenz betrachtet: Das *Modellbilden* und *Modellverstehen*. Die Relevanz dieser beiden Inhaltsbereiche und welche Kenntnisse und Fähigkeiten damit verbunden sind, wird in einer Vielzahl an publizierten Fachbeiträgen, wie fachspezifischen Standards, Erfahrungsberichten und Best-Practice-Beispielen für die Modellierungslehre (z. B. Glinz, 2008; Recker & Rosemann, 2009), aufgezeigt.

Der inhaltliche Schwerpunkt der Modellierungslehre liegt auf dem *Modellbilden*, also der Fähigkeit, grafische Modelle unter der Verwendung konkreter Modellierungssprachen zu erstellen (Hamann et al., 2020). Um zu eruieren, über welche Kenntnisse und Fähigkeiten kompetente Modellierer*innen verfügen müssen, lohnt sich ein Blick darauf, was gute grafische Modellierung ausmacht. Nelson et al. (2012) definieren in ihrem „Conceptual Modeling Quality Framework“ (CMQF) insgesamt 24 Qualitätstypen für das Produkt als auch den Prozess der konzeptuellen Modellierung. Im Folgenden werden die sechs der 24 Qualitätstypen näher erläutert, die direkt die Qualität des entwickelten konzeptuellen Modells beeinflussen und für die grafische Modellierung als Teilbereich der konzeptuellen Modellierung relevant sind. Diese Qualitätsaspekte sind zentral, da sie wiederum direkten Einfluss auf die weitere Nutzbarkeit des Modells haben. Ein elementarer Qualitätsaspekt ist die syntaktische Qualität, die fordert, dass sich alle Elemente des Modells aus dem Vokabular und der Grammatik der verwendeten Modellierungssprache ableiten lassen (Syntactic Quality). Modellierende müssen also in der Lage sein, syntaktisch fehlerfreie Modelle zu entwickeln. Zudem muss das Modell die Aussagen und Bedeutung der Anwendungsdomäne in Bezug zum Modellierungszweck präzise und vollständig er-

fassen. Gleichermassen müssen die Aussagen des Modells die entsprechenden Aspekte der Anwendungsdomäne korrekt widerspiegeln (Semantic Quality). Des Weiteren sollte das Modell optimal lesbar sein. Dies trägt dazu bei, dass Nutzende des Modells die für sie relevanten Aussagen im Modell vollständig und richtig verstehen (Empirical bzw. Pragmatic Quality). Es gibt eine Reihe von Layout-Empfehlungen (z. B. Vermeidung von Kantenüberschneidungen und Darstellung der Symbole in einheitlicher Größe), die von Modellierenden befolgt werden sollten, um Modelle mit hoher pragmatischer Qualität zu generieren. Das Wissen über die Modellierungssprache und der mit ihr darstellbaren Modellierungskonzepte hat gemäß des Qualitätsrahmens einen direkten Einfluss auf die Modellqualität. Modellierende müssen in der Lage sein, spezifische und angemessen Modellierungskonzepte auszuwählen, um bestimmte Aspekte des Modellierungsgegenstandes darzustellen (Applied Language Knowledge Quality). Gleches gilt für die Qualität des Wissens über die Anwendungsdomäne, über das Modellierende verfügen bzw. welches sie sich im Modellierungsprozess aneignen müssen. Es zeigt sich, dass Modelle, bei denen Wissen über die Anwendungsdomäne angewendet wurde, z. B. durch eine sinnvolle Anordnung der Modellelemente, über eine bessere pragmatische Qualität verfügen und somit durch Nutzende leichter interpretierbar sind (Applied Domain Knowledge Quality). Modellierende müssen zudem in der Lage sein, einen für den Modellierungszweck bzw. die Anwendungsdomäne passenden Modelltypen auszuwählen und die entsprechende Sicht auf das Problem bei der Modellbildung zu berücksichtigen (z. B. Darstellung eines Datenflusses oder eines Workflows je nach Modellierungszweck) (Applied Model Knowledge Quality).

In der Literatur wie auch in Fachbeiträgen, die sich auf Erfahrungsberichte aus der Lehre stützen, wird sich intensiv mit dem Prozess der Modellbildung auseinandergesetzt und ein entsprechender Fokus gelegt. Doch neben dem Modellbilden sehen viele Fachexpert*innen auch das *Modellverstehen* als einen weiteren zentralen Inhaltbereich der grafischen Modellierung (z. B. Borner et al., 2006; Desel, 2008; Glinz, 2008). Studierende sollen in der Lage sein, „bestehende Modelle zu lesen, zu interpretieren und zu analysieren“ (Glinz, 2008, S. 428). Dies beinhaltet, dass die Studierenden die Inhalte eines Modells sowie seine Beziehung zum Original verstehen und dies auch an Dritte kommunizieren können (Borner et al., 2006). Zudem sollten sie in der Lage sein, bestehende Modelle kriteriengeleitet beispielsweise hinsichtlich ihrer Qualität zu beurteilen. Dies ist jedoch ein Aspekt, der in der Lehre oftmals vernachlässigt wird (Bork, 2019; Bogdanova & Snoeck, 2017). Es zeigt sich auch, dass Studierende gegebene Modelle verstehen können, aber nicht in der Lage sind oder sich nicht zutrauen, selbst Modelle zu erstellen (Desel,

2008). Es handelt sich bei Modellverstehen und Modellbilden daher um zwei separate Inhaltsbereiche, die gemeinsam anstatt nacheinander gelernt werden sollten und sich ergänzen (Desel, 2008). Hier lassen sich Parallelen zum Spracherwerb bzw. zu Sprachkompetenzen erkennen, da auch dort zwischen textproduzierenden Fähigkeiten (Schreiben) und Fähigkeiten in Bezug auf das Textverständnis (Lesen – mit Texten und Medien umgehen) differenziert werden (siehe z. B. Bildungsstandards im Fach Deutsch (KMK, 2004)).

Im Folgenden werden auf Basis der Literatur die Relevanz von sozial-kommunikativen und metakognitivem Wissen und Fähigkeiten sowie Einstellungen, Werten und Überzeugungen für die Modellierung anhand beispielhafter Kompetenzaspekte verdeutlicht. Publikationen, die sich explizit mit den für die Modellierung relevanten fachübergreifenden Kompetenzen auseinandersetzen, sind rar. Daher wird vornehmlich Bezug auf Beiträge genommen, die sich mit fachübergreifenden Kompetenzen in der (Wirtschafts-) Informatik oder bei der Softwareentwicklung beschäftigen. Ausgenommen sind *sozial-kommunikative Fähigkeiten*, die bei der konzeptuellen Modellierung einen hohen Stellenwert einnehmen. Denn konzeptuelle Modelle dienen als Kommunikationsinstrument und sollen die Kommunikation zwischen verschiedenen Akteur*innen (z. B. Entwickler*innen und Anwender*innen) fördern (Frank, 2016). Damit dies gelingen kann, müssen die Modelle selbst gut verständlich sein (im Sinne der pragmatischen Qualität). Das heißt, Modellierende müssen in der Lage sein, sich bei der Modellierung in die Perspektive der Nutzenden hineinzuversetzen (Linck, et al., 2013) oder bei der Entwicklung die potenziellen Nutzenden miteinzubinden (Frank, 2016). Zudem sollten Modellierende in der Lage sein, anderen den Inhalt von Modellen zu kommunizieren und Ergebnisse zu präsentieren (Borner et al., 2006). Im Rahmen von Modellierungsprojekten ist es zudem erforderlich, mit anderen Personen zusammenzuarbeiten, sodass Teamfähigkeiten, wie Kooperation und das Treffen und Einhalten von Absprachen, relevante Fähigkeiten darstellen (Linck, et al. 2013).

Die Untersuchung von *metakognitivem Wissen und Fähigkeiten* beim Lernen und Problemlösen hat eine lange Forschungshistorie, welche den Einfluss von Metakognition auf den Lernerfolg und die Leistung in großen Teilen bestätigen konnte (Loksa et al., 2022). In der Fachdisziplin (Wirtschafts-) Informatik sind Arbeiten zur Metakognition jedoch noch selten (Prather et al., 2020). Dennoch zeigen Loksa et al. (2022) und Prather et al. (2020) jeweils in einem systematischen Review, dass es vor allem im Bereich der Programmierung in den letzten Jahren zunehmend Interesse an dem Forschungsgebiet gibt, indem sie die bisherigen Forschungsansätze zur Metakognition in der Programmierungsausbildung insbesondere in Bezug auf ihre theoretische Basis und der verwendeten Messinstrumente kondensieren. Loksa et al. (2022) analysieren in

ihrem Review vor allem, auf welche Theorien sich Studien zur Metakognition in der Informatik stützen und diskutieren exemplarische Studien, die entweder bestehende Theorien (z. B. Zimmernmans Theorie des selbstregulierten Lernens) verwendet oder eigene metakognitive Theorien für die Programmierausbildung vorgeschlagen haben. So identifizieren beispielsweise Falkner et al. (2014) in ihrer Studie disziplinspezifische metakognitive Strategien sowie Strategien des selbstregulierten Lernens nach Zimmerman, die Studierende im ersten Studienjahr in Programmierungskursen verwenden. Es zeigt sich, dass Zielsetzung und Planung zentrale Studierenden-Strategien sind, die in Programmierungsaufgaben durch das Zerlegen des Problems und die Planung der Programmierung auf Basis eines zuvor entwickelten Entwurfsmodells erkennbar werden. Auf diese Weise konzeptualisieren die Autor*innen das Modellbilden in Form der Erstellung eines Klassendiagramms im Rahmen der Softwareentwicklung selbst als eine disziplinspezifische Strategie in der Designphase. Denn grafische Modelle helfen, das Problem zu verstehen und die folgende Implementation zu strukturieren. An dieser Stelle sei angemerkt, dass auf der anderen Seite argumentiert werden kann, dass die Modellierung (bzw. das Modellbilden) wie auch die Programmierung (bzw. das Codeschreiben) problembasierte Aufgaben darstellen (Bogdanova et al., 2019; Loksa et al., 2022), für deren Lösung die Nutzung von metakognitiven Strategien unabdingbar ist. Denn in der Regel stellt auch die Modellbildung einen iterativen Prozess dar und erfordert mehrere Überarbeitungsschleifen oder Überprüfungen in Form von Verifikation und Validierung (Brooks, 2007). Daraus lässt sich schließen, dass Studierende insbesondere für das Modellbilden übergeordnete metakognitive Strategien wie Planung, Monitoring, Regulation und Evaluation beherrschen sollten. Nach Bork (2019) stellt insbesondere die ziel- und ressourcenorientierte Planung und Bearbeitung der Modellierungsaufgabe einen zentralen Fähigkeitsaspekt dar. Auch Linck et al. (2013) führen in dem MoKom-Kompetenzmodell motivationale und volitionale Fähigkeiten auf, die eng mit Prozessen der Selbstregulation verbunden und zielgerichtetes Problemlösen unterstützen (z. B. Bereitschaft informatische Fähigkeiten und Wissen zu erweitern sowie Durchhaltevermögen bei der Bearbeitung informatischer Aufträge).

Fuller et al. (2007, 2008, 2010) argumentieren in mehreren Arbeiten, dass neben kognitivem Wissen und Fähigkeiten in der (Wirtschafts-) Informatiklehre auch *Einstellungen und Werte* der Studierenden entwickelt und geprüft werden sollten und liefern Vorschläge, wie dies gelingen kann. In einer quantitativen Befragung zeigen sie, dass Lehrpersonen und Personen aus der Berufspraxis sich einig sind, dass professionelle Werte im (Wirtschafts-) Informatikstudium vermittelt werden sollten (Fuller et al., 2010). Als essenzielle Einstellungen und Werte für die

(Wirtschafts-) Informatik diskutieren sie die Bedeutung des Testens und somit die Qualitätssicherung im Kontext der Softwareentwicklung wie auch die Notwendigkeit des lebenslangen Lernens und somit die Bereitschaft und das Interesse sich neues Fachwissen anzueignen (Fuller & Keim, 2007). Im CC2020 werden folgende elf sogenannte Dispositionen in Form von Adjektiven definiert, die für das Berufsfeld erwarteten Werte beschreiben, über die (Wirtschafts-) Informatik-Absolvent*innen verfügen sollten: anpassungsfähig, kooperativ, erfinderrisch, sorgfältig, leidenschaftlich, proaktiv, professionell, zielorientiert, verantwortungsbewusst, reaktionsschnell und selbstgesteuert (ACM/IEEE-CS, 2021). Diese implizieren vor allem, dass Studierende im Laufe ihres Studiums ein hohes Engagement, hohe Motivation und Eigeninitiative entwickeln und nach professionellen und ethischen Standards handeln sollten. Koubek (2008) zeigt auf, dass ethische Konflikte im Rahmen der konzeptuellen Modellierung auch schon bei kleineren Entscheidungen (z. B. hinsichtlich Design-Entscheidungen) eine Rolle spielen. Die Verantwortung der Modellierenden liegt vor allem darin, fehlerfreie und umsetzbare Modelle zu entwickeln und dabei ebenso die ethischen und sozialen Konsequenzen ihrer (Modellierungs-) Entscheidungen abzuschätzen und entsprechend zu berücksichtigen (Koubek, 2008). Ein weiterer wichtiger Aspekt, der das Handeln und die Leistung beeinflusst, ist die Einstellung der Studierenden in Bezug auf die Fachdisziplin und informatikbezogene Aufgaben (Bender et al., 2015; Linck et al., 2013). Selbstwirksamkeitserwartungen und die Einstellung, dass informatische Aufgaben lösbar sind, gehen mit einem stärkeren Durchhaltevermögen einher und führen zu besseren Leistungen (Ramalingam et al., 2004; Ryan et al., 2000).

2.2.3 Kompetenzmodelle mit Fachbezug zur Modellierung in der Informatik

Im vorangegangen Kapitel wurde ein grober Überblick über die für die grafische Modellierung relevanten Fähigkeiten und Einstellungen gegeben. Da die Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik einen zentralen Inhaltsbereich ausmacht (GI, 2016), haben sich bereits verschiedene Forschungsprojekte und -gruppen mit den fachspezifischen Kompetenzen auseinandergesetzt und diese im Form von Kompetenzmodellen systematisiert. Im Folgenden sollen exemplarische Kompetenzmodelle mit Fachbezug zur Modellierung skizziert werden. Der Fokus liegt dabei auf Kompetenzmodellen, die für die hochschulische Modellierungsausbildung entwickelt wurden. Da die Fachinhalte jedoch ähnlich sind, wird auch ein Kompetenzmodell für den Informatikunterricht der Sekundarstufe in den Blick genommen. Darüber hinaus wird am Rande auf Publikationen, die sich mit den für bestimmte Berufsgruppen (z. B. Softwareentwickler*innen) erforderlichen Kenntnissen und Fähigkeiten auseinandersetzen, eingegangen.

Im Rahmen des durch die DFG-geförderten MoKoM-Projekts ist ein Kompetenzmodell für informatische (objektorientierte) Modellierung und Systemverständnis für den Informatikunterricht der Sekundarstufe entstanden (Linck et al., 2013). Zunächst wurde ein theoretisches Kompetenzmodell auf Basis von Curriculums-Empfehlungen, lerntheoretischen Annahmen und Fachbeiträgen entwickelt, welches anschließend mittels Expert*innen-Interviews empirisch überprüft und verfeinert wurde (Linck et al., 2013). Das Kompetenzmodell beschreibt im Detail, die für den Umgang und die Entwicklung von Softwaresystemen notwendigen kognitiven und nicht-kognitiven Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen. Es differenziert die fünf Kompetenzdimensionen Systemanwendung (K1), Systemverständnis (K2), Systementwicklung (K3), Umgang mit Systemkomplexität (K4) und nicht-kognitive Kompetenzen (K5). Zentral an dem MoKoM-Kompetenzmodell ist zum einen die Unterscheidung zwischen den Kompetenzdimensionen Systemverständnis und Systementwicklung. Letzteres bildet in vielen Lehrplänen oftmals den Schwerpunkt, wohingegen dem Systemverständnis nur wenig Raum gewährt wird (Linck et al. 2013). Die Autor*innen sehen das Systemverständnis, insbesondere die Kenntnis über Qualitätskriterien von Software und das Testen von Software, jedoch als wichtige Grundlage für die spätere eigene Systementwicklung an. Kenntnisse und Fähigkeiten mit Bezug zur Modellierung sind in dem Kompetenzmodell in folgenden Subdimensionen der Systementwicklung verortet: Geschäftsmodellierung (K3.2), Anforderungsanalyse (K3.3), Analyse (K3.4) und Design (K3.5). Die relevante Fähigkeit besteht demnach in der Entwicklung verschiedener Modelle bzw. UML-Diagrammtypen (z. B. Aktivitäten-, Objekt-, Sequenz-, Klassen- und Zustandsdiagramme). Ein weiterer zentraler Punkt ist, dass die Autor*innen gemäß Weinerts Kompetenzdefinition auch nicht-kognitive Fähigkeiten aufführen, die insbesondere auf Basis der Expert*innen-Interviews ermittelt wurden. Diese umfassen Einstellungen (K5.1), wie die Wahrnehmung und Antizipation der Wirkungen informatischer Systeme, sozial-kommunikative Fähigkeiten, wie Kooperation und Teamwork und die Fähigkeiten zum Perspektivwechsel, sowie motivationale und volitionale Fähigkeiten (K5.3), wie Lernmotivation, Einsatz und Engagement. In folgenden Forschungsarbeiten widmete sich die Forschungsgruppe der Entwicklung eines entsprechenden Kompetenzmessinstruments und dessen Anwendung in einer groß angelegten Validierungsstudie sowie der Weiterentwicklung des Kompetenzmodells hin zu einem Kompetenzniveaumodell (Magenheim et al., 2015). Zudem erfolgte in einem anderen Projekt ein Einsatz des MoKoM-Kompetenzmodells und des Kompetenzmessinstruments in einem Einführungskurs zur objektorientierten Softwareentwicklung an einer deut-

schen Universität, welcher an einer sehr kleinen Stichprobe erste Indizien für die generelle Anwendbarkeit des Kompetenzmodells auf den hochschulischen Kontext lieferte (Hering et al., 2014; Magenheim et al. 2015). Insgesamt verfolgte das MoKom-Forschungsvorhaben bewährte Ansätze zur validen Modellierung und Messung von Kompetenzen, indem theoretische und empirische Modellierungsansätze kombiniert und Methoden der Validierung eingesetzt wurden. Hierbei wurde auf eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Psycholog*innen und Informatiker*innen gesetzt. Für das vorliegende Vorhaben lassen sich relevante Kompetenzdimensionen und -facetten ableiten, wenngleich der Fokus eher weniger generisch ist, sondern auf Softwaresystemen liegt. Zudem werden die Kompetenzfacetten zur Modellbildung im MoKom-Kompetenzmodell nur sehr grob aufgeführt und nicht weiter spezifiziert (z. B. „K3.5.4.1 Entwurfs-Klassendiagramme entwickeln“). Diese Granularität wird für die Forschungsfragen dieser Arbeit als zu grob eingeschätzt.

Die GI (2016) hat in ihren Curriculums-Empfehlungen die Modellierung als einen von 17 zentralen Inhalten für Informatik-Bachelorstudiengänge aufgeführt und die erforderlichen Kompetenzen in einem Kompetenzmodell beschrieben. Die Empfehlungen sowie das integrierte Kompetenzmodell wurden in einem Arbeitskreis der Fachgruppe Informatik in Studiengängen an Hochschulen (ISH) im Fachbereich Informatik und Ausbildung / Didaktik der Informatik (IAD) der GI entwickelt. Das Kompetenzmodell schlüsselt die kognitiven Kompetenzfacetten entlang einer an Anderson und Krathwohl (2001) angelehnten Taxonomie auf. Diese gliedert sich in eine kognitive Prozessdimension mit den Stufen: Verstehen, Anwenden / Übertragen, Analysieren / Bewerten, Erzeugen, und in eine zweite Dimension, die die Art und Komplexität des Kontextes (geringe Kontextualisierung und Komplexität; starke Kontextualisierung und hohe Komplexität), in dem die Kompetenzen erworben werden können, abbildet. Hinsichtlich des Inhaltenbereichs „Modellierung“ werden kognitive Kenntnisse und Fähigkeiten für die Modellierung im Allgemeinen beschrieben, d.h., es wird nicht zwischen grafischer und nicht-grafischer Modellierung differenziert. Gleichzeitig wird jedoch ein generischer Ansatz verfolgt, der von spezifischen Modellierungssprachen oder Fachbereichen der Modellierung abstrahiert. Das Kompetenzmodell umfasst neun Kompetenzfacetten auf verschiedenen Prozessstufen. Aufgeführt werden Kompetenzfacetten wie z. B. das Interpretieren und Erläutern der Beschreibungsformen und der Bedeutung wichtiger spezialisierter Modellierungskalküle (z. B. UML oder Petri-Netze) auf „Stufe 1 Verstehen“ sowie die Abstraktion von Systemeigenschaften und die präzise und vollständige Beschreibung dieser durch ein Modell und Darstellung verschiedener Sichten mit passenden Modellen auf „Stufe 2 Anwenden“. Somit wird das Erstellen von

Modellen auf der kognitiven Prozessstufe „Anwenden“ verortet und als Anwendungsaufgabe aufgefasst. Das Kompetenzmodell beinhaltet darüber hinaus die Fähigkeit zur Überprüfung von Modellen („Stufe 3 Analysieren“) sowie zur zielgerichteten Auswahl passender Modellierungskalküle („Stufe 3a Bewerten“). „Stufe 4 Erzeugen“ wird in dem GI-Kompetenzmodell als das Erzeugen grundlegender wissenschaftlicher Innovationen verstanden und daher auf Grund der zu hohen Komplexität für das Bachelorstudium nicht ausgearbeitet. Dies widerspricht jedoch anderen Ansätzen, die Aufgaben zum Modellbilden auf der höchsten Stufe einer Lernzieltaxonomie verorten (z. B. Bogdanova & Snoeck, 2017; Bork, 2019; Brinda, 2004a). Das Kompetenzmodell definiert zwar Facetten der Modellierungskompetenz auf verschiedenen kognitiven Prozessstufen und weist daher eine feinere Granularität als das MoKoM-Kompetenzmodell auf. Allerdings werden einzelne Kompetenzbeschreibungen als teilweise schwer verständlich aufgrund einer nicht spezifizierten Terminologie und als zu abstrakt beurteilt (z. B. „Eine vorgegebene Aufgabenstellung größerer Komplexität mit passenden Kalkülen auf angemessenen Abstraktionsgrad zielgerichtet formal beschreiben“ (GI, 2016, S. 9)). Losgelöst von der Struktur des Kompetenzmodells werden die für das Informatik-Studium relevanten nicht-kognitiven Kompetenzen aufgelistet. Sie werden also nicht auf den Inhaltsbereich der Modellierung übertragen. Die nicht-kognitiven Kompetenzen basieren zu einem Großteil auf den Kompetenzbeschreibungen des MoKoM-Kompetenzmodells (Linck et al., 2013) und umfassen u.a. Selbststeuerungskompetenz, Kooperationskompetenz, Lernkompetenz sowie Haltung und Einstellungen. Die Curriculums-Empfehlungen und dezidierten Kompetenzbeschreibungen sollen als Rahmen für die Gestaltung und Profilbildung verschiedener Bachelorstudiengänge im deutschsprachigen Raum dienen (GI, 2016).

Eine umfassende Lernergebnis-Taxonomie für die konzeptuelle Datenmodellierung stellt der CaMeLot-Framework dar (Bogdanova & Snoeck, 2019), welcher an der KU Leuven als didaktischer Rahmen für Studiengänge mit Bezug zum Software Engineering entwickelt wurde. Der CaMeLot-Framework fußt auf der Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001), hat deren Wissens- und Prozessdimension jedoch fachspezifisch angepasst und um eine Inhaltsdimension mit verschiedenen Inhaltsbereichen ergänzt. Ein anzustrebendes Lernergebnis wird so einem Inhaltsbereich, einer Wissensstufe und einer Prozessstufe zugeordnet. In Bezug auf die Inhaltsbereiche stellen Modellbildung (*model creation*) und allgemeine Modellierung (*general modeling*) die Hauptbereiche dar, die jeweils weitere Unterbereiche haben (z.B. Klassen, Beziehungen und Modelle oder Modellqualität und Modellierungsmethoden). Die Autorinnen erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sodass die Inhaltsbereiche durch Lehrende

(d.h. Nutzer*innen der Taxonomie) bedarfsgerecht ergänzt werden können. Darüber hinaus haben die Autorinnen die jeweiligen Lernvoraussetzungen für die Inhaltsbereiche bestimmt und einen „*Scaffolding-tree*“ entwickelt. Dieser beschreibt die Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Inhalten (z. B. um das Konzept von Attributen zu verstehen, muss das Konzept der Klassen bekannt sein) und bildet damit den schrittweisen Lernprozess ab. Neu ist dabei auch die Unterscheidung zwischen einfachen Modellen (*simple models*), die nur eine begrenzte Anzahl an Modellierungskonzepten nutzen, und komplexen Modellen (*complex models*), die eine große Zahl bzw. die ganze Bandbreite an zur Verfügung stehenden Modellierungskonzepten nutzen. Studierende können durch die Berücksichtigung der jeweiligen Lernvoraussetzungen schrittweise an den Umgang mit komplexer werdenden Modellen herangeführt werden. Die Entwicklung von CaMeLoT verlief iterativ und umfasste die Auswertung theorie- und curriculumsbasierter Ansätze (d.h. Analyse von bestehendem Prüfungsmaterial und Stand der Forschung zur konzeptuellen Modellierung und Lernzielbeschreibungen) sowie empirische Ansätze zur Validierung (d.h. Begutachtung des Rahmenwerks durch drei Fachexpert*innen).

Ein weiterer didaktischer Rahmen für die konzeptuelle Modellierung sowie für Metamodellierung wurde von Bork (2019) entwickelt, indem er die Wissens- und Prozessdimension von Andersons und Krathwohls Lernzieltaxonomie fachspezifisch ausdifferenziert. Ziel ist, einen Rahmen für eine umfassende Lehre zu generieren, die alle Ebenen der Wissens- und Prozessdimension adressiert. So beinhaltet der Rahmen Lernziele auf allen Wissensebenen sowie von der Stufe 1 „Erinnern“ bis Stufe 5 „Erschaffen“. Bork (2019) verortet beispielsweise das Verstehen, Analysieren und Erschaffen konzeptueller Modelle jeweils auf der entsprechenden Prozessstufe („verstehen“, „analysieren“, „erschaffen“). Der Ansatz beschreibt die Lernergebnisse für die konzeptuelle Modellierung dabei feingranular. So wird beispielsweise detailliert aufgeschlüsselt, was für die Modellbildung notwendig ist (z. B. korrekte Anwendung der Syntax und Notation einer Modellierungssprache). Bork (2019) überträgt zudem die metakognitive Wissensdimension der Lernzieltaxonomie auf die konzeptuelle Modellierung und nennt bspw. strategisches Denken als wichtigen Kompetenzaspekt, da Modellierende den Modelladressaten und Modellierungszweck sowie die zur Verfügung stehenden Ressourcen (wie Zeit und auch die eigene Erfahrung) berücksichtigen müssen. Die Anwendbarkeit der entwickelten Taxonomie wurde durch den Autor in Ansätzen überprüft, indem eine in der eigenen Lehre verwendeten Fallstudie hinsichtlich des Lernzielbezugs evaluiert wurde.

