



Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
Fakultät für Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften  
Department für Informatik

# **Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments**

Von der Fakultät für Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften  
der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg angenommene

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades und Titels  
„Doktor der Ingenieurwissenschaften“ (Dr.-Ing.)

von

*Anatolij Fandrich, M.Ed. M.Sc.*

Gutachterin: Prof. Dr. rer. nat. Ira Diethelm  
Weiterer Gutachter: Prof. Dr. phil. nat. Rolf Drechsler  
Tag der Disputation: 18. Dezember 2023

für N. K. A.



# Danksagungen

Für dich – liebe Leserin oder Leser – sind dies wahrscheinlich die ersten Sätze, die du aus meiner Arbeit liest. Für mich hingegen sind es die Letzten meiner akademischen Laufbahn an der Universität Oldenburg und ich blicke auf über fünf spannende Jahre zurück. Ich bin denen, die mich während der Entstehung dieser Dissertation begleitet haben, zu tiefstem Dank verpflichtet. Seien es neue Perspektiven und Türen, die ihr mir er- bzw. geöffnet habt, sei es das entgegengebrachte Vertrauen und der Rückhalt beim Beschreiten neuer Wege oder die Unterstützung bei der Realisierung der Vision meines Promotionsprojektes. Jeder von euch ist ein Teil dieser Arbeit und somit ein Teil meiner Geschichte. Es war eine tolle Zeit.

Ira, Rolf, Martin, Ute,  
Astrid, Tobias, Nils, Matthias,  
Mareike, Wibke, Hauke, Manuela, Rina,  
Nick, Menke, Claudia H., Jörn, Christos,  
Nadine, Phillip, Sven, Guido, Malte,  
Christina, Wiebke, Leif, Lucas, Marcel,  
Ben, Carola, Claudia L., Susa, Tom,  
Emily, Thomas, Gerold, Liane,  
Manuel, Karin, Svetlana,  
Kassandra, Nephele,  
meine Studis





---

## Abstract

FORSCHEND LERNEN IM KONTEXT SMART-ENVIRONMENTS

Das Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* beschreibt ein Lehrangebot (vor allem für Studierende der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge), welches die Vorzüge verschiedener Lehrmodelle ineinander vereint, um Studierenden ab der ersten Vorlesung nicht nur die Vielfalt und Breite der Informatik handlungsorientiert aufzuzeigen und dabei konkrete Ansätze, Methoden und Beispiele aus verschiedenen Disziplinen aufgreift, sondern auch Wissen nachhaltig verbindet und vernetzt. So soll den Lernenden ein motivierender und affektiv wirksamer Erstkontakt zur technisch-entwickelnden Forschung praxisnah und sinnstiftend ermöglicht werden. Die Entwicklung, Einbettung in die Hochschullehre, Evaluation und Wirkungsanalyse des Lehrkonzepts sind die zentralen Fragestellungen dieses Promotionsprojektes. In dieser Arbeit wird die inkrementelle Entwicklung und Skalierung von Lehrinhalten, -methoden und Prüfungsformaten beschrieben, um abschließend Best-Practice Beispiele, Leitlinien und erprobtes Lehrmaterial für andere Lehrende anbieten zu können. Zusätzlich wird in einem Prä-Post-Studiendesign beforscht, inwiefern sich das technische Selbstkonzept der Studierenden nach einer Teilnahme an der entwickelten Lehrveranstaltung verändert. Dabei konnten mehrere statistisch signifikante Änderungen beobachtet werden. Zusätzlich wird im Rahmen einer Kohortenstudie der weitere Studienverlauf untersucht. Es gibt erste Indizien, dass das Lehrkonzept auch in andere Lehrveranstaltungen wirkt. Eine positive Auswirkung auf die Studienabbruchquote ist nicht messbar gewesen.

INQUIRY-BASED LEARNING IN THE CONTEXT OF SMART ENVIRONMENTS

The educational concept *Research-based Learning in the Context of Smart Environments* describes a teaching programme (especially for students in the introductory phase of computer science studies) that combines the advantages of different teaching models. Thus, from the first lecture onwards, students should not only be shown the variety and breadth of computer science in an applied context, taking up concrete approaches, methods and examples from various disciplines, but also connect the knowledge sustainably. In this way, the students should be given a motivating first contact with technical-developing research in a practical and meaningful way. The development, embedding the concept in existing university courses, the evaluation and the impact analysis of the teaching concept are the central topics of this doctoral project. This thesis describes the incremental development and scaling of the teaching content, methods and examination formats in order to offer best practice examples and proven teaching material for other educators. In addition, a pre-post study design is used to research the extent to which the students' technical self-concept changes after participating in this course. Several statistically significant changes were observed. In addition, the further progress of the studies is being investigated within the scope of a cohort study. There are indications that the teaching concept also affects the grades in other courses in a positive manner. A positive effect on the dropout rate has not been observed.



---

## Vorabveröffentlichungen

Ausgewählte Abschnitte dieser Dissertation wurden vor der Einreichung bereits zum Teil sinngemäß oder wortwörtlich veröffentlicht. Im Folgenden sind die entsprechenden Publikationen Abschnitten zugeordnet.

### **Abschnitt 3.2.6:**

Fandrich, Anatolij; Stuckenberg, Tobias und Diethelm, Ira (2020). „DIY Smart Home: The Development of an Exemplary Internet of Things Infrastructure for Computer Science Education“, In: *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE '20. Trondheim, Norway: Association for Computing Machinery, S. 523–524.

### **Abschnitt 2.2, 2.3.1, 2.3.3, 3.2.3 und 3.2.4:**

Fandrich, Anatolij; Pancratz, Nils und Diethelm, Ira (2021). „E-Portfolios in der Informatik-Lehrkräftebildung: Studierende bloggen über Internet-of-Things Projekte“, In: *Desel, J., Opel, S., Siegeris, J. (Hrsg.), 9. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik (HDI) 2021*, ISBN: 978-3-00-070267-9, FernUniversität in Hagen, Hagen, S. 139-146.

### **Abschnitt 3.2.6:**

Fandrich, Anatolij; Casjens, Guido; Pancratz, Nils und Diethelm, Ira (2022). „Work-in-Progress: The Development of a Smart-Environments Learning Kit for Computer Science Classes“, In: *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Tunis, Tunisia, S. 1785–1787.

### **Abschnitt 3.2.5 und 3.2.6:**

Fandrich, Anatolij; Pancratz, Nils und Diethelm, Ira (2022). „Soft Skills and Technical Competence: Interdisciplinary Qualification of First-Year Computer Science Students“, In: *Proceedings of the 27th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education Vol. 2*. ITiCSE '22. Dublin, Ireland: Association for Computing Machinery, S. 637.



# Inhalt

<b>Abstract</b>	<b>I</b>
<b>Vorabveröffentlichungen</b>	<b>III</b>
<b>Inhalt</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitender Teil</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung und Motivation . . . . .	1
1.2 Ziele der Arbeit . . . . .	4
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	5
<b>2 Theoretischer Teil</b>	<b>7</b>
2.1 Ausgewählte Aspekte der Hochschuldidaktik (in der Informatik) . . . . .	7
2.1.1 Forschendes Lehren und Lernen . . . . .	8
2.1.2 Kontextualisierung von Fachinhalten . . . . .	18
2.1.3 Stärkung des (technischen) Selbstkonzepts . . . . .	23
2.2 Smart-Environments als Kontext forschender Lehre in der Informatik . . . . .	27
2.2.1 Definition und Einordnung von Smart-Environments . . . . .	27
2.2.2 Informatik im Kontext mit Smart-Environments . . . . .	28
2.2.3 Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments . . . . .	30
2.3 Verwandte Arbeiten . . . . .	33
2.3.1 Smart-Environments in der Lehre . . . . .	33
2.3.2 Forschend Lernen in der Informatik . . . . .	37
2.3.3 Prozessorientiert mit E-Portfolios prüfen . . . . .	40
2.3.4 Das technische Selbstkonzept in der Informatik . . . . .	42
2.4 Generierung der Forschungsfragen und Hypothesen . . . . .	44
2.4.1 Forschungsfragen . . . . .	44
2.4.2 Hypothesen . . . . .	46
2.4.3 Methodisches Vorgehen . . . . .	52
<b>3 Empirisch-Methodischer Teil</b>	<b>55</b>
3.1 Smart-Environments als Lehr-/ und Lerngegenstand . . . . .	56
3.1.1 Methodisches Vorgehen . . . . .	57
3.1.2 Ergebnisse . . . . .	57
3.1.3 Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	76
3.2 Die Entwicklung und Evaluation von Smart-Environments spezifischen Lehr- und Prüfungskonzepten . . . . .	79

3.2.1	Methodisches Vorgehen . . . . .	79
3.2.2	Iteration 1: Erste Schritte – Erprobung von Inhalten und Prüfungsformen	84
3.2.2.1	Leitideen und Zielsetzung . . . . .	84
3.2.2.2	Lerngruppen . . . . .	85
3.2.2.3	Fachspezifische Inhalte und methodische Überlegungen .	85
3.2.2.4	Evaluation . . . . .	89
3.2.2.5	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	92
3.2.3	Iteration 2: Fokus auf Internet-of-Things und neuen Prüfungsformaten	94
3.2.3.1	Leitideen und Zielsetzung . . . . .	94
3.2.3.2	Lerngruppen . . . . .	95
3.2.3.3	Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen .	96
3.2.3.4	Evaluation . . . . .	102
3.2.3.5	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	107
3.2.4	Iteration 3: Verschiebung der Schwerpunkte auf digitale Fertigung .	108
3.2.4.1	Leitideen und Zielsetzung . . . . .	109
3.2.4.2	Lerngruppe . . . . .	110
3.2.4.3	Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen .	110
3.2.4.4	Evaluation . . . . .	111
3.2.4.5	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	114
3.2.5	Iteration 4: Skalierung des Lehrkonzeptes . . . . .	116
3.2.5.1	Leitideen und Zielsetzung . . . . .	117
3.2.5.2	Lerngruppe . . . . .	120
3.2.5.3	Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen .	120
3.2.5.4	Evaluation . . . . .	128
3.2.5.5	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	133
3.2.6	Iteration 5: Finalisierung . . . . .	136
3.2.6.1	Leitideen und Zielsetzung . . . . .	136
3.2.6.2	Lerngruppe . . . . .	137
3.2.6.3	Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen .	138
3.2.6.4	Evaluation . . . . .	151
3.2.6.5	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	155
3.2.7	Abschließende Diskussion . . . . .	158
3.3	Die Untersuchung des technischen Selbstkonzepts von Studierenden . . . .	162
3.3.1	Methodisches Vorgehen . . . . .	162
3.3.2	Ergebnisse . . . . .	169
3.3.3	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	175
3.4	Die Untersuchung der weiteren akademischen Laufbahn der Studierenden .	178
3.4.1	Methodisches Vorgehen . . . . .	178

---

3.4.2	Ergebnisse . . . . .	185
3.4.3	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	190
<b>4</b>	<b>Abschließender Teil</b>	<b>195</b>
4.1	Leitlinien zur Verwendung von Smart-Environments spezifischen Lerninhalten in der Hochschullehre . . . . .	195
4.2	Zusammenfassende Beantwortung der Forschungsfragen . . . . .	202
4.3	Beitrag und Ausblick . . . . .	207
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>211</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>215</b>
	<b>Literatur</b>	<b>217</b>
	<b>Anhang</b>	<b>237</b>
<b>A</b>	<b>Hinweise zum (digitalen) Anhang</b>	<b>239</b>
<b>B</b>	<b>Forschungsfrage 1: Smart-Environments als Lehr- und Lerngegenstand</b>	<b>242</b>
B.1	Übersicht der (technischen) Inhalte des Courseware-Kurses . . . . .	242
B.2	Lehrveranstaltungsevaluationen . . . . .	244
B.2.1	Wintersemester 2020/2021: Skalierung des Lehrkonzepts Teil 1 . . . . .	244
B.2.2	Sommersemester 2021: Skalierung des Lehrkonzepts Teil 2 . . . . .	250
B.2.3	Wintersemester 2021/2022: Finalisierung des Lehrkonzepts Teil 1 . . . . .	255
B.2.4	Sommersemester 2022: Finalisierung des Lehrkonzepts Teil 2 . . . . .	260
<b>C</b>	<b>Forschungsfrage 2: Veränderung des (Technischen) Selbstkonzepts</b>	<b>266</b>
C.1	Fragebogen zur Erhebung des Technischen Selbstkonzepts . . . . .	266
C.2	SPSS-Syntaxdatei: Untersuchung des Technischen Selbstkonzepts . . . . .	278
<b>D</b>	<b>Forschungsfrage 3: Untersuchungen zur weiteren akademischen Laufbahn</b>	<b>302</b>
D.1	Notenübersicht . . . . .	302
D.2	SPSS-Syntaxdatei: Untersuchung der Modulnoten . . . . .	303
D.3	Weitere Statistiken zum Studienabbruch . . . . .	305



---

# 1 Einleitender Teil

*Lang ist der Weg durch Lehren, kurz und wirksam durch Beispiele.*  
(Lucius Annaeus Seneca, 4 v. Chr. - 65 n. Chr.)

## 1.1 Einleitung und Motivation

Das Internet der Dinge (oder Internet-of-Things; kurz IoT) beschreibt die zunehmende Vernetzung von Systemen durch das Internet, die ihre Umwelt wahrnehmen und durch Aktoren in diese wirken können (Jammes, 2016) und vereint so diverse Disziplinen der Informatik in nur einem einzigen Themenkomplex. So können beispielsweise hardwarenahe Systementwicklung, eingebettete Systeme, Netzwerke, Mensch-Maschinen-Interaktion, Web-Technologien, ethische Aspekte und IT-Security praxisnah vermittelt werden (Burd, Barker, Divitini, Perez et al. 2018). Smart-Environments, die ihrerseits ein konkretes Anwendungsgebiet des Internet-of-Things darstellen, umfassen intelligente Systeme, die in einem Bereich der realen Welt mittels Sensoren, Aktoren und integrierten Computern wirken und mit menschlicher Interaktion entsprechende Anwendungen auslösen (Nixon et al. 2004). Dies manifestiert sich im Alltag u. a. durch den Schirmbegriff Smart-Home (Souri et al. 2022) und bietet somit nicht nur eine alltägliche Anwendung des Internet-of-Things mit Lebensweltbezug für die Lernenden an, sondern eignet sich dadurch als möglicher Kontext in der Lehre (Diethelm et al. 2010). Als potentielles Querschnittsthema ermöglichen Smart-Environments einen affektiven, motivational wirksamen und aktuellen Kontext für die universitäre Lehre, um Inhalte diverser Teildisziplinen der Informatik vernetzend, praxisnah, handlungsorientiert und mit einem relevanten Lebensweltbezug anhand sinnstiftender Anwendungsbeispiele zu vermitteln.

Das Lehrkonzept *Informatik im Kontext* greift genau diese Grundidee auf und beschreibt einen didaktischen Lehransatz, in welchem die Gestaltung, die Inhalte und der Unterrichtsverlauf strikt an einem Kontext mit Lebensweltbezug und relevant wahrgenommen Handlungsrahmen ausgerichtet werden (Diethelm, Koubek et al. 2011). Das Lernen am Kontext hat dabei diverse lernpsychologische Vorteile: die Vernetzung von Wissen aus unterschiedlichen Bereichen kann Lernende dabei unterstützen stabile, kognitive Schemata zu konstruieren, die so den Transfer von Wissen zur Lösung neuer und nicht bekannter Problemstellungen beitragen (Van Merriënboer und John Sweller, 2005), zudem kann das Interesse am Lerngegenstand gesteigert (Strecker, 2014), die Lernleistung erhöht (Bennett, 2016) und das konzeptionelle Verständnis verbessert werden (Habig, 2017). Zwar gibt es Lehransätze, wie zum Beispiel InTech (Hildebrandt und Diethelm, 2012), in welchen informatisch-technische Kompetenzen am Kontext unterrichtet werden, jedoch sind aktuell die durch die Vernetzung möglichen Synergieeffekte vom Kontext Smart-Environments in der Hochschullehre unterrepräsentiert, sodass umfassende Lehrkonzepte, die über gesonderte Workshops oder einzelne Seminare hinausgehen, kaum beforscht sind.

Selbiges gilt für das forschende Lernen. Dieser hochschuldidaktische Lehransatz verbindet Lernen und Forschung miteinander, um Studierende durch individuelle und kollaborative Handlungsprozesse dazu zu ermutigen, ihre Handlungsspielräume in einem Forschungsprozess zu erproben und so die akademische und überfachliche Kompetenzentwicklung zu fördern (Huber, 2009). Zwar gibt es in der Informatik diverse Ansätze, ein solches Lehrkonzept in aufbauenden Seminaren anzubieten (vgl. z. B. Gordon und Brayshaw, 2008; Hesenius und Herzberg, 2013; Knoth et al. 2015; Bačić et al. 2020; Bonorden, 2021; Schreiber et al. 2022), jedoch sind bisher keine Lehrkonzepte beschrieben, die ein solches Format in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge implementieren.

Wie in anderen Ingenieurwissenschaften auch, weisen die Informatikstudiengänge vor allem in den ersten Semestern eine hohe Studienabbruchquote auf (Heublein et al. 2017). Mögliche Abbruchmotive sind multimethodisch und über viele Jahre untersucht. Zu den Einflussfaktoren gehören unter anderem fehlende Praxis- und Berufsbezüge, sinkende Studienmotivation und schlechte Lehre (Heublein et al. 2010; Heublein et al. 2017; Giannakos et al. 2017). Ein neuartiges Lehrkonzept im Kontext mit Bezügen zu forschender Lehre hat das Potential, genau diese Abbruchmotive zu adressieren und im Rahmen einer Lehreinheit zum forschenden Lernen schon früh die Relevanz der Lehrinhalte aufzuzeigen und damit die Identifikation mit der Studienentscheidung zu verbessern. Da sich die Oldenburger Informatikstudiengänge durch einen engen Bezug zur Forschung und kollaborativen Lernprozessen auszeichnen, ist dies die ideale Umgebung, um neue und innovative Lehrkonzepte zu entwickeln, in der Praxis zu erproben und zu evaluieren.

In dieser Dissertation wird daher die schrittweise Entwicklung des Lehrkonzeptes *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* beschrieben. Dieses Lehrkonzept zeichnet sich – da die Entwicklung an der Forschungsmethodik Design-Based-Research ausgerichtet ist (Reinmann, 2005) – durch die langjährige Erprobung von Lernzielen, Lerninhalten, Lernmethoden und Prüfungsformen in der Praxis aus. Zur Gestaltungen wurden die Grundideen der konstruktivistische Lerntheorie (Papert, 1980), mit dem Modell des Constructive Alignments (Biggs und Tang, 2003) mit den Methoden und überfachlichen Zielen einer Lehreinheit zum forschenden Lernen (Reinmann, 2009) kombiniert, um ausgewählte Lehrgegenstände aus dem inhaltlichen Fundus Smart-Environments handlungsorientiert im Kontext zu vermitteln. So soll dieses Konzept nicht nur zur fachlichen und überfachlichen Qualifikation von Studierenden in der Studieneingangsphase beitragen und ein solides Fundament an Grundkenntnissen zur weiteren Schematakonstruktion aufbauen, sondern auch eine für die Forschung und Entwicklung förderlichen Einstellung fördern und das Selbstkonzept der Lernenden stärken.

In dieser Arbeit wird somit beschrieben, inwiefern Smart-Environments in der Hochschullehre eingegliedert werden können und wie die Idee des zuvor beschriebenen Lehrkonzeptes, schrittweise und langfristig in der Bildungspraxis umgesetzt und in das bestehende Studienangangsprofil für potentiell alle Studierenden der Informatikstudiengänge eingegliedert werden kann. Zudem wird eine mehrjährige Fragebogenstudie mit zwei Experimentalgruppen zur Untersuchung des Selbstkonzepts von Studierenden beschrieben, die zusätzlich durch zwei weitere Kohortenstudien ergänzt wird, um genauere Einblicke in die Wirkung einer solchen Lehrveranstaltung auf die Einstellung und auf die weitere akademische Laufbahn der Studie-

renden zu erhalten. Diese Arbeit leistet somit nicht nur einen inhaltlichen Beitrag zu einer besseren Bildungspraxis (auch in der Studieneingangsphase), sondern bietet auch erprobte, methodische Ansätze zur weiteren Beforschung von Kohorten.

## 1.2 Ziele der Arbeit

Das übergeordnete Ziel dieser Dissertation ist es, ein vertieftes Verständnis über Smart-Environments als sinnstiftenden Lehrkontext im Rahmen des forschenden Lernens in der universitären Hochschullehre zu gewinnen und konkretes, erprobtes und vor allem für das Selbstkonzept der Studierenden wirksames Lehrmaterial anderen Lehrenden frei zur Verfügung zu stellen.

Um diese Ziele zu erreichen sind feinere Teilziele, welche zum Teil aufeinander aufbauen, notwendig. Zu diesen Teilzielen gehören die Entwicklung, Erprobung und Evaluation von skalierbarem Lehrmaterial und Lehrkonzepten, welches sich sowohl für kleine Gruppen in Seminaren als auch in großen Lerngruppen und Vorlesungen mit über 100 Studierenden einsetzen lässt. Studierende sollen so unter anderem dazu befähigt werden, eigene technische Lösungen zu Alltagsproblemen mittels Smart-Environments kollaborativ, ausdauernd und systematisch zu lösen. Außerdem müssen in diesem Zuge auch adäquate Prüfungsformate erprobt werden, um Lernziele, Lehrmethoden und Prüfung optimal aufeinander abzustimmen. Dies kann nur iterativ in der Praxis erprobt und über die Jahre mit entsprechendem Feedback der Studierenden und kritischer Selbstreflexion verfeinert werden. Neben der regelmäßigen Evaluation der Lehrveranstaltungen ist es essentiell, die Studierenden ebenfalls zu beforschen, um Rückschlüsse auf die Wirksamkeit eines solchen Lehrkonzeptes ziehen zu können.

Daher soll die Wirkung einer solchen Intervention auf die Einstellung und die weitere akademische Laufbahn der Studierenden erforscht werden, um das Lehrkonzept nicht nur bildungstheoretisch zu stützen, sondern um zugleich auch empirische Befunde zur Wirksamkeit vorweisen zu können. Zur Erreichung dieses Zieles werden umfangreiche Fragebogenstudien und Kohortenstudien durchgeführt, die nicht nur die Änderungen im technischen Selbstkonzept messen, sondern auch die akademischen Leistungen ein Jahr nach der Intervention mit einer Kontrollgruppe vergleichen.

Aus dem Promotionsvorhaben sollen eine Übersicht zu möglichen Einsatzgebieten von Smart-Environments in der Hochschullehre, eine Sammlung von erprobtem Lehrmaterial und diverse Best-Practice Beispiele hervorgehen, die andere Lehrende dazu befähigen sollen, selbst diesen vielversprechenden Kontext als Lehrgegenstand zu nutzen. Zudem werden empirische Befunde aus den Untersuchungen zum Selbstkonzept im Umgang mit Technik und den akademischen Leistungen in anderen Lehrveranstaltungen nach der Intervention vorgestellt. Für die weitere Beforschung der Studienabbruchquote im Zusammenhang mit spezifischen Lehrangeboten wird ein erprobtes methodisches Vorgehen dargestellt.