Neben Kompetenzmodellen, die für die Hochschulausbildung entwickelt wurden, gibt es eine Reihe von Kompetenzmodellen für verschiedene Berufsgruppen, wie Softwareentwickler*innen (z. B., IEEE-CS, 2014; Sedelmaier & Landes, 2014) oder (Geschäfts-) Prozessanalytiker*innen (z. B. Frederiks & van der Weide, 2006; Sonteya & Seymour, 2012; Hrabal et al., 2020). Diese Kompetenzmodelle wurden entweder auf Basis fachwissenschaftlicher Standards und Theorien oder auf Basis von Interviews mit Angehörigen der untersuchten Berufsgruppen entwickelt. Alle der genannten Kompetenzmodelle führen die Modellierung bzw. die Modellbildung als eine zentrale und berufsrelevante Kompetenz auf. Jedoch handelt es sich in der Regel um eine von vielen Kompetenzen, sodass die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten in Bezug zur Modellierung selten spezifiziert werden. Der Fokus liegt jedoch auf dem Entwickeln der Modelle sowie der Überprüfung der Qualität eigener entwickelter Modelle. Das Verstehen und Analysieren von Modellen werden nicht explizit als Kompetenzaspekte aufgeführt. Zudem messen die genannten berufsbezogenen Kompetenzmodelle fachübergreifenden Fähigkeiten, wie Fähigkeiten zur Kommunikation, Kooperation, Selbstregulation sowie zum Problemlösen und abstrakten Denken, tendenziell einen großen Stellenwert zu. Hrabal et al. (2020) modellieren beispielsweise auf Basis strukturierter Interviews mit Mitarbeitenden aus der Berufspraxis die Kompetenzen von Rollen, die im Business Process Management (BPM) beteiligt sind, wie z. B. Prozessanalytiker*innen. Diese sind für die Abbildung der Ist-Prozesse und Gestaltung der Soll-Prozesse in einem Team verantwortlich. Hierzu müssen sie gemäß des entwickelten Kompetenzmodells insbesondere in der Lage sein, Prozesse mit vorgegebenen Notationen und Konventionen zu modellieren und dabei digitale Modellierungswerkzeuge anzuwenden. Zentral für die Berufsgruppe sind gemäß des Kompetenzmodells außerdem kommunikative und Moderationsfähigkeiten, analytisches Denken und emotionale Intelligenz. Das Kompetenzmodell soll laut der Autoren als Basis für die Personalauswahl und -entwicklung, aber auch als Orientierung für die Hochschulausbildung dienen.

Es lässt sich festhalten, dass die aufgeführten Kompetenzmodelle insgesamt erste Hinweise auf die für die grafische Modellierung relevanten Kompetenzfacetten als auch eine mögliche Strukturierung des Kompetenzkonstrukts liefern. Es zeigt sich, dass insbesondere für Kompetenzmodelle der Hochschulbildung die Lernzieltaxonomie von Anderson und Krathwohl als strukturgebender Rahmen präferiert wird. Ein zentraler Inhaltsbereich ist das Erstellen von Modellen unter korrekter Verwendung passender Modellierungssprachen. Gleichermassen wird die Relevanz fachübergreifender Kompetenzen im Rahmen von Modellierungsprojekten bekräftigt. Dennoch ist keines der bestehenden Kompetenzmodelle mit Bezug zur Modellierung geeignet,

um als Grundlage für die Entwicklung kompetenzorientierter Prüfungen für die grafische Modellierung zu dienen. Denn die Kompetenzmodelle sind entweder zu abstrakt und differenzieren die Modellierungskompetenz zu wenig aus (z. B. Linck et al., 2013), oder sie fokussieren auf ein bestimmtes Fachgebiet der Modellierung (z. B. Datenmodellierung (Bogdanova et al., 2019), Softwaremodellierung (Linck et al., 2013)) und schließen aufgrund eines anderen Schwerpunkts für die grafische Modellierung irrelevante Aspekte mit ein (z. B. GI, 2016). Darüber hinaus werden fachübergreifende Kompetenzen entweder nicht auf die Modellierung übertragen, sondern allgemein formuliert (z. B. GI, 2016), oder es werden nur metakognitive Kompetenzen berücksichtigt und bspw. keine sozial-kommunikativen Fähigkeiten (z. B. Bork, 2019).

Auf Basis der Betrachtung bestehender Kompetenzmodelle lässt sich ableiten, welche Eigenschaften das Kompetenzmodell für die grafische Modellierung aufweisen sollte, um für die intendierte Nutzungsweise, d.h. die Entwicklung kompetenzorientierter Prüfungen, geeignet zu sein:

- 1) Der fachspezifische Fokus des Kompetenzmodells liegt auf der grafischen Modellierungskompetenz. Es werden die damit verbundenen Kompetenzfacetten möglichst ganzheitlich in verschiedenen relevanten Inhaltenbereichen detailliert und feingranular beschrieben.
- 2) Das Kompetenzmodell mit den einzelnen Kompetenzfacetten ist generisch formuliert, so dass das Kompetenzmodell in verschiedenen Fachgebieten der Modellierung (z. B. Daten- oder Geschäftsprozessmodellierung) unter Nutzung verschiedener grafischer Modellierungssprachen (z. B. BPMN, UML) anwendbar und gültig ist.
- 3) Gemäß der Kompetenzdefinition nach Weinert (2002) werden auch fachübergreifende Kompetenzen, d.h. sozial-kommunikative, motivationale und volitionale Facetten, berücksichtigt und auf das Gebiet der grafischen Modellierung übertragen und hierfür spezifiziert.
- 4) Das Kompetenzmodell verfügt über eine für den Einsatz in der Hochschullehre bewährte und bekannte Struktur, sodass sie durch Lehrende leicht nachvollziehbar ist.

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, welches Kompetenzverständnis und welcher Ansatz der Kompetenzmodellierung der Arbeit zugrunde liegen und wie die grafische Modellierungskompetenz definiert wird. Diese theoretischen Überlegungen haben die Entwicklung des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung geleitet und stellen die theoretischen Grundlagen

des ersten Schritts der Kompetenzmodellentwicklung (siehe Tabelle 1) dar. Nachdem ausgearbeitet wurde, was geprüft wird, wird im folgenden Kapitel diskutiert, wie die identifizierten Kompetenzfacetten zielgerichtet geprüft werden können.

3. Prüfung der Facetten grafischer Modellierungskompetenz

In diesem Kapitel wird zunächst aufgezeigt, was unter „kompetenzorientiertem Prüfen“ verstanden wird, welche Funktionen es in der Lehre erfüllen und mit welchen unterschiedlichen Ansätzen kompetenzorientiertes Prüfen umgesetzt werden kann. Da die Aufgaben im Rahmen kompetenzorientierter Prüfungen einen großen Stellenwert haben, werden zudem Ansätze zur Auswahl und Analyse von Aufgaben beschrieben (Kapitel 3.1). Nach der allgemeinen Einführung werden in Kapitel 3.2 erste Arbeiten zur Analyse und Klassifikation von Modellierungsaufgaben dargestellt, die die Praxis hinsichtlich der Prüfung der Modellierungskompetenz aufzeigen.

3.1 Kompetenzorientiertes Prüfen in der Hochschullehre

Die vorliegende Arbeit widmet sich dem Thema des kompetenzorientierten Prüfens auf Ebene von einzelnen Lehrveranstaltungen bzw. Modulen im Hochschulsystem. Somit liegt der Fokus auf sogenannten *classroom assessments*, welche der Individualdiagnostik dienen und i.d.R. lokal von der Lehrperson kontrolliert werden, die den jeweiligen Zweck und die Konsequenzen der Prüfung bestimmt (Brookhart & McMillan, 2020). *Large-scale assessments* bzw. Kompetenztests die unter Verwendung standardisierter, psychometrischer Messverfahren im Rahmen von Bildungsmonitorings, der Evaluation von Bildungsmaßnahmen oder auch wissenschaftlichen Untersuchungen eingesetzt werden (vgl. Brookhart & McMillan, 2020; Klieme & Hartig, 2007), sind nicht Kern dieser Arbeit.

Kompetenzorientiertes Prüfen meint hier, dass die Prüfungen und die einzelnen Prüfungsaufgaben auf die angestrebten Kompetenzen bzw. Kompetenzfacetten ausgerichtet sind und diese in angemessener Weise adressieren. Dies wird im Folgenden weiter ausgeführt.

3.1.1 „Constructive Alignment“ und Funktionen kompetenzorientierter Prüfungen

Einen didaktischen Rahmen für die kompetenzorientierte Konstruktion von Prüfungsaufgaben bietet das Konzept des „Constructive Alignments“ (Schaper, 2021). Demnach sollen im Zuge

der Planung von Lehrveranstaltungen die intendierten Lernergebnisse bzw. Kompetenzanforderungen, die Lehr- und Lernmethoden sowie die Prüfungsmethoden einer Lehrveranstaltung konsequent aufeinander abgestimmt werden, wobei die Planung stets von den Lernergebnissen ausgeht (Biggs & Tang, 2011). Dies impliziert, dass Prüfungsaufgaben sowohl hinsichtlich ihres Inhalts als auch ihres kognitiven Anforderungsniveaus angemessen auf die angestrebten Lernergebnisse ausgerichtet sind. Ein Instrument zur Planung und Analyse der Übereinstimmung zwischen intendierten Lernergebnissen bzw. Kompetenzfacetten, Lehraktivitäten und Prüfungsaufgaben stellen Lernzieltaxonomien wie die von Anderson und Krathwohl (2001) dar, indem geprüft wird, ob sie jeweils in derselben Zelle der Matrix verortet werden können. Im Rahmen des „Constructive-Alignment“-Konzepts, wird insbesondere die Steuerungsfunktion von Prüfungen auf den Lernprozess der Studierenden genutzt. Denn Studierende orientieren sich beim Lernen in weiten Teilen an den ihnen bekannten Prüfungsanforderungen und somit der Art und dem Inhalt der Prüfung (Biggs & Tang, 2011). Wenn also die Prüfungen an den intendierten Kompetenzanforderungen orientiert sind und tatsächlich geprüft wird, was gelernt werden soll, werden gleichzeitig die Lernprozesse der Studierenden kompetenzorientiert ausgerichtet und die Kompetenzentwicklung gefördert (Biggs & Tang, 2011). Demnach ist ein positiver Effekt auf das Lernen der Studierenden zu erwarten, wenn die mit der betrachteten Kompetenz verbundenen Kompetenzfacetten (bzw. Lernergebnisse) möglichst umfassend bzw. breit geprüft werden (Cronbach, 1971).

Auf diese Weise kann und soll dem Hauptziel von Prüfungen in Bildungsprozessen, das Lernen von Studierenden zu fördern (Brookhart & McMillan, 2020), Rechnung getragen werden, was einer formativen Funktion von Prüfungen entspricht. *Formative Prüfungen* finden im Laufe des Lernprozesses statt. Sie sollen Studierenden und Lehrenden in erster Linie eine Rückmeldung zum aktuellen Lernstand geben, sodass diese Konsequenzen für den weiteren Lehr-/Lernprozess ziehen und diesen besser steuern können. Dies wird auch als „Assessment for Learning“ bezeichnet (Earl & Katz, 2006). Gleichzeitig dient die Bearbeitung von Aufgaben im Lernprozess dem Aufbau, der Anwendung und dem Transfer von Wissen und Fähigkeiten und sorgt durch eine zunehmende Routine für eine kognitive Entlastung der Lernenden (Renkel, 2020). Zudem zeigen Studien, dass sich durch das Testen und somit den Abruf von zuvor gelernten Wissensinhalten im Lernprozess langfristige Lerneffekte einstellen (Roediger et al., 2011). Im Sinne des selbstregulierten Lernens lernen Studierende außerdem, die Aufgabenbearbeitung, wie auch ihren eigenen Lernprozess zu überwachen und zu kontrollieren, was einem Verständ-

nis von Prüfungen als „Assessment as learning“ entspricht (Earl & Katz, 2006). Kompetenzorientierte, formative Prüfungen dienen vornehmlich der Kompetenzentwicklung der Studierenden. Gleichzeitig veranschaulichen sie, welche Lernziele in der Lehre verfolgt werden und welche Fähigkeiten die Lernenden entwickeln sollen (Parchmann & Bernholt, 2016). Die Lernförderlichkeit der Prüfungen für Lernende wird zudem durch den Einsatz von formativem Feedback sowie die Möglichkeit, sich mit den Beurteilungskriterien sowie der Qualität der erwarteten Leistung auseinanderzusetzen, unterstützt (Carless, 2007; Schaper, 2021). Formative Prüfungen sind in der Regel freiwillig und werden nicht benotet (Schaper, 2021). Sie sind daher auch als *Low-Stakes Testing* zu klassifizieren, welche für die Studierenden und ihre Bildungswege keine bzw. weniger weitreichende Konsequenzen haben (Köller et al., 2019). Neben der formativen Funktion können Prüfungen zudem für summative Zwecke eingesetzt werden. *Summative Prüfungen* finden zum Ende eines Lernprozesses statt und dienen vornehmlich als Leistungsnachweis (z. B. in Form von Abschlussprüfungen in einem Modul) und zur Bescheinigung des Bestehens (oder Nicht-Bestehens) in einer Lehrveranstaltung bzw. einem Studienabschnitt. Sie sind daher oftmals im Sinne des *High-Stakes-Testing* mit größeren Konsequenzen für die Studierenden verbunden (Köller et al., 2019). Dies entspricht einem „Assessment of Learning“, bei welchem über die erreichten Lernergebnisse informiert und die Leistung zertifiziert wird (Earl & Katz, 2006). Kompetenzorientierte, summative Prüfungen dienen der Überprüfung des Kompetenzerwerbs, tragen aber im Sinne des „Constructive Alignment“-Konzepts durch die Steuerung des Lernprozesses auch zur Kompetenzentwicklung bei. Da summative Prüfungen zudem eine Selektionsfunktion und tiefergreifende Konsequenzen für den weiteren Studienverlauf bzw. Karriereweg haben können, werden an sie höhere Ansprüche an deren Objektivität, Reliabilität und Validität gestellt, als bei formativen Prüfungen (Metzger & Nüesch, 2004; Schaper, 2012).

Insgesamt zeigt sich in der Hochschullehre, dass Lehrveranstaltungen mit formativen und/oder summativen Prüfungen einen größeren Einfluss auf den Kompetenzerwerb der Studierenden haben, als Lehrveranstaltungen ohne Prüfungen (Zlatkin-Troitschanskaia et al., 2017). Durch ihre lernförderliche Wirkung kommt classroom assessments daher eine besondere Bedeutung für die Lehre zu (Wilson, 2018). Figas und Hagel (2016) zeigen, dass Studierende Informatik-naher Studiengänge zur Bearbeitung freiwilliger Übungsaufgaben insbesondere dann motiviert werden, wenn sie Bezüge zur späteren Abschlussprüfung haben und somit für die Prüfungsvorbereitung genutzt werden können. Dies impliziert, dass sowohl formative als auch summative Prüfungsaufgaben konsequent auf die intendierten Kompetenzanforderungen ausgerichtet sein

sollten. Hinsichtlich der Art und Weise, wie der Kompetenzerwerb mithilfe von kompetenzorientierten Prüfungsaufgaben angebahnt und überprüft wird, gibt es jedoch unterschiedliche Ansätze, welche im nächsten Kapitel beschrieben werden.

3.1.2 Ansätze zur Überprüfung des Kompetenzerwerbs

Hauptziel kompetenzorientierter Prüfungen ist es, den Kompetenzerwerb sowohl für formative als auch für summative Zwecke sichtbar zu machen. Unter Rückgriff auf das Kompetenzverständnis nach Weinert (2002) (siehe Kapitel 2.1.1) lassen sich gewisse Anforderungen an das kompetenzorientierte Prüfen im hochschulischen Kontext ableiten, die im Folgenden näher erläutert werden, bevor auf verschiedene Ansätze zur Überprüfung des Kompetenzerwerbs eingegangen wird.

Erstens: Kompetenzen befähigen zum *Problemlösen*. Kompetenzorientierte Prüfungsaufgaben sollten also über die bloße Reproduktion von Wissen hinausgehen und die Anwendung und den Transfer von Wissen und Fähigkeiten in konkreten Kontexten oder Problemsituationen erfordern (Schindler, 2015). Es geht dabei um ganzheitliches Können und nicht um isolierte Kenntnisse und Fähigkeiten (Klieme & Hartig, 2007). Auch bei der Prüfung spezifischer Kompetenzfacetten sollte daher auf einen angemessenen Handlungsbezug geachtet werden (Schaper, 2012). Für kompetenzorientiertes Prüfen bedeutet dies zudem, dass Aufgaben problemhaltig sein sollten, d.h. für die Studierenden bzw. die jeweilige Zielgruppe hinreichend schwierig zu lösen (Walzik, 2012). Kompetenzorientierte Prüfungsaufgaben weisen also prinzipiell einen hohen Handlungs- und Problembezug sowie durch die Notwendigkeit der Anwendung von Wissen und Fähigkeiten in komplexeren Situationen ein anspruchsvolles Niveau auf (Schaper, 2012).

Zweitens: Da Kompetenzen *domänen- bzw. kontextspezifisch* sind, sollte beim Ableiten relevanter Prüfungsaufgaben und Kontexten von den grundlegenden Handlungsanforderungen der jeweiligen Domäne ausgegangen werden (Schaper, 2009). Prüfungsaufgaben sollten also die typischen Leistungsanforderungen der Domäne widerspiegeln und in einen domänenrelevanten Kontext eingebettet werden, damit Studierende Erfahrungen in den entsprechenden Situationen sammeln können (Klieme et al., 2007). Auf diese Weise kann insbesondere auf den Erwerb von berufs- bzw. beschäftigungsrelevanten Kompetenzen abgezielt werden (Schaper, 2012). In der Regel werden verschiedene Aufgaben bzw. Aufgabentypen für unterschiedliche Handlungsanforderungen der Domäne eingesetzt (Gorin, 2006). Es zeigt sich, dass dieser Lebenswelt- und

Praxisbezug, die Relevanz der Aufgaben verdeutlicht und von Studierenden als besonders motivierend wahrgenommen wird (Figas & Hagel, 2016).

Drittens: Kompetenzen sind *erlernbar* und können somit in Lernprozessen angebahnt und ihr Erwerb geprüft werden. Aufgrund ihres Kontextbezugs sollten Studierende im Lernprozess durch verschiedene Aufgaben mit hinreichend variablen Kontexten konfrontiert werden (Klieme et al., 2007) und ausreichend Übungsmöglichkeiten für den Kompetenzaufbau gewährt werden (Schaper, 2012).

Viertens: Kompetenz zeigt sich in der Performanz des Handelns beim Bewältigen situationaler Anforderungen (Klieme & Hartig, 2007). Das erfolgreiche Handeln bzw. die Performanz basiert also auf der Kompetenz als latentes Merkmal (Blömeke et al., 2015). Das heißt, sie ist nicht direkt beobachtbar (Walzik, 2012). Kompetenz wird dabei als ein relativ stabiles, zugrundeliegendes Merkmal aufgefasst, welches dazu führt, dass kompetent Handelnde in variablen Situationen entsprechendes Verhalten zeigen (Klieme & Hartig, 2007). Für die Messung von Kompetenz bzw. Überprüfung des Kompetenzerwerbs ist es daher notwendig, auf Basis einer Reihe von Einzelbeobachtungen des Verhaltens in variierenden Situationen auf die zugrundeliegende Kompetenz zu schließen (Klieme & Hartig, 2007). Die Aufgaben müssen dabei so angelegt werden, dass ein Rückschluss von der Performanz (d.h. dem Testwert) auf die Kompetenz möglich ist (Walzik, 2012).

Fünftens: Da das Kompetenzkonstrukt neben kognitiven Aspekten auch motivationale und volitionale sowie soziale Aspekte einschließt, sollten auch diese Aspekte bei kompetenzorientierten Prüfungen berücksichtigt werden (Walzik, 2012).

Blömeke et al. (2015) stellen in diesem Rahmen zwei Zugänge zur Messung von Kompetenz gegenüber. Beim holistischen Ansatz wird Kompetenz als erfolgreiches Handeln in realen Situationen aufgefasst, sodass aus der Performanz in der Situation direkt auf die Kompetenz geschlossen werden kann. Die Kompetenz wird hier als integriertes Bündel an Kognition, Affekt-Motivation und Leistung verstanden, die nicht separat erfasst werden. Nach diesem Ansatz gilt eine Person als kompetent, wenn sie eine für die Domäne typische bzw. geforderte Aufgabe erfüllt, ohne dass analysiert wird, welche spezifischen Eigenschaften oder Operationen zur erfolgreichen Leistung beigetragen haben. Die Kompetenzmessung erfolgt hierbei durch ganzheitliche, komplexe Aufgaben. Dieser Ansatz wird vornehmlich in arbeits- und organisationspsychologischen Kontexten (z. B. zur Personalauswahl) verfolgt. In der Bildungsforschung wird hingegen in der Regel ein analytischer Ansatz verfolgt, bei dem die Kompetenz im Zuge

der Kompetenzmodellierung in mehrere latente Merkmale zerlegt wird, die für eine kompetente Leistung erforderlich sind. Die Prüfung der verschiedenen Komponenten der Kompetenz kann dabei separat durch verschiedene Messinstrumente oder Aufgaben- und Prüfungsformate erfolgen (Blömeke et al., 2015; Walzik, 2012; Weinert, 2001). Bei diesem Ansatz steht vornehmlich die gezielte Entwicklung, Prüfung und somit auch Untersuchung der verschiedenen Facetten der Kompetenz im Vordergrund. Auf diese Weise kann erfasst werden, „inwieweit die Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln in realen Situationen bei einer Person ausgeprägt sind“ (Schindler, 2015, S. 8). Zur Erfassung spezifischer Facetten der Kompetenz werden verschiedene Prüfungsformate wie auch (psychometrische) Messinstrumente (z. B. Multiple Choice Fragen in Wissenstests oder psychologische Fragebögen) eingesetzt. Beide Ansätze stellen jedoch gleichermaßen die Relevanz von realen, domänen spezifischen Situationen, in denen die Prüfungsaufgaben eingebettet werden sollten, heraus (Blömeke et al., 2015). Die beiden Ansätze stellen nach Blömeke et al. (2015) die Enden eines Kontinuums dar. Es wird plädiert beide Ansätze durch die Auswahl passender Prüfungsformate und -methoden in der Lehre zu verfolgen, um sowohl die kognitiven, affektiven und motivationalen Merkmale, die dem Handeln zugrunde liegen, als auch das beobachtete Verhalten in bestimmten realen Situationen zu erfassen (Blömeke et al., 2015; Schindler, 2015).

Schindler (2015) schlägt als Kategorisierungshilfe von Kompetenzmessinstrumenten drei Arten von Kompetenzmessungen vor, die sich hinsichtlich des Realitätsbezugs der Testsituation unterscheiden. Bei *Kompetenztests* entspricht die Testsituation der realen Anforderungssituation, sodass das Verhalten unter realen Bedingungen beobachtet werden kann. Es kann also direkt von der Performanz auf die Kompetenz geschlossen werden, wie es auch bei holistischen Ansätzen erfolgt (Schindler, 2015). Übertragen auf die Modellierungslehre wäre dies beispielsweise der Fall, wenn im Rahmen der Lehrveranstaltung, reale Modellierungsprojekte im Unternehmenskontext durchgeführt werden. Bei *kompetenzorientierten Tests* wird die Anforderungssituation in der Testsituation realitätsnah simuliert (Schindler, 2015). In der Modellierungslehre können z. B. komplexe Fallstudien entsprechende Anforderungssituationen abbilden. *Kompetenzorientierte Wissenstests* messen die dem kompetenten Handeln zugrundeliegenden latenten Fähigkeiten und versuchen, durch Kontextbezüge Realitätsnähe und einen Anwendungsbezug zu schaffen (Schindler, 2015). Derartige Tests können insbesondere in Form von schriftlichen Prüfungen eingesetzt werden (vgl. Schindler, 2015, S. 209). Der Autor weist darauf hin, dass diese Kategorisierungen nicht trennscharf und Zuordnungen spezifischer Prü-

funken oftmals uneindeutig sind. Zentrales Unterscheidungsmerkmal ist dabei also die Realitätsnähe der Aufgaben, d.h., mit welche Genauigkeit und welchem Umfang die Domänensituation abgebildet wird. Diese kann sowohl durch den präsentierten Stimulus als auch die erforderlichen Antwortprozesse erzielt werden (Fitzpatrick & Morrison, 1971). Fitzpatrick und Morrison (1971) heben hervor, dass auch schriftliche Tests realitätsnah sein können, sofern es sich dabei um relevante bzw. authentische Fähigkeiten in Bezug auf die Aufgabe handelt.

Ferner kann differenziert werden, ob mit einem Test der *Prozess* der Aufgabenausführung oder das *Produkt* der Leistung geprüft und beurteilt werden soll. Dies hängt sowohl von der Zielsetzung als auch von den Rahmenbedingungen des Prüfungssettings ab (Highland, 1955, zitiert nach Fitzpatrick & Morrison, 1971).

Prozessbezogene Bewertungen sind sinnvoll sofern:

- die Einhaltung spezifischer Schritte eines Verfahrens gelehrt wurde und dies zudem genau und objektiv messbar ist
- sich die für die Leistungsbeurteilung erforderlichen Evidenzen vollständig oder weitestgehend in der Art und Weise, wie die Leistung erbracht wird, widerspiegeln und weniger in dem Endprodukt der Leistung
- ausreichend (personelle) Kapazitäten für die Beobachtung, Aufzeichnung und Beurteilung der Leistungserbringung zur Verfügung stehen

Produktbezogene Bewertungen sind sinnvoll sofern:

- das Produkt der Leistung genau und objektiv gemessen werden kann
- sich die für die Leistungsbeurteilung erforderlichen Evidenzen vollständig oder weitestgehend in dem Produkt, das am Ende der Leistung verfügbar ist, widerspiegeln und weniger in dem Prozess der Leistungserbringung
- die korrekte Abfolge der Lösungsschritte nicht eindeutig bzw. schwer zu analysieren ist und die Fähigkeit im Produkt zu erkennen ist
- nicht ausreichend (personelle) Kapazitäten für die prozessbezogene Bewertung zur Verfügung stehen

Schreiber und Kollegen (2009) greifen diese Differenzierung auf und diskutieren im Kontext der Überprüfung experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften, dass abhängig von

der Art und Weise der Beurteilung, d.h. je nachdem ob die Leistung produkt- oder prozessbezogen bewertet wird, andere Aspekte der Kompetenz erfasst werden. Denn eine prozessbezogene Beurteilung lässt beispielsweise eine Bewertung der Qualität der tatsächlich durchgeführten Verfahrungsschritte zu, mit denen ein bestimmtes experimentelles Ergebnis gefunden wurde. Gleichzeitig ist es auf diese Weise möglich, Teilleistungen oder Schritte, die zur richtigen oder falschen Lösung geführt haben, zu identifizieren (Schreiber et al., 2009) und somit auf der Grundlage entsprechendes, lernförderliches Feedback zu geben. Allerdings ist es grundsätzlich möglich, prozessbezogene Leistungen in Produkte zu transformieren, indem diese aufgezeichnet oder dokumentiert werden (Fitzpatrick & Morrison, 1971, S. 264).

Die Auswahl eines Ansatzes zur Überprüfung des Kompetenzerwerbs wird unter anderem von den Rahmenbedingungen der Prüfungsdurchführung und dem Zweck der Prüfung bestimmt. Nicht unerlässlich ist dabei auch die Handhabbarkeit und Praktikabilität der Prüfungsmethode (Schaper, 2012). Bei großen Studierendenzahlen ist die Beobachtung und Bewertung der Handlung in realen bzw. simulierten Situationen nicht realisierbar, weshalb oftmals auf ökonomische Prüfungsverfahren zurückgegriffen wird (Klieme & Hartig, 2007).

3.1.3 Ansätze zur Auswahl, Klassifikation und Analyse von Aufgaben

In den vorangegangenen Kapiteln wurde argumentiert, dass der Kompetenzerwerb im Sinne der formativen Prüfungsfunktion durch die Bearbeitung problemorientierter, kontextbezogener und domänenrelevanter Prüfungsaufgaben im Lernprozess gefördert werden kann, indem Studierende die Anwendung und den Transfer ihres Wissens und ihrer Fähigkeiten üben und festigen können. Die Auswahl und Gestaltung der Aufgaben haben beim kompetenzorientierten Prüfen also einen besonderen Stellenwert.

Zentral ist, dass die Aufgaben relevante Kompetenzaspekte adressieren. Die Auswahl der Aufgaben hat zum Ziel, die Menge von Aufgaben zu definieren, die kompetente Personen in der jeweiligen Domäne ausführen können (Schott & Ghanbari, 2012). Je nach Prüfungsansatz können diese Aufgaben holistisch angelegt sein und die Integration von Wissen, Fähigkeiten und Einstellungen beim Bearbeiten der Aufgaben erfordern, oder in eher atomarer Weise einzelne Kompetenzfacetten ansprechen. Anderson und Krathwohl (2001) weisen darauf hin, dass die meisten authentischen akademischen Aufgaben jedoch den koordinierten Einsatz mehrerer kognitiver Prozesse sowie mehrerer Arten von Wissen erfordern. Ziel des Lernprozesses sollte stets sein, die Studierenden zur Bewältigung ganzheitlicher und authentischer Aufgaben der Domäne zu befähigen (van Merriënboer & Kirschner, 2018). Es hat sich bewährt, Aufgabenklassen bzw.

Aufgabentypen zu bilden, die jeweils ein bestimmtes Bündel an Kompetenzfacetten adressieren (van Merriënboer & Kirschner, 2018). „Die Klassifikation von Aufgaben und deren Anforderungen hat sowohl in der allgemeinen wie auch der fachdidaktischen Bildungsforschung eine lange Tradition.“ (Parchmann & Bernholt, 2016, S. 42). In der Hochschullehre steckt die Aufgabenforschung im Vergleich zum schulischen Bereich jedoch noch in den Kinderschuhen (Fargas & Hagel, 2016).

Zur Analyse von Aufgaben zeichnen sich zum einen eher merkmalsorientierte Ansätze ab, die zum Ziel haben, das Anforderungsniveau einer Aufgabe anhand verschiedener Kriterien zu definieren. So haben beispielsweise Maier et al. (2014) ein allgemein-didaktisches Klassifikationssystem zur Analyse des kognitiven Anforderungsniveaus entwickelt, welches sieben Aufgabenmerkmale (Wissensart, kognitiver Prozess, Wissenseinheiten, Offenheit, Lebensweltbezug, Sprachlogische Komplexität, Repräsentationsformen) mit verschiedenen Ausprägungen beschreibt, die es für die betrachtete Aufgabe zu bestimmen gilt. Schlüter (2009) liefert ein ähnliches, fachdidaktisches Klassifikationssystem für Informatik-Aufgaben im Sekundarbereich. Neben weiteren Merkmalen hat sich in den genannten wie auch in anderen fachdidaktischen Ansätzen insbesondere die Klassifikation hinsichtlich der Wissensdimension und kognitiven Prozessdimension nach Anderson und Krathwohl (2001) oder der Lernzieltaxonomie nach Bloom et al. (1956) bewährt (Maier et al., 2014; Parchmann & Bernholt, 2016). In Form von schwierigkeitsbestimmenden Faktoren können die Aufgabenmerkmale sowie eine entsprechende Klassifikation von Aufgaben als Grundlage für die Modellierung von Kompetenzniveaus dienen (Schlüter, 2009). So kann innerhalb eines Aufgabentyps mithilfe der Aufgabenmerkmale das Anforderungsniveau und somit die Komplexität von Aufgaben gezielt variiert werden (Brinda & Ortmann, 2002; van Merriënboer & Kirschner, 2018).

Derartige merkmalsorientierte Klassifikationen leisten im Hinblick auf eine kompetenzorientierte Analyse zwar eine grobe Zuordnung und Bestimmung des Anforderungsniveaus, beziehen sich aber weniger auf konkrete domänenspezifische Kompetenzen bzw. Kompetenzfacetten. Eine logische bzw. rationale Aufgabenanalyse hingegen zielt genau darauf ab und dient zur Untersuchung der Passung zwischen den Aufgaben und den intendierten Lernergebnissen. Sie zielen also stärker auf die Überprüfung des „Constructive Alignments“ ab. Nach Schlomske-Bodenstein et al. (n.d.) umfasst die logische Aufgabenanalyse insgesamt sieben Schritte, die in ihrer Handreichung detailliert beschrieben werden. Wesentlich ist dabei die begründete Zuordnung der Aufgaben zu zuvor definierten Lernergebnissen, wobei in diesem Rahmen auch Aufgabenmerkmale wie Inhalt, Offenheit und Komplexität der Aufgaben berücksichtigt werden

können. Zur Überprüfung der Güte der Zuordnung schlagen sie die Methode des lauten Denkens vor, um die tatsächlichen Lösungsprozesse der Studierenden beim Bearbeiten von exemplarischen Aufgaben zu untersuchen und Rückschlüsse auf die tatsächlich adressierten Lernergebnisse zu ziehen. Bei diesem Vorgehen von einer eher theoretischen und fachdidaktisch geleiteten Aufgabenanalyse durch Fachexpert*innen hin zu einer empirischen Überprüfung zur Sicherung der Validität finden sich Parallelen zu dem von Schott und Ghanbari (siehe Kapitel 2.1.3) beschriebenen Vorgehen zur Kompetenzmodellierung mittels rationaler und empirischer Aufgabenanalysen.

Beide Ansätze der Aufgabenanalyse können zur Überprüfung und Optimierung der Prüfungspraxis in der (Hochschul-) Lehre eingesetzt werden, indem die Aufgaben eines bestehenden Aufgabenpools kriteriengeleitet klassifiziert und anschließend die Angemessenheit des Anforderungsniveaus bzw. der Kompetenzorientierung der Aufgaben sowie der Verteilung der Aufgaben über die definierten Kriterien hinweg überprüft wird (z. B. Schlomske-Bodenstein et al., n.d.; Schlüter, 2009). Gleichzeitig unterstützt die Definition von Aufgabentypen mit spezifischen Aufgabenmerkmalen bzw. mit Zuordnung und Angabe der adressierten Kompetenzen eine zielgerichtete Auswahl und Konstruktion von Aufgaben (Kleinknecht, 2011).

3.2 Definition und Ansätze zur Klassifikation von Modellierungsaufgaben

Modellierungsaufgaben bezeichnen in dieser Arbeit Übungs- und Prüfungsaufgaben, die in der Lehre eingesetzt werden, um spezifische Facetten bzw. ein Bündel von Facetten der Modellierungskompetenz zu fördern oder zu prüfen. Derartige Prüfungen sind vornehmlich als kompetenzorientierter Wissenstests (s. Kapitel 3.1.2) zu klassifizieren. Die Bezeichnungen „Aufgabenklasse“ und „Aufgabentypen“ werden in der Literatur nicht einheitlich bzw. teilweise synonym verwendet. In der vorliegenden Arbeit und im Rahmen der entwickelten Aufgabenklassifikation wird der Begriff *Aufgabentyp* verwendet. Aufgabentypen abstrahieren von den aufgabenspezifischen Inhalten wie Modellierungssprachen oder Kontexten und spezifizieren die Aufgabenanforderungen der jeweiligen Modellierungsaufgaben durch Angabe des Arbeitsauftrags (d.h., was sind die Lernenden gefordert zu tun?) und den gegebenen Materialien (z. B. Szenariobeschreibung in Textform, grafisches Modell, Antwortitemliste). Darüber hinaus können für einzelne Aufgabentypen verschiedene *Aufgabenvarianten* spezifiziert werden, welche Variationen innerhalb eines Aufgabentyps darstellen und sich auf ein spezifisches Aufgaben- design (z. B. geschlossenes vs. offenes Antwortformat) beziehen oder den Arbeitsauftrags erweitern oder spezifizieren.

In dem Gebiet der Modellierung in der Informatik beschäftigen sich bislang wenige Publikationen explizit mit dem Prüfen der Modellierungskompetenz bzw. mit der Aufgaben- und Prüfungspraxis in der (Hochschul-) Lehre (Brandsteidl, 2009). Gleichzeitig gibt es nur wenige, beispielsweise in Lehrbüchern, publizierte Übungsaufgaben (Aubertin et al., 2012; Brinda, 2004a). Einen essenziellen Beitrag, um diese Lücke für den Sekundarbereich zu schließen, leistete Brinda (2004a) durch die Entwicklung eines didaktisches Systems für objektorientiertes Modellieren und im Speziellen durch die Identifikation von Aufgabenklassen (bzw. Aufgabentypen) auf Basis einer merkmalsorientierten Analyse von Aufgaben aus ausgewählten Lehrbüchern. Er beschreibt insgesamt 14 Aufgabentypen (von Wissensfragen bis zur Konstruktionsaufgaben), die er neben anderen Merkmalen den kognitiven Anforderungsstufen nach Blooms Taxonomie zuordnet. Es zeigt sich dabei, dass alle Anforderungsstufen durch entsprechende Aufgabentypen abgedeckt werden können. Für den Hochschulbereich untersuchen Bogdanova und Snoeck (2017) den aktuellen Stand der Lehrpraxis im Bereich der Datenmodellierung, indem sie auf Basis von Lern- und Prüfungsmaterialien aus Lehrbüchern und Lehrveranstaltungen Lernergebnisse identifizieren. Die am häufigsten ermittelten Aufgabentypen (bzw. Lernergebnisse) verorten sie anschließend in die Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl und untersuchen die Verteilung. Es zeigt sich, dass insbesondere Aufgaben auf der kognitiven Prozessstufe „Evaluieren“ wie auch hinsichtlich prozeduralen Wissens in der Lehre zur Datenmodellierung vernachlässigt werden. Einen Einblick in die eigene Prüfungspraxis geben Brandsteidl et al. (2009), welche vier Aufgabentypen (Multiple Choice Fragen, Fehler finden, Sequenzen verstehen und Diagramme modellieren) und einige Aufgabenvarianten, die sie in Abschlussprüfungen einer Einführungslehrveranstaltung zur objektorientierten Modellierung an der Hochschule einsetzen, beschreiben und angeben, welches Wissen oder welche Fähigkeiten dabei jeweils geprüft werden soll. Eine Klassifikation hinsichtlich des kognitiven Anforderungsniveaus oder ein systematischer Lernzielbezug erfolgt jedoch nicht.

Die genannten Aufgabenanalysen liefern erste Ansätze zur Identifizierung und Klassifikation von Typen von Modellierungsaufgaben. Es erfolgt in der Regel eine grobe Einordnung in eine Lernzieltaxonomie. Ein Literature Review von Masapanta-Carrión und Velázquez-Iturbide (2018) zeigt, dass die Lernzieltaxonomien nach Bloom sowie nach Anderson und Krathwohl die am häufigsten genutzten Instrumente zur Angabe von Lernzielen wie auch zur Klassifizierung von zuvor entwickelten Aufgaben in der Informatik sind. Eine detaillierte Spezifikation der Aufgaben hinsichtlich adressierter Kompetenzfacetten erfolgt in den vorliegenden Studien

nicht. Zudem fokussieren sie jeweils auf bestimmte Bereiche der Modellierung (z. B. objektorientierte Modellierung, Datenmodellierung), sodass die identifizierten Aufgabentypen teilweise spezifisch für das entsprechende Gebiet der Modellierung sind (z. B. bei Brinda (2004a): „Objektdiagramm mit eigenen Worten beschreiben“, „Identifizierung von Klassen und Attributen im Text“). Es konnte keine Aufgabenklassifikation auf einem höheren Abstraktionsniveau ausgemacht werden, die zum einen gültig für verschiedene Fachgebiete der Modellierung ist und zum anderen aufschlüsselt, welche spezifischen Kompetenzfacetten bei der Lösung der Aufgaben involviert sind. Eine derartige kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation kann zum einen aufzeigen, welche Aufgabentypen zur Anbahnung von Kompetenzfacetten der unterschiedlichen Kompetenzdimensionen geeignet sind und dient zur Unterstützung der gezielten Auswahl und Konstruktion von Aufgaben sowie zur kriteriengeleiteten Bewertung der Aufgabenlösung auf Basis der adressierten Kompetenzfacetten.

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, welche Funktionen kompetenzorientiertes Prüfen erfüllt und welchen Einfluss es auf das Lernen hat, welche Merkmale kompetenzorientierte Prüfungen bzw. Aufgaben aufweisen und welche Ansätze es gibt, (Modellierungs-) Aufgaben zu analysieren und zu klassifizieren, um sie zielgerichtet einsetzen zu können. Auf diese Annahmen und Ansätze wurde bei der Entwicklung der Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung aufgebaut (siehe Schritt 4 in Tabelle 1). Um die Gültigkeit des in dieser Arbeit entwickelten Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung sicherzustellen und zu untermauern, wurden entsprechende Maßnahmen zur Validierung bereits während des Entwicklungsprozesses berücksichtigt bzw. integriert. Das dieser Arbeit zugrunde gelegte Verständnis von Validität und die berücksichtigten Validierungsansätze werden im folgenden Kapitel dargestellt.

4. Validierung im Kontext des kompetenzorientierten Prüfens

Validität ist in der Bildungsforschung üblicherweise ein zentrales Thema, wenn es um die Entwicklung spezifischer pädagogischer Tests und psychologischer Messinstrumente sowie die Durchführung empirischer Untersuchungen und Prüfungen geht. Diese Arbeit befasst sich jedoch nicht mit der Entwicklung und Validierung eines spezifischen Testinstruments. Vielmehr gilt es, die Gültigkeit des theoretischen Fundaments kompetenzorientierter Prüfungen im Bereich der grafischen Modellierung zu überprüfen und sicherzustellen. Dieses Fundament in Form des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation bildet den didaktischen Rahmen

für die Entwicklung spezifischer Prüfungsaufgaben bzw. Prüfungen. Im Folgenden soll zunächst das aktuelle Verständnis von Validität und der Prozess der Validierung in Bezug auf psychologische und bildungsbezogene Prüfungen sowie der argumentbasierte Ansatz der Validierung dargestellt werden. In diesem Rahmen wird zudem auf die Notwendigkeit und Methoden der Validierung theoretischer kognitiver Modelle eingegangen. Verschiedene Arbeiten (z. B. Bender, 2016; Leuders, 2014; Schaper, 2014) argumentieren, dass sich der argumentbasierte Ansatz grundsätzlich auf die Kompetenzmodellierung übertragen lässt. Denn um Ergebnisse kompetenzorientierter Prüfungen angemessen interpretieren und gültige Schlussfolgerungen daraus ziehen zu können, ist es erforderlich, dass auch die zugrundeliegenden theoretischen Annahmen zum betrachteten Kompetenzkonstrukt valide sind (Bender, 2016). Daher wird in diesem Kapitel aufgezeigt, inwiefern Validierungsmaßnahmen für die Entwicklung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung relevant und umsetzbar sind. Abschließend wird dargestellt, auf welchen Validierungsaspekten in dieser Arbeit der Fokus liegt.

4.1 Aktuelles Verständnis von „Validität“ und „Validierung“

Validität stellt ein zentrales Gütekriterium von Testverfahren und empirischer Untersuchungen dar (Hartig et al., 2020). Als solches hat es seit seiner ersten Erwähnung bereits eine umfassende Evolution, einschließlich kontroverser Debatten hinter sich, die bereits durch andere Autor*innen strukturiert herausgearbeitet und umfassend beschrieben wurden (z. B. Hartig et al., 2020; Kane & Bridgeman, 2021; Messick, 1989b). Dem aktuellen Verständnis von Validität folgend, bezieht sich das Kriterium darauf, „inwieweit spezifische *Interpretationen von Testwerten für die beabsichtigten Verwendungen eines Tests gerechtfertigt sind*“ (Hartig et al., 2020, S. 530). Validität wird nun also nicht mehr als Eigenschaft des Tests selbst betrachtet, sondern als die Gültigkeit der Interpretation und Nutzung der Testwerte (Cronbach, 1971; Döring & Bortz, 2016). Testwerte umfassen hier nicht nur quantitative Ergebnisse von Tests im üblichen Sinne, sondern auch qualitative Ergebnisse auf Basis von Beobachtung oder Dokumentation von Verhaltensweisen oder Eigenschaften (Messick, 1989a). Es wird angenommen, dass die Testwerte nicht nur von den spezifischen Aufgaben abhängen, sondern auch von den antwortenden Personen und dem Kontext der Prüfung (Messick, 1995). Gleichzeitig wird Validität als „zusammenfassendes Gütekriterium“ (Hartig et al., 2020, S. 531) verstanden, welches nicht mehr verschiedene Arten von Validität (z. B. Inhalts-, Kriteriums-, Konstruktvalidität) isoliert betrachtet, sondern verschiedene Evidenzen integriert, die sich auf die Interpretation oder Bedeutung

der Testergebnisse auswirken und die Validität untermauern oder widerlegen (Messick, 1995). Dieses Einheitsmodell („unified model“) subsumiert, die verschiedenen Arten von Validität unter einem breiteren Konzept der Konstruktvalidität (Kane & Bridgeman, 2021). Konstruktvalidität bezieht sich auf die Untersuchung der Bedeutung der Testwerte und deren Repräsentativität und Relevanz für das zu messende Konstrukt (Bonner, 2013) und stellt die evidenzbasierte Grundlage für die Interpretation der Testwerte dar (Messick, 1995). Testwerte werden im Sinne der Konstruktvalidität als Indikatoren des betrachteten Konstrukts verstanden (Messick, 1995). Das einheitliche Verständnis der Validität wurde von Cronbach (1971) entworfen und später von Messick und Kane weiter ausgearbeitet (Kane & Bridgeman, 2021).

Validierung bezeichnet den Prozess zur Überprüfung der Validität der Testwertinterpretationen und Testanwendungen. Entsprechend des Validitätsverständnisses sollen im Zuge dieses Prozesses unterstützende empirische und theoretische Evidenzen für die intendierte Testwertinterpretation gesammelt und diese Einzelbefunde zu einer integrierenden Bewertung zusammengefasst werden (Hartig et al., 2020; Messick, 1995). Validierung stellt einen fortlaufenden Prozess dar, da für jede Testanwendung in unterschiedlichen Kontexten (z. B. unterschiedliche Zielgruppen oder Funktionen des Tests) neue Belege für die Gültigkeit der Interpretation und Nutzung erbracht werden müssen (Messick, 1995). Die Belege können auf unterschiedliche Art und Weise und abgestimmt auf die Art und die intendierte Nutzungsweise des Tests gesammelt werden (Kane & Bridgeman, 2021). Im Sinne eines argumentbasierten Ansatzes der Validierung, welcher im Folgenden weiter ausgeführt wird, dienen diese Belege als Argumente für die Validität der Testwertinterpretation.

4.2 Argumentbasiertes Ansatz der Validierung

Der argumentbasierte Ansatz der Validierung sieht vor, empirische Belege aus wissenschaftlichen Untersuchungen mit rationalen Argumenten zu kombinieren, um die Interpretation und Verwendung der Ergebnisse eines Tests zu rechtfertigen (oder zu widerlegen) (Messick, 1995). Validität stellt demnach die integrierte Bewertung dar, inwiefern die Evidenzen und theoretischen Begründungen die Eignung und Angemessenheit von Schlussfolgerungen und Maßnahmen auf der Grundlage der Prüfungsergebnisse unterstützen (Messick, 1989b). Dieses Gesamturteil über die Validität einer spezifischen Testwertinterpretation wird auch als *Validitätsargument* bezeichnet (Kane, 2013).

Kane (2021) schlägt ein pragmatisches Vorgehen in Bezug auf den argumentbasierten Validierungsansatz vor. So sollen zunächst die Grundannahmen expliziert werden, die der intendierten

Testwertinterpretation oder Testverwendung zugrunde liegen (das Interpretationsargument). Anschließend werden diese Grundannahmen des Interpretationsargument im Sinne von Forschungshypothesen hinsichtlich ihrer Plausibilität (empirisch) überprüft und bewertet (das Validitätsargument). Die Annahmen des Interpretationsarguments sind entweder in sich selbst plausibel oder werden durch angemessene Nachweise gestützt. Wenn die Prüfung ergibt, dass das Interpretationsargument kohärent und vollständig und die Schlussfolgerungen plausibel sind, kann die intendierte Testwertinterpretation und -nutzung als valide angesehen werden.

Als fortlaufender Prozess sollte die Validierung also bereits mit der Spezifizierung der intendierten Interpretation und Verwendung der Prüfungsergebnisse sowie der Konzeption der Prüfung beginnen und nicht als summative Aktivität am Ende einer Prüfungsentwicklung angesehen werden (Kane & Mislevy, 2017; Kane & Wools, 2020). Um das Testergebnis konstruktbezogen interpretieren zu können, ist es zudem erforderlich, zunächst das Konstrukt, welches durch den Test erfasst werden soll, zu definieren (Hartig et al., 2020).

Im Folgenden soll dieser Validierungsansatz veranschaulicht werden, indem er auf kompetenzorientierte Prüfungen angewendet und auf die Modellierung von Kompetenzen übertragen wird. Kompetenzorientierte Prüfungen sollen Kompetenz als zentrales Konstrukt messen oder anbahnen und die Ergebnisse sollen entsprechend interpretiert und genutzt werden können. Das Kompetenzkonstrukt wird durch ein theoretisches Kompetenzmodell definiert, welches dessen Grenzen, Umfang und Inhalt spezifiziert. Demnach umfasst das Kompetenzmodell die theoretischen Annahmen zum betrachteten Kompetenzkonstrukt. Diese theoretischen Annahmen haben einen Einfluss auf die Interpretation der Ergebnisse kompetenzorientierter Prüfungen und sollten daher gleichermaßen im Zuge des Validierungsprozesses überprüft werden (Bender, 2016; Schaper, 2014). Das Kompetenzmodell kann als theoretische Grundlage sowohl für die kompetenzorientierte Konzeption und die Definition der Kompetenzorientierung von Prüfungsaufgaben als auch für die Entwicklung spezifischer Kompetenztests genutzt werden. Für das Kompetenzmodell und seine Verwendung im Rahmen kompetenzorientierter Prüfungen können folgende exemplarische Annahmen im Sinne des Interpretationsarguments nach Kane (2021) formuliert werden, die durch entsprechende Forschungsmethoden überprüft werden können:

- Das Kompetenzmodell ist auf das Curriculum abgestimmt.
- Das Kompetenzmodell umfasst alle wesentlichen Wissens- und Fähigkeitsaspekte, die für die hochschulische Ausbildung relevant und im Studium gelernt werden sollten.

- Das Kompetenzmodell bildet die dimensionale Struktur des betrachteten Kompetenzkonstrukts angemessen ab.
- Das Kompetenzmodell ist für Lehrende verständlich und kann effizient genutzt werden.

Auf Basis der Ergebnisse kompetenzorientierter Prüfungen soll auf die zugrundeliegende Kompetenz, d.h. auf Wissen, Fähigkeiten und Einstellungen der Lernenden, geschlossen werden können. Auch solche Rückschlüsse über derartige Konstrukte müssen den Standards der Validität entsprechen (Messick, 1995). Die intendierte Nutzung der Ergebnisse kompetenzorientierter Prüfungen kann unterschiedlich sein. So können sie in formativen Settings insbesondere genutzt werden, um den Lernenden Feedback zu geben, die Kompetenzen bei bestimmten Aufgabentypen und in bestimmten Inhaltenbereichen zu bewerten und die Stärken und Schwächen der Lernenden zu diagnostizieren (vgl. Kane & Wools, 2020). So sind analog zu den in Kane (2021), Hartig et al. (2020) und Chapelle et al. (2015) exemplarisch aufgeführten Annahmen, folgende Grundannahmen für die Interpretation und Nutzung der Ergebnisse kompetenzorientierter Prüfungen denkbar:

- Die kompetenzorientierte Prüfung enthält Aufgaben, die für die Konstruktdomäne relevant und repräsentativ sind.
- Zum Lösen der kompetenzorientierten Aufgaben sind konstruktrelevante Kompetenzfacetten erforderlich. Es gibt keine Quellen für systematische Fehler, die Einfluss auf die intendierte Interpretation haben.
- Die Ergebnisse des Tests sind über verschiedene Aufgaben oder Kontexte verallgemeinerbar.
- Das Feedback zu Aufgabenlösungen bezieht sich auf spezifische Kompetenzfacetten als Beurteilungskriterien.
- Studierende nutzen das Feedback, um ihre Lösung zu überarbeiten bzw. das Feedback zeigt bei der Bearbeitung neuer Aufgaben eine lernförderliche Wirkung.

Übertragen auf die Zielsetzung dieser Arbeit können für eine abstraktere kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation, die als Grundlage für die Gestaltung spezifischer Aufgaben fungieren soll, folgende zu validierende Grundannahmen formuliert werden:

- Die Aufgabenklassifikation enthält alle wesentlichen Aufgabentypen, die für die Konstruktdomäne relevant sind.

- Die Aufgabentypen adressieren mehrere konstruktrelevante Kompetenzfacetten. Konstrukt fremde Aspekte haben keinen Einfluss auf die intendierte Interpretation.
- Die Aufgabentypen abstrahieren von spezifischen Anwendungskontexten der Konstruktdomäne.
- Die Nutzung der Aufgabenklassifikation durch Lehrende fördert die Auswahl und Konstruktion von Prüfungsaufgaben im Sinne des „Constructive Alignments“.
- Die Aufgabenklassifikation kann als theoretische Grundlage für die kompetenzorientierte Bewertung der Aufgaben genutzt werden.

Durch diese Ausführungen soll verdeutlicht werden, inwiefern der argumentbasierte Validierungsansatz auch für die Kompetenzmodellierung relevant ist und welche Grundannahmen sich in Bezug auf Kompetenzmodelle, kompetenzorientierte Prüfungen und die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation generieren lassen. Für jedes Prüfungsvorhaben sollen die jeweiligen Grundannahmen spezifiziert und anschließend durch plausible Annahmen und empirische Evidenzen untermauert werden. Messick (1995) entwickelt einen Rahmen, der die verschiedenen Formen der Evidenz beschreibt und die Prüfung des Interpretationsargument bzw. Entwicklung des Validitätsarguments für die jeweilige intendierte Testwertinterpretation und -nutzung leiten kann. Dieser Ansatz wird im folgenden Abschnitt näher beschrieben und auf den Kontext der Kompetenzmodellierung und das kompetenzorientierte Prüfen übertragen.

4.2.1 Aspekte der Konstruktvalidität nach Messick

Messick (1989a) beschreibt Konstruktvalidität als einheitliches, aber dennoch facettenreiches Konzept. Wie oben bereits angedeutet, unterscheidet er nicht mehr verschiedene Arten von Validität, die als Alternativen nebeneinanderstehen und je nach Einsatzzweck eines Tests einzeln ausgewählt werden, sondern verschiedene Aspekte der Validität und verschiedene Formen der Evidenz, die sich gegenseitig ergänzen und miteinander kombiniert werden sollen. Messick (1995) integriert in dieser umfassenden Sichtweise der Konstruktvalidität inhaltliche, kriterien- und konsequenzbezogene Überlegungen zur Interpretation und Überprüfung der Bedeutung der Prüfungsergebnisse. Ziel der Konstruktvalidierung ist, eine zuverlässige und angemessene Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf das betrachtete Konstrukt sicherzustellen. Gefährdet wird dies zum einen durch eine *Unterrepräsentation des Konstrukts* in dem untersuchten Testverfahren. Dies ist der Fall, wenn der Test zu eng entwickelt wurde und das Konstrukt nicht

vollständig erfasst und somit wichtige Dimensionen oder Facetten des Konstrukts unberücksichtigt bleiben. Zum anderen stellt eine *konstruktirrelevante Varianz* eine Gefahr für die Validität dar. Dies ist der Fall, wenn der Test zu breit angelegt wurde und die Aufgabenbearbeitung bzw. Schwierigkeit oder Einfachheit der Aufgabe durch Faktoren beeinflusst werden, die für das betrachtete Konstrukt nicht relevant sind. Mit verschiedenen Maßnahmen soll im Rahmen des Validierungsprozesses insbesondere der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Prüfung das zentrale Konstrukt unterrepräsentiert und gleichzeitig die Interpretation der Ergebnisse durch konstruktirrelevante Varianz kontaminiert wird.

Im Folgenden werden die sechs Aspekte der Konstruktvalidität nach Messick (1995) näher erläutert, die auf verschiedene Untersuchungsansätze abzielen, welche wiederum unterschiedliche Arten von Beweisen für die Konstruktvalidität liefern. Diese können als allgemeine Validitätskriterien angesehen werden.