## 1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Dissertation besteht aus drei überordneten Teilen, die wiederum in mehrere Kapitel unterteilt sind. Die Arbeit beginnt mit einem theoretischen Teil und gießt das fachliche Fundament, welches nicht nur die Beschreibung des Promotionsvorhabens und die Arbeit in die bestehende hochschuldidaktische Forschung eingliedert, sondern auch zur Generierung der Hypothesen notwendig ist. So werden in Kapitel 2.1 ausgewählte Aspekte der Hochschuldidaktik beleuchtet, um darauf aufbauend den Titel der Arbeit *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* in Kapitel 2.2 herzuleiten und zu begründen. Die dargestellten verwandten Arbeiten aus 2.3 werden verwendet, um die aktuellen Forschungslücken zu umreißen, die im Anschluss in Kapitel 2.4 durch die Formulierung der Forschungsfragen und auf Grundlage der in 2.1 beschriebenen Grundlagen hergeleiteten Hypothesen mit dieser Arbeit geschlossen werden sollen. Zudem werden im weiteren Verlauf immer wieder Bezüge zu den theoretischen Grundlagen geschaffen, die u. a. auch das methodische Vorgehen an den entsprechenden Stellen rechtfertigen.

Der Schwerpunkt liegt auf dem Empirisch-Methodischen Teil, in welchem die Untersuchungen zur Beantwortung der Forschungsfragen beschrieben, bearbeitet, ausgewertet, zusammengefasst und diskutiert werden. Da in dieser Arbeit aufgrund der drei Hauptforschungsfragen multi-methodistisch vorgegangen werden muss, ist auch der Empirisch-Methodische Teil in mehrere Abschnitte unterteilt. Jeder Abschnitt beginnt mit einer Beschreibung des methodischen Vorgehens, worauf die Darstellung der Ergebnisse folgt. Im Anschluss werden die Ergebnisse zusammengefasst, interpretiert und diskutiert. In Abschnitt 3.1 wird der Lernkontext Smart-Environments untersucht und geprüft, inwiefern sich dieser in der universitären Lehre als mögliches informatisches Querschnittsthema eignet. Daraufhin folgt Abschnitt 3.2, in welchem diverse Lehrkonzepte im Kontext Smart-Environments vorgestellt werden. Im Rahmen dieser Dissertation sind in den vergangenen viereinhalb Jahren insgesamt fünf Konzepte entstanden. Diese werden alle in ihrer Zielsetzung, der Beschreibung der Lerngruppen, fachspezifischen Inhalten und methodischen Überlegungen beschrieben.

Die folgenden Abschnitte 3.3 und 3.4 untersuchen mögliche Effekte von forschender Lehre im Kontext Smart-Environments auf das technikbezogene Selbstkonzept und die weitere akademische Laufbahn der Studierenden, um die positiven Effekte einer solchen Intervention nicht nur auf Basis von theoretischen Grundlagen, sondern auch empirisch zu belegen.

Im abschließenden Teil in Kapitel 4 werden auf Grundlage der Ergebnisse des vorherigen Kapitels Leitlinien zur Verwendung von Smart-Environments spezifischen Lerninhalten formuliert (4.1) und sämtliche Forschungsfragen zusammenfassend beantwortet (4.2). Die Dissertation schließt mit einem Fazit, dem mit dieser Arbeit geleisteten Beitrag zur Hochschuldidaktik und einem Ausblick (4.3), in dem Verbesserungspotenziale, weitere Forschungslücken und zukünftige Arbeiten dargestellt werden, ab.



---

## 2 Theoretischer Teil

Der theoretische Teil dieser Dissertation bildet das fachdidaktische Fundament, auf welchem der empirisch-methodische Teil in Kapitel 3 aufgebaut wird. Um Smart-Environments als Lehrgegenstand in der Hochschule, die Konzeption entsprechender neuer Lehrformate und die Untersuchung von möglichen Auswirkungen auf die weitere akademische Laufbahn von Studierenden zu motivieren und vor allem rechtfertigen zu können, müssen zuvor entsprechende (Lehr)-Konzepte und Kontexte näher beleuchtet werden. Dazu zählen ausgewählte Aspekte der Hochschuldidaktik in der Informatik, wie zum Beispiel das forschende Lernen (siehe Kapitel 2.1.1), die Kontextualisierung von Fachinhalten (siehe Kapitel 2.1.2) und die Bedeutung des Selbstkonzepts im akademischen Rahmen (siehe Kapitel 2.1.3). Aus diesen Grundlagen wird anschließend in Abschnitt 2.2 der Titel und rote Faden dieser Arbeit *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* hergeleitet. Im Anschluss werden in Kapitel 2.3 verwandte Arbeiten dargestellt, in welchen ebenfalls Smart-Environments als Lehrgegenstand in der Hochschullehre verwendet, konkrete Umsetzung von Lehrkonzepten zum forschenden Lernen in der Informatik erprobt, das Selbstkonzept untersucht und neue Prüfungsformate getestet wurden. Dies dient neben der Eingliederung der eigenen Arbeit in den aktuellen Stand der Forschung auch zur Positionierung dieser Dissertation in bestehende Forschungslücken. Der theoretische Teil schließt mit der Generierung der Forschungsfragen, der Formulierung von Hypothesen und einer kurzen Übersicht zu den methodischen Ansätzen bei der Untersuchung der Forschungsfragen ab.

### 2.1 Ausgewählte Aspekte der Hochschuldidaktik (in der Informatik)

Grundsätzlich soll ein Informatikstudium die Studierenden auf die erfolgreiche Tätigkeit im Berufsleben – sei es an der Universität oder auch außerhalb – in diesem Fachgebiet qualifizieren. Dabei muss das Studium wissenschaftlich fundiert aufgestellt und die Fachdisziplin in ihrer Breite und fachlichen Tiefe der Teilgebiete so konzipiert sein, dass die Studierenden zum Ende der universitären Ausbildung in der Lage sind, konstruktiv, analytisch und kreativ sowohl Hard- als auch Softwaresysteme zu entwerfen, zu entwickeln und zu warten (Zukunft, 2016).

Neben den Fachkompetenzen, zeitstabilen Konzepten und Methoden, müssen die Studierenden zum lebenslangen Lernen befähigt werden. Zu den Kompetenzen, die im Laufe des Studiums erworben werden, gehören unter anderem „formale, algorithmische und mathematische Kompetenzen“ (Zukunft, 2016), um beispielsweise Probleme und Anforderungen genau beschreiben und zur Problemlösung (z. B.) mit Algorithmen formalisieren zu können. Des Weiteren zählen noch Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs- und Projektmanagement-Kompetenzen, technologische Kompetenzen und fachübergreifende (Selbst-)Kompetenzen dazu (vgl. Zukunft, 2016). Zusätzlich stellt auch die Vermittlung von wissenschaftlichen

Kompetenzen, wie zum Beispiel die Fähigkeit des akademischen Schreibens und Forschens, eine zentrale Aufgabe der universitären Ausbildung dar (Rueß et al. 2016).

Die Rolle der Hochschuldidaktik in diesem Feld ist die Gestaltung der Lehre, sodass die Studierenden ganzheitlich bei der Entwicklung ihrer berufsbezogenen und persönlichen Kompetenzen mit entsprechenden Lehr- und Lernmethoden, Werkzeugen und qualifizierten Lehrenden begleitet werden. Aus diesem Grund werden in den folgenden Unterkapiteln ausgewählte Aspekte der Hochschuldidaktik – mit dem speziellen Bezug zur Informatik – dargestellt und eingeordnet, um so das weitere Vorgehen bei der Konzeption neuer Lehrveranstaltungen im Kontext forschender Lehre mit Smart-Environments nicht nur zu motivieren, sondern auch didaktisch zu stützen.

In der allgemeinen Didaktik werden diverse theoretische Ansätze vertreten. So beschreibt der bildungstheoretische Ansatz, der seinerseits solide Grundlage zum Entwurf von Lehrplänen ist, die vorrangige Bedeutung der Allgemeinbildung. In dieser Methodik tritt der Lehrinhalt selbst in den Vordergrund und die Methodik in den Hintergrund. Der lerntheoretische Ansatz – auch als Theorie des Lehrens und Lernens bezeichnet – fokussiert im Gegensatz nicht die Fragen nach dem „Was soll gelehrt werden?“, sondern „Wie soll gelehrt werden?“. Fasst man die Didaktik hingegen – angelehnt am nicht mehr zeitgemäßen informationstheoretisch-kybernetischen Ansatz – als reine Methodik zum Lehren auf, so setzt sich diese aus dem pädagogischen Raum und der Struktur des Lernprozesses zusammen. Der pädagogische Raum wiederum besteht aus Dimensionen, wie dem Lernstoff, Lernzielen, Lehrmedium und der Sozio- und Psychostruktur. Ein anderer Ansatz fasst das Lehren als kommunikativen Prozess auf und betrachtet daher, im Gegensatz zu allen anderen Ansätzen, auch das Verhältnis zwischen Lehrperson und Lernenden auf. (vgl. Hubwieser, 2007, S. 25-28)

Auch wenn die didaktischen Ansätze einen anderen Schwerpunkt aufweisen, verfolgen alle das übergeordnete Ziel der informatischen und überfachlichen Bildung der Studierenden. Aus diesem Grund werden diese Aspekte (Wahl des Lehrgegenstandes, Wahl der Methodik, Wahl des Lehrraumes und Struktur und kommunikative Didaktik) in den folgenden Abschnitten berücksichtigt, um so schließlich in Kapitel 2.2 ein ganzheitliches, didaktisches Konzept zu *Smart-Environments als Kontext forschender Lehre* herzuleiten. Als didaktisches Konzept wird ein theoretischer Rahmen zur „Analyse und Planung unterrichtlichen Handelns für Lehr- und Lernsituationen“ verstanden (Humbert, 2006, S. 32).

### 2.1.1 Forschendes Lehren und Lernen

In diesem Kapitel wird zunächst erläutert, was forschendes Lernen ist, welche Merkmale forschende Lehre auszeichnet und welche Potentiale eine auf Forschung ausgerichtete Lehrveranstaltung für Studierende bieten kann. Zusätzlich wird dargestellt, welche Prüfungsformate sich zur Bewertung von Leistungen innerhalb der forschenden Lehre eignen. Um sicherzustellen, dass die Lehrinhalte, Lehr- und Lernaktivitäten und Prüfungsformate aufeinander abgestimmt sind, werden zusätzlich relevante, lerntheoretische Grundlagen vermittelt.

Forschendes Lernen ist ein methodisches Konzept in der Hochschuldidaktik, das den Schwerpunkt auf die Verbindung von Forschung und Lehre innerhalb einzelner Kurse legt, um eine Forschungsorientierung zu fördern (vgl. Romeike und Eichler, 2012). Huber (2009) versteht forschendes Lernen als Lernprozess, in welchem die Studierenden einen Forschungsprozess (selbstständig oder in aktiver Mitarbeit) durchlaufen: angefangen von der Entwicklung von Fragestellungen und Hypothesen, weiter zur Wahl der Methoden, Durchführung der Untersuchung, bis zur Darstellung der Ergebnisse und der Prüfung dieser. Sonntag et al. (2018) formulieren Leitideen zum forschenden Lernen (angelehnt an Huber, 2013) und argumentieren ebenfalls, dass für forschendes Lernen sämtliche Schritte im Forschungsprozess durchlaufen werden müssen. Dazu gehören der Einstieg in das Forschungsfeld, die Identifikation von Fragestellungen, Erarbeitung von theoretischen Grundlagen, Auswahl der Methodik und Einarbeitung, Entwicklung der Forschungsfrage und Forschungsdesign, Umsetzung, Aufbereitung der Ergebnisse und Reflexion. Dehne et al. (2019) widersprechen dem, da bei diesen Definitionen implizit von sozialwissenschaftlichen Disziplinen mit empirischen Erhebungen ausgegangen wird. Dies gilt offensichtlich nicht für jede Forschung. Ähnlich wie Mieg (2020), argumentieren Dehne et al. (2019) daher auch, dass eine Unterscheidung von Forschungsformen, wie z. B. „*experimentierende, beobachtende, hermeneutisch-interpretierende, begrifflich-theoretische und gestaltende Forschungsformen*“ sinnvoll ist. Die Autoren formulieren daher ihrerseits die Thesen, dass sich die wissenschaftlichen Disziplinen vor allem in den Konzeptions- und Review-Phasen ähneln und dass das forschende Lernen in jeder Disziplin eine soziale Komponente enthält. Daraus ergeben sich für alle Lehrenden Herausforderungen, wie das Erstellen von Feedback zu Forschungsfragen bzw. -problemen oder das Einleiten eines Peer-Reviews zu gemeinsamen Arbeitsergebnissen.

Ähnlich – jedoch etwas offener – beschreibt Reinmann (2009) das forschende Lernen. Sie argumentiert, dass das forschende Lernen stattfindet, wenn Studierende eine Forschungsarbeit durchführen (analog zu Huber (2009)), aber auch schon, wenn die Studierenden einzelne Aufgaben in einem Forschungsprojekt übernehmen, angeleitet forschen in einer Lehrveranstaltung oder zumindest einen Forschungsprozess nachvollziehen.

Die Forschungstätigkeiten der Studierenden können je nach Fach und Ausrichtung der Lehrveranstaltung unterschiedlich sein. Mieg (2020) unterscheidet beispielsweise vier Grundtätigkeiten: das Beobachten (z. B. Naturbeobachtung in der Biologie), das Beurteilen (z. B. Interpretieren von Texten in der Geschichte), das Modellieren und Konstruieren. Das Modellieren umfasst u. a. die Darstellung guter Praxis (Best-Practice) vor allem in der Medizin und im Ingenieurwesen, während das Konstruieren die technische Entwicklung beinhalten kann. Aus den vier zuvor dargestellten Grundformen leitet Mieg (2020) weitere Forschungsformen ab: Erhebung (Beobachten), Experiment (Beobachten), Hermeneutische Forschung (Beurteilen), Begriffs- und Theoriebildung (Beurteilen), Praxis-entwickelnde Forschung (Modellieren), Simulation (Modellieren), technisch-entwickelnde Forschung (Konstruieren) und Gestaltung (Konstruieren). Je nach Forschungsform unterscheiden sich die Methoden, typische Fachbereiche und die Erkenntnisweise. Die Erhebung umfasst die methodische und das dokumentierte Beobachten, wie beispielsweise in der Astronomie. Das Experiment formalisiert die Beobachtung stärker, da unter kontrollierten Bedingungen Effekte erzeugt,

beobachtet und dokumentiert werden. So sind für die Naturwissenschaften beispielsweise Laborversuche üblich, während in den Sozialwissenschaften der Erkenntnisgewinn durch Interviews und Fragebögen erzielt werden kann. Die hermeneutische Forschung – also die Interpretation von (beispielsweise) religiösen oder juristischen Texten – wird oft zum Verständnis von soziokulturellen Kontexten verwendet. Als Methoden werden unter anderen Bild- und Textanalysen, als auch Grounded Theory (vgl. z. B. Tie et al. 2019) verwendet. Die Begriffs- und Theoriebildung erweitert die hermeneutische Forschung um die Entwicklung von widerspruchsfreien Systemen. Die praxis-entwickelnde Forschung dient zur Modellierung von Prozessen, die praktisch nutzbare Modelle erzeugen. Dies kann beispielsweise durch Workshops oder Evaluationen erzielt werden. Die Entwicklung von Simulationen, häufig in der Informatik oder Physik dient zur Abbildung von komplexen Sachverhalten aus der Umwelt. Die technisch-entwickelnde Forschung und Gestaltung, umfassen das funktionale Konstruieren von Lösungen in Bezug auf ein konkretes Problem in Fachbereichen wie Ingenieurwissenschaften, aber auch Architektur und Design (vgl. Miege, 2020).

Im Zusammenhang der dargestellten Forschungsformen ergeben sich auch unterschiedliche Arten der Erkenntnis. Bereits Aristoteles unterschied fünf Weisen der praktischen und theoretischen Erkenntnis: episteme (Wissen und Wissenschaft), sophia (Theorie und Weisheit), techne (Kunst und Können), phronesis (Klugheit und praktisches Verständnis) und nous (Vernunft, Geist und Intuition). Relevant für die Informatik und andere Ingenieurwissenschaften ist vor allem der Erkenntnisgewinn durch techne – beispielsweise indem eine Maschine funktionsfähig gemacht wird, um somit die Funktionserkenntnis zu erlangen (siehe technisch-entwickelnde Forschung aus dem Absatz zuvor) (vgl. Miege, 2020). Das Schaubild 2.1 fasst u.a die zuvor dargestellten Forschungsformen, Forschungstätigkeiten und typische Fächerbeispiele zusammen.

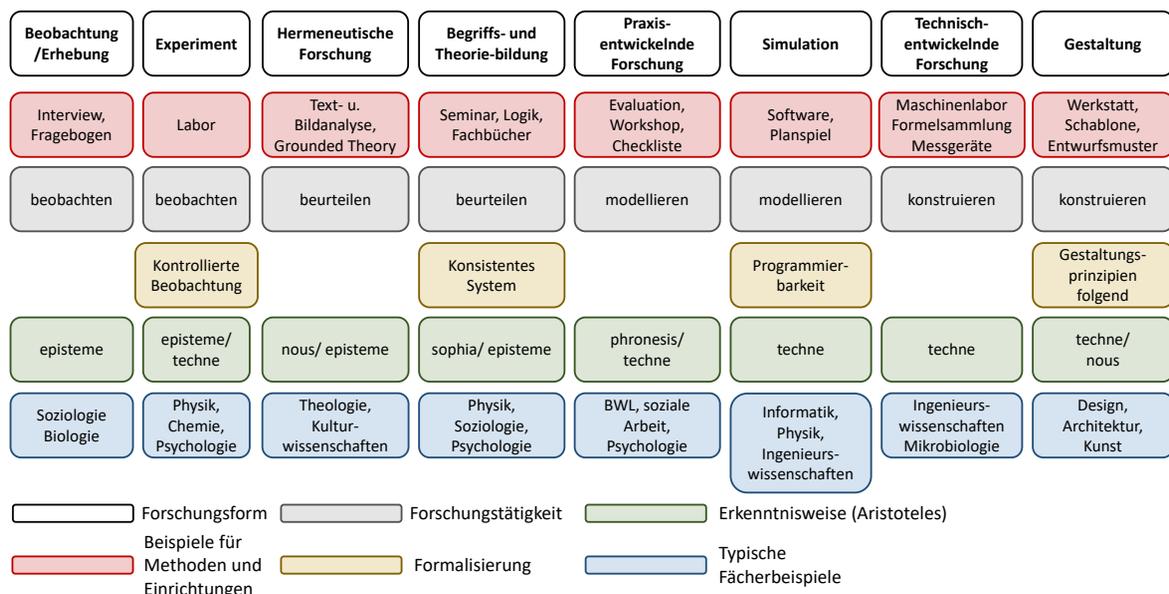


Abbildung 2.1: Schaubild zu den Forschungsformen nach Miege (2020)

Im Kontext dieser Dissertation sind vor allem die letzten beiden Grundtätigkeiten *Modellieren* und *Konstruieren* von großer Bedeutung, da diese einen unmittelbaren Bezug zur Informatik haben und Forschungstätigkeiten umfassen, die – sofern entsprechend angeleitet – auch Studierende vom ersten Semester an durchführen können.

Die Gründe forschendes Lernen in der (informatischen) Hochschullehre, wie auch in der Studieneingangsphase, zu integrieren sind vielseitig. So gehört die Förderung von Selbstständigkeit zu einem zentralen Aspekt. Diese Selbstständigkeit – beispielsweise bei der Wahl des Themas oder des Vorgehens – muss sich bei den Studierenden jedoch erst entwickeln. Dies ist nur möglich, wenn den Lernenden entsprechende Freiräume geboten werden. Zum Lernprozess gehört neben einem entsprechenden Risiko an Irrtümern, Umwegen und Zufallsfunden, auch die Fähigkeit die Ergebnisse selbstkritisch zu prüfen<sup>1</sup>.

Dabei spielt auch ein Anspruch am wissenschaftlichen Arbeiten eine wichtige Rolle. Im Gegensatz zu verwandten Ansätzen, die ihrerseits ebenfalls die Selbstständigkeit und Eigeninitiative der Studierenden fördern, wie zum Beispiel der Studierendenzentrierung (student-centered learning (vgl. z. B. Jones, 2007)), dem problemzentriertem Lernen (problem-based learning (vgl. z. B. Boud und Feletti, 1998)) oder dem projektorientierten Studium (project-based learning (vgl. z. B. Kokotsaki et al. 2016)), setzt das forschende Lernen einen spezifischen Akzent: die Studierenden entwickeln ihre Frage- bzw. Problemstellung selbst. Diese ist idealerweise nicht nur subjektiv bedeutsam, sondern – wie in der Forschung bei der Gewinnung neuer Erkenntnisse – auch für Dritte interessant. Hierbei sind nicht nur die Ergebnisse, sondern auch der Weg zu den Ergebnissen bedeutsam. Der gesamte kognitive Prozess – ausgehend von der anfänglichen Neugier, der Entwicklung der Frage- bzw. Problemstellung, den Höhen und Tiefen bei der Bearbeitung und der abschließenden Darstellung und Präsentation der Resultate – ist eine soziale und emotionale Erfahrung. (vgl. Huber, 2009)

Huber (2004) argumentiert auch, dass der Erwerb von Schlüsselqualifikationen beim forschenden Lernen über traditionelle Lehrformate hinausgeht. Dies gilt sowohl inhaltlich, als auch didaktisch-methodisch, da persönliche Einstellungen und allgemeine Fähigkeiten beispielsweise anhand von eigenverantwortlich durchgeführte Arbeitsvorhaben (z. B. in Form von Recherche oder Konstruktionsaufgaben) oder kooperativen Projekten nicht nur theoretisch oder rezeptiv vermittelt werden, sondern in praktischen Situationen und kreativitätsfördernden Rahmen aktiv geübt werden können, weil diese auch – über das Studium hinweg – gebraucht werden; sei es die Vertiefung von Interessen, die Entwicklung von Selbstständigkeit und Strukturierfähigkeit, das Lösen von übergreifenden Problemen oder Teamarbeit.

Das forschende Lernen kann neben der Vermittlung einer forschenden Haltung und wissenschaftlichen Kompetenzen auch weitere Ziele verfolgen. Lübcke und Heudorfer (2019) untersuchten insgesamt 21 Projekte von diversen Hochschulen und Universitäten, in denen Lehrformate zum forschenden Lernen, die in der Studieneingangsphase über einen Zeitraum von vier Jahren entwickelt wurden. Anhand von Interviews wurde dabei untersucht, welche

---

<sup>1</sup> Siehe auch Thesenpapier *Forschungsbasiertes Lehren und Lernen an der Universität Oldenburg*: [uol.de/fileadmin/user\\_upload/lehre/flif/forschen-at-studium\\_Grundlagenpapier-2017\\_print.pdf](http://uol.de/fileadmin/user_upload/lehre/flif/forschen-at-studium_Grundlagenpapier-2017_print.pdf), letzter Aufruf: 05.09.2023

konkreten Ziele die Lehrenden mit dem forschenden Lernen anstreben. Ein Ziel ist dabei der Studienabschluss bzw. die Reduzierung der Studienabbruchquoten. Um diesem entgegenzuwirken, geben die Lehrenden an, dass sie den Zweck des Studiums durch forschendes Lernen früh aufzeigen wollen, um so die Motivation zu erhöhen und die Abbruchquote zu reduzieren. Mögliche Gründe für den Studienabbruch sind multimethodisch und seit über 20 Jahren beforscht. So ergaben quantitative Erhebungen u. a. Leistungsprobleme, Neuorientierung, finanzielle Probleme, Studienmotivation, Leistungsanforderungen, schlechte Lehre, fehlende Praxis- und Berufsbezüge und die Studieneingangsphase als mögliche Einflussfaktoren (vgl. Heublein et al. 2010, Heublein et al. 2017, Giannakos et al. 2017). Als weitere Ziele des forschenden Lernens benennen Lübcke und Heudorfer (2019) die wissenschaftliche Ausbildung. Dies umfasst eine forschende Grundhaltung, die es den Studierenden ermöglicht das Scheitern zu lernen und den Denkhorizont durch interdisziplinäres Arbeiten zu erweitern. Weitere Ziele sind die Entwicklung konkreter wissenschaftlicher Kompetenzen, wie zum Beispiel Methoden- und Schreibkenntnisse, als auch das Lesen und Bewerten von Fachliteratur. Als weiteren Punkt nennen die Autorinnen die disziplinäre Identität. Veranstaltungen zum forschenden Lernen sollen die Studierenden dabei unterstützen, in die eigenen Disziplin hineinzuwachsen, indem diese nicht nur an bestehende Forschung anknüpfen, sondern auch – durch die Kommunikation mit anderen Disziplinen – ebenfalls interdisziplinär arbeiten.

Die Vorteile des forschenden Lernens können auch empirisch belegt werden. So blicken beispielsweise Justice et al. (2007) in ihrem Beitrag auf insgesamt viereinhalb Jahre forschendes Lernen zurück. Sie konnten zeigen, dass Studierende, die an ihrer Lehrveranstaltung teilgenommen haben, signifikant bessere Noten schreiben, seltener das Studium abbrechen und Abschlüsse mit Auszeichnung erreichen.

Eine Ausrichtung der Lehre am forschenden Lernen kann auch für angehende Lehrkräfte sinnvoll sein. So argumentieren Romeike und Eichler (2012), dass das forschende Lernen Lehrkräfte dazu befähigen kann, das fachlich fundierte Theoriewissen zur Analyse und Gestaltung des Unterrichts einsetzen, um so aktuelles, disziplinäres Wissen zu vermitteln. Dafür sei vor allem die Kombination aus den theoretischen Grundlagen aus den Fachwissenschaften, Erziehungswissenschaften und aufgearbeiteten didaktischen Studien geeignet.

Aufgrund vieler lerntheoretischer Parallelen kann das forschende Lernen dem Konstruktivismus zugeordnet werden. In der Lehrtheorie des Konstruktivismus wird angenommen, dass das Individuum Wissen durch die aktive Auseinandersetzung mit der Umwelt konstruiert. Dabei übernehmen die Lernenden zum Teil selbst die Verantwortung für den eigenen Lernprozess und ist es üblich, dass Fehler gemacht werden. Lehrende nehmen an dieser Stelle die Rolle eines Beraters ein, um die Lernenden beim möglichst selbstständigen Erreichen der Ziele zu unterstützen (vgl. Dürnberger, 2014, S. 26 ff.). Durch die aktive Auseinandersetzung soll zu einem tieferen Verständnis und Verinnerlichung der Lerninhalte kommen als beispielsweise in Lernformaten, in denen Informationen hauptsächlich auswendig gelernt werden (vgl. Justice et al. 2007).

Seymour Papert, seinerzeit inspiriert durch die konstruktivistische Theorie von Piaget (vgl. z. B. Piaget, 2003), entwickelte darauf aufbauend die konstruktivistische Lerntheorie. Papert (1980) argumentiert – analog zum Konstruktivismus – dass Wissen aktiv konstruiert wird und

dass die Lernerfahrung verbessert werden kann, indem etwas (physisch) greifbares erschaffen wird, das sowohl mit anderen geteilt als auch diskutiert werden kann. Das forschende Lernen kann als Referenzrahmen angeführt werden, um konstruktivistische Lerntheorien, die u.a. durch Neugier, Erkundung und persönliche Bedeutsamkeit ein aktives Lernen ermöglichen, in der Praxis umzusetzen.

Zusammengefasst können die Vorzüge des forschenden Lernens wie folgt dargestellt werden: durch den methodischen Lehr-Ansatz Lernen und Forschung miteinander zu verbinden, werden die Studierenden hinsichtlich ihrer akademischen Kompetenzentwicklung unterstützt, indem sie durch individuelle und kollaborative Handlungsprozesse dazu ermutigt werden, ihre Handlungsspielräume und Entscheidungen in einem Forschungsprozess zu erproben und zu reflektieren. Sie experimentieren an der Grenze zwischen Wissen und Nicht-Wissen, verbessern ihre Schreibfähigkeiten und lernen, dass Irrwege und auch Glück, Teil einer jeden Forschung sein können.

Preiß und Lübcke (2020) untersuchten sowohl empirisch als auch durch eine Literaturanalyse, mögliche Herausforderungen des forschenden Lernens. Die häufigsten Nennungen erfolgten in den Kategorien „Fehlende Grundlagen/Forschungskompetenz“, „Arbeitspensum“, „Einbettung in den Studiengang“ und die „Betreuung der Tutorinnen und Tutoren“. Des Weiteren werden Bezüge zu Soft Skills genannt, wie Motivation, Gruppendynamik, Umgang mit Scheitern, Überforderung und Unsicherheit. Zusätzlich werden auch Rahmenbedingungen, wie institutionelle Unterstützung, Finanzierung, vorhandene Lerntraditionen und Veränderungsresistenz seitens der Studiengangskoordination genannt. Dies deckt sich zum Teil mit den Ergebnissen der Literaturanalyse, in welcher ebenfalls der Arbeitsaufwand (seitens der Studierenden und Lehrenden), mangelnde Forschungsfähigkeiten, aber auch mögliche Prüfungen als Herausforderungen diskutiert werden. Die folgende Abbildung 2.2 fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen.

Obwohl forschendes Lernen vor allem in der Studieneingangsphase – trotz der zuvor dargestellten positiven Lern- und Entwicklungspotentiale für die Studierenden – von Lehrenden aufgrund der fehlenden Vorerfahrung als Herausforderung angesehen wird, gibt es diverse Forschungsprojekte in denen bereits ab dem ersten Semester entsprechende Lehrangebote etabliert wurden (vgl. z. B. Schnapp und Heudorfer, 2019; Lübcke et al. 2019; Aßmann et al. 2020). Hinsichtlich Studienabbruchquoten, die vor allem in der Informatik vermehrt in den ersten Semestern stattfinden (vgl. Böttcher et al. 2020), und der zuvor referenzierten Untersuchung von Lübcke und Heudorfer (2019) zu den Motiven von Lehrenden das forschende Lernen in der eigenen Lehre einzusetzen, liegt daher die Fragestellung<sup>2</sup> nahe, inwiefern forschendes Lernen bereits in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge integriert werden kann.

Eine weitere Herausforderung sind geeignete Prüfungsformate zum forschenden Lernen. Je nach Lehrformat können andere Nachweise zum Erwerb von Forschungskompetenzen gefordert werden. Im Allgemeinen lassen sich nach Reinmann (2019) sämtliche Grundformen des Prüfens (Vortrag, mündliche Prüfung, Hausarbeit, Produktion, Klausur) auf das forschende

---

<sup>2</sup> Dies wird bei den Forschungsfragen in 2.4.1 nochmal aufgegriffen

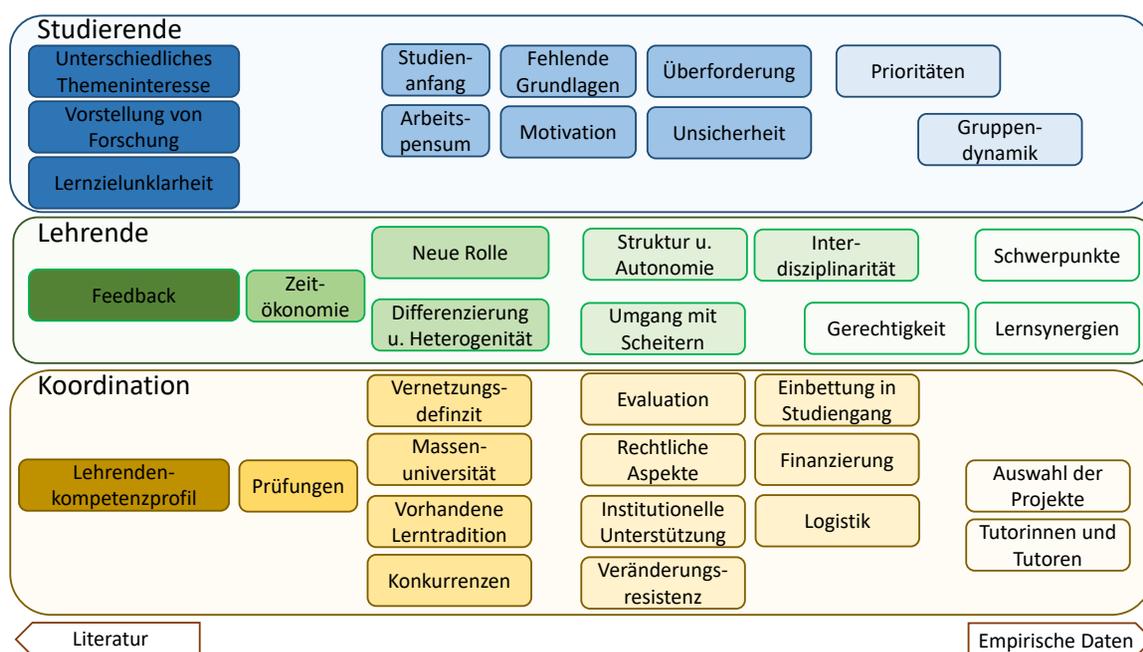


Abbildung 2.2: Übersicht der Herausforderungen beim forschenden Lernen aus Sicht von Studierenden, Lehrenden und Hochschulkoordination nach Preiß und Lübcke (2020)

Lernen anwenden. In einem Vortrag können Studierende beispielsweise darstellen, wie sie geforscht haben und was dabei herausgefunden wurde. Auf Grundlage eines Posters kann zum Beispiel eine mündliche Prüfung durchgeführt werden, in einer Hausarbeit können die Studierenden über die eigene Forschung berichten und in Klausuren könnten die Lernenden zeigen, dass sie zum Beispiel ihr Methodenwissen erweitert haben. Außerdem wäre die Fertigung eines Artefaktes als Prüfung denkbar. Artefakte werden von Baumgartner (2012) definiert als ein Produkt oder Phänomen, welches durch menschliche oder technische Einwirkung entstanden ist. Grundsätzlich sind alle Materialisierungsformen denkbar. Als Beispiele für Forschungsartefakte können Forschungsinstrumente, Rohdaten oder Konstruktionen angeführt werden (Reinmann, 2017).

Tremp und Hildbrand (2012) beschreiben in ihrem Referenzrahmen mit dem Titel *Züricher Modell* zur Hochschullehre Etappen des Forschungsprozesses, die ihrerseits spezifische Produkte hervorbringen. In der Abbildung 2.3 werden Leistungsnachweise, Lehrformate, Forschungskompetenzen und Studienstufen zueinander zugewiesen. So können sich Vorlesungen dazu eignen, den Studierenden einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zu verschaffen oder sie dabei unterstützen, das vermittelte Wissen zu organisieren. Als mögliche Prüfungsleistung können die Studierenden eine Übersicht und Einordnung der vermittelten Inhalte erstellen. Seminare hingegen eignen sich für den Dialog mit den Studierenden und bieten einen Rahmen für studentische Forschungsarbeiten, indem beispielsweise Fragestellungen und Forschungspläne gemeinsam ausgearbeitet werden.

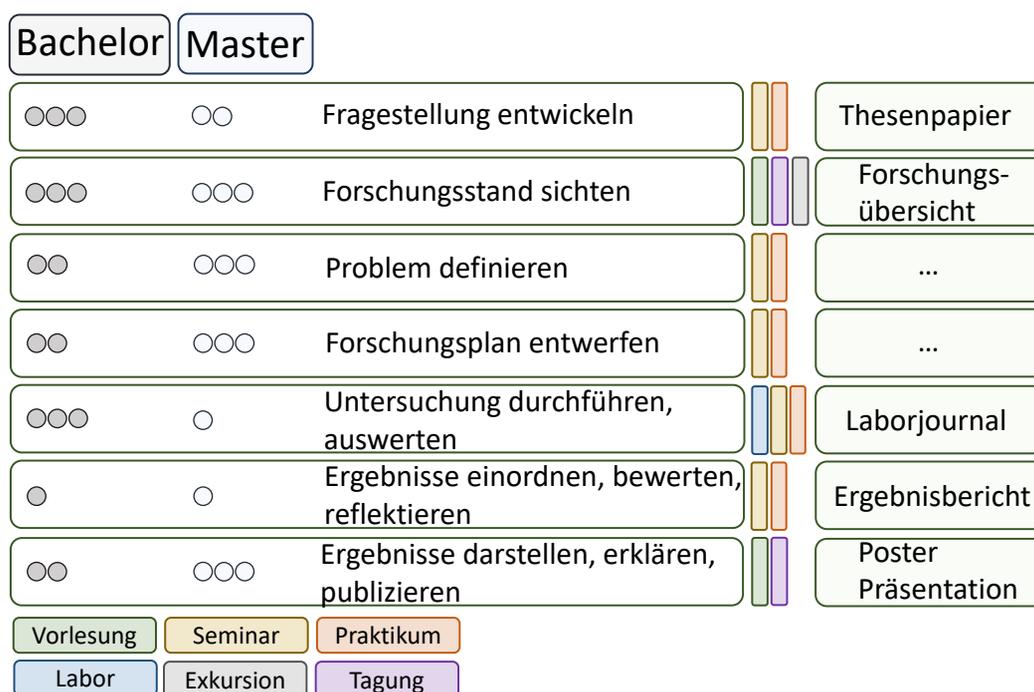


Abbildung 2.3: Das Züricher Modell als Referenzrahmen für Etappen im Forschungsprozess nach Tremp und Hildbrand (2012)

Grundsätzlich fällt bei der Betrachtung der von Tremp und Hildbrand (2012) dargestellten Leistungsnachweisen auf, dass diese – bis auf die Posterpräsentation – schriftliche Abgaben in Form von beispielsweise Thesenpapieren, Labortagebüchern oder Abschlussberichten sind. Haberstroh und Petersen (2020) argumentieren, dass solche Hausarbeiten oder Berichte im ungünstigsten Fall nur von den Lehrenden gelesen werden. Posterpräsentationen bieten wenigstens den Rahmen die studentische Forschung zumindest fakultätsintern sichtbar zu machen – zur besseren Sichtbarkeit der Forschung können jedoch studentische Journals oder Konferenzen bevorzugt werden<sup>3</sup>. Ähnlich verhält es sich mit den Leistungsnachweisen, vor allem in der Informatik, in der Studieneingangsphase. Aufgrund der großen Kohorten zu Beginn des Studiums werden Lehr- und Prüfungsformate gewählt, die es den Lehrenden ermöglichen viele Studierende zu unterrichten und zu prüfen. Der Nachweis von Leistungen zu punktuellen Prüfungsterminen in kontrollierten Situationen wird jedoch nicht den Kompetenzen gerecht, die sich im Prozess entwickeln (vgl. Huber, 2009).

Lehrende müssen bei der Prüfungsgestaltung daher sicherstellen, dass sich die gewählte Prüfungsform auch dafür eignet zu überprüfen, ob die geplanten Lernziele auch erreicht wurden. Biggs und Tang (2003) bauen in ihrem Konzept *Constructive Alignment* auf einem konstruktivistischen Lehr-Lernverständnis auf und beschreiben die Relevanz der Abstimmung von Lernzielen, Methoden und Prüfungsformen aufeinander. Konkret bedeutet dies, dass Lehrende mit der Definition von Lernzielen auch die dafür notwendigen Lernaktivitäten

<sup>3</sup> Hier auch der Bezug zu Huber (2009): Gewinnung von Erkenntnissen, die auch für Dritte interessant sind.

berücksichtigen und die Prüfung auf die zuvor definierten Lernziele ausrichten. Aus diesem Grund werden nun potentielle Prüfungsformate betrachtet, die sich für methodisch und inhaltlich gestaltete Lehrveranstaltungen im Rahmen des forschenden Lernens eignen.

Da es sich bei den Kompetenzen des forschenden Lernens um Kompetenzen der höheren Stufe handelt (Higher-Order-Thinking-Skills; siehe auch Lewis und Smith (1993)), müssen auch gemäß dem Constructive Alignment entsprechende Prüfungsformate – evtl. auch von der Prüfungsordnung abweichende Prüfungsformate – gewählt werden. Kenntnisse zu Begriffen und Methoden können zwar (so wie zuvor von Reinmann (2017) dargestellt), in mündlichen Prüfungen und Klausuren abgefragt werden, jedoch nicht Kompetenzen, die im Prozess entstehen. Dafür bedarf es nämlich einer kontinuierlichen Beobachtung und Bewertung. (Huber, 2009)

Zunächst ist zwischen formativen (kleinere Leistungsnachweise, die während des Lernprozesses Lehrende und Lernende über den aktuellen Wissensstand bzw. Kompetenzstand informieren) und summativen (umfangreiche Leistungsnachweise zum Ende des Lernprozesses, um den Wissens- bzw. Kompetenzstand zu bewerten) Prüfungen zu unterscheiden (vgl. Reinmann, 2017). Um Prozesse entsprechend bewerten zu können, sind daher formative Leistungsnachweise geeigneter. Mögliche Prüfungsformen sind nach Huber (2009) begleitend entstandene Dokumentationen von Arbeitsabläufen, Meilensteinen und Reflexionen, Artefakte (zum Beispiel Forschungsberichte, Ausstellungen, Filme) mit einem Kommentar der Studierenden oder Simulationen von komplexen Situationen. Der Autor ergänzt aber, dass forschendes Lernen bei der An- und Zurechnung solcher Leistungen aufgrund der vielfältigen Kompetenzen eine Herausforderung sein kann.

Um solche prozessorientierten Leistungen zu erfassen und zu sammeln, bietet sich von den an den Universitäten üblichen Prüfungsformen nur das Portfolio an. Häcker (2006) bezeichnet das Portfolio als eine Sammlung von ausgewählten Dokumenten, die für die Reflexion und Präsentation von Lernprozessen genutzt werden kann. Baumgartner (2012) bezeichnet ein Portfolio allgemein als einen Behälter, welcher Artefakte sammelt. Somit sind E-Portfolios eine elektronische Form (konkret Software) des Behälters, in welchem Dokumente und Daten (beispielsweise in Form von Texten, Abbildungen, Videos, Schaltpläne, ...) gesammelt und präsentiert werden können.

Baumgartner et al. (2009) haben im Projekt „E-Portfolios an Hochschulen“ Rahmenbedingungen für erfolgreiche E-Portfolio Umsetzungen in der Lehre untersucht. Dafür wurde zunächst eine Taxonomie zur Beschreibung der einzelnen Arten von Portfolios entwickelt. Zunächst können zwei Ausrichtungen unterschieden werden: Produktportfolios sind summativ ausgerichtet und können beispielsweise zur Entwicklung, Präsentation und Reflexion von Artefakten verwendet werden. Im Gegensatz dazu gibt es formative Prozessportfolios, die anstelle der Artefakte, die damit verbundenen Prozesse beschreiben und reflektieren. Hinsichtlich der Portfolio-Typen (siehe Abbildung 2.4) unterscheiden Baumgartner et al. (2009) drei Grundarten: das Reflexions-, Entwicklungs- und Präsentationsportfolio.

Das Reflexionsportfolio wird in Lern- und Beurteilungsportfolios unterschieden. Während das Lernportfolio auf die Entwicklung und Selbstevaluation des Lernenden ausgerichtet ist,

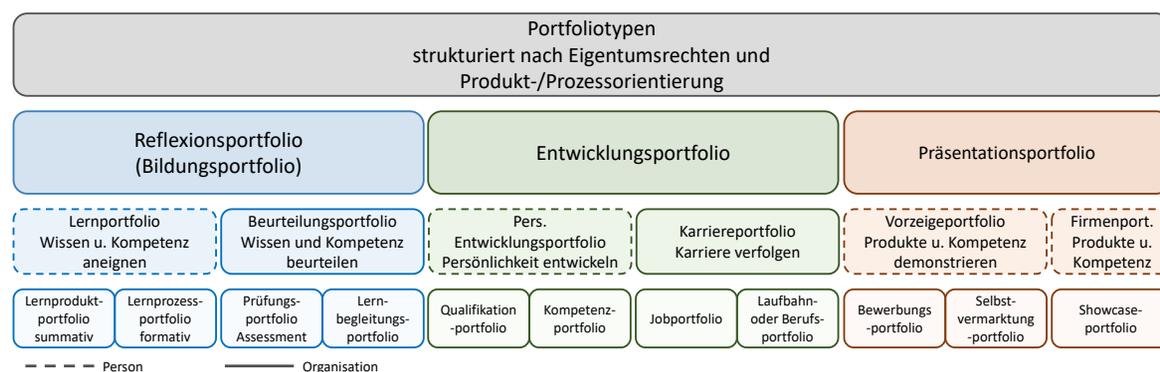


Abbildung 2.4: Taxonomie der E-Portfolios nach Baumgartner et al. (2009)

unterscheidet sich das Beurteilungsportfolio insofern, als dieses als Bewertungsinstrument durch die Vorgabe von Lernaufgaben verwendet wird. Die zweite Klasse stellt das Entwicklungsportfolio dar, welches sowohl persönlich als auch beruflich ausgerichtet sein kann, indem beispielsweise Kompetenzen oder Laufbahnen dargestellt und reflektiert werden. Das Präsentationsportfolio kann hauptsächlich zur Präsentation von Fähigkeiten und Artefakten verwendet werden. (vgl. Baumgartner et al. 2009)

Winter (2004) benennt Merkmale, die zur Leistungsbewertung beachtet werden sollten. Diese lassen sich auch auf die Bewertung von Leistungen mit Hilfe von Portfolios anwenden. Zu den Merkmalen gehören, dass die Prüfung sowohl produkt- als auch prozessorientiert ist und in die Lehre integriert ist. Die Integration erfolgt dabei dialogisch-reflexiv (Bewertungsvorgang ist als Prozess organisiert) und ist diagnostisch-fördernd. Zusätzlich sollte die Prüfung mehrseitig<sup>4</sup> und direkt-dokumentierend verfahren. Das Portfolio scheint nach Häcker (2011) ein geeignetes Medium für das aktive Prüfen von Prozessen im Dialog mit den Lernenden zu sein.