Inhaltliche Validität (content aspect)

Der inhaltliche Aspekt der Konstruktvalidität nimmt die Relevanz und Repräsentativität des Testinhalts sowie dessen fachliche Qualität in den Blick. Die inhaltliche Validität bezieht sich somit auf die Aufgabenauswahl und prüft, inwiefern die Aufgaben relevant und repräsentativ für die Konstruktdomäne sind. Diese Prüfung wird üblicherweise durch eine Expert*innen-Beurteilung vorgenommen. Gleichzeitig schließt die Prüfung auf inhaltliche Validität die Definition des betrachteten Konstrukts ein, d.h. die Bestimmung des Wissens, der Fähigkeiten und der Einstellungen, die durch die Prüfungsaufgaben erfasst werden sollen. Dies kann beispielsweise durch Arbeits-, Aufgaben- oder Curriculumsanalysen oder auf Basis relevanter Theorien zur Konstruktdomäne bestimmt werden (Messick, 1995). Die Frage nach inhaltlicher Validität stellt im Lehrkontext im Grunde auch eine Frage der Übereinstimmung zwischen intendierten Lernergebnissen und dem Prüfungsinhalt dar (Bonner, 2013). Messick (1989a) fordert neben der Prüfung auf inhaltliche Validität durch Expert*innen-Urteile jedoch weitere Aspekte der Konstruktvalidität zu überprüfen. Denn entsprechende Urteile können fehlerbehaftet sein, wenn beispielsweise übersehen wird, dass die Aufgaben nicht intendierte Konstrukte adressieren oder konstruktirrelevante Antwortprozesse hervorrufen.

Gemäß Messicks (1995) Ausführungen kann durch eine theoretisch fundierte oder empirisch abgesicherte Konstruktdefinition (bzw. Kompetenzmodellierung) bereits zur inhaltlichen Validierung der Testwertinterpretation beigetragen werden. Das heißt, es sollte zunächst spezifiziert werden, welche Aspekte Teil des Konstrukts sind, d.h., was konstruktrelevant ist und was nicht.

Schließt man in den Validierungsprozess die Kompetenzmodellierung mit ein, bedeutet dies, dass die Relevanz und Repräsentativität des Inhalts des Kompetenzmodells sowie dessen fachliche Qualität überprüft bzw. sichergestellt werden sollte. Dies impliziert, dass das Kompetenzkonstrukt im Kompetenzmodell möglichst umfassend beschrieben wird und somit alle relevanten Dimensionen und Facetten abgebildet werden (in Anlehnung an die Konstruktunterrepräsentation). Der modellierte Kompetenzbereich sollte curricular und theoretisch abgesichert sein (Leuders, 2014). Je nach Modellierungsansatz (vgl. Kapitel 2.1.3) kann hier auf relevante Prozesstheorien (deduktiver Ansatz) zurückgegriffen bzw. Curriculumsanalysen (normativer Ansatz) oder Aufgabenanalysen (induktiver Ansatz) durchgeführt werden (Leuders, 2014; Schaper, 2014). Gleiches gilt für die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation. Sie sollte alle Kompetenzdimensionen und -facetten durch repräsentative Aufgabentypen vollständig abdecken. Auch dies gilt es plausibel zu argumentieren oder empirisch bzw. theoriebasiert zu belegen.

Kognitive Validität (substantive aspect)

Hinter der kognitiven Validität steht die Forderung, dass nicht nur der Aufgabeninhalt repräsentativ für die betrachtete Domäne sein muss, sondern auch die bei der Bearbeitung involvierten Prozesse. Die relevanten Domänenprozesse werden dabei zunächst mittels theoretischer kognitiver Modelle¹ der Aufgabenbearbeitung beschrieben und anschließend durch die Analyse tatsächlicher Antwortprozesse empirisch überprüft. Bewährte Methoden sind z. B. das laute Denken, Eye-Tracking-Analysen oder Analyse von Reaktions- bzw. Antwortzeiten. Dieser Aspekt bezieht sich auf die Konstruktion der Aufgaben, sodass diese die relevanten Prozesse adäquat simulieren (Messick, 1995). Wenn die Antwortprozesse nicht mit dem übereinstimmen, was geprüft werden soll, d.h., wenn konstruktbezogene Operationen durch die Aufgaben nicht adäquat repräsentiert werden oder wenn die erfolgreiche Bearbeitung der Aufgabe in hohem Maße durch konstruktirrelevante Faktoren beeinflusst wird, stellt dies eine Bedrohung der Validität dar. Dies wiederum würde zu einer Fehlinterpretation der Testergebnisse und damit möglicherweise zu unangemessenen Schlussfolgerungen und Interventionen im Lehr-Lern-Kontext führen, so dass damit auch konsequentielle Aspekte der Validität verbunden sind (Beauchamp & McEwan, 2017).

¹ In Kapitel 4.2.2 wird die Prüfung kognitiver Modelle im Rahmen der Validierung weiter ausgeführt.

Übertragen auf kompetenzorientierte Prüfungen umfasst die kognitive Validität die „Passung der kognitiven Prozesse bei der Kompetenzerfassung zum postulierten theoretischen Kompetenzmodell“ (Leuders, 2014, S. 11). Dies impliziert, dass bei der Bearbeitung der Aufgaben die intendierten Kompetenzfacetten tatsächlich adressiert werden und eine Lösung der Aufgabe nur durch konstruktrelevante kognitive Prozesse möglich ist und konstruktirrelevante Prozesse für die Lösung nicht von Bedeutung sind. Für die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation bedeutet dies, dass die tatsächlich durch den jeweiligen Aufgabentyp adressierbaren Kompetenzfacetten aufgeführt werden. Anders herum sollten jedoch auch die im Kompetenzmodell spezifizierten Kompetenzfacetten die Domänenprozesse adäquat repräsentieren und beschreiben.

Strukturelle Validität (structural aspect)

Der strukturelle Aspekt der Validität betrachtet die Passung der Bewertungsstruktur der Aufgaben (d.h. die Gewichtung von Aufgabenaspekten oder Teilaufgabenleistungen) mit der Struktur des betrachteten Konstrukts (Messick, 1995). Dabei beschreibt das zugrundeliegende Bewertungs- oder Messmodell die Art und Weise, wie die Antworten auf die Aufgaben zur Bildung von Testergebnissen kombiniert werden (Messick, 1989b). Daraus folgt, dass auch die Entwicklung von konstruktbasierten Bewertungskriterien und -schemata (sog. *rubrics*) theoriebasiert erfolgen (Messick, 1995) und die Passung zum theoretischen Konstrukt empirisch überprüft werden sollte (Messick, 1989b). Untersucht werden kann dies beispielsweise anhand von Modellen der Item-Response-Theorie oder mittels konfirmatorischer Faktorenanalysen und Strukturgleichungsmodellen, bei denen die Passung des angenommenen Messmodells zu einem Datensatz beurteilt werden (Bender, 2016; Messick, 1989b). Zur Generierung eines empirischen Validitätsarguments, können konkurrierender Modelle auf ihre Passung zu empirischen Daten verglichen werden (Schaper, 2014).

Im Rahmen von Kompetenzmessungen soll in Bezug auf die strukturelle Validität geprüft werden, inwiefern das theoretische Kompetenzmodell mit dem gewähltem psychometrischem Messmodell übereinstimmt (Leuders, 2014). Die Prüfung liefert zum einen Erkenntnisse für die Kompetenzmodellierung, da bestimmt werden kann, ob es sich bei dem betrachteten Kompetenzkonstrukt um ein eindimensionales oder mehrdimensionales Konstrukt handelt, bzw. wie viele Dimensionen plausibel sind. In Bezug auf kompetenzorientierte Prüfungsaufgaben kann beispielsweise der Frage nachgegangen werden, ob die Aufgabe jeweils nur eine Kompetenzfacette erfordert oder Kompetenzfacetten aus mehreren Dimensionen integriert werden müssen (Hartig et al. 2020; Schaper, 2014).

Verallgemeinerbarkeit (generalizability aspect)

Bei dem Aspekt der Verallgemeinerbarkeit wird das Ausmaß untersucht, in dem sich die Interpretation der Ergebnisse auf verschiedene Personengruppen, Situationen und Aufgaben übertragen lassen. Sofern ein Test die Inhalte und Prozesse der Konstruktdomäne angemessen repräsentiert und breit abdeckt, wird angenommen, dass die Ergebnisse auf das Konstrukt als Ganzes verallgemeinert werden kann. Zur Überprüfung der Verallgemeinerbarkeit kann das Ergebnis eines Tests mit anderen Tests, die dasselbe Konstrukt messen korreliert werden (Messick, 1995).

Generell wird im Rahmen der Entwicklung von Kompetenzmessinstrumenten und Messmodellen angestrebt, dass diese allgemeingültige Aussagen über die Ausprägung der entsprechenden Kompetenz zulassen, unabhängig von Faktoren wie Stichprobe und Itemauswahl (Bender, 2016; Schaper, 2014). Forschung zur Robustheit von Kompetenzmodellen über verschiedene Personengruppen oder Zeitpunkte hinweg steht allerdings noch am Anfang (Leuders, 2014).

Externe Validität (external aspect)

Der externe Aspekt der Validität bezieht sich auf das Ausmaß, inwiefern die Beziehungen der Prüfungsergebnisse zu anderen Messgrößen theoriekonform sind (Messick, 1995). Es geht also darum, das Konstrukt in eine systematische theoretische und empirische Beziehung mit bestehenden Theorien und anderen Konstrukten zu stellen (Leuders, 2014). Eine Überprüfung der externen Validität erfolgt in der Regel durch Korrelationen mit den externen Messgrößen. Im Sinne einer konvergenten Validierung erfolgt die Korrelation zwischen Messungen desselben Konstrukts zur Überprüfung der Übereinstimmung oder bei der diskriminanten Validierung die Korrelation zur Unterscheidung von Messungen anderer Konstrukte (Messick, 1995). Bei der prognostischen Validierung wird wiederum geprüft, inwieweit anhand der Testwerte späteres Verhalten oder Leistungen vorhergesagt werden können (Schaper, 2014). Zentral ist immer die Auswahl relevanter kriterieller Maße auf Basis der Konstrukttheorie und abgestimmt auf die intendierte Nutzungsweise der Testergebnisse (Messick, 1995). Messick (1989a) betont jedoch, dass auch die betrachteten externen Messgrößen, wie andere Messgrößen auch, das zu erfassende Kriterium mangelhaft erfassen und durch irrelevante Varianz verunreinigt sein können.

Externe Validität ist im Rahmen von Kompetenzprüfungen insbesondere von Bedeutung, wenn diese Bestandteil von Auswahlprozessen sind (Leuders, 2014). Wenn beispielsweise angenommen wird, dass Personen mit hohen Testwerten in einem spezifischen Kompetenztest in einer Ausbildung erfolgreicher sind, so müsste überprüft werden, ob sich der Testwert zu Beginn der

Ausbildung tatsächlich als Prädiktor für den Ausbildungserfolg (z. B. die Abschlussnote als externe Messgröße) erweist (Hartig et al., 2020).

Konsequentielle Validität (consequential aspect)

Der konsequentielle Aspekt der Validität stellt die Auswirkungen der Interpretation der Ergebnisse sowie die tatsächlichen und potenziellen Folgen der Testverwendung in den Fokus. Hierbei geht es um die begründete Bewertung der beabsichtigten und unbeabsichtigten positiven und negativen Folgen der Interpretation und Nutzung der Prüfungsergebnisse (Messick, 1995). Validität beschreibt in diesem Zusammenhang die empirische Evidenz dafür, dass die Interpretation der Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Konsequenzen angemessen sind (Schaper, 2014). Es müssen also Nachweise erbracht werden, ob die erwarteten positiven Auswirkungen der Testverwendung tatsächlich eintreten und negative Folgen minimal sind (Messick, 1995). Hinsichtlich unerwarteter nachteiliger Folgen sollte überprüft werden, dass negative Auswirkungen auf Einzelpersonen oder Gruppen nicht aus einer Quelle der Testinvalidität resultieren, wie z. B. Unterrepräsentation des Konstrukts oder konstruktirrelevante Varianz (Messick, 1995). Der konsequentielle Aspekt zielt insbesondere auf Fragen der Fairness ab und darauf, ob ein Test in einer bestimmten Weise verwendet werden soll (Kane & Bridgeman, 2021).

In Bezug auf kompetenzorientierte Prüfungen steht die Frage nach der Angemessenheit der Nutzung eines spezifischen Tests im pädagogischen Kontext im Vordergrund (Leuders, 2014). Hierunter fällt zudem die Frage, inwiefern das Kompetenzmodell oder Messmodell Aussagen zu den intendierten Nutzungsweisen ermöglicht. Diese Passung kann bereits bei der Modellkonstruktion berücksichtigt werden, indem beispielsweise ein angemessener inhaltlicher Rahmen und eine passende Granularität des Kompetenzmodells gewählt werden (Leuders, 2014).

Wie die vorangegangenen Ausführungen zum argumentbasierten Validierungsansatz zeigen, sollen verschiedene Nachweise für die unterschiedlichen Aspekte der Konstruktvalidität erbracht und in einem Validitätsargument integriert werden. Es empfiehlt sich jedoch für den individuellen Untersuchungsansatz abhängig von der intendierten Interpretation und Nutzungsweise die wesentlichen Formen der Validitätsnachweise auszuwählen und zu priorisieren und dabei auch die Kosten und den Nutzen der erforderlichen empirischen Untersuchungen zu berücksichtigen (Messick, 1995). Welche Validitätsaspekte in dieser Arbeit im Fokus stehen, wird in Kapitel 4.3 dargestellt. Zunächst soll jedoch noch einmal umfassender auf die Validierung von Testwertinterpretationen auf Basis von Antwortprozessen eingegangen werden, da dies ein zentraler Aspekt der dritten Teilstudie dieser Arbeit darstellt.

4.2.2 Validierung als Bestätigung theoretischer kognitiver Modelle

Die Untersuchung von Antwortprozessen zum Zwecke der Validierung wird aktuell vielfach diskutiert und beforscht (z. B. Ercikan & Pellegrino, 2017a; Leighton, 2019; Zumbo & Hubley, 2017a), insbesondere vor dem Hintergrund der Prüfung komplexerer kognitiver Konstrukte und eines Technologieeinsatz bei der Aufgabenpräsentation und -bearbeitung (Ercikan & Pellegrino, 2017b). Gleichzeitig erlauben digitale Prüfungen die computer- bzw. KI-gestützte Auswertung z. B. von Logfiles, als eine neuere, umfangreiche Datenbasis für die Untersuchung von Antwortprozessen (Kane & Mislevy, 2017).

Wie im vorherigen Unterkapitel dargestellt, besteht die kognitive Validierung nach Messick (1995) in dem Abgleich von theoretischen Prozessmodellen, die die zur Aufgabenbewältigung erforderlichen Teilprozesse beschreiben, mit den Antwortprozessen, welche bei den Befragten tatsächlich während der Aufgabenbearbeitung ablaufen. Ziel der Validierung ist nach dem argumentbasierten Ansatz, durch die Bestätigung der theoretischen Modelle auf Basis der empirischen Untersuchung von Antwortprozessen ein Validitätsargument für die Angemessenheit der Testwertinterpretation zu gewinnen (Kane & Mislevy, 2017).

Die Grundlage für die kognitive Validierung stellen sogenannte *kognitive Modelle* dar. Leighton und Gierl (2007) definieren kognitiver Modelle im Kontext der Bildungsforschung als „simplified description of human problem solving on standardized educational tasks, which helps to characterize the knowledge and skills students at different levels of learning have acquired and to facilitate the explanation and prediction of students' performance“ (S.6). Kognitive Modelle stellen demnach Hypothesen darüber auf, wie eine bestimmte Zielgruppe denkt und eine Reihe von Testaufgaben löst (Leighton & Gierl, 2007). Die Beschreibung der Informationsverarbeitungs- bzw. Problemlösungsprozesse erfolgt dabei auf einem zweckmäßigem Detaillierungsgrad bzw. mit einer entsprechenden Granularität (Gierl & Leighton, 2006).

Leighton (2004) unterscheidet drei verschiedene Arten kognitiver Modelle, die im Rahmen der Validierung von Aufgaben relevant sind. Das *cognitive model of domain mastery* beschreibt, was Expertise in einer Domäne ausmacht und welche umfassenden, miteinander verbundenen Kenntnisse und Fähigkeiten damit verknüpft sind. Derartige Modelle werden nach Leighton (2004) auf Basis von Expertenwissen oder Curriculumsanalysen entwickelt. Das *cognitive model of test specification* liefert Richtlinien für die Gestaltung oder Auswahl repräsentativer Aufgaben aus der betrachteten Domäne und spezifiziert, was in einem bestimmten Test geprüft werden soll. Es wird auf Basis des allgemeinen *cognitive model of domain mastery* entwickelt,

muss dieses aber nicht vollständig abbilden, sondern trifft eine Auswahl für die jeweilige Prüfung. Bei dessen Entwicklung arbeiten Experten im Bereich der Testtheorie und des Testdesigns mit Inhaltsexperten zusammen. Das *cognitive model of task performance* beschreibt die kognitiven Prozesse und miteinander verbundenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Strategien (einschließlich metakognitiver Aspekte), die während der Aufgabenbearbeitung bei den Individuen ablaufen bzw. genutzt werden (Leighton, 2004). Es handelt sich dabei um eine detaillierte Prozessbeschreibung der einzelnen Schritte der Informationsverarbeitung bzw. Problemlösung. Derartige Modelle werden bisher vor allem für isolierte Teilprozesse entwickelt, die sich auf eine sehr begrenzte Menge an Wissen und Fähigkeiten beschränken (Leighton & Gierl, 2007). Sie werden auf Basis von Aufgabenanalysen entwickelt und mittels empirischer Untersuchungen überprüft (Ericsson & Simon, 1984; Leighton, 2004; Messick, 1995). Empirische Belege, dass Individuen die mit der vorgeschlagenen Testwertinterpretation verbundenen Prozesse tatsächlich anwenden, bestätigen das kognitive Modell und unterstützen die Validität dieser Interpretation, während Belege, die darauf hinweisen, dass sie andere Prozesse anwenden, ihre Gültigkeit untergraben (Kane & Mislevy, 2017). Gleichzeitig kann durch die Entwicklung und Validierung des *cognitive model of task performance* die Angemessenheit der beiden anderen theoretischen kognitiven Modelle sowie die Gültigkeit der Schlussfolgerungen aus diesen Modellen empirisch validiert und überprüft werden. Denn durch die Untersuchung der Prozesse bei der Bearbeitung domänenrelevanter Aufgaben, wächst gleichzeitig das Verständnis darüber, was Expertise in der jeweiligen Domäne ausmacht (Leighton, 2004). Die Überprüfung von kognitiven Modellen und Untersuchung von Antwortprozessen trägt also auch zur Theoriebildung bei (Gorin, 2006).

Analog dazu differenzieren Kane und Mislevy (2017) bei der Untersuchung von Prozessdaten zur kognitiven Validierung von Testwertinterpretationen zwei grobe und sich überlappende Interpretationsansätze. Bei *Prozessmodell-Interpretationen* werden die einzelnen zur Lösung erforderlichen Schritte im Sinne eines prozeduralen Ablaufs des Antwortprozesses modelliert. Das kognitive Prozessmodell bezieht sich typischerweise auf einen eng definierten Bereich (z. B. Prozesse bezogen auf die einstellige Addition und dem Umgang mit "Übertragen"). Bei *trait-basierten Interpretationen* werden breitere Leistungsbereiche betrachtet (z. B. quantitatives Denken, Lesefähigkeit), für die es keine spezifischen prozeduralen Prozessmodelle gibt. *Traits* werden dabei als kognitive Dispositionen verstanden, in bestimmten Situationen und unter bestimmten Umständen auf bestimmte Weise zu handeln. Sie schließen kognitive Kompetenzen mit ein. Die entsprechenden kognitiven *trait*-Modelle enthalten Annahmen darüber, welche

kognitiven Prozesse bei der Ausführung der Aufgaben erwartet werden können, auch wenn die Leistungen nicht im Detail modelliert werden. Die betrachtete Kompetenz wird durch verschiedene, repräsentative Aufgaben, die die Kompetenz erfordern, spezifiziert. Um Rückschlüsse auf die „übergeordnete“ Kompetenz im Ganzen ziehen zu können, benötigt es ein breites Spektrum an Aufgaben(-typen) für die wiederum detaillierte Prozessmodelle entwickelt werden können, welche die konstruktrelevanten kognitiven Prozesse spezifizieren. Im Sinne der kognitiven Validierung gilt es hier zu zeigen, dass die Lösung der Prüfungsaufgaben die betrachtete Kompetenz erfordert und nicht unangemessen durch andere Kompetenzen oder durch externe Kontextfaktoren beeinflusst wird (Kane & Mislevy, 2017).

Aus methodischer Sicht hat es sich bewährt zur Untersuchung von Prozessen der Informationsverarbeitung und des Problemlösens zur Bestätigung kognitiver Modelle sogenannte *Laut-Denk-Studien* (*think-alouds*) durchzuführen (Leighton, 2017). Individuen werden dabei aufgefordert, alle Gedanken während der Aufgabenbearbeitung direkt und unbearbeitet zu äußern. Durch diese Methode werden die Denkprozesse, die aktuell im Arbeitsgedächtnis ablaufen verbalisiert, ohne dass in den Bearbeitungsprozess der Individuen eingegriffen wird. Studien zeigen, dass die Methode des lauten Denkens nicht reaktiv ist und daher geeignet ist, die tatsächlichen kognitiven Prozesse valide hervorzurufen und abzubilden (Fox et al., 2011). Diese Methode dient dazu, kognitive Modelle zu bestätigen oder zu überarbeiten (Leighton, 2017). Das heißt, die Analyse der Laut-Denk-Prozesse basiert auf einem postulierten Modell der Aufgabenbearbeitung („cognitive model of task performance“), welches die Grundlage für einen Kodierleitfaden bildet und auf die erfassten verbalisierten Denkprozesse („verbal reports“) angewendet wird. Die Analyse sieht vor, innerhalb der *verbal reports* Evidenzen für die postulierten kognitiven Prozesse zu finden und diese entsprechend zu kodieren (Leighton, 2017). Abzugrenzen ist die Methode des lauten Denkens von sogenannten *Cognitive Labs*, bei denen es in erster Linie um die Untersuchung von Verstehensprozessen, zum Beispiel eines Konzeptverständnisses, geht. Den Individuen werden während der Aufgabenbearbeitung oder in retrospektiven Interviews nach der Aufgabenbearbeitung Fragen zu inhaltlichen Aspekten der Aufgabe gestellt oder sie werden zur Begründung der verwendeten Strategien aufgefordert, sodass die Studierenden zur Beantwortung auf ihr Langzeitgedächtnis zurückgreifen müssen (Leighton, 2017). Nachträgliche Beschreibungen oder Erklärungen für Aktivitäten oder verfolgte Strategien bei der Aufgabenbearbeitung können jedoch verzerrt sein, da beispielsweise der Bearbeitungsprozess retrospektiv unbewusst beschönigt, d.h., stringenter dargestellt wird als er tatsächlich war.

(Ericsson & Simon, 1984). Cognitive Labs können zur Generierung oder Bestätigung kognitiver Modelle eingesetzt werden (Leighton, 2017).

Ein weiterer zentraler Punkt bei der Untersuchung von Antwortprozessen zur Validierung kognitiver Modelle ist die Beobachtbarkeit der im Lösungsprozess involvierten Kompetenzfacetten (Wissen, Fähigkeiten, Strategien und Prozesse) (Gorin, 2006). Wie in Kapitel 3.1.2 beschrieben, zeigt sich die Kompetenz in der Performanz, also z. B. in der Leistung in einem Test, die üblicherweise auf Basis der Aufgabenlösung (d.h. des Endprodukts) beurteilt wird. Doch nicht bei allen Aufgabentypen, insbesondere nicht bei komplexeren Antwortformaten, sind alle Kompetenzfacetten, die an der Aufgabenlösung beteiligt sind, allein anhand der Antworten auf die Aufgaben beobachtbar. Um eindeutigere Rückschlüsse auf die angewendeten Kompetenzfacetten und der Aufgabenlösung zugrunde liegenden Prozesse ziehen zu können, müsste der Prozess der Aufgabenbearbeitung beobachtet werden, was jedoch in realen Prüfungskontexten aus ökonomischen Gründen oftmals nicht realisierbar wäre (Gorin, 2006). Dies impliziert, dass bei der Entwicklung kognitiver Modelle für spezifische Aufgabentypen auch das Antwortformat und der Prüfungsmodus (z. B. mündlich, schriftlich) berücksichtigt werden sollte, indem eruiert wird, welche Rückschlüsse abhängig von der Beobachtbarkeit der Antwortprozesse tatsächlich gezogen werden können (Gorin, 2006). Übertragen auf den Validierungsansatz heißt das, das vorab eruiert werden sollte, welche Art von *Testwerten* generiert und interpretiert werden sollen.

Die vorangegangenen Ausführungen befassen sich mit der kognitiven Validierung von Prüfungselementen auf Basis von kognitiven Modellen. Kognitive Modelle unterscheiden sich von Kompetenzmodellen und kompetenzorientierten Prüfungen, insofern, als dass letztere nach dem Kompetenzverständnis dieser Arbeit auch nicht-kognitive Aspekte einschließen. Inwiefern sich die beschriebenen Ansätze zur kognitiven Modellierung und Validierung dennoch auf den Untersuchungsansatz und die Zielsetzung dieser Arbeit übertragen lassen, soll im Folgenden verdeutlicht werden. Das Kompetenzmodell für die grafische Modellierung spezifiziert, was Expertise in der grafischen Modellierung ausmacht. Analog zu einem „cognitive model of domain mastery“ repräsentiert das Kompetenzmodell eine umfassende Beschreibung der für die Domäne der grafischen Modellierung relevanten Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen, geht durch den Einbezug nicht-kognitiver Aspekte jedoch über das kognitive Modell hinaus. Die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation spezifiziert, welche Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen (Kompetenzfacetten) für die Bearbeitung domänenrelevanter Aufgabentypen

pen erforderlich sind. Somit zeigen sich Parallelen zu dem „cognitive model of task performance“. Sie entspricht dabei eher einem *trait*-Modell, da sie Aussagen darüber macht, welche Kompetenzfacetten bei der Lösung der Aufgabe involviert sind, jedoch nicht die Reihenfolge der ablaufenden Kognitionen und verwendeten Strategien beschreibt. Dies liegt an dem generischen Charakter der Aufgabenklassifikation, welche für verschiedene Modellierungssprachen gültig sein soll und damit keine spezifischen Aufgaben bzw. Testitems abbildet. In Abgrenzung zu dem *trait*-Modell nach Kane und Mislevy (2017) umfasst die Aufgabenklassifikation auch die durch die jeweiligen Aufgabentypen adressierten nicht-kognitiven Kompetenzfacetten.

Der Aspekt der Beobachtbarkeit der involvierten Kompetenzfacetten wird insofern Rechnung getragen, als das innerhalb der Aufgabenklassifikation zwischen ergebnis- und prozessbezogenen Kompetenzfacetten unterschieden wird. *Ergebnisbezogene* Kompetenzfacetten spiegeln sich bei dem jeweils betrachteten Aufgabentyp direkt im Verhaltensprodukt, d.h. in der (schriftlichen/dokumentierten) Aufgabenlösung, wider. Es kann also von der Aufgabenlösung auf die zugrundeliegende Kompetenz geschlossen werden, sodass diese bewertet werden kann. Bei *prozessbezogenen* Kompetenzfacetten ist es nicht möglich, allein auf Basis der Lösung bzw. des Verhaltensprodukts auf die entsprechende Kompetenzfazette zu schließen und sie eindeutig zu beurteilen. Vielmehr werden sie beim betrachteten Aufgabentyp im Verhalten (Denken und Handeln), d.h. während des Lösungsprozesses, evident und beurteilbar. Wichtig ist, dass die Unterteilung in ergebnis- und prozessbezogene Kompetenzfacetten immer aufgabenspezifisch ist. Je nachdem wie die Aufgabenanforderungen explizit ausgestaltet werden, können Kompetenzfacetten ergebnis- oder prozessbezogenen sein. Die Aufgabenklassifikation definiert also die für die verschiedenen domänenrelevanten, kompetenzorientierten Aufgabentypen die bei der Lösung involvierten ergebnis- und prozessbezogenen Kompetenzfacetten.