Auch Biggs und Tang (2003) betonen das Potential von E-Portfolios in der Lehre, um die Studierenden bei der Reflexion ihrer Lernprozesse zu unterstützen. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Lernenden entsprechende Hilfestellungen benötigen, um überhaupt zu verstehen, was eine Reflexion ist und wie dies zur Verbesserung des Lernens beitragen kann. Andernfalls kann die Gefahr bestehen, dass die Reflexionsaufgaben keine Wirkung haben und als solche im E-Portfolio nicht mehr beachtet werden.

Neben den zuvor beschriebenen Herausforderungen des forschenden Lernens, äußern Kirschner et al. (2006) harsche Kritik an diesem Lehrformat und weiteren konstruktivistisch orientierten Lehransätzen. Die Autoren argumentieren, dass auf Grundlage des aktuellen Verständnisses der menschlichen, kognitiven Strukturen, Lehrformate, die den Lernenden viele Freiheitsgrade bieten, womöglich weniger effektiv für das Lernen sind, als jene, in denen die Lernenden in den für das Lernen notwendigen Prozessen aktiv unterstützt werden (Minimally Guided vs. Guided Instructions). So soll beispielsweise das Lösen von Problemen im begrenzten Arbeitsgedächtnis stattfinden und somit hinderlich für das Lernen sein, da die

<sup>4</sup> Mehr als eine Person ist an der Prüfung beteiligt

kognitiven Ressourcen, die für den Transfer von Wissen in das Langzeitgedächtnis (ebenfalls mit Hilfe des Arbeitsgedächtnisses), nicht mehr genutzt werden können. Das für das Lernen notwendige Arbeitsgedächtnis wird also mit Prozessen belastet, die selbst nicht relevant für das Lernen sind. Als Konsequenz argumentieren Kirschner et al. (2006), dass Lernende beim Probleme lösen (fast) nichts lernen. Weiter führen die Autoren Studien an, dass konstruktivistische Lehrformate durch Frust und Verwirrung der Lernenden (zum Beispiel durch einen falschen Start oder zu wenig Rückmeldung von den Lehrenden) zu Fehlvorstellungen führen können. Anstelle sollten Lehrende die Lernenden so leiten und Arbeitsaufträge so formulieren, dass möglichst viele Informationen in das Langzeitgedächtnis übertragen werden können und so ein nachhaltiges Lernen stattfinden kann. Ein anderer Ansatz ist das Darstellen von bekannten und funktionierenden Beispielen in der Lehre. Wenn auch einige der Kritikpunkte durch gute Lehre entkräftet werden können, bleibt die inhärente kognitive Belastung der Lernenden beim Lösen komplexerer Probleme ein valides Argument. Auch Guzdial (2015) greift den Beitrag von Kirschner et al. (2006) auf und stimmt zu, dass es ein fraglicher Lehransatz ist, die Studierenden sich in der Anfangsphase die notwendigen Informationen selbst zusammensuchen lassen.

Somit sind neben den zuvor dargestellten Herausforderungen des forschenden Lernens zusätzlich im Kontext der Studieneingangsphase auch die kognitiven Kapazitäten der Lernenden zu berücksichtigen. Damit also das forschende Lernen mit Novizinnen und Novizen gelingen kann, sind zusätzliche Hilfestellungen (u. a. Vermittlung von Soft Skills, Darstellung von Beispielen, Begleitung des Prozesses, regelmäßiges Feedback) notwendig. Mögliche Lehrformate werden im späteren Verlauf dieser Dissertationen dargestellt.

Trotz der zuletzt negativ dargestellten Sicht auf konstruktivistische Lehransätze, die auf der kognitiven Belastungstheorie nach Sweller<sup>5</sup> basieren, kann diese auch genutzt werden, um das Aneignen von neuem Wissen auf Grundlage von bereits bekannten Problemen zu erleichtern. Im folgenden Kapitel wird daher eine mögliche lerntheoretische Überlegung vorgestellt, die in Kombination mit einem Lehrkonzept zum forschenden Lernen vielversprechende Synergieeffekte für die weitere akademische und berufliche Laufbahn bilden können.

## 2.1.2 Kontextualisierung von Fachinhalten

Im naturwissenschaftlichen Unterricht, wie zum Beispiel Chemie, Physik oder Biologie gibt es seit vielen Jahren kontextorientierte Lehransätze, wie Chemie im Kontext (CHiK) (siehe z. B. Di Fuccia et al. 2007), Physik im Kontext (piko) (siehe z. B. Duit et al. 2005) und Biologie im Kontext (bik) nach Bayrhuber et al. (2007). Diese Ansätze zeichnen sich unter anderem dadurch aus (und einen sich in diesen Eigenschaften), dass die unterrichtlichen Frage- und Problemstellungen einen Alltagsbezug aufweisen, mit den Zielen, die nachvollziehbare Sinnhaftigkeit der Beschäftigung der Lehrinhalte und die Bedeutung bei fächer- bzw. disziplinübergreifenden Themen darzustellen. Um dies zu ermöglichen, bedarf es neben der Verknüpfung von Grundkonzepten auch Methoden zur Unterrichtsgestaltung.

---

<sup>5</sup> Mehr Details in Abschnitt 2.1.2

In der Informatik wurde – angelehnt an den zuvor genannten Lehransätzen aus den Naturwissenschaften – im Jahr 2009 das Lehrkonzept Informatik im Kontext (IniK) auf der INFOS vorgestellt, welches auf den drei Prinzipien „Orientierung an Kontexten“, „Orientierung an Standards für die Informatik in der Schule“ und „Methodenvielfalt“ beruht und somit die didaktischen Überlegungen zu Lernzielen, Lehrinhalte, Unterrichtsverlauf und Methoden konsequent am Lehrkontext ausrichtet (vgl. Koubek et al. 2009). Diethelm, Koubek et al. (2011) beschreiben IniK ihrerseits als Konzept, welches Lehrkräfte bei der „Planung, Durchführung und Auswertung des Informatikunterrichts“ unterstützt und auf der Beobachtung basiert, dass informatische Kompetenzen selbst nicht genügen, um „die Durchdringung der Lebenswelt mit Informatiksystemen wahrzunehmen, richtig beurteilen und selbstbestimmt nutzen zu können.“ Primär geht es bei diesem Unterrichtskonzept also um die Bewältigung von Herausforderungen in Verbindung mit Informatiksystemen aus der unmittelbaren Lebenswelt der Lernenden (vgl. Diethelm, Koubek et al. 2011).

Als Kontext verstehen Koubek et al. (2009) die „Menge von lebensweltlichen Themen bzw. Fragestellungen, die von den Schülerinnen und Schüler als zusammenhängend geordnet werden und die dadurch sinnstiftend auf deren Handlungen wirken“ und fokussieren in einer *Informatik im Kontext* Lehreinheit die „lebensweltliche Einordnung von Informatiksystemen“. Die Fragestellung nach Eigenschaften eines guten Lehrkontextes beantworten diverse Autorinnen und Autoren unterschiedlich.

Im naturwissenschaftlichen Bereich werden vor allem die Merkmale Relevanz, Aktualität, Bekanntheit, Authentizität und Bezug zur Alltagswelt der Lernenden beschrieben. Für authentische Kontexte sollten daher Ereignisse aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler behandelt werden, da diese aus dem unmittelbaren Umfeld stammen und sich somit durch einen hohen Bekanntheitsgrad kennzeichnen lassen. Dennoch müssen gute Kontexte nicht zwingend unmittelbar aus der Lebenswelt stammen, sofern diese besonders oder aktuell sind. Die Lernenden können den Kontext nämlich auch aus Medien kennen, wenn dieser beispielsweise aufgrund der Aktualität häufig Teil des gegenwärtigen, öffentlichen Diskurses ist. (vgl. Vorst et al. 2018)

Diethelm, Koubek et al. (2011) leiten mit Bezug auf Diethelm und Dörge (2011) fünf Kriterien (Mehrdimensionalität, Breite, Tiefe, Lebensweltbezug und Stabilität) zur Auswahl von Lehrkontexten ab. So beschreibt die Mehrdimensionalität, dass ein Kontext immer mehrere Dimensionen aufweist, wie z. B. eine ethische, ökonomische oder informatische Dimension. Die Breite und Tiefe eines guten Kontextes stellen sicher, dass dieser gesellschaftlich und von vielen Menschen als relevantes Thema wahrgenommen wird, aber gleichzeitig ein solides informatisches Grundverständnis benötigt, um die Phänomene innerhalb des Kontextes fachlich durchdringen zu können. Durch den Lebensweltbezug soll ein unmittelbarer Handlungsrahmen, den die Lernenden aus ihrem Alltag kennen, geschaffen werden. Die Stabilität beschreibt den längeren Bestand der vermittelten Kompetenzen und informatischen Prinzipien.

Die persönliche Bedeutung vom Kontext greift auch Strecker (2014) auf: So steht bei Aufgaben in einem Kontext in der Informatik nicht das innerinformatische Problem, sondern viel mehr der Zweck im Vordergrund, der für die Lernenden auch sinnstiftend und persönlich bedeutsam ist. Die Informatik stellt dabei die notwendigen Werkzeuge, Denkweisen und

Strategien zur Verfügung, um Probleme aus anderen Lebensbereichen zu lösen. Modrow (2010) argumentiert an dieser Stelle ebenfalls, dass der Kontext aus einer realitätsnahen Problemstellung hergeleitet werden sollte. Außerdem eignet sich ein Lehrkontext auch zur Differenzierung, da unterschiedliche Aufgaben gestellt werden können, die innerhalb des Kontextes dennoch zusammenhängend sind. Auch kann ein guter Kontext die Lernenden neugierig machen, die sich weniger mit technischen und mathematischen Problemstellungen identifizieren können. So kann ein sozialer oder medizinischer Kontext dabei unterstützen weitere Lerngruppen für die Lerninhalte zu motivieren. (Strecker, 2014)

Damit sich Lernende jedoch mit den Lehrinhalten identifizieren können oder zumindest die Inhalte als bedeutsam ansehen, müssen weitere Einflussfaktoren berücksichtigt werden. So leiten Prenzel et al. (2001) die folgenden sechs (wahrgenommenen) Einflussfaktoren zur Entwicklung intrinsischer Motivation ab, da diese eine wichtige Voraussetzung für das erfolgreiche Lernen darstellt. Der zuerst genannte Faktor umfasst die inhaltliche Relevanz des Lehrgegenstandes, wie zum Beispiel die Realitätsnähe und die An- und Verknüpfung von Inhalten in anderen Fächern und Lernsituationen. Dabei ist zu beachten, dass nicht nur das Interesse der Lernenden, sondern auch die der Lehrenden (z. B. durch Engagement oder Enthusiasmus) als auch die Instruktionsqualität (z. B. Struktur, Verständlichkeit) sich auf die Motivation auswirken. Die sozialen Aspekte des Lernens, die im Übrigen nach Ryan (1993), die deutlichsten Zusammenhänge zum motivationsunterstützenden Einflussfaktor aufweisen, spielen ebenfalls eine zentrale Rolle. Dazu gehören die soziale Einbindung der Lernenden (z. B. kooperatives Arbeiten, entspannte Lernatmosphäre), die Kompetenz- und Autonomieunterstützung (z. B. durch Feedback, Wahlmöglichkeiten und Unterstützung zum selbständigen Arbeiten). Auch Biggs und Tang (2003) betonen die Bedeutung von Motivation in der Lehre, da diese die Konzentration, den Einsatz und die Ausdauer beim Lernen fördert. Dies kann z. B. durch sinnstiftende und herausfordernde Aufgabenstellungen erreicht werden.

Die Aufgabenstellungen sollten sich wiederum – nun konkret zum Informatikunterricht – aus dem Kontext von realen Problemstellungen ableiten. Innerhalb des Kontextes kann es zur besseren Differenzierung notwendig sein, die Problemstellung didaktisch zu reduzieren. Diese gezielte Reduktion sollte jedoch an der Bedeutung des Problems und der Sichtbarkeit der Fragestellung nichts ändern (vgl. Modrow, 2010). Es sind also keineswegs hypothetische Fragen, erfundene Situationen oder Laborexperimente, sondern authentische Probleme aus dem Alltag der Lernenden, der Familien oder des sonstigen sozialen Umfelds. Erst die soziokulturelle Natur, die Mehrdimensionalität des Problems und die Verwendung von Konzepten aus diversen Disziplinen verleihen der Problemstellung ihren Sinn und Zweck (vgl. Householder und Hailey, 2012).

In allen Beschreibungen guter Kontexte wird der notwendige Lebensweltbezug und die damit verbundene sinnstiftende Eigenschaft genannt, um so nicht nur die Motivation zu steigern, sondern auch informatische Fähigkeiten und Werkzeuge zur Lösung von Problemen in verschiedenen Disziplinen zu verwenden. Durch die Verknüpfung von Wissen und Kompetenzen verschiedenster Bereiche, können weitere für das Lernen durchaus wirksame Synergieeffekte entstehen.

Die kognitive Belastungstheorie (Cognitive Load Theory) beschreibt, welchen Einfluss die durch Lernaufgaben verursachte kognitive Last auf Lernende bei der Verarbeitung von neuen Informationen und dem Aufbauen von Wissen im Langzeitgedächtnis hat. Die Theorie basiert auf der Grundannahme, dass die Informationsverarbeitung durch das Arbeitsgedächtnis begrenzt ist, was dazu führt, dass Lernende nur eine bestimmte kognitive Belastung auf einmal bewältigen können, bevor die Lernleistung beeinträchtigt wird (vgl. J. Sweller et al. 2019). Insgesamt wird zwischen drei Arten der kognitiven Last unterschieden. Während die intrinsische kognitive Last sich auf die Komplexität der zu verarbeitenden Informationen bezieht, umfasst die extrinsische kognitive Last die Darstellung der Informationen und die damit verbundenen Arbeitsaufträge beim Lernen. Zentral für diese Dissertation ist jedoch die lernbezogene kognitive Belastung (Germane Cognitive Load): diese umschreibt die Art der kognitiven Belastung, die notwendig ist, um Neues zu erlernen, indem entweder neue Informationen in bekannte Schemata eingeordnet oder neue Schemata konstruiert werden (Van Merriënboer und John Sweller, 2005).

Um die kognitive Last beim Lernen zu reduzieren, gibt es verschiedene Ansätze, wie zum Beispiel den *Worked-Example*-, *Split-Attention* oder *Modality*-Effekt. Konkret zur Reduzierung der lernbezogenen kognitiven Belastung wird u. a. empfohlen, Problemstellungen multivariant darzustellen. Diese Varianz wird als *Contextual Interference* bezeichnet. Eine hohe kontextuelle Interferenz der Problemstellungen regt die Lernenden dazu an, kognitive Schemata so zu konstruieren, dass die Wahrscheinlichkeit ähnliche Merkmale zu identifizieren und relevante Merkmale von irrelevanten unterschieden werden können, erhöht wird. Lernkonzepte, die eine hohe Variabilität aufweisen (wie z. B. IniK), stellen sicher, dass eine Aufgabe unter Bedingungen geübt wird, die die Ausführung von unterschiedlichen Varianten der Aufgabe über verschiedene Problemsituationen oder Bedingungen (wie z. B. dem Kontext oder Vertrautheit der Aufgabenstellung) erfordern. Eine hohe Variabilität erhöhe zwar initial die kognitive Belastung während der Übung, führe aber zu einer besseren Schemakonstruktion und einem besseren Transfer des Wissens zur Lösung neuer, nicht zuvor bekannten Problemstellungen. (Van Merriënboer und John Sweller, 2005)

Übertragen auf Lehreinheiten im Kontext bedeutet dies, dass die Lernenden womöglich initial eine höhere kognitive Belastung haben, jedoch dabei von einem besseren Lerntransfer auf neue, unbekannte Problemstellungen profitieren. Dies senkt wiederum die kognitive Belastung, da die Lernenden auf bereits bekannte Schemata zurückgreifen können. Somit hat ein gut gewählter Kontext, der sich womöglich als Querschnittsthema durch das ganze Studium zieht, das Potential die notwendige kognitive Belastung beim Lernen neuer Fähigkeiten reduzieren, indem neue Informationen aus verwandten Gebieten bereits in bekannte Schemata eingeordnet werden können. Dies verbessert nicht nur das (konzeptuelle) Verständnis, indem vermitteltes Fachwissen in unterschiedlichen Kontexten und Rahmen angewandt wird (Habig, 2017), sondern fördert durch die Vernetzung von Wissen auch die Lernleistung (Fechner, 2009; Bennett, 2016). (Napierala, 2022)

Das Vernetzen von Wissen fassen ebenfalls Biggs und Tang (2003) auf. Sie beschreiben ihrerseits sieben Eigenschaften von guten Lehr- und Lernkontexten. Hierbei werden Kontexte jedoch nicht wie bei IniK als fachlicher Rahmen, sondern als allgemeine Bedingungen für

eine lernfördernde Umgebung verstanden. Dennoch lassen sich diese Eigenschaften gut mit IniK, forschendem Lernen und anderen Lehrkonzepten verbinden. Neben der Unterstützung zur Selbstreflexion der eigenen Lernprozesse, aktivierenden Arbeitsaufträgen, formativen Feedback, gezielter Motivation zum Einstieg, Lernen in sozialen Gefügen und Lehrqualität, gehört noch das Vernetzen von Wissen. Biggs und Tang (2003) betonen – analog zum vorherigen Absatz –, dass neues Wissen auf bereits Bekannten aufbauen sollte. Dies kann beispielsweise durch die Struktur der Lehrveranstaltung, die Erfragung von Vorerfahrung, durch das Aufzeigen von Parallelen oder der Referenzierung zu anderen Gebieten erreicht werden. Die Lernenden werden so dabei unterstützt bereits bekannte Konzepte zu rekontextualisieren, indem sie Unterschiede in verschiedenen Abstraktionsstufen erkennen.

Trotz der zuvor dargestellten, positiven Synergieeffekte von Lehren im Kontext gibt es auch berechtigte Kritikpunkte. Die zuvor dargestellten Vorteile der Berücksichtigung und Vernetzung diverser Disziplinen und Wissenschaften können auch dazu führen, dass im kontextorientierten Unterricht der Bezug zur Informatik verloren geht. Diethelm, Koubek et al. (2011) bezeichnen dies als *Lost in Context* und führen das (zum Zeitpunkt der Publikation zeitgemäße) Beispiel eines MP3-Spielers an. Zu der Zeit der Publikation war dieses Gerät nicht aus der Lebenswelt damaliger Schülerinnen und Schüler wegzudenken und obwohl dieses Gerät ein täglicher Wegbegleiter war, wussten die meisten Lernenden kaum etwas zur genauen Funktionsweise dieses Systems. Wird nun betrachtet, welche Bezugswissenschaften notwendig sind, um den MP3-Player als Ganzes zu begreifen, sind Kenntnisse aus der Physik (Akustik), Informatik (Digitalisierung und Übertragung von Daten), Mathematik (Datenkompression), Biologie (Funktionsweise des Ohres) und Ethik (mögliche Urheberrechtsverletzungen in Tauschbörsen) benötigt. Kaum eine Lehrkraft verfügt in all diesen Wissenschaften über dieselbe Fachkompetenz.

Guzdial (2010) äußert ebenfalls Kritik und argumentiert, dass die Ausrichtung der Lehre an einem Kontext nicht die Produktivität oder Effizienz im Klassenzimmer steigert. Anstatt sich mit den eigentlichen Inhalten zu befassen, wird Zeit mit Kontexten verbracht. Das Ziel sei doch das Vermitteln von dekontextualisiertem Wissen, welches vor allem in der Informatik in vielen Disziplinen angewandt werden kann. Die einzige Möglichkeit dieses Wissen zu erlangen, ist es weit außerhalb eines einzigen Kontextes zu lehren. Die Kontextualisierung kann jedoch die Relevanz des Lehrinhaltes aufzeigen und so Studierenden dazu verhelfen, das Studium oder den Kurs nicht abzubrechen (vgl. Guzdial und Tew, 2006; Sloan und Troy, 2008; Simon et al. 2010). Wenn die Lernenden jedoch schon Interesse an dekontextualisierten Lehrangeboten zeigen und es keine Probleme mit hohen Abbruchquoten gibt, ergibt sich durch die Verwendung von Kontexten in der Lehre wahrscheinlich keine Verbesserung (vgl. Guzdial, 2010). Er stützt seine Argumentation unter anderem mit einer Studie, in welcher eine kontextualisierte Lehrveranstaltung mit einer inhaltlich äquivalenten, dekontextualisierten Lehrveranstaltung verglichen wurde. Zwar waren zu Beginn und während des Semesters Unterschiede, beispielsweise in der Zufriedenheit mit der Lehrveranstaltung, sichtbar; diese Unterschiede haben sich jedoch zum Ende des Semesters angeglichen (vgl. Tew et al. 2005).

Insgesamt ist das Vermitteln von Inhalten am Kontext – vor allem in den Naturwissenschaften – eine bewährte Methode, um den Lernenden aktivierende und sinnstiftende Lehrformate

anbieten zu können. Es lassen sich hierbei auch unmittelbar direkte Bezüge zum forschenden Lernen herstellen. So fasst Huber (2009) in Bezug auf Mandl und Reinmann-Rothmeier (1998) die konstruktivistische Perspektive des forschenden Lernens folgende Lern- und Lehrprinzipien zusammen:

- (1) Der Ausgangspunkt des Lernprozesses sollen authentische Problemsituationen sein, die ihrerseits aufgrund des Realitätsgehaltes und Relevanz das Erlernen neuer Fähigkeiten und Wissens motivieren (siehe auch Prenzel et al. 2001; Strecker, 2014; Diethelm, Koubek et al. 2011).
- (2) Neue Kenntnisse dürfen nicht auf eine bestimmte Situation fixiert sein (siehe auch Dekontextualisierung: vgl. Biggs und Tang, 2003; Van Merriënboer und John Sweller, 2005).
- (3) Die Inhalte und Probleme müssen aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden (vgl. Van Merriënboer und John Sweller, 2005; Strecker, 2014).
- (4) Das Lernen soll in sozialen Rahmen stattfinden (Prenzel et al. 2001; Ryan, 1993).

Dadurch wird deutlich, dass sowohl das forschende Lernen als auch InK, in der Grundidee ähnliche praxisbezogene Ziele anhand von lebensweltlichen Beispielen verfolgen und daher auch adäquat miteinander kombiniert werden können. Neben der konstruktivistischen Ausrichtung des Lernprozesses mit zur Hilfenahme des forschenden Lernens und hinreichend komplex gestalteten Lernsituationen, die sich an anwendungsorientierten und persönlich bedeutsamen Kontexten zur Festigung von selbstständigen und generalisierbaren Handlungsstrategien orientieren, spielt auch die persönliche Haltung der Lernenden eine zentrale Rolle. Im folgenden Kapitel wird daher die Rolle des Selbstkonzeptes beim Lernen vertieft.

### 2.1.3 Stärkung des (technischen) Selbstkonzepts

Das Selbstkonzept beschreibt kognitive, affektive und konative Prozesse zur Selbstkonzeptualisierung einer Person (Schmidt, 2022) und umfasst deren Selbstbilder, die durch – sei es die interne oder externe (Janneck et al. 2012) – Zuschreibung und Beurteilung des Selbst (Adenstedt, 2016) entstanden sind. Die Auffassung des Selbsts bildet sich also durch (soziale) Interaktions- und Vergleichsprozesse mit der Lebenswelt der Person (Adenstedt, 2016). Das Selbstkonzept ist an sich aber kein allgemein und für sich stehender Begriff, da die Vorstellungen zu sich selbst sich auf viele Aspekte beziehen können, die situations- und bereichsspezifisch sind und sich auch in der wahrgenommenen Relevanz unterscheiden (Filipp und Brandstädter, 1975). Zusammengefasst kann das Selbstkonzept als „die Gesamtheit der Einstellungen zur eigenen Person“ (Mummendey, 2006, S. 281) begriffen werden.

Zur besseren Darstellung der unterschiedlichen Dimensionen des Selbstkonzepts haben Janneck et al. (2012), auf Grundlage der Arbeiten von Marsh et al. (1988) und Hannover (1997), ein hierarchisches Netzwerkmodell des Selbstkonzeptes entwickelt (siehe Abbildung 2.5). Im Zentrum steht das generelle Selbstkonzept, welches als relativ stabil betrachtet werden kann und sich im akademischen und nicht-akademischen Selbstkonzept unterscheiden lässt. Akademische Selbstkonzepte sind spezifische Fähigkeiten im akademischen Leistungsbereich.

Das generelle Selbstkonzept wird dann wieder unterteilt in das sprachlich-akademische Selbstkonzept, mathematisch-akademisches Selbstkonzept, physisches nicht-akademisches Selbstkonzept, emotional nicht-akademisches Selbstkonzept und sozial nicht-akademisches Selbstkonzept, die sich alle wiederum in weitere Konzepte untergliedern. Je weiter sich diese Strukturen im Modell vom generellen Selbstkonzept entfernen, desto veränderbarer sind diese. So genügen bereits wenige situationsspezifische Erfahrungen, um eine Veränderung im Selbstschema zu erreichen. Zudem wird die Kontextabhängigkeit durch die Größe des Durchmessers der Knoten im Modell visualisiert: je höher die persönliche Relevanz, desto größer der Knoten. (vgl. Vincent und Janneck, 2012)

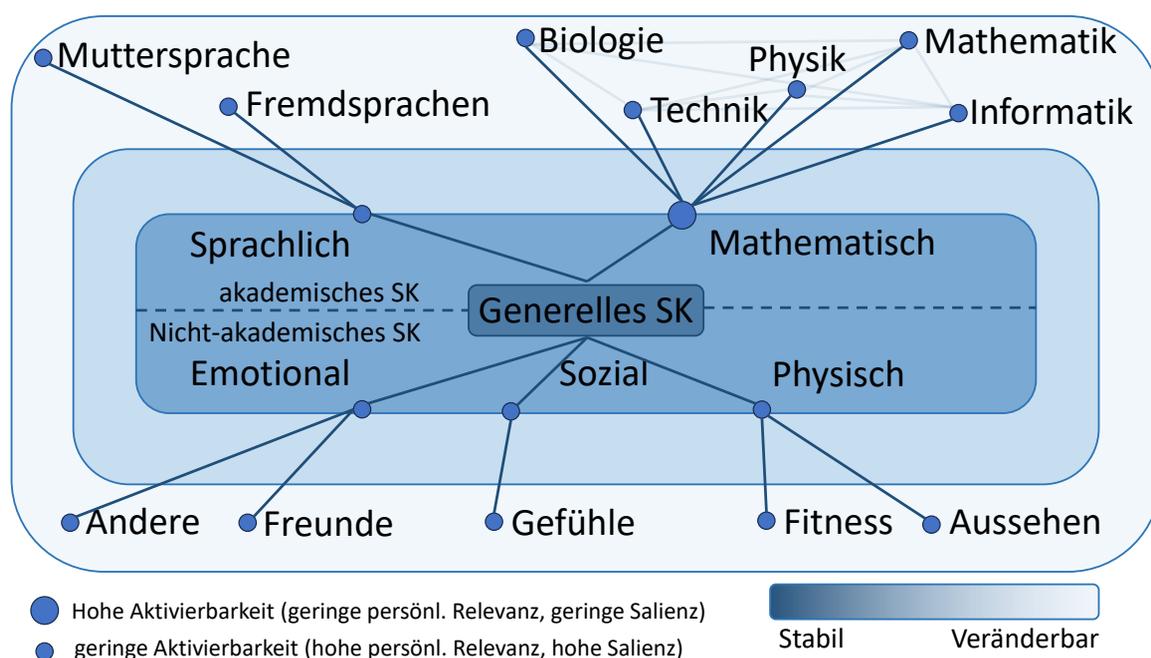


Abbildung 2.5: Hierarchisches Netzwerkmodell des Selbstkonzeptes nach Vincent und Janneck (2012)

Wie in der Abbildung 2.5 dargestellt, ist das Selbstkonzept kein starres Konstrukt, welches in Kindheitstagen gebildet wird und sich danach nicht mehr verändert. Es entwickelt sich stetig weiter und wirkt sich somit auch außerhalb der Universität im späteren Berufsleben in einer Wechselwirkung auf die Person aus. Da angenommen wird, dass das Selbstbild maßgeblich die Berufsfindung und Laufbahn beeinflusst, wirkt sich dieses auch auf die spätere Zufriedenheit mit der Arbeit und dem Leben aus (vgl. Vincent und Janneck, 2012). Auch andere Autoren bestätigen den Einfluss des Selbstkonzeptes auf die Studien- und Berufswahl (Malczok, 2014) und bezeichnen das Selbstkonzept daher auch als wesentlichen Prädiktor für die Laufbahnentwicklung (Super, 1953). Hellmich (2011) bezeichnet die starke Wirkung des Selbstbildes auf die Kompetenzentwicklung einer Person daher auch als selbsterfüllende Prophezeiung. Dies gilt ebenfalls als empirisch belegt. So konnte Koch (2005) zeigen, dass nicht nur die Erwartungen und die Haltung einer Person, sondern auch das Handeln vom Selbstkonzept beeinflusst wird. Daher ist es ein Ziel der Bildungswissenschaften zu

einem positiven Selbstkonzept der Lernenden beizutragen und dieses zu fördern (Möller und Trautwein, 2009).

Ein besonderer Fokus soll in dieser Dissertation auf das mathematisch-akademische Selbstkonzept gelegt werden. Dieses umfasst die Selbsteinschätzung einer Person zu ihren mathematisch und naturwissenschaftlichen Fertigkeiten. Dazu zählt auch das technikbezogene Selbstbild als Teilstruktur. Es umfasst neben den technikbezogenen Fähigkeiten auch das Interesse, Handlungserfahrungen und die Einstellung (vgl. Vincent und Janneck, 2012). Vor allem die Handlungserfahrungen spielen in der heutigen Zeit eine wichtige Rolle für die technische Allgemeinbildung. Die technische Allgemeinbildung beschreibt Modrow (2010) – angelehnt an Klafki (2007) – zum einen als das Ansprechen der Gesamtheit der menschlichen Möglichkeiten und zum anderen, dass die Bildung mittels „epochaltypischer Schlüsselprobleme erfolgt“. Letzteres wird nicht nur an Gymnasien, sondern auch zu Beginn des Studiums kaum berücksichtigt. Nach Modrow (2010) umfasst die technische Allgemeinbildung drei Aspekte: Zu der Erfassung von epochaltypischen Schlüsselproblemen gehört ein valides Verständnis von Informatiksystemen, um die heutige von Technik geprägte Welt zu begreifen. Außerdem muss die technische Allgemeinbildung ziel- und produktorientiert Erfahrungen im Umgang mit technischen Systemen vermitteln, um das Wissen nicht als Mittel des Verstehens zu betrachten, sondern als Instrument zum Erreichen eines Zwecks. Zuletzt soll die Allgemeinbildung, Teamfähigkeit und individuelles Wissen und Fähigkeiten in Zusammenarbeit mit anderen Lernenden zur Erreichung eines Zieles – wie zum Beispiel die Entwicklung einer technischen Anwendung – fördern.

Technische Anwendungen, erst einmal unabhängig von beispielsweise Löten oder gar technischer Informatik, dienen als Ausgangspunkt für einen problemorientierten Zugang, von welchem physikalische Gesetzmäßigkeiten kennengelernt werden, um Probleme technischer Natur zu lösen und um das Wissen in einen technischen Kontext einzubetten. Die Lernenden beschäftigen sich hierbei also konkret mit den Gesetzmäßigkeiten zur Problemlösung und der damit verbundenen Bedeutung; nicht des Lerninhalts selbst willen. Die verstandene Technik orientiert sich dabei an prozessualen Kompetenzen – die Inhalte haben an dieser Stelle als Kontext nur eine sekundäre Rolle. Dieser Kompetenzerwerb erfordert vor allem Zeit und praktische Handlungserfahrung, in welcher erprobt wird, „ob die zum Erreichen des Zwecks erforderliche und über das prinzipielle Verständnis hinausgehende Korrektheit im Detail, die Benutzung vorhandener Werkzeuge und Module im Rahmen einer neuen Problemstellung, die Einarbeitung in ein Sachgebiet nur soweit [...] wie es für die Problemlösung erforderlich ist, die Einarbeitung in vorhandene Normen und Schnittstellen sowie deren Beachtung den persönlichen Neigungen entspricht – oder auch nicht.“ (Modrow, 2010, S. 40). Somit rückt die Erkenntnisgewinnung selbst in den Hintergrund. Die Informatik stellt Methoden und Werkzeuge bereit, die es erlauben (leichter als in anderen Fächern) in zahlreichen Einsatzgebieten, erste Erfahrungen im selbstständigen Arbeiten zu sammeln. (Modrow, 2010)

Diese (Handlungs-)Erfahrungen wirken sich dann wiederum auf das technikbezogene Selbstkonzept aus. Dieses ist nach Janneck et al. (2012) wiederum in drei Unterdimensionen unterteilt: dem konativen, motivationalen und kognitiven Technikbezug. Die konative Komponente bezeichnet dabei das Verhalten und die bisher gesammelten Handlungserfahrungen im Um-

gang mit Technik. Die motivationale Dimension beschreibt die emotionalen Motive und inhaltspezifischen Aspekte, die den Umgang mit Technik für eine Person motivieren. Die kognitive Komponente umfasst die Selbsteinschätzung der Kompetenz und Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit Technik. Die Selbstwirksamkeitserwartung beschreibt nach Bandura (1997) den Glauben an die eigenen Fähigkeiten einer Person zur Organisation und Ausführung von Handlungen, die zum Erreichen eines bestimmten Zieles erforderlich sind. So neigen Personen mit einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung dazu, Herausforderungen über längere Zeit persistent durchzuhalten, während Personen mit einer niedrigeren Erwartung dazu neigen, Herausforderungen zu vermeiden und sich dadurch selbst beschränken (vgl. Artino, 2012). Zum kognitiven Technikbezug zählt unter anderem auch die internale und externale Attribution im Umgang mit technischen Komplikationen (vgl. Vincent und Janneck, 2012). Abbildung 2.6 stellt das Modell des technischen Selbstkonzepts übersichtlich dar.

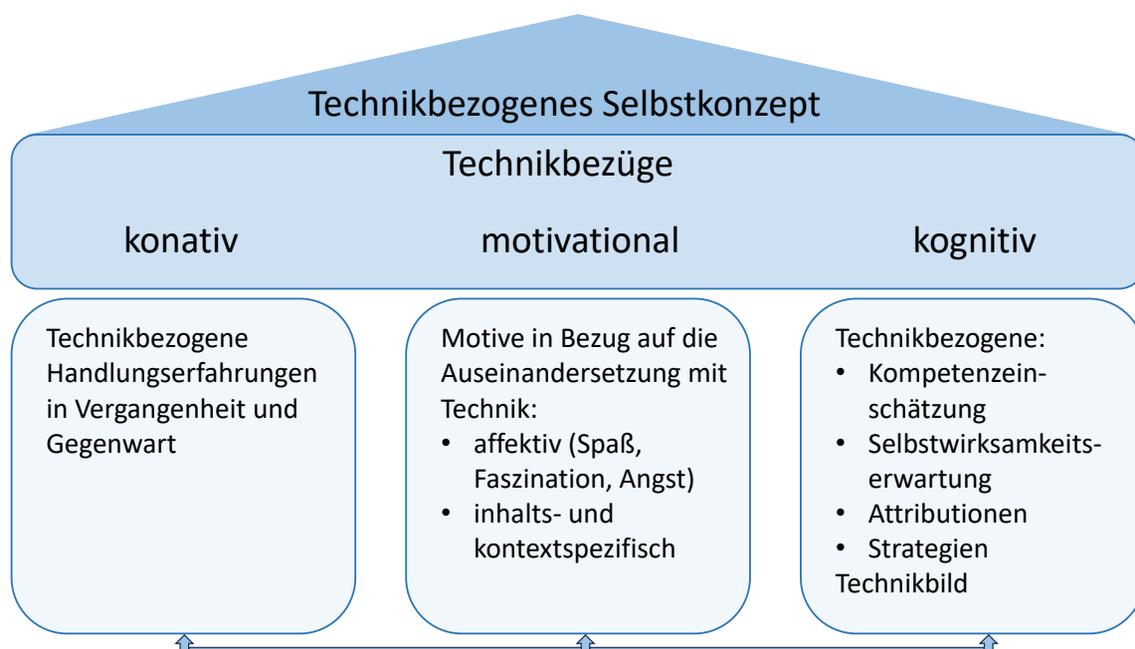


Abbildung 2.6: Modell des technischen Selbstkonzepts nach Vincent und Janneck (2012)

In den vorigen drei Unterkapiteln wurden ausgewählte Aspekte der Hochschuldidaktik mit konkreten Bezügen zur Informatik dargestellt. Diese Aspekte bilden die Grundlagen für den kommenden Abschnitt und den weiteren Verlauf dieser Arbeit. Im Rahmen dieser Dissertation sollen nun, angelehnt am forschenden Lernen mit dem Fokus auf der technisch-entwickelnden Forschung und im handlungsorientierten Rahmen einer Informatik-im-Kontext Lehreinheit, Lehrkonzepte, die nach dem Constructive Alignment ausgerichtet sind und die lerntheoretischen Hintergründe der kognitiven Belastungstheorie berücksichtigen, entwickelt und evaluiert werden. Diese können bereits ab dem ersten Semester in der universitären Lehre eingesetzt werden. Aufgrund der elementaren Bedeutung des Selbstkonzepts für die weitere (akademische) Laufbahn der Lernenden soll zusätzlich beforscht werden, inwiefern sich die-

ses nach einer technisch orientierten Intervention verändert und welche potentielle Wirkung diese auf den darauffolgenden Studienverlauf hat. An dieser Stelle bleibt jedoch die Frage offen, welcher Kontext den Studierenden konkret angeboten werden kann. Der Kontext muss sich einerseits in seiner fachlichen Breite und Tiefe eignen, um den Studierenden einen ausreichenden Rahmen zum Üben und Forschen zu bieten, andererseits muss der Kontext auch die Kriterien eines guten Lehrkontextes erfüllen und den Lernenden zusätzlich die Möglichkeit bieten, praktische Handlungserfahrung zu erleben. Daher wird im nächsten Kapitel nicht nur ein potentieller Kontext vorgestellt, sondern auch zusammenfassend und auf Grundlage des theoretischen Rahmens, der Titel der Dissertation hergeleitet, motiviert und begründet.

## 2.2 Smart-Environments als Kontext forschender Lehre in der Informatik

Bevor dargestellt werden kann, weshalb Smart-Environments als Lehrkontext für das forschende Lernen in Betracht gezogen wird, muss zunächst der Begriff definiert und eingeordnet werden. Die Einordnung erfolgt dabei nicht nur fachlich, sondern auch thematisch in den theoretischen Rahmen der Arbeit. In diesem Kapitel werden daher die Fragen beantwortet, was Smart-Environments sind, weshalb sich diese als möglicher Lernkontext innerhalb von Lehreinheiten zum forschenden Lernen eignen könnten und weshalb solche Lehrkonzepte bereits in der Studieneingangsphase etabliert werden sollten. Auf Grundlage dieses Kapitels werden im Anschluss der aktuelle Forschungsstand zu Smart-Environments in der Lehre, dem forschenden Lernen in der Informatik, der prozessorientierten Prüfung mit Portfolios und Untersuchungen zum technischen Selbstkonzept von Lernenden dargestellt, um so zum einen Forschungslücken hervorzuheben und zum anderen die Forschungsfragen zu formulieren. Die dazugehörigen Hypothesen werden zum Teil auf Grundlage der verwandten Arbeiten und des theoretischen Rahmens der Dissertation abgeleitet.

### 2.2.1 Definition und Einordnung von Smart-Environments

Das Internet der Dinge (Internet-of-Things oder kurz IoT) beschreibt ein Modell von Netzwerken, in welchem physische Objekte (oft Dinge, Things, Smart Devices oder Smart Objects) miteinander verbunden sind, Daten erfassen, austauschen und auswerten, um intelligente (smarte) Anwendungen auch ohne menschliche Aktion zu ermöglichen. Die Vernetzung kann sowohl kabelgebunden als auch kabellos erfolgen und ist, je nach Definition, eine Verbindung zum Internet. Die smarten Objekte setzen sich in der Regel aus netzwerkfähiger Hardware und der eingebetteten Software, die entsprechende Kommunikationsprotokolle implementiert, zusammen. Die Kommunikation kann von Gerät zu Gerät, Gerät zur Cloud, Gerät zu Gateway zur Cloud und Gerät zu Anwendung stattfinden. So lassen sich beispielsweise Anwendungsfälle aus den Bereichen Smart-City, Industrie 4.0 oder Smart-Home realisieren (vgl. Jammes, 2016; Sourì et al. 2022; Burd, Barker, Divitini, Perez et al. 2018). Als Smart-Home wird eine Wohneinheit bezeichnet, die mit Hilfe von smarterer Technologie den Nutzerinnen und Nutzern Dienste zur Steigerung des Komforts anbietet, um die wahrgenommene Sicherheit,

Energieeffizienz und Lebensqualität zu steigern. Smart bezieht sich in diesem Kontext auf technologische Prozesse, die in einem bestimmten Umfang als künstlich intelligent bezeichnet werden können (Marikyan et al. 2019). Nach Jiang et al. (2004) hat ein Smart-Home im Wesentlichen drei Eigenschaften: es verfügt über ein Netzwerk, intelligente Funktionalitäten und Hausautomatisierung zur Steuerung und Überwachung von elektrischen Haushaltsgeräten und Diensten – sowohl innerhalb des Netzwerkes als auch außerhalb.

Die Definitionen von IoT, Smart-Home und Smart-Environments überschneiden sich in vielen Bereichen. So definieren Nixon et al. (2004) Smart-Environments (oder Smart Space) als einen Bereich in der realen Welt, welcher mit Sensoren, Aktoren und integrierten Computern (später auch verteilte Sensor- und Rechenknoten genannt) ausgestattet ist, um so einen Teil eines größeren Informationssystems zu bilden. In diesem Informationssystem kann jede menschliche Aktion oder Interaktion entsprechende Anwendungen auslösen, die zum Beispiel durch Sensoren erfasst werden und durch Aktoren eine Wirkung auslösen. Mögliche Anwendungsgebiete eines Smart-Environments könnte zum Beispiel das unterstützende Wohnen für alte Menschen sein (siehe auch vorherige Definition zu Smart-Home).

Poslad (2009) definiert Smart-Environments umfassender. So bestehen Smart-Environments aus Sensoren, Steuergeräten und eingebetteten Computern, die in einer physischen Umgebung, wie z. B. mittels Roboter ihre Umwelt aktiv wahrnehmen und mit dieser interagieren können. Dies ermöglicht diesen Systemen auch, die Gewohnheiten der Benutzerinnen und Benutzer zu erfassen und mit einer Reihe von vernetzten Geräten Operationen und Interaktionen automatisch ausführen können. Mögliche Anwendungen sind beispielsweise das Erkennen und Finden von Objekten (zum Beispiel via RFID), das Erfassen und Überwachen der Umgebung (beispielsweise als Eingabe für kontextbewusste Systeme), das Anpassen des Systemverhaltens, den Zustand der Umgebung mittels Steuergeräte zu verändern oder zu regeln. Auch die robotergestützte Montage führt der Autor als Anwendungsgebiet auf. Insgesamt enthält diese Beschreibung sämtliche Aspekte der vorherigen Definitionen, ergänzt diese jedoch noch um Robotersysteme in der Fertigung und erweitert Smart-Environments – neben Smart-Home – um die zum Teil intelligente Fertigung im Rahmen von Industrie 4.0 (vgl. Reinhart, 2017).

Im Folgenden wird nun erläutert, warum dies als ein sinnstiftender Lehrkontext in der universitären Lehre gewählt werden kann.

## 2.2.2 Informatik im Kontext mit Smart-Environments

Eine Unterrichtseinheit im Kontext zeichnet sich, wie in 2.1.2 beschrieben, unter anderem durch die lebensweltliche Einordnung eines Informatiksystems aus. Smart-Environments können daher als relevanter Kontext bewertet werden, da zum Beispiel der Themenkomplex Smart-Home immer mehr Einzug in den Alltag und die Lebenswelt der Lernenden einzieht und an Orten wirkt, an denen die Schülerinnen und Schüler bzw. Studierende viel Zeit verbringen: nämlich in der Bildungseinrichtung und zu Hause. Im naturwissenschaftlichen Rahmen zeichnen zusätzlich Merkmale, wie Relevanz, Aktualität, Bekanntheit und Authentizität einen geeigneten Kontext aus (vgl. Vorst et al. 2018). Auch dies ist für Smart-Environments

gegeben, da die dafür zugrunde liegende Technologie immer verfügbarer und günstiger wird. So sind beispielsweise Sprachassistenzsysteme, die im Alltag zum Beispiel dazu genutzt werden können das Licht zu steuern, auch schon Kindern im Alter von drei Jahren ein Begriff und werden von den Heranwachsenden als ansprechende und intelligente Spielgefährten wahrgenommen (vgl. Druga et al. 2017).