4.3 Validierungsaspekte und -ansätze in dieser Arbeit

In diesem Kapitel soll abschließend unter Rückgriff auf die beschriebenen Ansätze der Validität und Validierung verdeutlicht werden, wie Ergebnisse kompetenzorientierter Prüfungen interpretiert und genutzt werden können und welche spezifischen Grundannahmen im Rahmen dieser Arbeit auf die Probe gestellt werden sollen.

Die intendierte Testwertinterpretation von kompetenzorientierten Prüfungen besteht darin, dass Personen mit hohen Testwerten die angestrebten Kompetenzfacetten in höherem Umfang erreicht haben als Personen mit niedrigeren Testwerten (vgl. Hartig et al., 2020). Die Ergebnisse

stellen Indikatoren für die Ausprägung der untersuchten Kompetenz dar und sollen Rückschlüsse auf die adressierten Kompetenzfacetten zulassen. Genutzt werden sollen die Ergebnisse in erster Linie zu formativen Zwecken, d.h., um den aktuellen Stand des Kompetenzerwerbs hinsichtlich spezifischer Kompetenzfacetten zu messen und Feedback in Bezug auf einzelne Kompetenzfacetten zu geben, was eine lernförderliche Wirkung haben soll. Eine weitere intendierte Konsequenz der Nutzung kompetenzorientierter Prüfungen ist die zielgerichtete Steuerung des Lernprozesses in Richtung der intendierten Kompetenzziele, wovon wiederum eine positive Wirkung auf die Kompetenzentwicklung erwartet wird. Aus der Perspektive der Entwicklung einer spezifischen kompetenzorientierten Prüfung befasst sich diese Arbeit mit den ersten Schritten dieses Prozesses, indem die theoretische Grundlage geschaffen wird, auf der die genannte Testwertinterpretation und -nutzung aufbaut. Es gilt bereits während der Entwicklung des Kompetenzmodells und der kompetenzorientierten Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung die Validität der mit ihnen möglichen Aussagen und ihrer Nutzung in der Hochschullehre sicherzustellen.

Hinsichtlich des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung werden folgende Grundannahmen aufgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit empirisch untersucht und somit validiert werden sollen.

1. Das Kompetenzmodell bildet das Konstrukt der grafischen Modellierungskompetenz theoriekonform und fachwissenschaftlich fundiert ab. (*inhaltlicher Aspekt*)
2. Das Kompetenzmodell ist auf das Curriculum abgestimmt und umfasst alle wesentlichen Wissens- und Fähigkeitsaspekte und Einstellungen, die für die hochschulische Ausbildung im Bereich der grafischen Modellierung relevant und im Studium entwickelt werden sollen. (*inhaltlicher Aspekt*)
3. Die Kompetenzfacetten bilden die relevanten Prozesse, die bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben relevant sind, angemessen ab. (*kognitiver Aspekt*)
4. Das Kompetenzmodell ist geeignet für die Analyse und Planung von kompetenzorientierten Prüfungsaufgaben und dem Einsatz in der Hochschullehre. (*konsequentieller Aspekt*)

Mit der kompetenzorientierten Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung sind folgende Grundannahmen verbunden, deren Gültigkeit es zu überprüfen gilt.

1. Die Aufgabenklassifikation enthält alle wesentlichen Aufgabentypen, die für die grafische Modellierung relevant sind. (*inhaltlicher Aspekt*)
2. Die Aufgabentypen adressieren konstruktrelevante Kompetenzfacetten, d.h., zur Lösung der Aufgaben sind Kompetenzfacetten der grafischen Modellierung erforderlich. Konstruktfremde Aspekte haben keinen Einfluss auf die Aufgabenlösung und die intendierte Interpretation. (*kognitiver Aspekt*)
3. Die Aufgabenklassifikation ist geeignet für die Entwicklung und Auswertung von kompetenzorientierten Prüfungsaufgaben verschiedener Fachgebiete der Modellierung und Modellierungssprachen. (*konsequentieller Aspekt*)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Fokus der Validierungsmaßnahmen in Bezug auf die Entwicklung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation auf dem inhaltlichen und kognitiven Aspekt der Validität liegt. Zudem findet in Ansätzen der konsequentielle Aspekt Berücksichtigung.

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln 2, 3 und 4 der theoretische und konzeptuelle Rahmen des Dissertationsvorhabens aufgespannt wurde, sollen im weiteren Verlauf die empirischen Studien zur Entwicklung eines validen, prüfungsdidaktischen Rahmens für die grafische Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik beschrieben und diskutiert werden.

5. Studien der kumulativen Dissertation

Im Rahmen dieser Dissertation wurden drei Studien durchgeführt, um die in Kapitel 1.2 dargestellten Forschungsfragen zu beantworten. In der ersten Studie wurde das Kompetenzstrukturmodell für die grafische Modellierung theoriebasiert und normativ-orientiert mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse von Modulbeschreibungen entwickelt sowie mittels einer quantitativen schriftlichen Befragung von Fachexpert*innen inhaltlich validiert (Manuskript A). In der zweiten Studie wurde die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation auf Basis einer qualitativen Inhaltsanalyse von Übungs- und Prüfungsaufgaben sowie einer rationalen Aufgabenanalyse entwickelt (Manuskript B). In der dritten Studie wurden die Antwortprozesse von Studierenden bei der Bearbeitung typischer Modellierungsaufgaben mittels Methode des lauten Denkens untersucht und inhaltsanalytisch ausgewertet, um die Güte des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation empirisch zu überprüfen (Manuskript C). Die zweite und dritte Studie baut dabei jeweils auf den Ergebnissen der vorangegangenen Studien auf. Im Folgenden werden die

drei Studien kompakt dargestellt. Eine umfassende Beschreibung findet sich in den jeweiligen Manuskripten. Die zentralen Ergebnisse der Studien in Bezug auf die Forschungsfragen der Arbeit werden in Kapitel 6.1 zusammenfassend dargelegt.

5.1 Studie 1: Entwicklung und inhaltliche Validierung des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung

5.1.1 Ziele und Forschungsfragen

Die grafische Modellierung stellt eine Kernkomponente der Curricula vieler informatiknaher Studiengänge sowie verschiedener informatikbezogener Kompetenzmodelle dar. Allerdings fehlt für die grafische Modellierung bislang ein Kompetenzmodell, welches die damit verbundenen Wissens- und Fähigkeitsaspekte sowie Einstellungen im Detail beleuchtet und als didaktische Grundlage für kompetenzorientiertes Prüfen in der Domäne dienen kann. Dieses sollte daher in der ersten Studie der Dissertation entwickelt und inhaltlich validiert werden. Im Fokus steht dabei die erste und in Ansätzen die dritte Forschungsfrage dieser Arbeit:

- *F1: Wie lässt sich die grafische Modellierungskompetenz modellieren, d.h., welche Kompetenzdimensionen und -facetten sind relevant und repräsentativ für die Domäne und wie lassen sich diese für einen Einsatz in der Hochschullehre strukturieren?*
- *F3: Sind die identifizierten Kompetenzfacetten repräsentativ für die grafische Modellierung sowie hinreichend ausdifferenziert?*

Die Studie gliedert sich in zwei Teilstudien. Das Ziel der ersten Teilstudie war, ein erstes vorläufiges Kompetenzstrukturmodell für die grafische Modellierung zu entwickeln, welches die interne Struktur und die Zusammenhänge der Kompetenzfacetten abbildet, die für die grafische Modellierung in informatiknahen Disziplinen benötigt werden. Hierbei wurde herausgearbeitet, wie das Kompetenzmodell im Hinblick auf die Kompetenzdimensionen und inhaltlichen Bereiche sowie den Einsatz in der Hochschullehre strukturiert werden kann und welche Kompetenzfacetten der grafischen Modellierung Studierende während ihres Studiums entwickeln sollen. Die zweite Teilstudie diente der Begutachtung des vorläufigen Kompetenzmodells und der Ableitung von Anpassungsbedarfen durch Fachexpert*innen. Auf diese Weise sollten sowohl erste empirische Belege für den inhaltlichen Aspekt der Konstruktvalidität als auch Input zur Weiterentwicklung des Kompetenzmodells generiert werden. Insbesondere wurde untersucht, ob die identifizierten Kompetenzfacetten die grafische Modellierungskompetenz hinreichend

repräsentieren, d.h., ob die einzelnen Kompetenzfacetten für die betrachtete Domäne relevant sind und ob das Kompetenzmodell alle leistungskritischen Aspekte der Domäne abdeckt. Zudem wurde geprüft, ob die Struktur inhaltlich angemessen und nachvollziehbar und die Kompetenzfacetten verständlich formuliert wurden. Darüber hinaus wird der Anspruch verfolgt, dass das Kompetenzmodell für verschiedene informatiknahe Disziplinen und Fachgebiete der Modellierung (d.h. Daten-, Software- und (Geschäfts-) Prozessmodellierung) relevant und nützlich ist. Daher wurde untersucht, inwieweit verschiedene Gruppen von Expert*innen in ihren Einschätzungen übereinstimmen. Dabei wurden die Expert*innen zum einen hinsichtlich ihrer organisationalen Zugehörigkeit gruppiert („Universität“, „Fachhochschule“ und „Privatunternehmen“) und in einem weiteren Gruppenvergleich hinsichtlich ihres Fachbereichs („Informatik“ und „wirtschaftsbezogene Fachbereiche“, d.h., Wirtschaftsinformatik, Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen).

5.1.2 Methode

Die erste Studie bediente sich deduktiver und normativ-orientierter Vorgehensweisen zur Kompetenzmodellierung. Zunächst wurde die Struktur des Kompetenzmodells auf der Grundlage von Theorien und Ansätzen der Bildungsforschung, insbesondere auf Basis der Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) und deren Anpassung nach Schaper et al. (2013), sowie fachwissenschaftlicher Literatur entwickelt. Somit wurde eine zweidimensionale Struktur für das Kompetenzmodell gewählt. Anschließend wurden die Kompetenzdimensionen und -facetten, die für die grafische Modellierung relevant sind, deduktiv aus einschlägiger Fachliteratur abgeleitet und ausdifferenziert. Zu diesem Zweck wurden exemplarische Artikel zur Modellierungsausbildung (z. B. Glinz, 2008; Recker & Rosemann, 2009), Curricula-Empfehlungen für die Informatikausbildung (z. B. Topi et al., 2017), informatikbezogene Kompetenzmodelle (z. B. Bender et al., 2015) sowie modellierungsbezogene Standards (z. B. Becker et al., 1995) hinzugezogen. Daraufhin folgte eine qualitative Inhaltsanalyse von 24 exemplarischen Modul- und Vorlesungsbeschreibungen von drei deutschen Universitäten (Karlsruher Institut für Technologie, Universität Duisburg-Essen, Universität des Saarlandes), um weitere relevante Kompetenzfacetten abzuleiten und das Kompetenzmodell weiter auszudifferenzieren. Das Analysematerial stellte einen Querschnitt von Lehrveranstaltungen mit Bezug zur Modellierung an deutschen Hochschulen dar. Für die Analyse der Modul- und Vorlesungsbeschreibungen wurde ein strukturierendes, inhaltsanalytisches Verfahren angelehnt an Mayring (2022) unter Verwendung der Software MAXQDA angewendet. Die Analyse fußte demnach auf ei-

nem Kodierleitfaden, der die deduktiv entwickelten Kategorien, deren Beschreibungen, Kodierregeln und Ankerbeispiele aus dem Analysematerial enthält. Die Kategorien orientieren sich an der zuvor entwickelten zwei-dimensionalen Struktur des Kompetenzmodells und beziehen sich auf einen Inhaltsbereich und eine Prozessstufe (z. B. K1.2 Modellverstehen/Verstehen, K1.5 Modellverstehen/Analysieren, K3.2 Werte, Haltungen, Überzeugungen/Verstehen). Auf diese Weise wurden die identifizierten Kompetenzfacetten systematisch dem Kompetenzmodell zugeordnet. Zur Überprüfung der Reliabilität des Analyseprozesses wurde die Intra-Koder- und Inter-Koderreliabilität² ermittelt, mit zufriedenstellenden Ergebnissen ($\kappa_{intra} = 0.84$ und $\kappa_{inter} = 0.70$). In der zweiten Teilstudie wurde eine quantitative Befragung von Fachexpert*innen aus dem Bereich der Modellierung (n=78) mittels Online-Fragebogen durchgeführt. Bewertet wurde die Struktur des Kompetenzmodells, die Relevanz und Verständlichkeit eines Teils der Kompetenzfacetten sowie die Gesamtrelevanz der beschriebenen Kompetenzfacetten als globale Einschätzung. Die Beurteilung erfolgte anhand einer 6-stufigen Bewertungsskala mit unterschiedlichen verbalen Markern in Abhängigkeit von der Fragestellung: von 1 (trifft überhaupt nicht zu/überhaupt nicht relevant/überhaupt nicht verständlich) bis 6 (trifft voll und ganz zu/sehr relevant/sehr verständlich). Das Expert*innenrating wurde in erster Linie mit Hilfe deskriptiver Statistiken ausgewertet (insbesondere Median und Häufigkeitsverteilung der Bewertungen). Um die Übereinstimmung zwischen den Bewertungen verschiedener Expert*innengruppen zu untersuchen, wurden Mittelwertvergleiche durchgeführt. Es wurde angenommen, dass der berufliche oder organisationale Hintergrund der Expert*innen einen Einfluss auf die Relevanzbewertungen hat und eine Ursache für die Varianz sein könnte. Um ein genaueres Bild zu erhalten, wurden paarweise Vergleiche zwischen den drei Organisationskontexten "Universität", "Fachhochschule" und "Privatunternehmen" mit dem Kruskal-Wallis-Test und post hoc Mann-Whitney U-Tests durchgeführt. Der Mann-Whitney-U-Test wurde auch für den Vergleich von zwei verschiedenen Gruppen von Fachbereichen durchgeführt ("Informatik" im Vergleich zur Gruppe der wirtschaftsnahen Fachbereiche "Wirtschaftsinformatik/Informationssysteme", "Betriebswirtschaft" und "Wirtschaftsingenieurwesen"). Darüber hinaus wurden Freitext-Kommentare der Expert*innen offen kategorisiert. Basierend auf den Erkenntnissen der

² Nach Mayring (2020) überprüft die Intra-Koderreliabilität die Übereinstimmung der Kodierungen einer Person zu unterschiedlichen Zeitpunkten, d.h. mit zeitlichem Abstand. Die Inter-Koderreliabilität bezieht sich auf die Übereinstimmung der Kodierungen von zwei verschiedenen Kodierenden.

zweiten Teilstudie und einer anschließenden Expertendiskussion wurde das Kompetenzmodell überarbeitet und verfeinert.

5.1.3 Ergebnisse

Wie bereits beschrieben, bedient sich das entwickelte Kompetenzmodell für die grafische Modellierung der für Lernzielformulierungen und Kompetenzbeschreibungen vielfach genutzten Struktur einer zweidimensionalen Matrix mit einer Inhaltsdimension auf der vertikalen und einer Prozessdimension auf der horizontalen Achse. Die vorläufige Version des Kompetenzmodells umfasst eine Inhaltsdimension mit fünf Inhaltsbereichen und eine Prozessdimension mit sieben Prozessstufen. Die Inhaltsbereiche sind Modellverstehen, Modellbilden, Werte/Haltungen/Überzeugungen, metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten, sozial-kommunikativen Fähigkeiten. Sie schließen in Anlehnung an die Kompetenzdefinition nach Weinert (2002) neben kognitiven auch nicht-kognitive Kompetenzaspekte ein. Die Prozessdimension enthält die sechs Prozessstufen von Anderson und Krathwohl (2001), ergänzt um die Prozessstufe "Übertragen" aus dem Kompetenzmodell der GI (2016). Das vorläufige Kompetenzmodell umfasst insgesamt 119 Kompetenzfacetten. Um Redundanzen zu vermeiden, wird an dieser Stelle auf eine umfassendere Darstellung des vorläufigen Kompetenzmodells verzichtet.

Die Ergebnisse des Ratings des vorläufigen Kompetenzmodells für die grafische Modellierung weisen darauf hin, dass dieses durch die Fachexpert*innen insgesamt positiv beurteilt und akzeptiert wird. So zeigt Abbildung 2, dass die Struktur des Kompetenzmodells durch die Mehrheit der Fachexpert*innen als inhaltlich angemessen (Median = 5) sowie verständlich und nachvollziehbar (Median = 5) und die Kompetenzfacetten insgesamt als bedeutsam und relevant für die grafische Modellierung (Median = 5) beurteilt wurden.

Abbildung 2
Expertenbeurteilung der Struktur des Kompetenzmodells und der Kompetenzfacetten



Vergleicht man die Relevanz der fünf Inhaltsbereiche, anhand der Mediane über alle Kompetenzfacetten eines Inhaltsbereichs hinweg, so zeigt sich, dass der Inhaltsbereich "Sozial-kommunikative Fähigkeiten" den höchsten Median (mdn = 6) aufweist, gefolgt von den drei Inhaltsbereichen "Modellverstehen", "Modellbilden" und "Metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten" mit einem Median von 5. Der Inhaltsbereich "Werte, Haltungen und Überzeugungen" weist den niedrigsten Median (mdn = 4) auf. Die Expert*innen-Kommentare weisen darauf hin, dass dieser Inhaltsbereich insbesondere aufgrund der schwierigen Überprüfbarkeit als kritisch angesehen wird. Dennoch zeigt sich in den Ratings insgesamt eine Zustimmung, sodass keine Anpassungen an den inhaltlichen Kompetenzbereichen vorgenommen wurden.

Darüber hinaus deuten die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche darauf hin, dass sich die Ratings in Bezug auf die Relevanz einzelner Kompetenzfacetten der verschiedenen Expert*innengruppen (organisationale Gruppen: Universität, Fachhochschule und Privatunternehmen; Fachbereichsgruppen an Hochschulen: Informatik; wirtschaftswissenschaftsnahe Studienfächer) über den Großteil der Kompetenzfacetten hinweg nicht signifikant voneinander unterscheiden. Lediglich bei 6% (d.h. jeweils 7 Kompetenzfacetten) wurden signifikante Unterschiede mit einem Signifikanzniveau von 5 % in den Ratings der Expert*innengruppen gefunden, welche sich unter anderem durch einen stärkeren Bezug der Kompetenzfacetten zur Geschäftsprozessmodellierung erklären lassen. Die Geschäftsprozessmodellierung stellt nur einen von mehreren Fachbereichen der Modellierung dar und wird tendenziell von Expert*innen aus der Privatwirtschaft bzw. aus wirtschaftsnäheren Studiengängen als bedeutsamer beurteilt. Das Ergebnis des Expert*innenratings kann als erster empirischer Nachweis für den inhaltlichen Aspekt der Konstruktvalidität in Bezug auf das Kompetenzmodell angesehen werden. Es zeigt sich insgesamt eine positive Beurteilung der Relevanz der Kompetenzfacetten über verschiedene Expert*innengruppen hinweg. Damit wird auch der Anspruch eines generischen Kompetenzmodells, welches für verschiedene Fachgebiete relevant und nutzbar ist, bekräftigt. Trotz der generellen Akzeptanz des Kompetenzmodells konnte insbesondere auf Basis der qualitativen Daten, d.h. der Freitext-Kommentare der Expert*innen, ein konkreter Optimierungsbedarf abgeleitet werden. Folgende Aspekte wurden auf Basis des Ratings angepasst: Präzisierung des Geltungsbereichs und Umfangs des Kompetenzmodells, Ergänzung fehlender Kompetenzaspekte, Verschlankung der Struktur durch Zusammenfassung von Prozessstufen, Eliminierung irrelevanter, redundanter oder zu spezifischer Kompetenzfacetten, konsistenter Formulierung der Kompetenzfacetten und Entwicklung eines Glossars. Somit konnte das Expert*innenrating außerdem

einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung und Verbesserung der inhaltlichen Güte des Kompetenzmodells leisten.

Das Hauptergebnis der ersten Studie ist das Kompetenzmodell für grafische Modellierung, dessen Struktur in Abbildung 3 dargestellt wird. In der Inhaltsdimension werden zum einen die beiden fachlichen Inhaltsbereiche „Modell verstehen und -interpretieren“ und „Modell bilden und -modifizieren“ differenziert. Ergänzt werden diese durch die Inhaltsbereiche „Werte, Haltungen und Überzeugungen“, „metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten“ sowie „sozial-kommunikative Fähigkeiten“, welche sich auf modellierungsspezifische als auch allgemeine, professionsübergreifende Kompetenzaspekte beziehen, die auf den Bereich der grafischen Modellierung übertragen wurden. Die Prozessdimension beinhaltet nach der Anpassung vier Prozessstufen („Verstehen“, „Anwenden & Übertragen“, „Analysieren & Bewerten“, „Erschaffen“), welche sich an den Prozessstufen der Taxonomie von Anderson und Krathwohl (2001) orientieren. Für eine bessere Anwendbarkeit wurden auf Empfehlung von Fachexpert*innen die Stufen „Anwendung & Übertragen“ sowie „Analysieren & Bewerten“, anders als im vorläufigen Kompetenzmodell modelliert, zusammengefasst. Es wird angenommen, dass die Prozessstufen tendenziell in ihrem (kognitiven) Anspruch ansteigen, für die Bewältigung der nächsthöheren Stufe jedoch nicht zwingend die Bewältigung der darunterliegenden Stufe erforderlich ist. Das im Rahmen der ersten Studie angepasste Kompetenzmodell umfasst insgesamt 74 Kompetenzfacetten, die jeweils einer Prozessstufe und einem Inhaltsbereich zugeordnet wurden.

Neben diesen zentralen Ergebnissen der Studie 1 wurde im Zuge der Analyse der Modul- und Vorlesungsbeschreibungen deutlich, dass diese Verbesserungspotenzial hinsichtlich der kompetenzorientierten Beschreibung der intendierten Lernergebnisse aufweisen. Der Grund dafür ist, dass sie zum Teil noch einem wissensbasierten Ansatz folgen und nur die inhaltlichen Themen auflisten oder die Lernziele nur unzureichend mit einer Inhalts- und Verbkomponente formulieren (z.B. "Kenntnisse von Datenmodell und Datenbanksystem"). Darüber hinaus sind in den Modul- und Vorlesungsbeschreibungen kaum fachübergreifende Lernergebnisse, die den Inhaltsbereichen „Werte, Haltungen und Überzeugungen“, „metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten“ und „sozial-kommunikative Fähigkeiten“ zugeordnet werden können, enthalten.

Abbildung 3

Kompetenzstrukturmodell für die grafische Modellierung als Ergebnis der Studie 1

Kompetenzmodell für die grafische Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik					
Inhaltsdimension		Fachgebiet der Modellierung in der Informatik			
		Prozessdimension			
Fachliche(s) Wissen & Prozeduren	Modellverstehen & -interpretieren	MV1	MV2	MV3	MV4
	Modellbilden & -modifizieren	MB1	MB2	MB3	MB4
Werte / Haltungen / Überzeugungen		WH1	WH2	WH3	WH4
Fachüber- greifende(s) Wissen und Fähigkeiten	Metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten	MK1	MK2	MK3	MK4
	Sozial- kommunikative(s) Wissen und Fähigkeiten	SK1	SK2	SK3	SK4

Anmerkung. Übernommen aus Soyka, Schaper, Bender et al. (2022) und übersetzt ins Deutsche.

5.2 Studie 2: Entwicklung einer kompetenzorientierten Aufgabenklassifikation

5.2.1 Ziele und Forschungsfrage

Nachdem in der ersten Studie definiert wurde, welche Kompetenzfacetten in der Modellierungslehre angebahnt und geprüft werden sollten, untersucht die zweite Studie, mit welchen Aufgabentypen dies gelingen kann. Somit wird hier der zweiten Forschungsfrage dieser Arbeit nachgegangen:

- *F2: Durch welche Aufgabentypen lässt sich der Erwerb der Facetten grafischer Modellierungskompetenz in der Hochschullehre anbahnen und überprüfen?*

Das Hauptanliegen der Studie ist die Entwicklung einer kompetenzorientierten Aufgabenklassifikation, welche verschiedene Aufgabentypen im Bereich der grafischen Modellierung sowie die jeweils angesprochenen Kompetenzfacetten definiert. Diese Klassifikation soll Lehrenden Unterstützung bieten, passende Aufgabentypen für die intendierten Lernergebnisse auszuwählen.

len und kompetenzorientierte Aufgaben zu entwickeln. Hierzu wurde die aktuelle Aufgabenpraxis an ausgewählten deutschen Hochschulen in den Blick genommen. Ziel war, auf Basis des exemplarischen Aufgabenpools Aufgabentypen zu bilden und anschließend die Kompetenzorientierung der jeweiligen Aufgaben zu definieren. In diesem Rahmen wurde untersucht, ob typisches Aufgabenmaterial, welches in der Modellierungslehre genutzt wird, die für die grafische Modellierung relevanten Kompetenzfacetten umfassend abdeckt und inwiefern Optimierungspotenzial in Hinblick auf die Kompetenzorientierung besteht. Da in dieser Studie auf das Kompetenzmodell für die grafische Modellierung aus der ersten Studie zur Definition der Kompetenzorientierung der Aufgabentypen zurückgegriffen wird, wird gleichzeitig dessen Anwendbarkeit im Kontext der Aufgabenanalyse auf die Probe gestellt. Dieser Aspekt der Passung zwischen dem Kompetenzmodell und einer möglichen Nutzungsweise zielt auf den konsequentiellen Aspekt der Konstruktvalidität ab.

5.2.2 Methode

Zur Entwicklung der kompetenzorientierten Aufgabenklassifikation sind in der zweiten Teilstudie die folgenden Arbeitsschritte durchgeführt worden. Zunächst erfolgte die Definition von Aufgabentypen für die Modellierungslehre auf Basis eines exemplarischen Aufgabenpools. Dieses Analysematerial umfasste insgesamt 487 Aufgaben (davon 275 Modellierungsaufgaben), welche in Übungen und Prüfungen an drei deutschen Hochschulen (Karlsruher Institut für Technologie, Universität Duisburg-Essen, Universität des Saarlandes) in verschiedenen Lehrveranstaltungen mit Bezug zur Modellierung eingesetzt werden. Die Analyse erfolgte mittels strukturierender Inhaltsanalyse nach Mayring (2019) unter Nutzung eines deduktiv entwickelten (d.h. auf Basis in Fachliteratur beschriebener Aufgabentypen, u. a. nach Brinda (2004)) und induktiv ergänzten Kategoriensystems, welches die verschiedenen Aufgabentypen als Kategorien umfasst. Die Intra- und Interrater-Reliabilität der Inhaltsanalyse wurde nach Brennan und Prediger (1981) bestimmt ($\kappa_{\text{intra}} = 0,91$; $\kappa_{\text{inter}} = 0,79$). Es folgte eine Aufgabenanalyse angelehnt an den Ansatz der logischen Aufgabenanalyse nach Schlomske-Bodenstein et al. (n.d.), um die Kompetenzorientierung der Aufgabentypen zu bestimmen. Die Zuordnung der Kompetenzfacetten wurde durch drei Lehrende der (Wirtschafts-) Informatik der oben genannten Hochschulen individuell durchgeführt und anschließend in einer Sitzung, die von der Autorin geleitet wurde, konsentiert. Anschließend erfolgte ein Abgleich der durch die Aufgabentypen adressierten Kompetenzfacetten mit den im Kompetenzmodell definierten Kompetenzfacetten („Gap-Analysis“), um insbesondere zu untersuchen, welche Kompetenzfacetten durch die Auf-

gabentypen bisher nicht oder kaum angesprochen werden sowie eine Analyse der Häufigkeitsverteilung der Aufgabentypen, um einen potenziellen Optimierungsbedarf festzustellen. Daraufhin wurden weitere Aufgabentypen für bisher nicht adressierte Kompetenzfacetten definiert, um die identifizierte Lücke zu schließen.

5.2.3 Ergebnisse

Auf Basis des untersuchten Aufgabenmaterials konnten insgesamt 16 Aufgabentypen für die grafische Modellierung identifiziert werden. Dabei handelte es sich bei dem Großteil (45,3 %) um „Modellbilden“-Aufgaben, in denen Studierende entweder auf Basis einer Sachverhaltsbeschreibung oder eines anderen grafischen Modells ein neues Modell entwickeln müssen. Zudem nehmen theoretische Aufgaben (d.h. Wissens- oder Verständnisfragen ohne Anwendungsbzug) einen großen Anteil (ca. 20 %) ein, welche jedoch nach dem Kompetenzverständnis dieser Arbeit nicht als kompetenzorientierte Aufgaben zu klassifizieren sind. Die „Gap-Analyse“ zeigte darüber hinaus, dass insbesondere Aufgabentypen vernachlässigt werden, die mit der Analyse und Bewertung von Modellen zusammenhängen oder überfachliche Kompetenzfacetten anbahnen. Um die Lücke zu schließen, wurden mögliche Aufgabentypen ergänzt. Zentrales Ergebnis der zweiten Studie stellt somit die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation dar, welche die Aufgabentypen für die grafische Modellierung, ergänzt um jeweils eine exemplarische Aufgabenstellung, beschreibt und die durch den Aufgabentyp adressierbaren Kompetenzfacetten auflistet. Die Zuordnung der Kompetenzfacetten wurde nach drei Kategorien vorgenommen: Ergebnisbezogene Kompetenzfacetten, die durch die Aufgabe in jedem Fall angesprochen werden und die anhand der Aufgabenlösung deutlich werden (zentral), Kompetenzfacetten, die durch eine spezifische, d.h. vom Dozenten explizit intendierte Variante des Aufgabentyps angesprochen und geprüft werden (optional), oder prozessbezogene Kompetenzfacetten, die zwar angesprochen werden, aber anhand der Aufgabenlösung nicht direkt bzw. eindeutig prüfbar sind oder die vom Dozenten nicht primär intendiert sind und daher in der Regel nicht in die Benotung eingehen (marginal). Für eine grobe Zuordnung wurde jeder Aufgabentyp zudem einem Inhaltsbereich sowie einer Prozessstufe des Kompetenzmodells zugeordnet, auf die der Aufgabentyp vornehmlich abzielt. Die Klassifikation soll Lehrende anregen, die eigene Prüfungspraxis zu reflektieren und durch eine zielgerichtetere Auswahl von Aufgabentypen entsprechend der intendierten Lernergebnisse zu optimieren.

Generell konnte die Studie zeigen, dass sich das Kompetenzmodell für die grafische Modellierung eignet, eine rationale Aufgabenanalyse von Modellierungsaufgaben durchzuführen und

die Kompetenzorientierung von Aufgaben zu definieren. Dies kann als ein Nachweis für die intendierte Nutzungsweise des Kompetenzmodells im Kontext von formativen und summativen Prüfungsaufgaben in der Hochschullehre (konsequentieller Aspekt) als auch für die Repräsentativität der Kompetenzfacetten (inhaltlicher Aspekt) angesehen werden. Im Zuge der Zuordnung der Kompetenzfacetten zu den Aufgabentypen und der anschließenden Konsensbildung konnte allerdings auch weiterer Verbesserungsbedarf für das Kompetenzmodell identifiziert werden (z. B. durch das Erkennen missverständlicher Formulierungen, fehlender Kompetenzfacetten oder Überschneidungen von Kompetenzfacetten). Somit konnte die Studie auch zur Optimierung der inhaltlichen Güte des Kompetenzmodells beitragen.

5.3 Studie 3: Validierung des Kompetenzmodells und kompetenzorientierter Aufgabentypen

5.3.1 Ziele und Forschungsfrage

Das Ziel der dritten Studie war, die Güte des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung, welche in den vorangegangenen Studien entwickelt wurden, empirisch abzusichern und Nachweise für den inhaltlichen und substanzialen Aspekt der Konstruktvalidität zu gewinnen. Damit zielt die Studie auf die Beantwortung der dritten Forschungsfrage dieser Arbeit ab:

- *F3: Lassen sich die theoretisch modellierten Kompetenzfacetten und die je Aufgabentyp postulierten Kompetenzfacetten empirisch bestätigen, d.h., sind die identifizierten Kompetenzfacetten repräsentativ für die grafische Modellierung sowie hinreichend ausdifferenziert und werden die Kompetenzfacetten tatsächlich bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben adressiert?*

Zum einen wurde untersucht, ob das Kompetenzmodell die domänenrelevanten Kompetenzfacetten, d.h. die bei der Bearbeitung typischer Modellierungsaufgaben tatsächlich involvierten konstruktrelevanten Antwortprozesse, und damit das Konstrukt der grafischen Modellierungskompetenz, umfassend und adäquat repräsentiert. Zum anderen sollte das Ergebnis der rationalen Aufgabenanalyse aus Studie 2 empirisch auf die Probe gestellt werden, indem untersucht wurde, ob die je Aufgabentyp postulierten Kompetenzfacetten tatsächlich bei der Bearbeitung entsprechender Aufgaben adressiert werden. Außerdem wurde eruiert, ob eine valide kompetenzorientierte Bewertung der Aufgabentypen mit dem typischen schriftlichen Aufgabenformat

und Bewertungsmodus möglich ist, d.h., ob sich die für die Aufgabenlösung relevanten Kompetenzfacetten auch in der schriftlichen Lösung widerspiegeln.

5.3.2 Methode

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde die Methode des lauten Denkens eingesetzt. Die Methode des lauten Denkens bietet sich an, da die zu untersuchenden Aufgaben im Sinne des kompetenzorientierten Ansatzes problembasiert sind und somit Prozesse des Problemlösens beinhalten (Leighton, 2017). Fünfzehn Studierende mit Vorkenntnissen in der Modellierung haben jeweils drei Aufgaben verschiedener Aufgabentypen gelöst. Die untersuchten Aufgabentypen sind in Tabelle 2 dargestellt. Für jeden Aufgabentyp bzw. jede Variante wurden jeweils zwei Aufgaben mit unterschiedlichen Modellierungssprachen (UML und Petri-Netz) und Kontexten erstellt. Dies hat einen theoretischen und pragmatischen Hintergrund: Zum einen sollte untersucht werden, ob Aufgaben zu verschiedenen Modellierungssprachen unterschiedliche Kompetenzfacetten ansprechen, und zum anderen diente dies dazu, die mögliche Teilnehmendenpopulation zu erhöhen. Insgesamt wurden 45 Laut-Denk-Protokolle mithilfe der strukturierenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2022) ausgewertet. In einem ersten Schritt wurde das Kategoriensystem deduktiv auf Basis des Ergebnisses der vorherigen rationalen Aufgabenanalyse entwickelt, wobei die Kategorien die adressierten Kompetenzfacetten je Aufgabentyp darstellen, und anschließend iterativ, induktiv angepasst. Der Auswertungsprozess bestand in erster Linie darin, den konstruktrelevanten Antwortprozessen Kompetenzfacetten des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung zuzuordnen. Induktive Anpassungen und Ergänzungen waren erforderlich, wenn Antwortprozesse nicht durch bestehende Kompetenzfacetten des Kompetenzmodells abgebildet werden konnten oder wenn die Formulierung der Kompetenzfacette die tatsächlichen Antwortprozesse nicht angemessen repräsentiert. Das Ziel der folgenden Analyse war, das Kompetenzmodell als *cognitive model of domain mastery* und die Aufgabenklassifikation (bzw. die je Aufgabentyp postulierten Kompetenzfacetten) als *cognitive model of task performance* (angelehnt an Leighton (2004)) zu überprüfen und zu bestätigen. Somit wurden im Zuge der Auswertung die „postulierten“ kognitiven Modelle mit den auf Basis der Analyse der Antwortprozesse angepassten und „validierten“ kognitiven Modelle abgleichen.

5.3.3 Ergebnisse

Auf Basis der Analyse der Antwortprozesse bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben konnten neue Erkenntnisse zu dem Konstrukt der grafischen Modellierungskompetenz gewon-

nen werden, welche wiederum zur weiteren Ausdifferenzierung und Verbesserung der Repräsentativität der Kompetenzfacetten des Kompetenzmodells geführt haben (inhaltlicher Aspekt der Konstruktvalidität). Im Speziellen wurden drei Kompetenzfacetten zum Kompetenzmodell hinzugefügt, welche bisher unberücksichtigte, erfolgskritische Fähigkeiten für das Erstellen von Modellen darstellen, sowie 11 Kompetenzfacetten sprachlich angepasst, damit sie die tatsächlichen Antwortprozesse besser repräsentieren. Mit Blick auf den kognitiven Aspekt der Validität konnte die Passung zwischen den postulierten kognitiven Modellen der Aufgabenbearbeitung und den tatsächlichen Antwortprozessen teilweise bestätigt werden. Allerdings lieferte die Analyse auch neue Erkenntnisse hinsichtlich der tatsächlichen kognitiven Anforderungen sowie der adressierten Kompetenzfacetten der untersuchten Aufgabentypen und -varianten und führte zu Anpassungen der Aufgabenklassifikation hinsichtlich der den Aufgabentypen zugeordneten Kompetenzfacetten. Zudem wurde deutlich, dass bei zwei Aufgabentypen die kognitiven Anforderungen höher waren als angenommen. Somit zeigt die Studie, dass eine empirische Aufgabenanalyse einen essenziellen Erkenntnisgewinn liefern und zur Überprüfung einer rationalen Aufgabenanalyse gewinnbringend eingesetzt werden kann. Schließlich zeigen die Ergebnisse, dass für jeden Aufgabentyp bestimmte Kompetenzfacetten anhand einer schriftlichen Aufgabenlösung (ergebnisbezogen) beurteilt werden können. Andere Kompetenzfacetten, die für die Lösung der Aufgabe notwendig sind, werden jedoch nur während des Lösungsprozesses deutlich und können anhand der Aufgabenlösung allein nicht eindeutig beurteilt werden (prozessbezogen). Lehrende sollten sich dessen bewusst sein und Antwort- bzw. Prüfformate sowie die entsprechenden Bewertungskriterien je nach Zielsetzung auswählen.

Ergänzend zu den im Manuskript C dargestellten Ergebnissen zeigte sich in der Studie, dass sich beim Vergleich der UML-Aufgabe mit der entsprechenden Petri-Netz-Aufgabe keine Unterschiede in den angesprochenen Kompetenzfacetten, d.h. in den jeweiligen kognitiven Modellen, finden lassen. Dies kann als ein erster Nachweis angesehen werden, dass das generische Kompetenzmodell und die Aufgabenklassifikation auf verschiedene Modellierungssprachen und Anwendungskontexte verschiedener Fachgebiete der Modellierung anwendbar und für die Entwicklung und Auswertung entsprechender Aufgaben genutzt werden können. Als einen weiteren Hinweis auf die kognitive Validität der untersuchten Aufgaben konnte die Analyse zeigen, dass konstruktirrelevante Lösungsprozesse nur in zwei Aufgabentypen von einzelnen Probanden eingesetzt wurden, jedoch jeweils nicht zu einer korrekten Lösung führten. Zudem wurden keine Hinweise darauf gefunden, dass bestimmte Aufgabenmerkmale die Lösungsprozesse maßgeblich beeinträchtigen.

Tabelle 2

In Studie 3 untersuchte Aufgabentypen und Stichprobengrößen

Aufgabentypen, -varianten	Inhaltsbereich	Prozessstufe (postuliert)	n
MU1/CR	Modellinhalt interpretieren (in natürlicher Sprache)	Modellverstehen & -interpretieren	Verstehen (n _{uml} = 3, n _{pn} = 4)
MU1/SR	Modellinhalt interpretieren (Antwort-Wahl-Verfahren)	Modellverstehen & -interpretieren	Verstehen (n _{uml} = 4, n _{pn} = 4)
MU3	Fehler finden (Syntax&Semantik)	Modellverstehen & -interpretieren	Analysieren & Bewerten (n _{uml} = 4, n _{pn} = 3)
MB2	Modell anpassen	Modellbilden & -modifizieren	Anwenden & Übertragen (n _{uml} = 3, n _{pn} = 5)
MB4s	Modell erstellen (einfach)	Modellbilden & -modifizieren	Erschaffen (n _{uml} = 3, n _{pn} = 4)
MB4c	Modell erstellen (komplex)	Modellbilden & -modifizieren	Erschaffen (n _{uml} = 4, n _{pn} = 4)

Anmerkung. n = Gesamtanzahl an Probanden, die den Aufgabentyp bearbeitet haben; n_{uml} = Anzahl an Probanden, die die UML-Version des Aufgabentyps bearbeitet haben; n_{pn} = Anzahl an Probanden, die die Petri-Netz-Version des Aufgabentyps bearbeitet haben.

6. Diskussion

Dieses letzte Kapitel fasst die Ergebnisse der drei zuvor beschriebenen Studien zusammen, um auf diese Weise die Forschungsfragen dieser Dissertation zu beantworten. Anschließend werden die Stärken und Limitationen der Arbeit herausgestellt und Implikationen für die weitere Forschung und die Praxis abgeleitet.

6.1 Zusammenfassende Betrachtung und Beantwortung der Forschungsfragen

Die vorliegende Arbeit widmet sich dem Thema des kompetenzorientierten Prüfens im Bereich der grafischen Modellierung in der (Wirtschafts-) Informatik. Obwohl eine kompetenzorientierte Hochschullehre in Deutschland schon seit zwei Jahrzehnten beschlossen und forciert wird, fehlen für viele spezifische Fachdisziplinen noch geeignete Rahmenwerke als praktische Umsetzungshilfe (Kuhn et al., 2016). Auch im Bereich der (grafischen) Modellierung, welcher ein Querschnittsthema in vielen informatikbezogenen Lehrveranstaltungen und Studiengängen darstellt, wurde die Prüfungspraxis in der Hochschullehre bislang nur wenig diskutiert und befasst (Bogdanova & Snoeck, 2017; Brandsteidl et al., 2009). Im Rahmen dieser Dissertation wurde unter Anwendung bewährter Ansätze der Kompetenzmodellierung, Aufgabenanalyse

und Validierung der Versuch unternommen, einen validen, prüfungsdidaktischen Rahmen zu entwickeln, welcher eine umfassende und zielgerichtete Kompetenzanbahnung und -prüfung in der hochschulischen Modellierungslehre unterstützt. Dabei unterscheidet sich diese Arbeit von bestehenden Arbeiten im Bereich der Modellierung insofern, als dass sie *grafische* Modelle der (Wirtschafts-) Informatik in den Blick nimmt und dabei einen generischen Ansatz verfolgt, welcher über verschiedene Fachgebiete der Modellierung und Modellierungssprachen hinweg anwendbar bzw. transferierbar ist. Um zu bestimmen, *was* im Bereich der grafischen Modellierung geprüft werden sollte, galt es zunächst das Konstrukt der grafischen Modellierungskompetenz durch ein Kompetenzstrukturmodell zu definieren und die konstituierenden Kompetenzaspekte aufzuschlüsseln. In Studie 1 wurde daher folgender Forschungsfrage nachgegangen:

Wie lässt sich die grafische Modellierungskompetenz modellieren, d.h., welche Kompetenzdimensionen und -facetten sind relevant und repräsentativ für die Domäne und wie lassen sich diese für einen Einsatz in der Hochschullehre strukturieren?

Da sich für Kompetenzmodellierungen und Lernzielbeschreibungen eine zweidimensionale Struktur bewährt hat (vgl. Anderson & Krathwohl, 2001; Schaper, 2012) und diese auch für lernzielbezogene Fragestellungen in der (Wirtschafts-) Informatik häufig Anwendung findet (vgl. Masapanta-Carrión & Velázquez-Iturbide, 2018), wurde diese für das Kompetenzstrukturmodell verwendet (s. Abbildung 3). Die Prozessdimension in der Horizontalen differenziert vier Prozessstufen, welche die Kompetenzfacetten handlungsbezogen nach den jeweils erforderlichen kognitiven Operationen klassifizieren (s. Tabelle 3). Entsprechend des der Arbeit zugrunde gelegten umfassenden Kompetenzverständnisses wurden bei der Kompetenzmodellierung neben fachspezifischen, kognitiven Kompetenzaspekten auch nicht-kognitive sowie fachübergreifende Kompetenzaspekte berücksichtigt. Innerhalb der Inhaltsdimension in der Vertikalen wurden fünf für die grafische Modellierung relevante Inhaltsbereiche identifiziert und domänenbezogen ausdifferenziert (s. Tabelle 4).

Tabelle 3

Prozessstufen des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung

Prozessstufe	Beschreibung
Verstehen	Lernende können die Bedeutung und die Relevanz von bestimmten Sachverhalten sowie Begriffen und Konzepten der Modellierung begreifen und mit eigenen Worten erklären. Dazu gehören das Vergleichen und Einordnen bestimmter Aspekte sowie das Interpretieren von gegebenen Sachverhalten.
Anwenden & Übertragen	Lernende können bekannte Verfahren, Techniken, Konzepte sowie praxisorientierte Fähigkeiten mit Bezug zur Modellierung sowohl in vertrauten als auch in für sie unbekannten Kontexten ausführen bzw. anwenden sowie auf einen neuen Sachverhalt übertragen.
Analysieren & Bewerten	Lernende können Material (z. B. ein gegebenes Modell, eine Problemstellung) in seine Bestandteile zerlegen, um die Zusammenhänge oder die Gesamtstruktur sowie ihren Zweck zu erfassen. Sie können Urteile und Entscheidungen auf der Grundlage von Kriterien und Standards treffen und sind in der Lage Handlungen zu überwachen, zu kontrollieren und zu reflektieren.
Erschaffen	Lernende können selbstständig eine ganze und kohärente Lösung (z. B. Modell, Dokumentation, Plan) entwickeln, indem sie Elemente zusammenfügen oder neu arrangieren.

Tabelle 4

Inhaltsbereiche des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung

Inhaltsbereich	Beschreibung
Modell-verstehen & -interpretieren	Modellverstehen & Modellinterpretieren beinhaltet ein Verständnis über grundlegende Begriffe, Konzepte und Vorgehensweisen sowie Zielsetzung, Möglichkeiten, Grenzen und Fachgebiete der grafischen Modellierung. Zudem beschreibt der Inhaltsbereich die Fähigkeit, die Bedeutung bestehender Modelle sowie die verwendeten Modellierungssprachen zu verstehen, inhaltliche und formale Aussagen abzuleiten, Modelle zum Problemlösen anzuwenden sowie Modelle und die Modellqualität zu prüfen und zu beurteilen. Modellverstehen & Modellinterpretieren umfasst somit sowohl die Fähigkeit, bestehende Modelle zu lesen und mit ihnen zu arbeiten als auch ein generelles <i>Modellierungsverständnis (faktenba siertes, konzeptuelles, prozedurales Wissen)</i> . Bestehende Modelle können sowohl von anderen als auch selbst erstellte Modelle sein.
Modell-bilden & -modifizieren	Modellbilden & Modellmodifizieren beinhaltet die Fähigkeit, Modellierungssprachen für bestimmte Zwecke nach bekannten Verfahren anzuwenden sowie selbstständig Modelle in Bezug zu einem Sachverhalt zu erstellen, zu ergänzen und zu verändern. Dies schließt die Analyse der Problemstellung und die Auswahl passender Modellierungssprachen, Modellierungswerzeuge, Modellierungskonzepte und Typen von Modellelementen mit ein. Beim Modellbilden & Modellmodifizieren steht somit die Erstellung von <i>eigenen</i> Modellen bzw. Modellteilen (im Sinne einer Modellanpassung) auf Basis spezifischer Anforderungen bzw. in Bezug zu einem spezifischen Modellierungszweck im Vordergrund.

Diskussion

Werte / Haltungen / Überzeugungen	Werte, Haltungen & Überzeugungen beziehen sich auf normative und auch motivational relevante Kompetenzfacetten des professionellen Verhaltens im Bezug zur grafischen Modellierung. Sie beziehen sich auf die intrinsische Motivation der Lernenden, sich mit dem Gebiet der grafischen Modellierung in der Informatik und ihren Innovationen zu beschäftigen sowie grundlegenden Einstellungen z. B. hinsichtlich der Relevanz einer hohen Modellqualität und eines planvollen Handelns in der Modellierung. Sie beeinflussen die Art und Weise, wie Modellierungsaufgaben durchgeführt werden und welche Prinzipien dabei befolgt werden (z. B. ob soziale Konsequenzen der Verwendung bestimmter Modelle oder die Modellqualität berücksichtigt werden).
Metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten	Metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten beziehen sich auf den Umgang mit und die Reflexion über die eigenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Denkprozesse in Bezug auf die grafische Modellierung. Die Lernenden sollen in der Lage sein, ihre Lernprozesse selbst zu regulieren und Problemlösungsstrategien bei der Lösung komplexer Modellierungsaufgaben auszuwählen und anzuwenden. Hierunter fallen zudem alle Aktivitäten der Planung, Regulierung, Kontrolle und Bewertung während der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben.
Sozial-kommunikative Fähigkeiten	Sozial-kommunikative Fähigkeiten sind Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Kommunikation und Interaktion in einer sozialen Gruppe oder einem Team bei der Lösung von Modellierungsaufgaben. Die Lernenden sollen in der Lage sein, bei der Modellierung im Team zu arbeiten, Kritik zu äußern und anzunehmen, Ideen aufzugreifen und Lösungen zu diskutieren und zu präsentieren. Sie sollen für mögliche Fallstricke bei der Kommunikation oder Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren und Zielgruppen (z. B. auch Nicht-IT-Leuten) sensibilisiert werden und in der Lage sein, Modellierungsinhalte zielgruppengerecht zu vermitteln.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Kompetenzmodellierung an existierende Vorhaben im Bereich der Modellierung durch die Verwendung der zweidimensionalen Struktur bekannter Lernzieltaxonomien anknüpft und damit die Verständlichkeit und die Nutzbarkeit des Kompetenzmodells durch Lehrende verstärkt wird. Neu ist die Wahl eines generischen Ansatzes, sodass das Kompetenzmodell in verschiedenen Fachgebieten der Modellierung (z. B. Daten- oder Geschäftsprozessmodellierung) unter Nutzung verschiedener grafischer Modellierungssprachen (z. B. BPMN, UML) seine Gültigkeit hat. Die Kompetenzfacetten beschreiben die relevanten Wissens- und Fähigkeitsaspekte feingranular. Dabei werden auch fachübergreifende bzw. nicht-kognitive Kompetenzaspekte berücksichtigt, die erstmals für die grafische Modellierung präzisiert wurden.

In einem nächsten Schritt galt es zu untersuchen, *wie* die für den Bereich der grafischen Modellierung relevanten Kompetenzfacetten geprüft werden können. In Studie 2 wurde daher folgender Forschungsfrage nachgegangen:

Durch welche Aufgabentypen lässt sich der Erwerb der Facetten grafischer Modellierungskompetenz in der Hochschullehre anbahnen und überprüfen?

Auf Basis einer Klassifizierung von bestehendem Aufgabenmaterial sowie einer rationalen und anschließenden empirischen Aufgabenanalyse (Studie 2 und 3) konnten insgesamt 21 Aufgabentypen identifiziert werden, die jeweils ein unterschiedliches Bündel an Kompetenzfacetten für die grafische Modellierung adressieren. Das Ergebnis dieser Studien wurde als „Kompetenzorientierter Aufgabenkatalog für die grafische Modellierung“ (Soyka et al., 2024) veröffentlicht. Dieser Aufgabenkatalog umfasst die 21 Aufgabentypen mit einer Beschreibung, einer exemplarischen Aufgabe, einer Auflistung der adressierten Kompetenzfacetten sowie weiteren Anmerkungen. Tabelle 5 demonstriert dies exemplarisch anhand des Aufgabentyps „Modellinhalt interpretieren“. Zur groben Systematisierung wurden die Aufgabentypen zudem in die Struktur des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung und damit in der Regel einem Inhaltsbereich und einer Prozessstufe zugeordnet (s. Abbildung 4). Dadurch soll verdeutlicht werden, auf welchen Kompetenzanforderungen der inhaltliche Fokus der Aufgabentypen liegt. Allerdings werden durch die einzelnen Aufgabentypen jeweils mehrere Kompetenzfacetten aus unterschiedlichen Inhaltsbereichen und Prozessstufen adressiert.

Durch die Spezifikation der durch die Aufgabentypen adressierbaren Kompetenzfacetten geht die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung über bisherige Aufgabenklassifikationen im Bereich der Modellierung hinaus. Neu ist dabei auch die Unterscheidung zwischen produkt- und prozessbezogenen Kompetenzfacetten für die jeweiligen Aufgabentypen. In Studie 3 zeigte sich, dass je Aufgabentyp zwar bestimmte Kompetenzfacetten auf Basis einer schriftlichen Aufgabenlösung beurteilt werden können (ergebnisbezogen). Weitere Kompetenzfacetten, die zur Aufgabenlösung erforderlich sind, werden allerdings nur während des Lösungsprozesses evident und lassen sich allein auf Basis des Lösungsresultats nicht eindeutig beurteilen (prozessbezogen). Dies unterstreicht die Relevanz des gewählten Prüfungsmodus. So kann das prozessbezogene Denken und/oder Handeln durch Anpassung des Prüfungsmodus beim jeweiligen Aufgabentyp sichtbar und somit prüfbar gemacht werden, z. B. durch die Methode des lauten Denkens, mündliche Prüfungsgespräche und ggf. digitale Prüfungen (d.h. durch das Tracking des Lösungswegs). Somit sollten sich Lehrende stets den Vorteilen und Einschränkungen des gewählten Prüfungsmodus bewusst machen und eine gezielte Wahl treffen.

Diskussion

Durch die Analyse des an ausgewählten Hochschulen verwendeten Aufgabenmaterials konnte darüber hinaus eine Imbalance in der Verteilung der Aufgabentypen und adressierten Kompetenzfacetten festgestellt werden, was die Befunde von Bork (2019) und Bogdanova und Snoeck (2017) bestätigt. So liegt der Fokus in der Übungs- und Prüfungspraxis auf dem „Modell erstellen“ sowie theoretischen Wissens- und Verständnisfragen, während Aufgabentypen aus dem Inhaltsbereich „Modellverstehen und -interpretieren“, wie z. B. das Interpretieren oder die Analyse und Bewertung bestehender Modelle, sowie aus den fachübergreifenden Inhaltsbereichen seltener eingesetzt werden. Fachübergreifende Kompetenzfacetten können beispielsweise durch Reflexionsaufgaben, Rollenspiele, Peer-Feedback und umfassende Fallstudienaufgaben adressiert werden.