Nach Diethelm, Koubek et al. (2011) sind es die fünf Kriterien (Mehrdimensionalität, Breite, Tiefe, Lebensweltbezug und Stabilität), die bei der Wahl eines Kontextes berücksichtigt werden sollten. Smart-Environments weisen als Kontext viele Dimensionen auf: so können diese Systeme nicht nur aus einer technisch-informatischen Fokussierung betrachtet werden, sondern auch aus einer Sicherheits-, Ethik-, Datenschutz-, Privatsphäre oder juristischen Perspektive (vgl. z. B. Tzafestas, 2018; Karale, 2021). Auch stellt der Kontext eine fachliche Breite für die Lernenden zur Verfügung. So können in diesem Rahmen alleine Hardware, hardwarenahe Entwicklung und Programmierung, Netzwerktechnik, Funkstandards und Protokolle, Informationssysteme, Web- und Mobile Anwendungen, Mensch-Maschinen-Interaktion oder Ethik (Burd, Barker, Divitini, Perez et al. 2018) an einem einzigen Kontext vermittelt werden und eignet sich aufgrund der praktischen und lebensweltlichen Bezüge als Kontext (vgl. Diethelm et al. 2010). Somit knüpft dieser Kontext inhaltlich an diverse Module im Informatikstudium an und dadurch hat der Themenkomplex Smart-Environments das Potential, die kognitive Last beim Lernen neuer Fähigkeiten zu reduzieren, indem neue Informationen bereits in bekannte Schemata eingeordnet werden können. Dies ist förderlich für das Verständnis (Habig, 2017) und fördert durch die Vernetzung die Lernleistung (Bennett, 2016). Die Tiefe ergibt sich aus der jeweiligen Betrachtung der zuvor dargestellten Aspekte. So lässt sich ein grundlegendes Verständnis von Informatiksystemen auch auf verteilte, eingebettete Systeme übertragen, um diese verstehen zu können. Zusätzlich müssen die Lernenden den Kontext als relevant empfinden. Dies ist vor allem in informatisch-technischen Bereichen, in denen junge Frauen sich meist weniger zutrauen (vgl. Kallia und Sentance, 2018) oder ein Interesse entwickeln (vgl. Haselmeier et al. 2019) eine Herausforderung. Jedoch haben Smart-Environments auch soziale oder medizinische Aspekte, die vor allem für Frauen einen interessanten und vor allem sinnstiftenden Zugang bieten, als beispielsweise Technik oder Programmieren zum Selbstzweck (vgl. Modrow, 2010; Strecker, 2014; Khan und Luxton-Reilly, 2016). Auch andere Autorinnen und Autoren konnten bereits darstellen, dass Smart-Environments einen gendergerechten Zugang zur Informatik bieten können (vgl. Katterfeldt und Dittert, 2018; Pancratz et al. 2019; Seraj et al. 2020). Bezüglich der Stabilität des Kontextes ist davon auszugehen, dass Smart-Environments durch die weitere Miniaturisierung und Einbettung von Technik in den Alltag und der weiteren Digitalisierung unsere Gesellschaft auch für die nächsten Jahre ein relevanter Kontext bleiben. Zudem sollten sich Aufgabenstellungen in einem Kontext aus realitätsnahen Problemstellungen ableiten (Modrow, 2010). Smart-Environments bieten vor allem in der Dimension des Smart-Homes einen Fundus von Werkzeugen und Technologien zur Lösung von alltäglichen Problemen im Haushalt und zeigen so im einen konstruktivistischen (siehe Papert, 1980), handlungsorientierten und informatisch-technischen Rahmen die Relevanz und den Nutzen der vermittelten Lehrinhalte.

Zusammengefasst sind die Gründe Smart-Environments als Lehrkontext zu verwenden vielseitig, da es sich um ein aktuelles und interdisziplinäres Gebiet handelt, welches die Studierenden befähigt anhand greifbarer und anwendbarer Fallstudien zu verstehen, wie solche Systeme entwickelt und gewartet werden. Dabei können wichtige Aspekte des Informatikstudiums, wie Netzwerke, Server-Client Architekturen, IT-Sicherheit, hardwarenahe Systementwicklung, Mensch-Maschinen Interaktion und vieles mehr handlungsorientiert, vernetzend und mit Lebensweltbezug unterrichtet werden. Zudem können Aspekte zum Speichern und Analysieren von Daten, als auch ethische Fragestellungen bearbeitet werden (Burd, Barker, Divitini, Perez et al. 2018).

Die Lösung solcher technischen Herausforderungen stellt in Anlehnung an 2.1.1 einen Rahmen für die technisch-entwickelnde Forschung im universitären Kontext dar. Im Folgenden wird daher der Titel der Dissertation (bzw. das gleichnamige Lehrkonzept) fachlich eingeleitet, indem nun der Kontext Smart-Environments mit Lehrmodell des forschenden Lernens miteinander kombiniert wird, um unter anderen Studierenden in der Studieneingangsphase einen innovativen, neuen und handlungsorientierten Zugang zum Informatikstudium anbieten zu können.

### 2.2.3 Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments

Dieser Abschnitt führt nun sämtliche theoretischen Grundlagen und didaktischen Konzepte zusammen, um so den Titel dieser Dissertation herleiten zu können. Im theoretischen Teil wurden bisher in 2.1.1 das methodische Konzept zum forschenden Lernen und die Gründe zur Umsetzung solcher Lehrkonzepte dargestellt, die verschiedenen Arten der Erkenntnis und Forschungsformen gegenübergestellt, der Bezug zum Konstruktivismus und damit auch Konstruktivismus hergestellt und mögliche Herausforderungen in der praktischen Umsetzung beschrieben, zu denen auch geeignete Prüfungsformate gehören. Daher wurde im Rahmen des Constructive Alignments diskutiert, wie Lernziele, Lehrmethoden und Prüfungsformate aufeinander abgestimmt sein müssen, um so im Anschluss geeignete Prüfungsformate und Leistungsnachweise zum forschenden Lernen vorzustellen. Dabei fiel der Fokus begründet auf E-Portfolios. Im folgenden Kapitel 2.1.2 wurde die Kontextualisierung von Fachinhalten als möglicher Lehransatz u. a. zur Steigerung der Motivation, Unterstützung des Kompetenz- und Autonomielebens und Vernetzung des Wissens vorgestellt. Über die Vernetzung des Wissens wurde zudem die kognitive Belastungstheorie eingeführt, die bereits im vorherigen Kapitel als potentieller Kritikpunkt zu konstruktivistischen Lehrformaten diskutiert wurde. Zum Schluss des Kapitels wurde der Bezug von Lehrformaten, wie IniK, zum forschenden Lernen hergestellt, um zu argumentieren, dass sich beide Lehrmodelle ergänzen können, um den Lernenden neue, motivierende und überfachlich qualifizierende Lernsituationen anbieten zu können. Auf dieses Kapitel 2.1.3 folgte die Einführung des Selbstkonzepts und der Einfluss auf die Kompetenzentwicklung einer Person. Da diese Dissertation technisch orientiert ist, wurde der Fokus im Allgemeinen auf das mathematisch-akademische Selbstkonzept und im Speziellen auf das technikbezogene Selbstkonzept, welches wiederum in seinen Teildimensionen näher beleuchtet wurde, gelegt. Daraufhin wurde in 2.2 Smart-Environments definiert

und als möglicher Kontext auf Grundlage von 2.1.2 motiviert. Im Folgenden kann daher nun erläutert werden, wie Smart-Environments als Lehrkontext in einer Lehreinheit sinnstiftend auch in der Studieneingangsphase genutzt werden könnte.

Wie in 2.1.1 dargestellt, brechen die meisten Studierenden das Informatikstudium in den ersten beiden Semestern ab<sup>6</sup>. Obwohl die Abbruchmotive, der Einfluss der Studieneingangsphase auf die Entscheidung abzubrechen und interne Faktoren der Studierenden seit über 20 Jahren erforscht und bekannt sind (vgl. Heublein et al. 2010; Heublein et al. 2017; Giannakos et al. 2017), ist keine Senkung der Abbruchquote in der Informatik sichtbar (obwohl in Oldenburg mit Vor- und Brückenkursen, Social-Events und Tutorien für Ersties, Hochschulinformationstagen, einer Soft Skills Veranstaltung ab dem ersten Semester im Studienverlaufsplan und Beratungsstellen bereits viele Gegenmaßnahmen ergriffen werden). Die hohe Abbruchquote in den ersten Semestern ist bedauerlich, da junge und motivierte Köpfe ggf. die Universität verlassen, bevor diese beispielsweise einen Erstkontakt zu Forschung oder Entwicklung haben konnten – also unter anderem dem, was ein Informatikstudium auszeichnet und wofür die Lernenden perspektivisch qualifiziert werden sollen. Außerdem decken die an der Universität Oldenburg genannten Maßnahmen viele Abbruchmotive gar nicht oder nur teilweise ab.

Soziale Aspekte beim Lernen sind wichtig für die Motivation (Biggs und Tang, 2003) und sollten daher schon ab den ersten Lehrveranstaltungen – beispielsweise durch kollaborative Lernangebote und durch die Vermittlung entsprechender Soft Skills gefördert werden. Ebenso kann das Interesse und die Studienmotivation nachlassen, weil sich die Lernenden nicht mit dem Studium identifizieren können und die Lerninhalte selbst als zu theoretisch wahrnehmen, sodass der Sinn der Lehre nicht erkennbar ist (fehlender Praxisbezug). Neben schlechtem Zeit- und Selbstmanagement, stellen auch die eigenen fachlichen Ansprüche eine Herausforderung dar. Zuletzt werden auch die Prüfungssituationen und der fehlende Zugang zu den Lehrenden als Abbruchmotive dargestellt. All diese Herausforderungen der Studieneingangsphase können mit forschendem Lernen im Kontext Smart-Environments adressiert werden.

Der fehlende Anschluss und mangelnde soziale Interaktion können durch kollaborative Lernprozesse im forschenden Lernen aufgefangen werden, um so auch die Studierenden ab dem ersten Semester beim Erwerb von überfachlichen Qualifikationen in kooperativen Projekten zu unterstützen. Da die fehlende Identifikation und fehlenden Praxisbezüge auch ein Abbruchmotiv sind, können diese durch eine Kontextualisierung der Lerninhalte mit einem Lebensweltbezug adressiert werden. Ein solcher Kontext kann Smart-Environments sein, da dieser nicht nur Inhalte, Methoden und Werkzeuge aus höheren Semestern aufgreift (und so neben der Breite und Vielfältigkeit der Informatik greifbar verdeutlicht), einen handlungsorientierten Zugang zu abstrakten Konzepten der Informatik bietet oder als Querschnittsthema die Vernetzung des Wissens über das ganze Studium hinweg fördert, sondern auch erste praktische Forschungsaufträge im Team ermöglicht. Dies hat grundsätzlich auch das Potential, sich positiv auf das Fachinteresse und die Motivation auszuwirken. Wie in 2.1.2 durch Ryan (1993) dargestellt, kann die Motivation auch durch Kompetenz- und Autonomieunterstützung

---

<sup>6</sup> Die Universität Oldenburg ist mit durchschnittlichen Studienabbruchquoten von 52,3 % im Fachbachelor Informatik keine Ausnahme. Entsprechende Daten sind frei auf der Seite des akademischen Controllings (<https://uol.de/planung-entwicklung/akademisches-controlling>) einsehbar

durch Feedback, Wahlmöglichkeiten und dem selbstständigen Arbeiten beeinflusst werden. All diese Aspekte sind durch das forschende Lernen mit Smart-Environments gegeben. Vor allem das Feedback spielt eine wichtige Rolle und sollte mit der Prüfungsleistung verbunden werden.

In 2.1.1 wurde das E-Portfolio als formative Prüfungsform vorgestellt. Eine solche Prüfungsform bietet sich für das geplante Lehrkonzept aus mehreren Gründen an: Leistungen können prozessorientiert von den Lehrenden über das gesamte Semester hinweg bewertet werden und die Studierenden erhalten regelmäßig Feedback zum Leistungsstand. Zusätzlich bietet das E-Portfolio die Möglichkeit auch technische Artefakte in die Prüfungsleistung mit aufzunehmen und zu dokumentieren. Durch das Teilen der E-Portfolios im sozialen Umfeld und regelmäßigen Schreib- und Reflexionsaufträgen, werden die Studierenden nicht nur sprechfähiger über ihr Studium (und identifizieren sich ggf. auch besser mit der Entscheidung eines Informatikstudiums), sondern erfahren womöglich auch mehr Zuspruch und Anerkennung, da die erworbenen Kompetenzen nun sichtbarer und vor allem vorzeigbarer sind. Zudem entsteht durch das prozessorientierte Prüfen weder der Druck, noch der Anspruch, den gesamten Inhalt eines Semesters aus dem Gedächtnis im Rahmen einer Klausur zu einem Stichtag abrufen zu müssen, sondern verteilt die Prüfungslast auf kleinere Meilensteine, die den Lehrenden auch helfen, den Leistungsstand der Studierenden noch während des Lehrbetriebs zu erfassen und ggf. noch Anpassungen am weiteren Verlauf der Lehrveranstaltung vorzunehmen.

An dieser Stelle muss jedoch beachtet werden, dass ein solches Lehrkonzept theoretisch viele Abbruchmotive in der Studieneingangsphase adressiert, aber in der Praxis die Studierenden überfordern könnte (vgl. Kirschner et al. 2006 oder Guzdial, 2015). Zudem wurden auch die Studien von Preiß und Lübcke (2020) auf Grundlage von Literatur und empirischen Daten zu den Herausforderungen des forschenden Lernens vorgestellt. Beide Beiträge dürfen nicht ignoriert werden, um den Erfolg eines solchen Lehrkonzeptes in der Studieneingangsphase zu gewährleisten. Deshalb müssen in jedem Fall entsprechende Soft Skills und ebenfalls technische Fähigkeiten – immer im Kontext und mit funktionierenden Beispielen (siehe 2.1.2 und J. Sweller et al. 2019) – vermittelt werden. Dazu gehören zum Beispiel Zeit- und Selbstmanagement, Kommunikation und Arbeit in Gruppen, Konfliktmanagement, wissenschaftliches Schreiben und Präsentieren oder Projektmanagement. Zu den technischen Kompetenzen gehören unter anderem Grundlagen der Elektrotechnik und der Umgang mit Mikrocontrollern, Netzwerken, Protokollen und Werkzeugen und Technologien zur digitalen Fertigung, um selbst eigene technische Artefakte im Kontext Smart-Environments zu entwickeln. Mit einer solchen Grundlage in Verbindung mit einer konstruktivistischen Lehrphilosophie sollten sich zudem auch positive Änderungen im (technischen) Selbstbild und der Kompetenzwahrnehmung der Lernenden erwirken lassen, da die Studierenden ab dem ersten Semester durch die Entwicklung technischer Artefakte nicht nur Probleme mit Lebensweltbezug kollaborativ lösen können, sondern dadurch auch Kompetenzen aus verschiedenen Bereichen der Informatik (Programmieren, Netzwerktechnik, Informationssysteme, HMI, ...) und Elektrotechnik praktisch miteinander verbinden.

Durch die vielversprechende Kombination von forschender Lehre und Smart-Environments können Studierende ab dem ersten Semester neben fachlichen Kompetenzen, die im Laufe des

Studiums immer wieder aufgegriffen werden, praxisnah und am Kontext erlernen, sondern erhalten auch zusätzlich methodische und soziale Kompetenzen, die elementar für einen erfolgreichen Werdegang in Forschung oder Entwicklung sind. Der durch Smart-Environments intra- und interdisziplinäre gewählte Lehransatz kombiniert reale Anwendungsszenarien der Lehrinhalte des Informatikstudiums. Zur Lösung lebensweltlicher Probleme im Team erfordert es – wie in der Forschung auch – Teamarbeit und Kompetenzen aus diversen Bereichen zur ganzheitlichen Problembetrachtung und -lösung. Diese mögliche, fachliche Breite des Kontextes Smart-Environments im forschenden Lernen macht diesen Lehrrahmen daher zu einem potentiell wirksamen Querschnittsthema, welches die Studierenden wie ein roter Faden durch das gesamte Studium begleiten kann. Durch praktische Hands-On Erfahrung wird das erworbene theoretische Wissen weder träge noch vergessen, sondern kann aktiv in einem unmittelbaren technischen Kontext umgesetzt werden. Entsprechende regelmäßige Übungsaufträge und Reflexionsaufgaben sollen die Studierenden parallel dabei unterstützen sprechfähiger und geübter im wissenschaftlichen Schreiben zu werden. Die Formulierung von regelmäßigem Feedback unterstützt die Lernenden in der Stärkung ihres Selbstkonzeptes.

Zusammengefasst handelt es sich beim geplanten Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* um ein Lehrangebot (vor allem für Studierende der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge), welches die Vorzüge verschiedener Lehrmodelle ineinander vereint, um Studierenden ab der ersten Vorlesung nicht nur die Vielfalt und Breite der Informatik handlungsorientiert aufzeigt und dabei konkrete Ansätze, Methoden und Beispiele aus verschiedenen Disziplinen aufgreift. Zudem wird auch Wissen nachhaltig verbunden und später vernetzt, um den Studierenden durch aktive Teilnahme an ihrem Lernprozess einen motivierenden und affektiven Erstkontakt zur technisch-entwickelnden Forschung praxisnah und sinnstiftend zu ermöglichen. Die Entwicklung, Einbettung in die Hochschullehre, Evaluation und Wirkungsanalyse eines solchen Lehrformats werden die zentralen Fragestellungen dieses Forschungsvorhabens sein.

## 2.3 Verwandte Arbeiten

Zu dieser Dissertation selbst gibt es keine unmittelbar verwandten Arbeiten. Jedoch sind Teilaspekte dieser Arbeit beforscht. In diesem Abschnitt werden daher verwandte Arbeiten aus den Gebieten Smart-Environments in der Lehre, der Untersuchung des Selbstkonzepts von Lernenden in der Informatik, Konzepte zum forschenden Lernen und dem Prüfen mit E-Portfolios dargestellt. Neben einer kurzen Übersicht zu ausgewählten Publikationen, werden zudem Limitierungen und die aktuellen Forschungslücken umrissen, die im Rahmen dieser Arbeit geschlossen werden sollen.

### 2.3.1 Smart-Environments in der Lehre

Yilmaz (2011) erkannte früh, dass es zur Lehre im Kontext Smart-Environments, mehr als nur einen theoretischen Rahmen bedarf und entwickelte daher ein Lern-Set (bestehend aus

einer Platine zur Darstellung von Systemzuständen im smarten Haus), einer Simulationsumgebung und einem Beispielprogramm. Damit war es zwar nicht möglich das eigene Haus zu automatisieren, aber zumindest die grundlegenden Prinzipien in Kombination mit Hardware zu erproben. Außerdem fehlte die Möglichkeit das Projekt mit einem Netzwerk oder dem Internet zu verbinden.

Ein weiterer Ansatz wurde von Przybylla und Romeike (2012) beschrieben. Sie entwickelten auf Basis des Arduino Uno und zusätzlichen Sensoren und Aktoren einen Baukasten, der Schülerinnen und Schüler dabei unterstützt niedrigschwellig interaktive Objekte zu entwerfen und zu programmieren. Auch wenn es die notwendigen Netzwerkfunktionalitäten, wie bei Yilmaz (2011) bisher nicht gab, wurde der Bausatz dafür verwendet, um Hausautomatisierungen konzeptionell zu entwickeln. Neben der Entwicklung von Vorschlägen zu Unterrichtverlaufsplänen, Lehrmaterial und Aufgaben wurde das Projekt ebenfalls wissenschaftlich begleitet, um zu erforschen, wie technische Lehreinheiten zum Physical Computing im Unterricht eingebettet und wie die Leistungen von Lehrkräften bewertet werden. Als Ergebnis wurde die folgende Struktur vorgeschlagen: Im ersten Schritt folgen eine Motivation und Einleitung zu Internet-of-Things und im Anschluss werden Projekte geplant, die anschließend vorgestellt und diskutiert werden. Daraufhin folgen Lernaktivitäten, die die Schülerinnen und Schüler auf die Projektphase vorbereiten, damit diese im nächsten Schritt ihre eigenen interaktiven Objekte entwickeln können. Im letzten Schritt der Einheit werden die Projekte vorgestellt und diskutiert. Die Bewertung fiel den Lehrkräften schwer. Während manche Lehrkräfte Noten nach Gefühl vergeben haben, haben Andere Noten für persönliche Beiträge im Projekt und eine Gruppennote für die Präsentation vergeben. (Przybylla und Romeike, 2017)

Ein Jahr nach Przybylla und Romeike (2012) beschreiben Cook et al. (2013) ein funktionales Smart-Home-Kit mit Netzwerkfunktionalität. Im Gegensatz zu den beiden zuvor dargestellten Projekten, die den Lerngruppen angeboten wurden, ist dieses Projekt für Forschende ausgelegt mit dem Ziel, eine einfache und erweiterbare Infrastruktur zu entwickeln, welche Projekte im Bereich der Energieoptimierung oder Gesundheitsüberwachung realisierbar macht. Grundsätzlich wäre dieses Set dennoch für das forschende Lernen im Universitäten Kontext in entsprechende Forschungsgruppen geeignet. Als Materialkosten geben die Autorinnen und Autoren 2.765 \$.

Haan (2015) entwickelte für Studierende des sechsten Semesters des Informatikstudiums einen Kurs im Kontext Internet-of-Things in Verbindung mit dem forschenden Lernen. Die Studierenden haben in der Veranstaltung praktische Erfahrung im Umgang mit Sensoren und Aktoren gesammelt. Neben technischen Kompetenzen, wie Entwicklung mit dem Arduino Framework und Objekterkennung wurden zudem auch wissenschaftsspezifische Kompetenzen zur Recherche, Reviews, Strukturierung von Wissen und Papern, Entwurf von Postern, Sensibilisierung zu Plagiaten und dem richtigen Zitieren vermittelt. Der Autor hat beobachtet, dass die Studierenden motiviert bei den praktischen Arbeiten und die Hands-On Erfahrung geschätzt haben. Daher wird auch die Empfehlung formuliert selbiges mit Studierenden in früheren Stufen des Studiums zu erproben. Konkret formuliert Haan (2015) sogar: "[...] it seems recommendable to let students become familiar with Internet of Things techniques early

on during the study curriculum; if not for motivational reasons then certainly for expected outcomes."

Einen weiteren interessanten Ansatz zum Einsatz von Smart-Environments haben Tada et al. (2016) konzipiert. Dabei wurde ein Framework entwickelt, der einfache Wenn-Dann Relationen im Kontext Smart-Home beinhaltet. Mit einfachen Papierschnipseln, die von einer Kamera erfasst wurden, konnten die Lernenden eigene Anwendungen, beispielsweise zum Steuern von Beleuchtungseinheiten, entwickeln. Lernende konnten in ersten Versuchen bereits innerhalb von zwei Minuten erste Anwendungen umsetzen und später weitere Webdienste, wie zum Beispiel Twitter, in das Projekt einbinden. Insgesamt beschreiben die Autoren dies als vielversprechenden Ansatz zum niedrigschwelligen Entwickeln von Smart-Home Anwendungen.

Mäenpää et al. (2017) berichten in ihrem Beitrag, wie ein IoT-Kurs für ein problembasiertes Szenario aufgebaut werden kann und welche Lernziele dabei angestrebt wurden. Sie fassen ihre Erfahrungen aus drei Jahren Lehren mit IoT-Prototypen zusammen. Ein besonderer Fokus liegt auf einer praktischen und personalisierten Lernumgebung. Abdallah et al. (2017) hat ebenfalls erste Schritte beim Entwurf eigener Smart-Home Lösungen mittels WiFi-IP-Kameras und Routern beschrieben. Kurkovsky und Williams (2017) beschreiben ebenfalls den Aufbau ihres IoT-zentrierten Lehrangebotes, in welchem die Lernenden schrittweise über Sensoren und Aktoren, einfachen Singleboard-Computern zu vernetzten Geräten auf eine Projektarbeit vorbereitet wurden. Aus der Projektarbeit sind insgesamt drei Projekte aus dem Kontext Smart-Environments entstanden. Zusammenfassend stellen Kurkovsky und Williams (2017, S. 68) Folgendes fest: "[...] IoT-centric projects offer an excellent framework for exposing students to many issues of hardware/software design, implementation, and testing. Students seem to embrace this approach, which is reflected in their feedback."