Abbildung 4
Aufgabentypen für die grafische Modellierung

Aufgabentypen für die grafische Modellierung				
Inhaltsdimension	Prozessdimension			
	Verstehen	Anwenden & Übertragen	Analysieren & Bewerten	Erschaffen
Modellverstehen & -interpretieren	<p>Modellinhalt interpretieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Freitext in natürlicher Sprache Offene Fragen zum Modell 	<p>Problemlösen auf Basis eines Modells</p>	<p>Modelle prüfen</p> <ul style="list-style-type: none"> Fehler im Modell finden (Syntax, Semantik, Pragmatik) Modellinhalt analysieren (MC) Formale Eigenschaften prüfen 2 Modellsichten prüfen <p>Modelle beurteilen</p> <ul style="list-style-type: none"> Modelleignung prüfen Modelle vergleichen <p>Peer-Feedback</p>	
Modellbilden & -modifizieren		<p>Modellierungssprache anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> Beispiel-Modell erstellen Modell erstellen auf Basis formaler Eigenschaften Modell transformieren Modell vervollständigen Syntax-Fehler korrigieren 		<p>Modell anpassen</p> <p>Modell erstellen</p> <p>Fallstudie</p>
Metakognitive(s) Wissen und Fähigkeiten				
Sozial-kommunikative(s) Wissen und Fähigkeiten		<p>Fallstudie</p> <p>Diskussion</p> <p>Reflexion</p>	<p>Peer-Feedback</p> <p>Rollenspiele</p>	
Werte, Haltungen, Überzeugungen				

Tabelle 5

Beschreibung des Aufgabentyps "Modellinhalt interpretieren"

Aufgabentyp: Modellinhalt interpretieren	Beschreibung	Exemplarische Aufgabeninstruktion	Adressierte Kompetenzfacetten	Anmerkungen
	<p>Bei diesem Aufgabentyp wird geprüft, ob die Studierenden die einzelnen Modellelemente in dem gegebenen Modell sowie die Aussagen und die Bedeutung des Modells (Semantik) und der zugrundeliegenden Konzepte verstehen und somit beschreiben können.</p> <p>Es ist ein Modell gegeben, dessen Modellelemente textuelle Bezeichner haben, die sich auf einen bestimmten Kontext beziehen. Studierende sind gefordert, die inhaltlichen Aussagen des Modells entweder in natürlicher Sprache wiedergeben (Freitext) oder offene inhaltbezogene Fragen zum Modell zu beantworten.</p>	<p>"Beschreiben Sie den folgenden in BPMN modellierten Geschäftsprozess in natürlicher Sprache."</p> <p>"Betrachten Sie das nachfolgende S/T-Netz. Dieses modelliert den Transport von Waren mit einem LKW zwischen zwei Werken, der über verschiedene Schranken geregelt ist. Geben Sie auf Basis dieses Diagramms in natürlicher Sprache an, welche Bedingungen für einen Lieferwagen modelliert wurden und welche gemeinsamen Zustände die modellierten Schranken haben können."</p>	<p>Ergebnissebezogen MV 1.15 Die Lernenden können die inhaltlichen Aussagen, die mit einem bestehenden Modell innerhalb seines Kontextes getroffen werden können, erklären oder interpretieren</p> <p>Prozessbezogen "Betrachten Sie das nachfolgende UML-Klassendiagramm. Dieses modelliert den Zusammenhang zwischen Telefongesellschaften, Kunden und den Rechnungen, die diese erhalten. Geben Sie auf Basis dieses Diagramms in natürlicher Sprache und für Laien (d.h. für Nicht-Informatiker) verständlich an, welche Informationen ein Kunde auf seiner Rechnung vorfindet und wie diese strukturiert ist."</p>	<p>SK 2.01: Die Validierungsstudie zeigt, dass Studierende auf eine zielgruppengerechte Sprache achten. Sofern die Aufgabenstellung es explizit erfordert, kann dieser Aspekt bewertet werden.</p> <p>SK 2.02: Die Validierungsstudie zeigt, dass Studierende darauf achten, Informationen prägnant, vollständig und verständlich zu teilen. Aber es zeigt sich auch, dass Studierende zT Schwierigkeiten haben, in natürlicher Sprache zu formulieren oder dass sie Abkürzungen oder formale Schreibweisen nutzen, die sich ggf. nicht eignen, um Wissen zum Modell zu teilen. Somit wird bestätigt, dass die Kompetenz für die Aufgabe relevant und auch adressierbar und prüfbar ist.</p> <p>MV 1.13: Um die inhaltlichen Aussagen beschreiben zu können, müssen zunächst die jeweilige Bedeutung der Typen von Modellelementen oder Modellierungsmuster interpretiert werden. Diese Prozesse sind eng miteinander verknüpft.</p> <p>MV 1.12: Die Lernenden können einzelne Modellelemente in einem bestehenden Modell anhand der Notation identifizieren.</p> <p>WH1.04 Die Lernenden sind davon überzeugt, dass ein planvolles Handeln und systematisches Vorgehen bei der Modellierung notwendig sind.</p> <p>MK 3.01 Die Lernenden sind bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben in der Lage, a) ihr Vorgehen zu planen, b) geeignete Strategien auszuwählen sowie c) ihren Fortschritt, ihr Verständnis und ihre Problemlösung zu überwachen.</p>

Der in dieser Arbeit entwickelte prüfungsdidaktische Rahmen soll in erster Linie als Grundlage für die Konzeption und Entwicklung spezifischer, kompetenzorientierter Prüfungsaufgaben dienen, welche gültige Rückschlüsse über den Kompetenzerwerb bzw. den Lernstand der Lernenden zulassen sollen. Damit dies gelingen kann, wird empfohlen, bereits bei der Kompetenzmodellierung Validierungsmaßnahmen vorzunehmen (vgl. Messick, 1995, Schaper, 2012), damit sowohl die Nutzung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation als auch die Gültigkeit darauf aufbauender Prüfungsauswertungen theoretisch-fundiert und empirisch abgesichert sind. Im Rahmen der gesamten Dissertation sowie insbesondere in Studie 3 wurde daher folgender Forschungsfrage nachgegangen:

Lassen sich die theoretisch modellierten Kompetenzfacetten und die je Aufgabentyp postulierten Kompetenzfacetten empirisch bestätigen, d.h., sind die identifizierten Kompetenzfacetten repräsentativ für die grafische Modellierung sowie hinreichend ausdifferenziert und werden die Kompetenzfacetten tatsächlich bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben adressiert?

An dieser Stelle sollen die im Rahmen der Dissertation erbrachten Nachweise in Bezug auf die Eignung und Angemessenheit der Kompetenzmodellierung und Aufgabenklassifizierung in Form empirischer Evidenzen und theoretischen Begründungen zusammenfassend dargestellt werden (s. Tabelle 6). Dabei wird Bezug auf die in Kapitel 4.3 beschriebenen Grundannahmen genommen. Die Nachweise beziehen sich insbesondere auf den inhaltlichen und kognitiven Aspekt der Konstruktvalidität.

Es zeigt sich, dass wesentliche Nachweise für die inhaltliche Güte, d.h. die Repräsentativität und Relevanz der identifizierten Kompetenzdimensionen und -facetten des Kompetenzmodells für die grafische Modellierung, als auch die identifizierten Aufgabentypen erbracht werden konnten. Zudem konnte die definierte Kompetenzorientierung ausgewählter Aufgabentypen für die grafische Modellierung, d.h. die durch die Aufgabentypen adressierten Kompetenzfacetten, und somit der kognitive Aspekt der Konstruktvalidität, empirisch überprüft werden. Ergänzend konnten erste Indizien für den konsequentiellen Aspekt der Validität gesammelt werden, welcher auf die Nutzbarkeit des Kompetenzmodells zur kompetenzorientierten Aufgabenanalyse sowie der Nutzbarkeit der Aufgabenklassifikation zur kompetenzorientierten Entwicklung und Auswertung von Modellierungsaufgaben hindeuten. Insgesamt verlief die Entwicklung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation in einem iterativen Prozess, da die empirischen Studien (Studie 2 und 3), die die entwickelten Produkte (d.h. das Kompetenzmodell bzw. die Aufgabenklassifikation) genutzt und damit gleichzeitig auf die Probe gestellt haben, zwar

die generelle Eignung und Anwendbarkeit in weiten Teilen bestätigen konnten, aber auch jeweils Anpassungsbedarf deutlich machten, welcher zur Optimierung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation genutzt wurde.

Nicht zuletzt wird durch diese Ausführungen verdeutlicht, dass der argumentbasierte Ansatz der Validierung nach Messick (1995) auf die Validierung von Kompetenzmodellen und generischen Aufgabenklassifikationen im Gebiet der grafischen Modellierung übertragbar ist. So konnten in dieser Arbeit insbesondere Ansätze ausgearbeitet werden, um den inhaltlichen Aspekt der Konstruktvalidität im Hinblick auf das Kompetenzmodell mittels Expertenratings und den kognitiven Aspekt der Konstruktvalidität im Hinblick auf die Aufgabenklassifikation und das Kompetenzmodell mittels Methode des lauten Denkens (bzw. empirischer Aufgabenanalyse) zu überprüfen. Insgesamt kann die Arbeit durch die Entwicklung und Validierung eines prüfungsdidaktischen Rahmen für die grafische Modellierung einen Beitrag auf dem bislang noch wenig beforschten Gebiet der Prüfungspraxis in der Modellierungslehre leisten und damit den Fachdiskurs anregen.

Tabelle 6
Evidenzen für ausgewählte Validitätsaspekte als integriertes Validitätsargument

Grundannahmen	Evidenz für Validitätsaspekte
✓ Das Kompetenzmodell bildet das Konstrukt der grafischen Modellierungskompetenz theoriekonform und fachwissenschaftlich fundiert ab.	Die Grundannahme bezieht sich auf den <i>Inhalt</i> des Kompetenzmodells. Um den inhaltlichen Aspekt der Validität sicherzustellen, fußt das Modell auf bewährten Ansätzen und Theorien der Bildungsforschung zur Kompetenzmodellierung. Bei der strukturgebenden Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) handelt es sich um eine auch in informatikbezogenen Lehr- / Forschungskontexten vielfach genutztes Instrument (Masapanta-Carrión & Velázquez-Iturbide, 2018). Zudem wurden die für die grafische Modellierung relevanten Kompetenzdimensionen und -facetten aus informatischer Fachliteratur zur Absicherung ihrer Repräsentativität abgeleitet. Empirische Belege für die inhaltliche bzw. fachwissenschaftliche Angemessenheit des Kompetenzmodells konnten im Rahmen des Expert*innenratings (Studie 1) gesammelt werden.
✓ Das Kompetenzmodell ist auf das Curriculum abgestimmt und umfasst alle wesentlichen Wissens- und Fähigkeitsaspekte und Einstellungen, die für die hochschulische Ausbildung im Bereich der grafischen Modellierung relevant	Die Grundannahme bezieht sich auch auf den <i>Inhalt</i> des Kompetenzmodells. Um die Repräsentativität der Kompetenzdimensionen und -facetten curricular abzusichern, wurden exemplarische Modulbeschreibungen ausgewertet und relevant Kompetenzaspekte abgeleitet (Studie 1). Zudem konnte die Relevanz der

Diskussion

und im Studium entwickelt werden sollen.	identifizierten Kompetenzfacetten für das Studium sowie ihr Umfang bzw. die Vollständigkeit im Rahmen des Expert*innenratings bekräftigt aber auch optimiert werden.
✓ Die Kompetenzfacetten bilden die relevanten Prozesse, die bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben relevant sind, angemessen ab.	Diese Grundannahme bezieht sich auf die Repräsentativität der Kompetenzfacetten für die domänenrelevanten Prozesse. Durch die empirische Untersuchung von tatsächlichen Antwortprozessen bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben im Sinne einer empirischen Aufgabenanalyse mit der Methode des lauten Denkens (Studie 3) konnten neue Erkenntnisse über das Kompetenzkonstrukt erlangt werden und die Passung der Kompetenzfacetten zu den tatsächlichen Antwortprozessen überprüft werden. Auf Basis der Erkenntnisse wurde das Kompetenzmodell angepasst, um die <i>kognitive</i> und <i>inhaltliche</i> Güte zu optimieren.
✓ Das Kompetenzmodell ist geeignet für die Analyse und Planung kompetenzorientierter Prüfungsaufgaben und dem Einsatz in der Hochschullehre.	Diese Grundannahme zielt auf den <i>konsequentiellen</i> Aspekt der Validität ab, indem die Passung des Kompetenzmodells für die intendierte Nutzungsweise im Kontext des kompetenzorientierten Prüfens in der Hochschullehre sichergestellt und überprüft wird. Dies wurde in dieser Arbeit zum einen dadurch sichergestellt, dass für die Kompetenzmodellierung, genauer gesagt für die Struktur des Kompetenzmodells, ein auch in der (Wirtschafts-) Informatik bewährter Ansatz genutzt wurde (Studie 1). Zum anderen wurde das Kompetenzmodell im Rahmen der logischen Aufgabenanalyse (Studie 2) genutzt, um die Kompetenzorientierung der Aufgabentypen zu bestimmen, sodass gleichzeitig die Eignung für diese Nutzungsweise getestet werden konnte.
✓ Die Aufgabenklassifikation enthält alle wesentlichen Aufgabentypen, die für die grafische Modellierung relevant sind.	Diese Grundannahme bezieht sich auf den <i>Inhalt</i> der Aufgabenklassifikation. Um die Repräsentativität der Aufgabentypen curricular und fachdidaktisch abzusichern, wurden diese auf Basis einer Inhaltsanalyse von existierendem Aufgabenmaterial klassifiziert (Studie 2). Zudem wurde die Vollständigkeit überprüft und sichergestellt, indem die durch die Aufgabentypen adressierten Kompetenzfacetten in einem Soll-Ist-Abgleich mit den Kompetenzfacetten des Kompetenzmodells gegenübergestellt wurden.
✓ Die Aufgabentypen adressieren konstruktrelevante Kompetenzfacetten, d.h., zur Lösung der Aufgaben sind Kompetenzfacetten der grafischen Modellierung erforderlich. Konstrukt fremde Aspekte haben keinen Einfluss auf die Aufgabenlösung und die intendierte Interpretation.	Diese Grundannahme bezieht sich auf Antwortprozesse und somit auf den <i>kognitiven</i> Aspekt der Validität. Die Antwortprozesse wurden in dieser Arbeit mit der Methode des lauten Denkens analysiert (Studie 3). Dabei wurden die in der Aufgabenklassifikation postulierten Kompetenzfacetten mit den Laut-Denk-Protokollen und somit mit den tatsächlich adressierten Kompetenzfacetten verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass die Modellierungsaufgaben von Studierenden der (Wirtschafts-) Informatik nur durch die Anwendung der Kompetenzfacetten der grafischen Modellierung gelöst werden können.

- ✓ Die Aufgabenklassifikation ist geeignet für die Entwicklung und Auswertung von kompetenzorientierten Prüfungsaufgaben verschiedener Fachgebiete der Modellierung und Modellierungssprachen.
- Diese Grundannahme bezieht sich auf den *konsequentiellen Aspekt* der Validität, indem die Passung der Aufgabenklassifikation für die intendierte Nutzungsweise sichergestellt und überprüft wird. Die kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation soll als Grundlage für die Entwicklung und kompetenzorientierte Auswertung von Modellierungsaufgaben mit Bezug zu unterschiedlichen Fachgebieten der Modellierung (z. B. Datenbank- oder Softwareentwurf) oder Modellierungssprachen dienen. Der generische Charakter der Aufgabentypen wurde zum einen dadurch sichergestellt, dass die Klassifikation der Aufgabentypen bereits auf Basis eines heterogenen Aufgabenmaterials entwickelt und von den jeweiligen aufgabenspezifischen Aspekten abstrahiert wurde (Studie 2). Darüber hinaus wurden im Rahmen der empirischen Aufgabenanalyse zu den untersuchten Aufgabentypen jeweils zwei Aufgaben, die sich auf die Anwendung unterschiedlicher Modellierungssprachen (UML und Petri-Netze) sowie unterschiedliche Fachgebiete der Modellierung (z. B. Geschäftsprozesse und Datenbankentwurf) beziehen, entwickelt und hinsichtlich der adressierten Kompetenzfacetten analysiert (Studie 3). Es konnte gezeigt werden, dass die beiden unterschiedlichen Aufgaben eines Aufgabentyps jeweils dieselben Kompetenzfacetten adressieren und kompetenzorientiert auswertbar sind.
-

6.2 Stärken und Limitationen der Arbeit

Die Stärken dieser Arbeit beziehen sich insbesondere auf die Kombination von verschiedenen Ansätzen der Kompetenzmodellierung mit Strategien der Validierung. Zur Entwicklung des Kompetenzmodells wurden deduktive und normativ-orientierte Verfahren eingesetzt, sodass das Kompetenzmodell auf einer fundierten theoretischen Basis und curricular festgelegten Kompetenzzielen für die Modellierung fußt. Zudem wurde die inhaltliche Güte des Kompetenzmodells durch Expert*innen verschiedener Fachgebiete der Modellierung sowie aus der Hochschul- und Unternehmenspraxis beurteilt und im Rahmen der empirischen Aufgabenanalyse anhand von Antwortprozessen validiert. Auf diese Weise konnte neben der fachwissenschaftlichen bzw. hochschulischen auch die berufspraktische Perspektive in Ansätzen im Modellierungsprozess berücksichtigt werden. Ergänzend hätten in dieser Arbeit induktive Verfahren, wie z. B. Interviews mit Personen aus der Unternehmenspraxis mittels Critical Incident Technique, eingesetzt werden können, um die berufspraktische Perspektive stärker in den Blick zu nehmen und die Relevanz der normativ abgeleiteten Kompetenzziele empirisch zu überprüfen.

Durch die konsequente Integration von Validierungsmaßnahmen im Entwicklungsprozess konnte die Voraussetzung für eine angemessene Nutzungsweise des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation geschaffen werden. Diese Maßnahmen beziehen sich auf inhaltliche, kognitive und in Ansätzen konsequentielle Aspekte der Validität, um in erster Linie die Repräsentativität der identifizierten Kompetenzdimensionen und -facetten sowie der Aufgabentypen und die damit verbundenen Antwortprozesse für die Domäne der grafischen Modellierung sicherzustellen. Um das Validitätsargument weiter zu stärken, müssten ergänzende Untersuchungen in Bezug auf die bisher nicht bzw. weniger berücksichtigten Validitätsaspekte durchgeführt werden. So fehlen beispielsweise in Bezug auf die konsequentielle Validität Nachweise, dass das Kompetenzmodell und die Aufgabenklassifikation die kompetenzorientierte Planung und Konzeption der Übungs- und Prüfungspraxis unterstützt und der Einsatz entsprechender Prüfungen aufgrund ihrer Steuerungsfunktion sowie des Einsatzes von kompetenzbasiertem Feedback eine lernförderliche Wirkung zeigt. Für eine valide Bewertung der kompetenzorientierten Aufgaben ist es hinsichtlich des strukturellen Aspekts zudem erforderlich, die Dimensionalität des Kompetenzkonstrukt sowie das Zusammenspiel der bei der Lösung der Aufgabentypen für die grafische Modellierung beteiligten Kompetenzfacetten empirisch zu untersuchen und zu überprüfen.

In den Studien dieser Dissertation wurden die qualitative, strukturierende Inhaltsanalyse als zentrale Forschungsmethode eingesetzt, welche eine kategoriengeleitete Auswertung des Analysematerials erlaubt. Um die Reliabilität der Auswertung und die Qualität des entwickelten Kodierleitfadens zu überprüfen und sicherzustellen, wurden jeweils Inter- und Intrarater-Checks durchgeführt. Profitiert hat die Arbeit zudem von dem interdisziplinären Diskurs mit wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen aus dem Bereich der (Wirtschafts-) Informatik im Zuge der Entwicklung des Kategoriensystems, um die fachwissenschaftliche Angemessenheit sicherzustellen. Dennoch sind qualitative Verfahren immer beeinflusst von Vorstellungen und Interpretationen des Forschungsteams.

Es sei ferner darauf hingewiesen, dass im Rahmen der Analyse der Modulbeschreibungen (Studie 1) und des Aufgabenmaterials (Studie 2) auf eine eingeschränkte Auswahl an exemplarischen Dokumenten von drei deutschen Hochschulen zurückgegriffen wurde. Diese Gelegenheitsstichproben können in ihrer Repräsentativität und Generalisierbarkeit eingeschränkt sein, da sie möglicherweise nicht die Vielfalt der an deutschen Hochschulen verfolgten Lernergebnisse und eingesetzten Übungs- und Prüfungsmaterialien abbildet. Zudem wurde dadurch lediglich die deutsche Lehr- und Prüfungspraxis berücksichtigt, welche ggf. nicht ohne Weiteres

auf den internationalen Kontext übertragbar ist. Dennoch zeigen sich in den identifizierten Kompetenzfacetten und Aufgabentypen Parallelen zu anderen, teilweise auch internationalen Lernziel- bzw. Aufgabenanalysen (z. B. Bogdanova & Snoeck, 2017; Brinda, 2004) und Standards (z. B. ACM/IEEE-CS, 2022), sodass eine gewisse Repräsentativität angenommen werden kann.

6.3 Implikationen

6.3.1 Implikationen für weitere Forschung

Die im Rahmen der Dissertation durchgeführten Studien zur Entwicklung und Validierung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation für die grafische Modellierung leisten bereits einen wichtigen Beitrag mit Blick auf das valide, kompetenzorientierte Prüfen im Bereich der grafischen Modellierung, bieten aber gleichzeitig Ansatzpunkte für weitere Forschung. Zum einen wurde in dieser Arbeit ein Kompetenzstrukturmodell und eine kompetenzorientierte Aufgabenklassifikation entwickelt, welche eine gezielte Auswahl an Aufgabentypen entsprechend der intendierten Kompetenzfacetten zulassen. Um die Prüfungsaufgaben besser an den Lernstand der Studierenden anpassen und die Komplexität der Aufgaben schrittweise und gezielt steigern zu können, lohnt sich die Weiterentwicklung des Kompetenzmodells hin zu einem Kompetenzniveaumodell. So wäre beispielsweise eine Modellierung von Niveaustufen auf Basis von schwierigkeitsbestimmenden Charakteristika denkbar (vgl. Hartig, 2007). Erste Überlegungen und Ansätze bezüglich schwierigkeitsbestimmender Faktoren von Modellierungsaufgaben sind bereits vorhanden, wie z. B. der Umfang an verschiedenen Modellierungskonzepten oder Typen von Modellierungselementen (vgl. Bogdanova & Snoeck, 2019), Verfügbarkeit von relevanten Informationen sowie Anzahl, Komplexität und Vernetzung der relevanten Aspekte des modellierten bzw. zu modellierenden Szenarios (vgl. Brinda, 2004). Zur Modellierung der Niveaustufen würde sich zunächst ein deduktives (d.h. theoriegeleitetes und literaturgestütztes) Vorgehen in Kombination mit qualitativen Befragungen von Lehrenden und Studierenden anbieten. Nach einer Übersetzung der a priori in verallgemeinerter Form beschriebenen Kompetenzniveaus in spezifische Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad können diese einer empirischen Überprüfung bzw. Validierung (z. B. mittels linearen Regressionsanalysen (vgl. Hartig, 2007)) unterzogen werden.

Die empirische Aufgabenanalyse mittels Methode des lauten Denkens lieferte empirische Belege dafür, welche Kompetenzfacetten bei der Lösung von Modellierungsaufgaben involviert

sind. Es zeigt sich jedoch, dass nicht alle Kompetenzfacetten eindeutig auf Basis der Aufgabenlösung beurteilt werden können, sondern nur im Prozess der Aufgabenbearbeitung evident werden. Dies betrifft insbesondere fachübergreifende Kompetenzfacetten, wie metakognitive, motivationale und einstellungsbezogene Aspekte, deren Relevanz für die erfolgreiche Bearbeitung der verschiedenen Aufgabentypen nicht hinreichend geklärt werden konnte. Um eindeutigere Aussagen über das Zusammenwirken der verschiedenen Kompetenzdimensionen und -facetten treffen zu können, sind weitere empirische Arbeiten in Bezug auf die Struktur des multidimensionalen Kompetenzkonstrukts erforderlich.

Im Rahmen dieser Dissertation wurden die Antwortprozesse hinsichtlich der durch die Aufgabentypen adressierten Kompetenzfacetten untersucht. Lohnenswert erscheint darüber hinaus eine computergestützte Untersuchung der Antwortprozesse – insbesondere bei der digitalen Bearbeitung von komplexen „Modell erstellen“-Aufgaben bzw. Fallstudien über einen längeren Zeitraum – hinsichtlich erfolgreicher Strategien und Prozesse der Problemlösung, was zur Verfeinerung des Kompetenzmodells in Bezug auf metakognitive Kompetenzfacetten führen könnte.

Wie im vorherigen Kapitel angedeutet, sind darüber hinaus weitere Untersuchungen zur Validierung denkbar. Eine Nutzungsweise des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation kann in der Entwicklung kompetenzorientierter Bewertungsschemata liegen, welche wiederum die Grundlage für kriteriengeleitetes, informatives Feedback sein können. Es wird angenommen, dass Feedbacknachrichten, die sich inhaltlich auf die durch die Aufgabe adressierten Kompetenzfacetten beziehen, lernförderlicher sind, als kein Feedback bzw. korrigierendes Feedback (d.h. Kennzeichnen von Fehlern). Denn wie die Metastudie von Wisniewski et al. (2020) zeigt, ist Feedback umso effektiver, je mehr Informationen es enthält. Derartiges Feedback liefert Lernenden Informationen, die ihnen nicht nur helfen zu verstehen, welche Fehler sie gemacht haben, sondern auch, warum sie diese Fehler gemacht haben und was sie tun können, um sie beim nächsten Mal zu vermeiden (Wisniewski et al., 2020). Um im Sinne der konsequentiellen Validierung zu überprüfen, ob das Kompetenzmodell auch in dieser möglichen Anwendungsweise hinreichend valide ist, müsste geprüft werden, welchen Effekt kompetenzorientiertes Feedback auf den Lernprozess und somit auf den weiteren Kompetenzerwerb der Studierenden hat. Um die leistungsbezogenen Effekte des Feedbacks zu untersuchen, eignet sich eine Studie im Experimental-/Kontrollgruppendesign. Als Indikator für die externe Validität könnte im Rahmen der Studie zusätzlich die Durchschnittsnote im Studium erfragt werden,

um die externe Validität, also den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Prüfungsleistung mit dem Ergebnis bzw. der Leistung in dem Modellierungstest zu prüfen.

6.3.2 Praktische Implikationen

Ziel der Dissertation war, mit dem Kompetenzmodell und der kompetenzorientierten Aufgabenklassifikation einen didaktischen Rahmen als Orientierungshilfe für Hochschullehrende für die Entwicklung und Gestaltung einer kompetenzbasierten Prüfungspraxis auf dem Gebiet der grafischen Modellierung zu schaffen. Dieser kann als Basis für die Lehr- und Prüfungsplanung, die Konzeption von Prüfungsaufgaben und Entwicklung von kompetenzorientierten Bewertungskriterien dienen. Durch die umfassende und detaillierte Beschreibung der Kompetenzfacetten in den verschiedenen Inhaltenbereichen können Lehrende für oftmals unberücksichtigte Kompetenzaspekte (z. B. das Analysieren, Bewerten und Interpretieren bestehender Modelle) sensibilisiert und zur Reflexion und Überprüfung der Kompetenzorientierung der eigenen Prüfungspraxis angeregt werden. Die Klassifikation von Aufgabentypen zur Prüfung der Kompetenzfacetten soll die gezielte Auswahl von Aufgabentypen und Konstruktion von Prüfungsaufgaben im Sinne des „Constructive Alignments“ und damit eine ganzheitlichere und weniger einseitig auf die Modellbildung ausgerichtete Prüfung relevanter Kompetenzaspekte unterstützen. Sie bietet Hinweise auf mögliche Variationen der Aufgaben, um bestimmte Kompetenzfacetten gezielt zu adressieren und überprüfbar zu machen. Durch die Verknüpfung der Aufgabentypen mit exemplarischen Aufgabenstellungen soll die Anwendung der Aufgabenklassifikation für Lehrende vereinfacht werden.³

Da die Hochschullehre jedoch sehr von den persönlichen Erfahrungen und Handlungsweisen der einzelnen Lehrperson abhängt (Volk, 2020), ist eine flächendeckende Implementation der durch diese Arbeit generierten Empfehlungen zur Optimierung der Kompetenzorientierung in der Modellierungslehre an deutschen Hochschule kritisch zu sehen. Um ein entsprechendes Bewusstsein zu schaffen und Empfehlungen für die Prüfungspraxis zu verbreiten, müssten diese beispielsweise in fachdidaktischen Lehrbüchern durch Ergänzung exemplarischer Übungsaufgaben verankert werden. Zudem müsste die Teilnahme von Lehrpersonen an hochschuldidaktischen Workshops stärker forciert werden, um entsprechende Lehrkompetenzen aufzubauen sowie die Relevanz und den Nutzen einer kompetenzorientierten Hochschullehre

³ Anregungen für die Anwendung des Kompetenzmodells und der Aufgabenklassifikation in der Modellierungslehre werden in Soyka, Schaper, Ullrich et al. (2022) gegeben.

Diskussion

zu verdeutlichen (vgl. Schaper, 2012). Gleichzeitig wurde deutlich, dass die intendierten Lernergebnisse in Bezug zur (grafischen) Modellierung in Modul- und Vorlesungsbeschreibungen teilweise sehr abstrakt und unspezifisch formuliert und Kompetenzfacetten in Bezug zu fachübergreifenden Fähigkeiten vernachlässigt werden. Es empfiehlt sich daher, das Kompetenzmodell für die grafische Modellierung im Rahmen von Prozessen der Curriculumsentwicklung und Veranstaltungsplanung als Basis für die Diskussion um modulrelevante Lernergebnisse und zur Ableitung von Learning Outcomes zu nutzen. Auf Lehrveranstaltungsebene wird eine stärkere Integration von Aufgabentypen des Inhaltsbereichs „Modellverstehen und -interpretieren“ sowie Aufgaben zur Förderung fachübergreifender Kompetenzen empfohlen. Erstes wird insbesondere für den Übungsbetrieb als unkritisch gesehen, da Modellverstehen-Aufgaben als schriftliche und / oder digitale Übungs- und Prüfungsaufgaben umgesetzt werden können. Der Einsatz von Methoden und Aufgabentypen zur Förderung und Prüfung fachübergreifender Kompetenzen ist jedoch mit Mehraufwand verbunden, der ggf. zusätzliche personelle Ressourcen durch einen höheren bzw. individuelleren Betreuungsaufwand bindet.

Förderhinweis

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16DHB3025 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Literaturverzeichnis

- ACM/IEEE-CS. 2021. *Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education*. ACM, New York. <https://doi.org/10.1145/3467967>
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Aubertin, I., Houy, C., Fettke, P. & Loos, P. (2012). *Stand der Lehrbuchliteratur zum Geschäftsprozessmanagement: Eine quantitative Analyse* (Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi) Nr. 194). Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz.
- Bachmann, H. (2018). Higher education teaching redefined – the shift from teaching to learning. In H. Bachmann (Hrsg.), *Competence Oriented Teaching and Learning in Higher Education: Essentials* (1. Aufl., S. 14–40). hep.
- Beauchamp, M. R. & McEwan, D. (2017). Response Processes and Measurement Validity in Health Psychology. In B. D. Zumbo & A. M. Hubley (Hrsg.), *Understanding and Investigating Response Processes in Validation Research* (S. 13–30). Springer.
- Becker, J., Rosemann, M., & Schütte, R. (1995). Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. *Wirtschaftsinformatik*, 37(5), 435–445.
- Bender, E. (2016). *Modellierung und Dimensionierung der professionellen Überzeugungen und motivationalen Orientierungen als Aspekte professioneller Kompetenz von Informatiklehrkräften* [Dissertation]. Universität Paderborn, Paderborn.
- Bender, E., Hubwieser, P., Schaper, N., Margaritis, M., Berges, M., Ohrndorf, L., Magenheim, J. & Schubert, S. (2015). Towards a competency model for teaching computer science. *Peabody Journal of Education*, 90(4), 519–532. <https://doi.org/10.1080/0161956X.2015.1068082>
- Bergin, S., Reilly, R. & Traynor, D. (2005). Examining the Role of Self-Regulated Learning on Introductory Programming Performance. In *Proceedings of the first international workshop on Computing education research* (S. 81–86). Association for Computing Machinery (ACM).

- Biggs, J. B. & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does.* (4. Aufl.). Open University Press.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: The cognitive domain.* Longmans.
- Bogdanova, D. & Snoeck, M. (2017). Domain Modelling in Bloom: Deciphering How We Teach It. In G. Poels, F. Gailly, E. Serral Asensio & M. Snoeck (Hrsg.), *Lecture Notes in Business Information Processing. The Practice of Enterprise Modeling* (Bd. 305, S. 3–17). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70241-4_1
- Bogdanova, D. & Snoeck, M. (2019). CaMeLOT: An educational framework for conceptual data modeling. *Information and software technology*, 110, 92–107.
- Bonner, S. (2013). Validity in Classroom Assessment: Purposes, Properties, and Principles. In J. H. McMillan (Hrsg.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (S. 87–106). SAGE.
- Bork, D. (2019). A framework for teaching conceptual modeling and metamodeling based on Bloom's revised taxonomy of educational objectives. In *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.*
- Bork, D., Ali, S. J. & Roelens, B. (2023). Conceptual modeling and artificial intelligence: A systematic mapping study. Arxiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.06758>
- Borner, L., Paech, B. & Rückert, J. (2006). Vom Modellverstehen zum Modellerstellen. In J. Desel & M. Glinz (Hrsg.), *Modellierung in Lehre und Weiterbildung: Technischer Bericht ifl-2006.03* (S. 7–15): Universität Zürich.

- Brandsteidl, M., Seidl, M. & Kappel, G. (2009). Teaching Models @ BIG: On Efficiently Assessing Modeling Concepts. *5th Educators' Symposium @ MODELS 2009*.
- Brinda, T. (2004a). Didaktisches System für objektorientiertes Modellieren im Informatikunterricht der Sekundarstufe II [Dissertation]. Universität Siegen.
- Brinda, T. & Ortmann, T. (2002). Fallstudien zur unterrichtlichen Einbettung spezieller Aufgabenklassen. In *Forschungsbeiträge zur „Didaktik der Informatik“ - Theorie, Praxis, Evaluation* (S. 13–22). Gesellschaft für Informatik e.V.
- Brookhart, S. M. & McMillan, J. H. (2020). Introduction. In S. M. Brookhart & J. H. McMillan (Hrsg.), *Classroom assessment and educational measurement* (S. 1–7). Routledge Taylor & Francis Group.
- Brooks, R. J. (2007). *Conceptual modelling: framework, principles, and future research*. Working Paper (The LUMS Working Papers series). Lancaster, UK. Lancaster University Management School.
- Carless, D. (2007). Learning-oriented assessment: conceptual bases and practical implications. *Innovations in Education and Teaching International*, 44, 57–66.
- Chapelle, C. A., Cotos, E. & Lee, J. (2015). Validity arguments for diagnostic assessment using automated writing evaluation. *Language Testing*, 32(3), 385–405.
<https://doi.org/10.1177/0265532214565386>
- Cronbach, L. J. (1971). Test validation. In R. L. Thorndike (Hrsg.), *Educational measurement* (2 Aufl., S. 443–507). American Council on Education.
- Desel, J. (2008). Modellieren lernen über Formalisieren von Ablaufbeschreibungen. In J. Desel & M. Glinz (Hrsg.), *Modellierung in Lehre und Weiterbildung: Technischer Bericht ifi-2008.04* (S. 37–46).
- Desel, J. (2020). Modellieren lehren - Lehren modellieren. *Joint Proceedings of Modellierung*, 58–62.

- Earl, L. & Katz, S. (2006). *Rethinking Classroom Assessment with Purpose in Mind: Assessment for Learning. Assessment as Learning, Assessment of Learning*. Manitoba Education.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1984). *Protocol analysis: verbal reports as data*. Bradford books. The MIT Press.
- Ercikan, K. & Pellegrino, J. W. (Hrsg.). (2017a). *Validation of Score Meaning for the Next Generation of Assessments: The Use of Response Processes*. Routledge.
- Ercikan, K. & Pellegrino, J. W. (2017). Validation of Score Meaning Using Examinee Response Processes for the Next Generation of Assessments. In K. Ercikan & J. W. Pellegrino (Hrsg.), *Validation of Score Meaning for the Next Generation of Assessments: The Use of Response Processes* (S. 1–8). Routledge.
- Falkner, K., Vivian, R. & Falkner, N. J.G. (2014). Identifying computer science self-regulated learning strategies. In Å. Cajander, M. Daniels, T. Clear & A. Pears (Hrsg.), *Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education - ITiCSE '14* (S. 291–296). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2591708.2591715>
- Fettke, P. (2009). How Conceptual Modeling Is Used. *Communications of the Association for Information Systems*, 25, 571–592.
- Figas, P. & Hagel, G. (2016). Merkmale hochschuldidaktischer Lernaufgaben aus Studierendensicht. In S. Keller & C. Reintjes (Hrsg.), *Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz: Didaktische Herausforderungen, wissenschaftliche Zugänge und empirische Befunde* (1. Aufl., S. 417–427). Waxmann.
- Fitzpatrick, R. & Morrison, E. J. (1971). Performance and Product Evaluation. In R. L. Thorndike (Hrsg.), *Educational measurement* (2. Aufl., S. 237–270). American Council on Education.
- Fleischer, J., Koeppen, K., Kenk, M., Klieme, E. & Leutner, D. (2013). Kompetenzmodellierung: Struktur, Konzepte und Forschungszugänge des DFG-Schwerpunktprogramms. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(5), 5–22. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0379-z>

- Fox, M. C., Ericsson, K. A. & Best, R. (2011). Do procedures for verbal reporting of thinking have to be reactive? A meta-analysis and recommendations for best reporting methods. *Psychological bulletin, 137*(2), 316. <https://doi.org/10.1037/a0021663>
- Frank, U. (2016). Konzeptuelle Modellierung: Obsoleter Kostentreiber oder zentraler Erfolgsfaktor der digitalen Transformation? In T. Benker, C. Jürck & M. Wolf (Hrsg.), *Geschäftsprozess-orientierte Systementwicklung* (S. 33–49). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-14826-3_4
- Frederiks, P. J. M., & van der Weide, T. P. (2006). Information modeling: The process and the required competencies of its participants. *Data & Knowledge Engineering, 58*(1), 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2005.05.007>
- Fuller, U. & Keim, B. (2007). Should we assess our students' attitudes? In *Proceedings of the Seventh Baltic Sea Conference on Computing Education Research*.
- Fuller, U. & Keim, B. (2008). Assessing students' practice of professional values. *ACM SIGCSE Bulletin, 40*(3), 88–92.
- Fuller, U., Little, J. C., Keim, B., Riedesel, C., Fitch, D. & White, S. (2010). Perspectives on developing and assessing professional values in computing. *ACM SIGCSE Bulletin, 41*(4), 174–194.
- Gesellschaft für Informatik e.V. (2016). *Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen*. GI.
- Gierl, M. J. & Leighton, J. P. (2006). 34C Linking Cognitively-Based Models and Psychometric Methods. In C. R. Rao & S. Sinharay (Hrsg.), *Handbook of Statistics. Psychometrics* (Bd. 26, S. 1103–1106). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0169-7161\(06\)26042-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7161(06)26042-5)
- Glinz, M. (2008). Modellierung in der Lehre an Hochschulen: Thesen und Erfahrungen. *Informik-Spektrum, 31*(5), 425–434. <https://doi.org/10.1007/s00287-008-0273-x>

- Hamann, D., Gibcke, C., Sandkuhl, K., & Lantow, B. (2020). Zur Modellierungsausbildung in der Informatik: Auswertung von Modellierungsaufgaben im Zeitraum 2011 bis 2019. *Joint Proceedings of Modellierung 2020 Short*, 31–39.
- Hartig, J. (2007). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In E. Klieme & B. Beck (Hrsg.), *Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung: DESI-Studie (Deutsch Englisch Schülerleistungen International)* (S. 83–99). Beltz. <https://doi.org/10.25656/01:3143>
- Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2020). Validität von Testwertinterpretationen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 529–545). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4_21
- Hering, W., Huppertz, H., Krämer, B., Magenheim, J., Neugebauer, J. & Schreier, S. (2014). On Benefits of Interactive Online Learning in Higher Distance Education: Case Study in the Context of Programming Education. In M. Marquand, S. White & M. A. Lakhani (Hrsg.), *Proceedings of the IAR-IA EL&ML 2014* (S. 57–62). IARIA.
- Hrabal, M., Tucek, D., Molnár, V., & Fedorko, G. (2020). Human factor in business process management: Modeling competencies of BPM roles. *Business Process Management Journal*, 27(1), 275–305.
- IEEE-CS. (2014). *Software Engineering Competency Model Version 1.0 SWECOM: A Project of the IEEE Computer Society*. IEEE.
- Kane, M. T. (2013). Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. *Journal of Educational Measurement*, 50(1), 1–73.
- Kane, M. T. (2021). Articulating a validity argument. In G. Fulcher & L. Harding (Hrsg.), *The Routledge Handbook of Language Testing* (S. 32–47). Routledge.
- Kane, M. T. & Bridgeman, B. (2021). The evolution of the concept of validity. In B. E. Clauser & M. B. Bunch (Hrsg.), *The History of Educational Measurement: Key Advancements in Theory, Policy, and Practice* (S. 181–205). Routledge.

- Kane, M. T. & Mislevy, R. (2017). Validating Score Interpretations Based on Response Processes. In K. Ercikan & J. W. Pellegrino (Hrsg.), *Validation of Score Meaning for the Next Generation of Assessments: The Use of Response Processes* (S. 11–25). Routledge.
- Kane, M. T. & Wools, S. (2020). Perspectives on the Validity of Classroom Assessments. In S. M. Brookhart & J. H. McMillan (Hrsg.), *Classroom assessment and educational measurement* (S. 11–26). Routledge Taylor & Francis Group.
- Kleinknecht, M. (2011). Was ist eine gute Aufgabe? Analyse und Weiterentwicklung der unterrichtlichen Aufgabenkultur. *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*, 18, 23–32.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards: eine Expertise*. BMBF.
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik*, 56(6), 10–13.
- Klieme, E. & Hartig, J. (2007). Kompetenzkonzepte in den Sozialwissenschaften und im empirischen Diskurs. *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft*, 8, 11–29.
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 876–903.
<https://doi.org/10.25656/01:4493>
- Klieme, E., Maag-Merki, K. & Hartig, J. (2007). Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), *Bildungsforschung: Bd. 2. Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik: Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung* (S. 5–15). BMBF.

- Köller, O., Hasselhorn, M., Hesse, F. W., Maaz, K., Schrader, J., Solga, H., Spieß, C. K. & Zimmer, K. (2019). *Das Bildungswesen in Deutschland* (1. Aufl.). Verlag Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.36198/9783838547855>
- Koeppen, K., Hartig, J., Klieme, E. & Leutner, D. (2008). Current Issues in Competence Modeling and Assessment. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, 216(2), 61–73. <https://doi.org/10.1027/0044-3409.216.2.61>
- Koubek, J. (2008). Software-Modellierung und Ethik. In J. Desel & M. Glinz (Hrsg.), *Modellierung in Lehre und Weiterbildung: Technischer Bericht ifi-2008.04* (S. 17–26). Zürich.
- Kuhn, C., Zlatkin-Troitschanskaia, O., Pant, H. A., & Hannover, B. (2016). Valide Erfassung der Kompetenzen von Studierenden in der Hochschulbildung. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 19(2), 275–298. <https://doi.org/10.1007/s11618-016-0673-7>
- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland] (Hrsg.). (2004). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-BS-Deutsch-MS.pdf
- Leighton, J. P. (2004). Avoiding Misconception, Misuse, and Missed Opportunities: The Collection of Verbal Reports in Educational Achievement Testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 23(4), 6–15. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.2004.tb00164.x>
- Leighton, J. P. (2017). *Using Think-Aloud Interviews and Cognitive Labs in Educational Research*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199372904.001.0001>
- Leighton, J. P. (2021). Rethinking Think-Alouds: The Often-Problematic Collection of Response Process Data. *Applied Measurement in Education*, 34(1), 61–74. <https://doi.org/10.1080/08957347.2020.1835911>
- Leighton, J. P. & Gierl, M. J. (2007). Defining and Evaluating Models of Cognition Used in Educational Measurement to Make Inferences About Examinees' Thinking Processes. *Educational*

Measurement: Issues and Practice, 26(2), 3–16. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.2007.00090.x>

Leuders, T. (2014). Modellierungen mathematischer Kompetenzen: Kriterien für eine Validitätsprüfung aus fachdidaktischer Sicht. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 35(1), 7–48. <https://doi.org/10.1007/s13138-013-0060-3>

Leuders, T., Bruder, R., Kroehne, U., Naccarella, D., Nitsch, R., Henning-Kahmann, J., Kelava, A. & Wirtz, M. (2017). Development, Validation, and Application of a Competence Model for Mathematical Problem Solving by Using and Translating Representations of Functions. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Competence Assessment in Education: Research, Models and Instruments* (S. 389–406). Springer.

Leutner, D., Fleischer, J., Grünkorn, J. & Klieme, E. (2017). Competence Assessment in Education: An Introduction. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Competence Assessment in Education: Research, Models and Instruments* (S. 1–8). Springer.

Lindland, O. I., Sindre, G., & Solvberg, A. (1994). Understanding quality in conceptual modeling. *IEEE Software*, 11(2), 42–49. <https://doi.org/10.1109/52.268955>

Linck, B., Ohrndorf, L., Schubert, S., Stechert, P., Magenheim, J., Nelles, W., Neugebauer, J., & Schaper, N. (2013). Competence model for informatics modelling and system comprehension. In *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.

Loksa, D., Margulieux, L., Becker, B. A., Craig, M., Denny, P., Pettit, R. & Prather, J. (2022). Metacognition and Self-Regulation in Programming Education: Theories and Exemplars of Use. *ACM Transactions on Computing Education*, 22(4), 1–31. <https://doi.org/10.1145/3487050>

Magenheim, J., Schubert, S. & Schaper, N. (2015). Modelling and Measurement of Competencies in Computer Science Education. In T. Brinda, N. Reynolds, R. Romeike & A. Schwill (Hrsg.),

KEYCIT 2014: *Key Competencies in Informatics and ICT* (S. 33–57). Universitätsverlag Potsdam.

Maier, U., Bohl, T., Drüke-Noe, C., Hoppe, H., Kleinknecht, M. & Metz, K. (2014). Das kognitive Anforderungsniveau von Aufgaben analysieren und modifizieren können: Eine wichtige Fähigkeit von Lehrkräften bei der Planung eines kompetenzorientierten Unterrichts. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32(3), 340–358.

Masapanta-Carrión, S. & Velázquez-Iturbide, J. Á. (2018). A Systematic Review of the Use of Bloom's Taxonomy in Computer Science Education. In T. Barnes, D. Garcia, E. K. Hawthorne & M. A. Pérez-Quiñones (Hrsg.), *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (S. 441–446). ACM. <https://doi.org/10.1145/3159450.3159491>

Mayr, H. C., & Thalheim, B. (2021). The triptych of conceptual modeling. *Software and Systems Modeling*, 20(1), 7–24. <https://doi.org/10.1007/s10270-020-00836-z>

Mayring, P. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 1–17). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18387-5_52-2

Mayring, P. (2020). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 1–17). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18387-5_52-2

Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz.

Messick, S. (1989a). Meaning and values in test validation: The science and ethics of assessment. *Educational researcher*, 18(2), 5–11.

Messick, S. (1989b). Validity. In R. L. Linn (Hrsg.), *Educational measurement* (S. 13–103). American Council on Education and Macmillan.

- Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment: Validation of Inferences From Persons' Responses and Performances as Scientific Inquiry Into Score Meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741–749.
- Metzger, C. & Nüesch, C. (2004). *Fair prüfen: ein Qualitätsleitfaden für Prüfende an Hochschulen. Hochschuldidaktische Schriften: Bd. 6.* Institut für Wirtschaftspädagogik der Universität St. Gallen.
- Nelson, H. J., Poels, G., Genero, M. & Piattini, M. (2012). A conceptual modeling quality framework. *Software Quality Journal*, 20(1), 201–228. <https://doi.org/10.1007/s11219-011-9136-9>
- Parchmann, I. & Bernholt, S. (2016). Aufgaben als Brücken zwischen Lebenswelt und Fachunterricht. In S. Keller & C. Reintjes (Hrsg.), *Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz: Didaktische Herausforderungen, wissenschaftliche Zugänge und empirische Befunde* (1. Aufl.). Waxmann.
- Prather, J., Becker, B. A., Craig, M., Denny, P., Loksa, D. & Margulieux, L. (08102020). What Do We Think We Think We Are Doing? In A. Robins, A. Moskal, A. J. Ko & R. McCauley (Hrsg.), *Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research* (S. 2–13). ACM. <https://doi.org/10.1145/3372782.3406263>
- Ramalingam, V., LaBelle, D. & Wiedenbeck, S. (2004). Self-Efficacy and Mental Models in Learning to Program. In R. Boyle (Hrsg.), *ACM Conferences, Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education* (S. 171–175). ACM.
- Recker, J., & Rosemann, M. (2009). Teaching Business Process Modelling: Experiences and Recommendations. *Communications of the Association for Information Systems*, 25, 379–394. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02532>
- Renkel, A. (2020). Wissenserwerb. In: E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 3-24). Springer.

- Roediger, H. L., Putnam, A. L., & Smith, M. A. (2011). Ten benefits of testing and their applications to educational practice. In J. Mestre & B. Ross (Hrsg.), *Psychology of learning and motivation: Cognition in education* (S. 1–36). Elsevier.
- Romeike, R. (2010). Output statt Input – Zur Kompetenzformulierung in der Hochschullehre Informatik. *Tagungsband der HDI2010, 4*, 35–46.
- Rosenthal, K., Ternes, B. & Strecker, S. (2019). Learning conceptual modeling: Structuring overview, research themes and paths for the future research. In *Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Stockholm & Uppsala, Schweden.
- Ryan, S. D., Bordoloi, B. & Harrison, D. A. (2000). Acquiring Conceptual Data Modeling Skills: The Effect of Cooperative Learning and Self-Efficacy on Learning Outcomes. *ACM SIGMIS Database: The DATA BASE for Advances in Information Systems, 31*(4), 9–24.
- Schaper, N. (2009). Aufgabenfelder und Perspektiven bei der Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 2*(1), 166–199.
- Schaper, N. (2012). *Fachgutachten zur Kompetenzorientierung in Studium und Lehre*. Hochschulrektorenkonferenz - nexus. http://www.hrk-nexus.de/uploads/media/Fachgutachten_Kompetenzorientierung.pdf
- Schaper, N., Hilkenmeier, F. & Bender, E. (2013). *Umsetzungshilfen für kompetenzorientiertes Prüfen: HRK-Zusatzgutachten*. Hochschulrektorenkonferenz - nexus.
- Schaper, N. (2014). Validitätsaspekte von Kompetenzmodellen und -tests für hochschulische Kompetenzdomänen. In F. Musekamp & G. Spöttl (Hrsg.), *Kompetenz im Studium und in der Arbeitswelt: Nationale und internationale Ansätze zur Erfassung von Ingenieurkompetenzen* (S. 21–48). Peter Lang.
- Schaper, N. (2021). Prüfen in der Hochschullehre. In R. Kordts-Freudinger, N. Schaper, A. Scholkmann & B. Szczyrba (Hrsg.), *Handbuch Hochschuldidaktik* (S. 87–101). wbv.

- Schindler, C. J. (2015). *Herausforderung Prüfen: Eine fallbasierte Untersuchung der Prüfungspraxis von Hochschullehrenden im Rahmen eines Qualitätsentwicklungsprogramms* [Dissertation]. Technische Universität München, München. <http://d-nb.info/1079001778/34>
- Schlomske-Bodenstein, N., Strasser, A., Schindler, C. & Schulz, F. (n. d.). *Handreichungen zum kompetenzorientierten Prüfen.* <http://www.lehren.tum.de/themen/pruefungen/herausforderung-pruefen/>
- Schlüter, K. (2009). Eine Studie zu den Merkmalen der Aufgabenschwierigkeit am Beispiel eines Informatik-Schülerwettbewerbs – Erster Teil: Aufgabenklassifizierung. In *Zukunft braucht Herkunft – 25 Jahre »INFOS – Informatik und Schule«* (S. 181–192). Gesellschaft für Informatik e.V.
- Schott, F. & Azizi Ghanbari, S. (2008). *Kompetenzdiagnostik, Kompetenzmodelle, kompetenzorientierter Unterricht: Zur Theorie und Praxis überprüfbarer Bildungsstandards*. Waxmann.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 3(8), 92–101.
- Sedelmaier, Y., & Landes, D. (2014). Software engineering body of skills (SWEBOS). In *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.
- Sonteya, T., & Seymour, L. F. (2012). Towards an Understanding of the Business Process Analyst: An Analysis of Competencies. *Journal of Information Technology Education*, 11, 43–63.
- Soyka, C. & Schaper, N. (2024). Analyzing Student Response Processes to Refine and Validate a Competency Model and Competency-Based Assessment Task Types. *Frontiers in Education*, 9, Artikel 1397027. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1397027>
- Soyka, C., Schaper, N., Bender, E., Striewe, M., & Ullrich, M. (2022). Toward a Competence Model for Graphical Modeling. *ACM Transactions on Computing Education*, 23(1), Artikel 15. <https://doi.org/10.1145/3567598>

- Soyka, C., Schaper, N., Ullrich, M., Striewe, M., Schüler, S. & Schiefer, G. (2022). Anwendungsorientierte Handreichung: Kompetenzorientiertes Prüfen in der Hochschullehre im Fachgebiet der grafischen Modellierung. Gesellschaft für Informatik. https://keamod.gi.de/fileadmin/PR/KEAMOD/Kompetenzmodell/Anwendungsorientierte_Handreichung KEA-Mod.pdf
- Soyka, C., Schaper, N., Striewe, M., & Ullrich, M. (2022). Kompetenzmodell für die grafische Modellierung. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11108870>
- Soyka, C., Striewe, M., & Ullrich, M. (2022). Glossar zum Kompetenzmodell für die grafische Modellierung. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11124406>
- Soyka, C., Striewe, M., Ullrich, M., & Schaper, N. (2024). Kompetenzorientierter Aufgabenkatalog für die grafische Modellierung. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11124351>
- Soyka, C., Ullrich, M., Striewe, M. & Schaper, N. (2023). Comparison of Required Competences and Task Material in Modeling Education. *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, 18, Artikel 7. <https://doi.org/10.18417/emisa.18.7>
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Springer.
- Thomas, M. (2001). Die Vielfalt der Modelle in der Informatik. In *INFOS 2001*, 9. GI-Fachtagung Informatik und Schule.
- Thomas, M. (2002). Informatische Modellbildung: Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht [Dissertation]. Universität Potsdam, Potsdam.
- Topi, H., Karsten, H., Brown, S. A., Carvalho, J. A., Donnellan, B., Shen, J., Tan, B. C.Y. & Thouin, M. F. (2017). MSIS 2016: Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems. *Communications of the Association for Information Systems*, 40, Artikel 18. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.04018>
- Ullrich, M., Houy, C., Stottrop, T., Striewe, M., Willems, B., Fettke, P., Loos, P. & Oberweis, A. (2023). Automated Assessment of Conceptual Models in Education. *Enterprise Modelling and*

Information Systems Architectures (EMISAJ), 18, Artikel 2.

<https://doi.org/10.18417/EMISA.18.2>

van Merriënboer, J. J. G. & Kirschner, P. A. (2018). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design* (3. Aufl.). Routledge.

Volk, B. (2020). Ordnung von Lernzielen – Ordnung des Wissens. Die Bedeutung der Taxonomie von Bloom für die Wissenschaftlichkeit und Praxis der Hochschuldidaktik. In P. Tremp & B. Eugster (Hrsg.), *Klassiker der Hochschuldidaktik? Kartografie einer Landschaft* (S. 219–233). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28124-3_13

Walzik, S. (2012). *Kompetenzorientiert prüfen: Leistungsbewertung an der Hochschule in Theorie und Praxis*. Budrich; UTB. <https://doi.org/10.36198/9783838537771>

Weinert, F. E. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (2. Aufl., S. 17–31). Beltz.

Wilson, M. (2018). Making Measurement Important for Education: The Crucial Role of Classroom Assessment. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 37(1), 5–20. <https://doi.org/10.1111/emp.12188>

Wisniewski, B., Zierer, K. & Hattie, J. (2020). The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research. *Frontiers in psychology*, 10, Artikel 3087. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>

Zlatkin-Troitschanskaia, O. (2011). Kompetenz und ihre Erfassung: das neue „Theorie-Empirie-Problem“ der empirischen Bildungsforschung? In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Stationen Empirischer Bildungsforschung: Traditionslinien und Perspektiven* (S. 218–233). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Zlatkin-Troitschanskaia, O., Pant, H. A., Lautenbach, C., Molerov, D., Toepper, M. & Brückner, S. (2017). *Modeling and Measuring Competencies in Higher Education: Approaches to Challenges in Higher Education Policy and Practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15486-8>

Zumbo, B. D. & Hubley, A. M. (Hrsg.). (2017). *Understanding and Investigating Response Processes in Validation Research* (Bd. 69). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56129-5>