Katterfeldt und Dittert (2018) entwickelten und evaluierten Workshops, welche Smart-Home als Kontext aufgreifen, um Mädchen für digitale Fertigung zu begeistern. In der Studie wurden drei Co-Design-Workshops durchgeführt, um herauszufinden, welche spezifischen Themen im Bereich Smart-Home Mädchen motivieren könnten, sich zu beteiligen. Als vorläufiges Ergebnis der Workshops wird festgehalten, dass die Bereiche „Komfort“ und „Alarmsysteme“ geeignet sein könnten, um Mädchen an das Physical Computing heranzuführen. Als Limitierung geben Katterfeldt und Dittert (2018) an, dass die Stichprobe im Smart-Home Workshop mit insgesamt 12 Personen zu klein ist, um definitive Aussagen treffen zu können. Freigang et al. (2018) beschreiben ihre Studie zum Einsatz von Internet-of-Things in Smart-Learning-Environments. Als Ergebnis der Literaturanalyse, sieben Experteninterviews und Fragebogenstudien halten die Autoren fest, dass zu dem Zeitpunkt der Publikation Lehrformate im Kontext vom Internet-of-Things in der Forschung als vernachlässigt bezeichnet werden können, trotz des Potentials und der prognostizierten Entwicklung. Teng und Lunt (2018) untersuchten Internet-of-Things spezifische Projekte, die Studierende an der Brigham Young Universität (USA) in den Lehrveranstaltungen zu Web-based IT, Operating Systems und Networking erstellt haben. Aus dem konkreten Kontext Smart-Environments sind Projekte, wie „Smart City Manager“, „Smart-Manufacturing“ und „Home-Automation“, wobei die Projekte – bis auf das zuletzt genannte – nur auf Software basieren. Außerdem geben die

Autoren anekdotisch an, dass die Teams als enthusiastisch an den Projekten gearbeitet haben. Dennoch ist es eine interessante Publikation, da Teng und Lunt (2018) implizit dargestellt haben, dass Smart-Environments spezifische Themen auch im Rahmen anderer Lehrveranstaltungen vermittelt werden können und der Kontext durchaus das Potential als potentes Querschnittsthema in der universitären Lehre hat.

Pancratz et al. (2019) stellen einen mehrfach erprobten Workshop vor, in dem Internet-of-Things und digitale Fertigung erstmals miteinander kombiniert werden. In dem freiwilligen Lehrangebot für interessierte Schülerinnen wurde eine parametrisch entworfene Lampe gefertigt, die mit Hardware ausgestattet ist, um eine Wetterdienst-API aus dem Internet aufzurufen und die LED im Lampenschirm mit selbst entwickelten Animationen passend zur vorhergesagten Wetterlage aufleuchten zu lassen. Das Material und die Hardware sind umfassend aufbereitet, sodass andere Lehrende den Workshop für die eigene Lehre weiterverwenden können. Silvis-Cividjian (2019) beschreibt ebenfalls die Struktur ihres IoT-Kurses, der einen starken Fokus auf einen industriellen und nicht auf einen persönlichen Kontext hat. Die Projektphasen sind deutlich länger geplant als beispielsweise bei Mäenpää et al. (2017) und als anekdotisches Ergebnis wurde festgehalten, dass der IoT-Kurs ein Erfolg war und sich positiv auf die Selbstwirksamkeitserwartung ausgewirkt hat, da sich die Studierenden nach der Lehrveranstaltung zutrauen, weitere reale Probleme lösen zu können.

Einen umfassenden Beitrag auf diesem Gebiet hat Seraj (2020) im Rahmen seines Promotionsvorhabens mit dem Titel „Impacts of Block-based Programming on Young Learners’ Programming Skills and Attitudes in the Context of Smart Environments“ geleistet. Er nutze unter anderem die Infrastruktur des Bremen Ambient Assisted Living Labs (BAALL<sup>7</sup>), welches aus einer 60m<sup>2</sup> großen und mit Sensoren und Aktoren ausgestatteten Wohnung besteht, um Lernenden mit Hilfe einer selbst entwickelten, blockbasierten Programmierumgebung die Möglichkeit zu bieten, die Wohnung niedrigschwellig zu automatisieren (Seraj et al. 2019b). Zudem untersuchte er die Wirkung dieser Intervention auf die Workshopteilnehmenden (Seraj et al. 2019a) und konzipierte weitere Workshops, deren Teilnehmerinnen er auf die Veränderung der Programmfähigkeiten und Einstellungen untersuchte (Seraj et al. 2020). Die Ergebnisse der Pilotierung, die aus einem Prä-Post Test Studiendesign mit insgesamt 12 Teilnehmerinnen aus dem viertägigen Workshop hervorgingen, weisen darauf hin, dass das Selbstbewusstsein der Probandinnen nach dem Workshop gestiegen war und der Lehrkontext (Automatisierung rund um Zimmerpflanzen) spannend genug war, um nicht erfahrene Teilnehmerinnen zu motivieren. Erfahrene Mädchen auf dem Gebiet hätten sich jedoch mehr Details gewünscht.

Hynninen und Knutas (2022) haben drei Internet-of-Things spezifische Kurse entworfen und haben die darin entstandenen studentischen Projekte untersucht. Als technische Grundlage wurden den Lernenden zwei vorgefertigte Sets mit Hardware und entsprechenden Beispielen angeboten. Die Auswertung der Projekte ergab, dass die meisten Gruppen ein Problem im Bereich der Hausautomatisierung gelöst haben, aber die wenigsten Projekte tatsächlich eine Netzwerkverbindung oder Erweiterbarkeit berücksichtigt haben. Insgesamt erwecken diese

<sup>7</sup> <https://www.uni-bremen.de/kooperationen/uni-schule/schuelerinnen-und-schueler/mathematik-und-informatik-trifft-schule-mit-schule/baall>, letzter Aufruf: 05.09.2023

Kurse nicht den Eindruck, als würde den Lernenden ein ganzheitliches Bild vom Internet-der-Dinge vermittelt werden, da Dimensionen, wie Human-Computer-Interaktion oder verteilte Systeme, in der technischen Umsetzung kaum beachtet wurden.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass es über die letzten 12 Jahre eine stetige Entwicklung der Hardware-Plattformen und Werkzeuge gegeben hat. Während erste Ansätze zum praktischen Arbeiten im Kontext Smart-Environments entweder nur lokale Automatisierungen oder gar nur die Visualisierung von theoretischer Automatisierung ermöglichen konnten, sind die Einstiegshürden und Preise für netzwerkfähige Hardware zur Entwicklung *echter* und alltagstauglicher smarten Objekte niedriger denn je. Viele Lehrende nutzen diese Technologien bereits in ihrer Lehrveranstaltung, beschreiben Lehrkonzepte und berichten positiv von der Entwicklung der Studierenden und deren Projekten. Leider beinhalten die Evaluationen der Kurse keine belastbaren Daten, da diese entweder einen anekdotischen Charakter haben oder selbst erstellte und nicht validierte Fragebögen mit kleiner Stichprobe enthalten. Außerdem hat sich bisher kaum jemand damit befassen, wie Smart-Environments konkret in eine Lehrinheit zum forschenden Lernen eingebettet werden können. Zwar sind in fast allen verwandten Arbeiten implizite Bezüge zum forschenden Lernen, aber in keinem Fall ist dies der Fokus gewesen. Zudem werden Smart-Environments hauptsächlich in vergleichsweise kleinen Lerngruppen (entweder in Seminaren für Studierenden in höheren Semestern oder als freiwillige Angebote in Form von Workshops) angeboten. Bisher institutionalisiert niemand das Potential dieses Kontextes in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge, obwohl dies die Phase ist, in welcher die meisten Studierenden das Studium, u. a. wegen fehlender Praxisbezüge und Motivation, abbrechen. Smart-Environments könnten als möglicher Lehrkontext dazu beitragen, dass die Studierenden bereits ab den ersten Lehrveranstaltungen praktische Erfahrungen mit Technik und Inhalten sammeln können, die erst in höheren Semestern aufgegriffen werden, um so nicht nur die theoretischen Inhalte sinnstiftend im Rahmen einer Informatik im Kontext Einheit zu erproben, sondern auch früh ein ganzheitliches Bild des Informatikstudiums aufzuzeigen, mit dem Ziel, die Studienmotivation und das technische Selbstkonzept zu verbessern und gleichzeitig die damit zusammenhängende Studienabbruchquote zu senken. Entsprechende Erhebungen, Daten und Auswertungen werden in dieser Dissertation, im Gegensatz zu den verwandten Arbeiten, dargestellt.

### 2.3.2 Forschend Lernen in der Informatik

Das forschende Lernen in der Informatik ist nicht nur innerhalb der Fachdidaktik, sondern auch der Fachwissenschaft in zahlreichen Formaten erprobt und positiv evaluiert worden. Romeike und Eichler (2012) haben im Projekt FOLASMART<sup>8</sup> ein Lehrformat entwickelt, um in den Fächern Mathematik und Informatik übergreifend Lehramtsstudierende zu befähigen selbstständig Software zu entwickeln, die für fachdidaktische Lernforschung verwendet werden kann. Der Kurs wurde Studierenden aus dem dritten Bachelorsemester angeboten. Das Projekt wird seitens der Autoren als innovativ, gelungen und als methodisches Best-Practice Beispiel beschrieben.

---

<sup>8</sup> Forschendes Lernen mit Apps für Smartphones und Tablets

Jakoblew et al. (2014) haben selbst keine Veranstaltung zum forschenden Lernen in der Informatik beschrieben, jedoch einen Rahmen formuliert, in welchem mittels *Semantischer Positionierung* viele Kompetenzen des Lehrkonzeptes vermittelt werden können, ohne den Fokus auf den aktuellen Forschungsdiskurs legen zu müssen. Bei der semantischen Positionierung werden Wissensobjekten, wie z. B. Texten und Bildern, ohne, dass diese verändert werden, mit Hilfe einer räumlichen Anordnung eine zusätzliche Bedeutung verliehen (z. B. Anordnung von Dokumenten in einem Zeitstrahl). Konkret für das Seminar haben die Autoren die Studierenden bei ersten wissenschaftlichen Arbeiten unterstützt. Erste Umsetzungen im Bachelorstudiengang Informatik werden trotz Rückschläge (durch Verunsicherung und Frustration) als ermutigend und zufriedenstellend bezeichnet.

Ebenfalls aus der Didaktik der Informatik stammend, haben Schreiber et al. (2022) ein Forschungseminar aus dem Sachunterricht zu Sprachen und Automaten entwickelt und untersucht. Dieses Seminar wurde für Masterstudierende als Wahlpflichtmodul im Umfang von vier Semesterwochenstunden angeboten. Dabei durchliefen die Studierenden insgesamt sechs Stufen: begonnen von der fachlichen Fundierung, Entwicklung einer Forschungsfrage, Wahl von Methoden und Instrumenten, Entwicklung und Präsentation des Forschungsvorhabens, Datenerhebung, -auswertung und -interpretation bis zur Präsentation und zum Abschlussbericht. Die fachliche Fundierung umfasste dabei inhaltliche, wie auch methodische Inhalte. Insgesamt wurde das Seminar als noch gut bewertet und es konnte ein Lernzuwachs, als auch eine verbesserte forschende Grundhaltung bei den Seminarteilnehmenden festgestellt werden. Das eingesetzte Lehrmaterial kann kostenlos angefragt werden.

Abseits dieser Publikationen finden sich in der deutschsprachigen Didaktik der Informatik Gemeinschaft keine weiteren Veröffentlichungen in denen konkret Lehrveranstaltungen zum forschenden Lernen vorgestellt und deren Umsetzung diskutiert werden. In der Fachwissenschaft wird das forschende Lernen hauptsächlich in Seminaren eingesetzt, in denen die Studierenden (entweder aus dem fortgeschrittenen Bachelor- oder Masterstudiengängen) selbst überschaubare Forschungstätigkeiten übernehmen (vgl. z. B. Gordon und Brayshaw, 2008; Hesenius und Herzberg, 2013; Knoth et al. 2015; Bačić et al. 2020; Bonorden, 2021).

Medley (2007) beschreibt einen Kurs, welcher nach der Moore-Methode entwickelt wurde, die ihrerseits Parallelen zum forschenden Lernen aufweist. So sind u. a. die Ziele dieser Methode den Studierenden dabei zu helfen, Probleme zu lösen, Neues in verschiedenen Gebieten selbst zu entdecken, ihren Lernprozess zu artikulieren und die Lust am Lernen zu steigern. Insgesamt soll so auch die Resilienz der Lernenden gesteigert werden. Für die Studie wurden zwei Gruppen eines CS1<sup>9</sup> Kurses miteinander verglichen. Während der eine Kurs *klassisch* unterrichtet wurde, wurde in der anderen Gruppe die Moore-Methode mit konkreten Problemstellungen aus Mathematik und Informatik verwendet. Durchschnittlich hat die Experimentalgruppe am Ende unter anderem bessere Noten erreicht, war zufriedener mit dem Kurs und konnten komplexere Probleme eigenständig lösen. Der Autor gibt jedoch selbst an, dass aufgrund der kleinen Lerngruppen (neun und zehn Studierende) keine finalen

---

<sup>9</sup> CS1 bezeichnet im amerikanischen Raum einen Einführungskurs zum Programmieren, welcher üblicherweise zu Beginn des Studiums stattfindet.

Schlussfolgerungen gezogen werden können, aber die Ergebnisse darauf hinweisen, diesen Ansatz weiterzuverfolgen.

Abernethy et al. (1998) schildern ebenfalls ihre Erfahrung mit dem forschenden Lernen im CS1 Kurs. Sie beschreiben den Erfolg der Intervention als eingeschränkt, da die Studierenden mit ihren Abgaben oft bis zur letzten Nacht warten und nicht in eine aktive Rolle ihres Lernprozesses geschlüpft sind. Stattdessen war die Erwartung, dass in der Veranstaltung alle wichtigen Informationen bereits aufbereitet sind.

Bei der Betrachtung der verwandten Arbeiten in der Informatik fällt auf, dass zum einen im deutschsprachigen Raum keine Veranstaltung zum forschenden Lernen für Informatik-Studierende in der Studieneingangsphase in der Literatur beschrieben sind und zum anderen, dass das Portfolio in der Informatik in solchen Formaten als Prüfungsleistung wenig Beachtung findet. Es gibt zwar Studien und Sammlungen zum forschenden Lernen ab dem ersten Semester, jedoch sind diese im sozialwissenschaftlichen Bereich verordnet (vgl. Aßmann et al. 2020 oder Schnapp und Heudorfer, 2019). Fallbeispiele aus den Ingenieurwissenschaften sind in der Literatur kaum beschrieben. Lübcke et al. (2019) beschreiben eine Lehrveranstaltung mit 10 bis 12 Studierenden an der Technischen Universität Hamburg, in der die Lernenden in Gruppenarbeit einen Prototyp (innerhalb eines Projektbudgets) in einer Studierendenwerkstatt fertigen. Dabei handelt es sich um ein freiwilliges Projekt ohne anrechenbare Leistungspunkte. Die Autorinnen begründen die Konzeption der Veranstaltung – neben den in 2.1.1 beschriebenen Vorzügen – damit, dass das Ingenieursstudium vor allem zu Beginn stark theoretisch ausgerichtet ist und oft keine praktischen Anwendungsbezüge aufweist. Die praktisch veranlagten Studierende nehmen dieses Lehrangebot daher gerne an. Besonders hervorzuheben ist die Arbeit auch, da dies ein seltenes Beispiel für ein Lehrkonzept ist, welches forschendes Lernen und Konstruktivismus miteinander vereint. Leider handelt es sich hierbei um ein freiwilliges Angebot, für welches sich die Studierenden bewerben und keine Leistung für das Studium anerkannt bekommen. Lehrformate, in denen ein ähnliches Konzept für einen ganzen Jahrgang angeboten werden, sind in der Literatur nicht beschrieben.

Trotz der in Kapitel 2.1.1 dargestellten positiven Effekte solcher Lehrkonzepte, gibt es keine beschriebenen und vor allem evaluierten Lehrkonzepte zum forschenden Lernen in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge für eine gesamte Studienkohorte. Außerdem wird das Portfolio als Prüfungsleistung kaum berichtet und lerntheoretische Ansätze – wie z. B. das Constructive Alignment, Informatik im Kontext, Cognitive Load Theory, Konstruktivismus – zur Konzeption solcher Veranstaltungen nicht verwendet. Diese Dissertation soll diese Forschungslücke schließen, indem entsprechende Lehr- und Prüfungsformate entwickelt werden. Zusätzlich soll das Lehrkonzept durch Evaluationen, experimentellen und Kohortenstudien nicht nur auf die Tauglichkeit im akademischen Lehrbetrieb, sondern auch auf die Wirkung des Selbstkonzepts der Studierenden und deren weitere akademische Laufbahn untersucht werden.

### 2.3.3 Prozessorientiert mit E-Portfolios prüfen

Um einen zusätzlichen Beitrag zu Prüfungsgestaltungen zum forschenden Lernen in einem technischen Kontext zu leisten und den Studierenden mehr Freiheiten und Möglichkeiten bei der Präsentation und Darstellung ihrer Projekte zu bieten, werden im Folgenden nur die Prüfung mit E-Portfolios als verwandte Arbeiten berücksichtigt. Aufgrund der geplanten Ausrichtung der Lehre auf das forschende Lernen und den damit verbundenen Prüfungsformaten (vgl. 2.1.1), werden Arbeiten dargestellt, die ihrerseits zwar Aspekte und Bezüge zu Smart-Environments oder Technik und dem prozessorientierten Prüfen mit E-Portfolios aufweisen können, aber aufgrund der speziellen Ausrichtung der Dissertation keine 100 %ige Schnittmenge bilden können. So haben einige der verwandten Arbeiten keinerlei technische Bezüge – im speziellen auch nicht zu Smart-Environments – aber berücksichtigen beispielsweise das prozessorientierte Prüfen in der universitären Lehre. Andere Arbeiten beschreiben den Einsatz von E-Portfolios in Veranstaltungen mit Bezug zum Internet-der-Dinge, aber prüfen die Lernenden dabei nicht prozessorientiert. Und wiederum andere Arbeiten beforschen E-Portfolios in der technischen Lehre an sich und liefern wertvolle Erkenntnisse, die für die Konzeption des eigenen E-Portfolio-Prüfungsformates berücksichtigt werden.

Bhattacharya et al. (2006) haben in ihrem Work-In-Progress Beitrag untersucht, wie ein E-Portfolio als Prüfungsleistung in technischen Disziplinen, wie Informatik oder Engineering, implementiert werden kann. Das Portfolio bezog sich jedoch nicht auf eine konkrete Lehrveranstaltung, sondern war ein freiwilliges Angebot an die Lernenden diese dabei zu unterstützen, ihre Fortschritte zu visualisieren und zu reflektieren. Im selben Jahr haben Ritzhaupt und Singh (2006) Studierende in der Informatik beforscht, um die Lernendenperspektive auf E-Portfolios zu erfassen. Als vorläufiges Ergebnis halten die Autoren fest, dass es den Lernenden wichtig ist mit den E-Portfolios gesehen zu werden. Außerdem kann es ein Ort zur Bewertung und Reflexion sein. Perspektivisch soll das Portfolio auch für Bewerbungszwecke genutzt werden.

Carroll et al. (2007) beschreiben den Einsatz von E-Portfolios in der Studieneingangsphase eines Engineering-Kurses, um die Lernenden beim Erwerb von „Transferable Skills“ zu unterstützen. Dazu gehören u. a. interpersonelle und Kommunikationsfähigkeiten, die Selbstreflexion, Lerntechniken, Kreativmethoden, Selbstdisziplin und Zeitmanagement; also Kompetenzen, die auch in Lebenslagen außerhalb der Lehrveranstaltung nützlich sind. Im deutschsprachigen Raum ist hierfür der Begriff Soft-Skills geläufiger. Um dies zu erreichen, wurde eine eigene E-Portfolio Plattform entworfen. Diese erfüllt für die Lernenden mehrere Zwecke: es ist zum einen eine Sammlung von Artefakten und zum anderen eine Umgebung zum Schreiben (vergleichbar mit einem Web-Blog). Außerdem ist die Plattform so konzipiert, dass diese Studierende zur Kooperation und Vernetzung ermutigt und die Tutorinnen und Tutoren bei der Vergabe von Feedback und Bewertungen unterstützt. Safran (2008) konnten in einer empirischen Studie belegen, dass Studierende, die ihre aktuelle Arbeit bloggen, ihren Lernfortschritt aktiver reflektieren und so ihre praktischen Arbeiten verbessern. Zudem sind diese Lernenden besser in der Lage, die Inhalte zu dekontextualisieren, sodass diese die praktischen Tätigkeiten der Veranstaltung eher auf den theoretischen Hintergrund übertragen können. Auch Tur und Marin (2013) – ihrerseits jedoch keinen Bezug zu Technik – bestätigen

ebenfalls, dass Studierende eine positive Einstellung gegenüber Technologie in der Lehre und E-Portfolios zur Dokumentation von Lernprozessen haben. Anewalt und Polack-Wahl (2011) haben ebenfalls die Einstellung der Studierenden untersucht. Als Vergleichsgruppen wurden Studierende zum Beginn und zum Ende des Informatikstudiums gewählt. Während Studierende zum Studienabschluss das Portfolio zur Präsentation ihrer Fähigkeiten für den Arbeitsmarkt schätzen, sehen die Studierenden der Eingangsphase das E-Portfolio eher als einen Ort zur Selbstreflexion und Darstellung des eigenen Fortschritts. Macias (2012) hat E-Portfolios in einer Lehrveranstaltung zum Software-Engineering im Rahmen des projektbasierten Lernens als Prüfungsleistung eingesetzt. Im Portfolio wurde ein Softwareprojekt kollaborativ dokumentiert und reflektiert. Zusätzlich haben die Lerngruppen dort auch Feedback erhalten und wurden bewertet. Auch in dieser Veranstaltung empfanden die Lernenden das Portfolio als angemessene Prüfungsform.

Da das Portfolio in technischen Bereichen auch zur Projekt- bzw. Produktdemonstration verwendet wird, stellt sich die Frage, wie eine gute technische Dokumentation in einem Portfolio gestaltet werden kann. Große et al. (2015) untersuchten daher die Verständlichkeit von technischen Dokumentationen im Kontext der Erziehungspsychologie und konnten in einer empirischen Studie zeigen, dass Beschreibungen, die sowohl auf Abbildungen und Text oder auf Videos basieren, ansprechender und verständlicher sind. Jedoch gibt es bezüglich der Verständlichkeit zwischen Abbildungen mit Text und Videos keinen statistisch signifikanten Unterschied. Da die E-Portfolios auch die Sprechfähigkeit über das Studium wie auch kollaborative Lernprozesse unterstützen sollen, kann es daher sinnvoll sein, die Möglichkeiten des E-Portfolios auszuschöpfen, um neben Texten auch andere Darstellung der Projektdokumentation zu inkludieren.

Im Gegensatz zu den anderen Autoren, die den Einsatz von E-Portfolios in technischen Studienbereichen beschreiben, verwenden Barkmin und Brinda (2018) zusätzlich das Internet-of-Things als Lehrkontext. In dem Kurs entwickeln die Lernenden zunächst gemeinsam eine Smart-Home Anwendung zur Steuerung von Licht und im Anschluss entwickeln diese eine eigene Lösung. Als Plattform wurde Mahara gewählt und auch hier sind die Erfahrungsberichte der Studierenden positiv.

Zusammengefasst lässt sich damit darstellen, dass Studierende aus technischen Bereichen einem E-Portfolio als Prüfungsleistung grundsätzlich offen gegenüberstehen und vor allem von der Möglichkeit den Lernfortschritt zu beobachten – auch durch Feedback der Lehrenden – (Entwicklungsportfolio) und zu reflektieren profitieren (Reflexionsportfolio). Dennoch schätzen die Lernenden es auch, dass das Portfolio zusätzlich die eigenen Fähigkeiten und Leistungen für das berufliche Umfeld spiegelt (Präsentationsportfolio). Ein modernes E-Portfolio als Prüfungsformat sollte den Lernenden also alle diese Möglichkeiten bieten. Leider wird dies in den verwandten Arbeiten nicht vollständig berücksichtigt, sondern nur einzelne Faktoren davon selektiv betrachtet. Und auch, wenn die Portfolios vor allem in Engineering in der Lehre (auch schon in der Studieneingangsphase) Verwendung finden, scheint diese Prüfungsform in der Informatik unterrepräsentiert zu sein. Bisher beschreibt in der Informatik niemand, wie E-Portfolios als prozessorientierte Prüfungsleistung als Ort der Reflexion, Entwicklung und Präsentation in der Studieneingangsphase sinnstiftend implementiert werden können.

Dies kann womöglich damit zusammenhängen, dass vor allem im ersten Semester – aufgrund der großen Kohorten – Klausuren zum Ende des Semesters als summative Prüfungsleistung bevorzugt werden. Diese Dissertation soll im weiteren Verlauf daher aufzeigen, dass auch das prozessorientierte, formative Prüfen vor allem in Kombination mit Prüfungsformaten zum forschenden Lernen in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge nicht nur möglich, sondern nach der Ausrichtung der Lehre nach dem Constructive Alignment, eine optimale Prüfungsform ist.

### 2.3.4 Das technische Selbstkonzept in der Informatik

Zuletzt werden nun verwandte Arbeiten betrachtet, die das Selbstkonzept von Lernenden in der Informatik untersucht haben. Auch hier wird die Darstellung der verwandten Arbeiten dafür genutzt, um aktuelle Forschungslücken darzustellen.

Das technische Selbstkonzept wird zum Teil schon in der Grundschule beforscht. So führte Adenstedt (2016) eine Untersuchungsstudie in zwei Grundschulklassen durch, um perspektivisch mit dem entwickelten Instrument unter anderem die technische Sozialisation der Schülerinnen und Schüler und mögliche Geschlechterunterschiede in der präpubertären Phase zu erfassen. Sie argumentiert, dass sich die selbstbezogenen Kognitionen bereits früh entwickeln, sich im späteren Lebensverlauf stabilisieren und sich somit kaum noch ändern lassen. Diesen Aspekt fassen auch Diethelm et al. (2020) auf und argumentieren, dass wenig Erfahrung mit Technik (als Kind) auch zu einem negativen technischen Selbstkonzept führen kann. Daher untersuchen die Autorinnen und Autoren unter anderem, inwiefern sich das informatische Selbstkonzept von Grundschulkindern, die regelmäßig am Informatikunterricht teilnehmen von den Peers unterscheiden, die dieses Lernangebot nicht haben. In der Fragebogenstudie konnte gezeigt werden, dass die Teilnahme am Informatikunterricht sich positiv auf das informatische Selbstkonzept und in einigen Subskalen auswirkt. Geschlechterspezifische Unterschiede konnten – bis auf das geringere Interesse an informatik-spezifischen Themen bei Mädchen – nicht erfasst werden. Eine weitere Untersuchung in der Grundschule wurde von Leifheit et al. (2019). Das Team adaptierte einen Fragebogen aus der Mathematik, um unter anderem das Selbstkonzept der Kinder beim Programmieren zu erfassen.

Auch in den weiterführenden Schulen wurden entsprechende Studien durchgeführt. So untersuchten Hildebrandt und Diethelm (2012) im interdisziplinären Projekt InTech<sup>10</sup> unter anderem, inwiefern sich das Interesse zur Informatik und die eigene Kompetenzwahrnehmung bei den Lernenden nach einer einjährigen Intervention verändert haben. So konnte im Rahmen der Untersuchung mit 300 Schülerinnen und Schülern gezeigt werden, dass sich das Interesse an Informatik durch einen technischen Kontext bei Mädchen statistisch signifikant erhöht hat, während es zeitlich bei den Jungen leicht gesunken ist. Die eigene Kompetenzwahrnehmung ist zudem gestiegen. Theodoropoulos et al. (2018) beforschten die Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung von 21 im Mittel 15-jährigen Lernenden nach einem zehnwöchigen

<sup>10</sup> Informatik mit technischen Aspekten: in diesem Kooperationsprojekt zwischen der Universität Oldenburg und Göttingen werden den Schülerinnen und Schüler im Schulfach Informatik zusätzlich informatisch-technisches Kompetenzen vermittelt.

Robotikkurs. Auch hier konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe des technischen Bezuges die Kompetenzwahrnehmung verbessert werden konnte. Eine ähnliche Untersuchung im Kontext Robotik führten mit identischen Ergebnissen Kempf et al. (2020) durch. Kallia und Sentance (2018) untersuchten die Selbstwirksamkeit vom Jungen und Mädchen in der Informatik beim Programmieren, um festzustellen, ob Jungen eine bessere Einstellung und Wirksamkeit zum Programmieren haben und inwiefern die Selbstwirksamkeit mit Leistung und Selbsteinschätzungen korreliert. Die Autorinnen konnten zeigen, dass die Jungen in der Studie sich wirksamer beim Programmieren einschätzen als Mädchen und dass Mädchen ihre Leistung – im Verhältnis zu den Jungen – als schlechter unterschätzen. Dies korreliert jedoch nicht mit den Leistungen. Eine weitere Untersuchung zum Selbstkonzept wurde von Haselmeier et al. (2019) mit über 2500 Schülerinnen und Schülern in der Eingangsphase der Sekundarstufe I durchgeführt. Auch hier konnten geschlechtsspezifische Unterschiede im Selbstkonzept gemessen werden: die Mädchen zeigten sowohl beim Interesse als auch bei dem Selbstkonzept signifikant stärkere Unsicherheit im Vergleich zu den Jungen auf. Ähnliche Studien wurden auch mit Informatiklehrkräften durchgeführt (vgl. Vivian et al. 2020, Hildebrandt, 2017). Seraj et al. (2020) untersuchten mittels eines Prä-Post-Test Studiendesign in einem viertägigen, außerschulischen Lehrangebot inwiefern sich die Einstellung von Schülerinnen durch den Kontext Smart-Environments verändert. Auch diese Autoren konnten nachweisen, dass die Selbsteinschätzung der Mädchen in Bezug auf Technik nicht mit der Leistung korreliert und dass sich das Selbstbewusstsein beim bzw. durch das Programmieren von smarten Objekten verbessert hat.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es im Primar- und Sekundarbereich zahlreiche, umfangreiche und gendersensitive Studien zur Entwicklung des Selbstkonzepts im Umgang mit informatisch-technischen Themen gibt. Konkret der Bezug zu Smart-Environments wurde bisher nur innerhalb von außerschulischen Lehrangeboten mittels nicht validierter Fragebögen in vergleichsweise kleinen Lerngruppen untersucht. Im universitären Rahmen konnten umfassende Kohortenstudien zum Selbstkonzept – im Vergleich zu den zuvor dargestellten schulischen Erhebungen wie z. B. InTech – nicht gefunden werden. Zwar haben Steinhorst et al. (2020) eine umfangreiche Untersuchung in der Studieneingangsphase zur Selbstwirksamkeit mit über 1000 Studierenden zum Programmieren durchgeführt, um ein entsprechendes Instrument zur Messung zu entwickeln, jedoch fehlt der technische Bezug vollständig. Andere Erhebungen in der Universität, wie z. B. Hamerski et al. (2022), beschränken sich ebenfalls nur auf die Selbstwirksamkeitserwartung und werden außerhalb der Studieneingangsphase durchgeführt.

Die Darstellung der verwandten Arbeiten zeigt auf, dass das technische Selbstkonzept in Verbindung mit Smart-Environments noch gar nicht untersucht ist, obwohl dieser Eigenschaften eines vielversprechenden Lernkontextes erfüllt. Dementsprechend fehlen auch aussagekräftige und belastbare Kohorten- und Langzeitstudien. Das Projekt InTech zeigt das Potential der Kombination von informatisch-technischen Lehransätzen auf, aber beschränkt sich leider auf den schulischen Kontext. Diese Dissertation soll daher einen Beitrag leisten und aufzeigen, wie umfangreichere Lehrkonzepte im Kontext Smart-Environments, die sich nicht nur auf einzelne Workshops, sondern auf gesamte und in der Lehre fest institutionalisierten Lehrrahmen

beziehen, auf das technische Selbstkonzept von Studierenden auswirken. Zudem soll untersucht werden, inwiefern sich solche Interventionen außerdem auf die weitere akademische Laufbahn auswirken.

## 2.4 Generierung der Forschungsfragen und Hypothesen

Aus der Darstellung der verwandten Arbeiten geht hervor, dass bisher keine Lehrformate zum forschenden Lernen in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge gibt und dass der Kontext Smart-Environments vereinzelt in der universitären Lehre aufgegriffen wird, jedoch nicht in der Studieneingangsphase und mit expliziten Bezügen zum forschenden Lernen. Es fehlt also nicht nur an skalierbaren Lehrkonzepten, die die Machbarkeit der forschenden Lehre ab dem ersten Semester in der Informatik nachweisen, sondern auch gemäß dem Constructive Alignment, die adäquaten Prüfungsformate für ein solches Lehrformat in Informatikstudiengängen zu praktischen Kontexten. Zusätzlich fehlen für den Lehrkontext Smart-Environments empirische und belastbare Studien auf die Wirkung der Lernenden. Da das Selbstkonzept ebenfalls ein Prädiktor für die Berufswahl und den beruflichen (bzw.) akademischen Erfolg ist und Smart-Environments das Potential als Querschnittsthema hat und somit auch – neben den Kompetenzen aus dem forschenden Lernen – in weitere Lehrveranstaltungen wirken kann, sollte, analog zum Projekt InTech, ebenfalls die Auswirkung auf den weiteren akademischen Verlauf untersucht werden.

### 2.4.1 Forschungsfragen

In dieser Dissertation werden daher drei übergeordnete Forschungsfragen untersucht:

- F1 Wie können Smart-Environments spezifische Lerninhalte in das schon vorhandene Studiengangprofil (zum forschenden Lernen) der Informatikstudiengänge für Studierende – auch in der Studieneingangsphase – integriert werden?
- F2 Welchen Einfluss hat eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Hochschullehre auf das Selbstkonzept der Studierenden im Umgang mit Technik?
- F3 Wie wirkt sich eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge auf die weitere akademische Laufbahn der Studierenden aus?

Angelehnt an den neun W-Fragen der Didaktik von Jank und Meyer (2002) widmet sich die Forschungsfrage F1 dem *Was?*, *Von Wem?*, *Wo?*, *Wie?* und *Womit?*. Begründet wird das daraus entwickelte Lehrkonzept durch die Forschungsfragen F2 und F3, die die Frage nach dem *Wozu?* in den Vordergrund stellen und untersuchen, inwiefern entsprechende sich Lehrformate, die sich am Kontext Smart-Environments orientieren, auf das Selbstkonzept und die weitere akademische Laufbahn der Studierenden auswirken.

Für weitere und vor allem spezifischere Untersuchungen der übergeordneten Forschungsfragen müssen noch weitere Unterforschungsfragen formuliert werden. So teilt sich jede übergeordnete Forschungsfrage in mindestens zwei weitere Unterforschungsfragen auf:

- F1.1 Inwiefern lassen sich die im Lehrangebot vermittelten Inhalte und Kompetenzen mit den GI-Empfehlungen zum Curriculum „Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen“ abdecken, um Smart-Environments als mögliches Querschnittsthema in der universitären Lehre zu rechtfertigen?
- F1.2 Welche Lerninhalte und Kompetenzen sollten in einem Smart-Environments spezifischen Lehrangebot im Rahmen einer Lehreinheit zum forschenden Lernen vermittelt werden und welche Lehrmethoden und Werkzeuge bewähren sich in der Praxis?
- F1.3 Wie können die Lernziele prozessorientiert geprüft und bewertet werden?

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurde bisher nur argumentiert, weshalb sich Smart-Environments als möglicher Lehrkontext eignet und wie es als praktischer Zugang zum forschenden Lernen gewählt werden kann. Da es in diesem konkreten Fall an verwandten Arbeiten fehlt, soll daher explorativ erforscht werden, wie Lernziele, Lehrmaterial, Lehrmethoden, Werkzeuge und Prüfungsleistungen am Kontext ausgerichtet werden sollten. Zusätzlich wird auf Grundlage von Literaturrecherchen und der Inhaltsanalyse der Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik zum Curriculum zum Bachelor- und Masterprogramm im Fach Informatik untersucht werden, inwiefern sich Smart-Environments spezifische Inhalte in weiteren Lehrveranstaltungen finden und als mögliche kognitive Anknüpfungspunkte zur besseren Vernetzung der vermittelten Lehrinhalte nutzen lassen können. Die Konzeption und Erprobung des Materials sind ein iterativer Prozess. Sobald die Lerninhalte und Prüfungsformate in einem ausreichenden Rahmen erprobt sind, wird der Schwerpunkt von Inhalten (und somit der fachlichen Qualifikation) auf die überfachliche Qualifikation und das forschende Lernen verschoben, da erst die Kombination aus technischen Kontexten und dem forschenden Lernen weiter wissenschaftlich begleitet werden soll und ein Alleinstellungsmerkmal dieser Dissertation ist. Somit ergeben sich – angelehnt an Forschungsfrage F2, die folgenden Unterforschungsfragen F2.1, F2.2 und F2.3:

- F2.1 Inwiefern hat sich das technische Selbstkonzept in seiner konativen, motivationalen und kognitiven Perspektive nach einer Lehrveranstaltung im Kontext Smart-Environments verändert?
- F2.2 Inwiefern unterscheiden sich die Veränderungen (sofern zuvor feststellbar) zwischen Studierenden der Studieneingangsphase und Studierenden aus höheren Semestern?
- F2.3 Welche Unterschiede in der Veränderung des Selbstkonzepts sind zwischen den männlichen und weiblichen Teilnehmenden der Lehrveranstaltung beobachtbar?

Nach der Entwicklung entsprechender Lehrformate zum forschenden Lernen am Kontext Smart-Environments wird die Veränderung des technischen Selbstkonzepts gemäß der Dimensionen aus 2.1.3 anhand eines validierten Fragebogens untersucht. Da in dieser Dissertation auch die Studieneingangsphase eine tragende Rolle darstellt, wird zusätzlich untersucht, ob eine solche technische Intervention und Orientierung am Kontext auf Studierende zu Beginn des Studiums anders wirkt als auf Peers in einem weiteren Stadium des Studiums. Zusätzlich (und analog zu den Erhebungen aus 2.3.4) werden, aufgrund der aktuellen Studienlagen zur Entwicklung des Selbstkonzepts, angelehnt an die technisch-informatisch orientierten Interventionen in der Primar- und Sekundarstufe, auch geschlechtsspezifische Unterschiede im akademischen Betrieb untersucht.

- F3.1 Welchen Einfluss hat das Lehrangebot auf die Studienabbruchquote der Studierenden im Vergleich zu den Studierenden aus derselben Kohorte, die das Lernangebot nicht wahrgenommen haben?
- F3.2 Inwiefern unterscheiden sich die akademischen Leistungen in Bezug auf Projekt-, Seminararbeiten und Lehrveranstaltungen mit fachlichem Bezug zum Kontext im Vergleich zu den Studierenden aus derselben Kohorte, die das Lernangebot nicht wahrgenommen haben?

In 2.1.1 und 2.3.1 wurde außerdem argumentiert, dass die Lehre am Beispiel eines Kontextes sich unter anderem auf die Motivation von Lernenden auswirken kann und dass ein häufiger Grund für den Studienabbruch – vor allem in den ersten Semestern – der fehlende Praxisbezug und mangelnde Soft Skills sind. Da das entwickelte Lehrkonzept unter anderem genau diese Abbruchmotive adressiert, soll zusätzlich untersucht werden, inwiefern sich eine solche Intervention auf die Studienabbruchquoten auswirkt. Des Weiteren wurde in 2.1.2 die kognitive Belastungstheorie eingeführt und basierend auf der aktuellen Forschungslage dargestellt, dass durch einen geeigneten Lehrkontext Wissen vernetzt werden kann, um so die Lernleistung und das Verständnis in weiteren Kontexten zu verbessern. Aus diesem Grund soll untersucht werden, inwiefern die Studierenden in weiteren Veranstaltungen zum forschenden Arbeiten (wie z. B. das Proseminar), zu kollaborativen Entwicklungsprozessen (wie z. B. Projektgruppe) oder anderen fachlich verwandten Veranstaltungen zu den vermittelten Inhalten (wie z. B. Rechnernetze) im Vergleich zu ihren Peers ohne Intervention abschneiden.

Da nun die Forschungsfragen dargestellt wurden, folgt im folgenden Teil die Formulierung und Herleitung der entsprechenden Hypothesen.

## 2.4.2 Hypothesen

Im Folgenden werden auf der zuvor in Abschnitt 2.4.1 formulierten Forschungsfragen, dem in 2.1 dargestellten theoretischen Rahmen und auf Grundlage der in Abschnitt 2.3 verwandten Arbeiten, die Hypothesen formuliert. An dieser Stelle muss jedoch vermerkt werden, dass die zugrundeliegende Forschung nicht durchgehend einen hypothesenbasierten Ansatz verfolgen kann und somit die Hypothesen zum Teil als Grundlage der Diskussion der Ergebnisse dienen sollen. Außerdem lässt der geringe Forschungsstand zu Smart-Environments spezifischen Lehrformaten nur explorative und zum Teil iterative Vorgehen – beispielsweise beim Finden und Formulieren von Best-Practice Beispielen – keine klare Darstellung von Hypothesen zu.

**F1.1:** *Inwiefern lassen sich die im Lehrangebot vermittelten Inhalte und Kompetenzen mit den GI-Empfehlungen zum Curriculum „Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen“ abdecken, um Smart-Environments als mögliches Querschnittsthema in der universitären Lehre zu rechtfertigen?*

In 2.2 wurde eine Arbeitsdefinition zu Smart-Environments hergeleitet, jedoch fachlich noch nicht nach möglichen Bezügen und inhaltlichen Überschneidungen zu konkreten Lehrveranstaltungen in der universitären Lehre geprüft. Als Referenzrahmen für den Vergleich werden die GI-Empfehlungen zum Curriculum „Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach In-

formatik an Hochschulen“ genutzt (vgl. Zukunft, 2016). Aufgrund der potentiellen fachlichen Breite und auch Tiefe des Kontextes wird erwartet, dass sich in vielen der vorgeschlagenen Module Kompetenzbeschreibungen finden lassen, die sich am praktischen Kontext Smart-Environments vermittelt werden können.

**F1.2:** *Welche Lerninhalte und Kompetenzen sollten in einem Smart-Environments spezifischen Lehrangebot im Rahmen einer Lehrereinheit zum forschenden Lernen vermittelt werden und welche Lehrmethoden und Werkzeuge bewähren sich in der Praxis?*

Wie in 2.1.1 dargestellt, stellt das Lehrformat Forschendes Lernen nicht nur für die Lernenden, sondern auch für die Lehrenden Herausforderungen bereit; vor allem, wenn dieses Modell bereits im Bachelorstudium implementiert werden soll: es bleibt im bestehenden Curriculum aufgrund des fachsystematisch notwendigen Inhalten weder Zeit noch Platz, das forschende Lernen mit freier Themenwahl ist zu umfangreich, die Arbeitsformen und Ergebnisse sind mit den Prüfungsformen nicht kompatibel, die Studiengruppen sind zu Beginn zu heterogen oder die Betreuungsrelation gibt organisatorisch keine beratungsintensive Lehrformen her (vgl. Huber, 2009).

Um diese Herausforderungen schrittweise zu meistern, wird die Forschungsfrage inkrementell bearbeitet. Zunächst müssen die Lehrinhalte entwickelt und evaluiert werden. Dabei muss beachtet werden, dass diese die Kriterien eines guten Lernkontextes erfüllen und für die Lernenden bedeutsam wirken (siehe 2.1.2). Als erste Hypothese kann daher festgehalten werden, dass das Lehrmaterial so strukturiert sein muss, dass die Studierenden neue technische Inhalte immer an konkreten Beispielen mit Anwendungsbezug kennenlernen und sich durch entsprechende Lehrmethoden aktiv mit den Inhalten auseinandersetzen müssen. Sowohl das Lehrmaterial als auch die Methoden müssen die Studierenden auf mögliche Hindernisse beim Lösen eigener technischer Probleme begleiten und so das eigene Kompetenzerleben steigern. Parallel dazu müssen entsprechende Prüfungsformate erprobt werden (siehe nächste Forschungsfrage). Die konkreten Inhalte – z. B. welche Dimension von Smart-Environments betrachtet werden und welche Lernaufträge formuliert werden sollen, können zu diesem Zeitpunkt bislang nicht eindeutig beantwortet werden und müssen daher explorativ in der Praxis erprobt werden.

Im nächsten Schritt gilt es das erprobte Lehrmaterial für die Studieneingangsphase und das forschende Lernen zu erweitern. Damit die Studierenden ab dem ersten Semester forschend lernen können, müssen neben den Fachinhalten auch entsprechende Soft Skills praxisnah und anwendbar vermittelt werden. Dazu zählen das wissenschaftliche Schreiben und Präsentieren, Formulierung von Peer-Feedback, Erstellung von Postern, Arbeit in Gruppen und Kommunikation, Projektmanagement, Kreativmethoden zur Lösungsfindung und der Präsentation exemplarischer Forschungsvorgänge als Worked-Example (siehe 2.1.1). Außerdem muss den Studierenden der Rahmen geboten werden, selbst kleine Forschungsprojekte – im Kontext der Dissertation wahrscheinlich technisch-entwickelnde Forschung – durchzuführen. Auch dafür müssen die notwendigen fachlichen Fähigkeiten zuvor mit ausreichenden und übertragbaren Beispielen (siehe kognitive Belastungstheorie in 2.1.1 und 2.1.2) vermittelt werden. Idealerweise müssen Smart-Environments ganzheitlich unterrichtet werden, um die

Lernenden bestmöglich auf eigene Projekte vorzubereiten. Welche Inhalte, Methoden und Werkzeuge sich in der Praxis bewähren, wird sich im Laufe der Iterationen zeigen.

**F1.3:** *Wie können die Lernziele prozessorientiert geprüft und bewertet werden?*

In 2.1.1 mit dem Modell des Constructive Alignments dargestellt, müssen Methoden, Lernziele und Prüfung aufeinander abgestimmt sein. Im selben Kapitel wurden auch mögliche Prüfungen zum forschenden Lernen beschrieben. Es liegt daher die Hypothese nahe, dass das Prüfungsformat ein formatives Portfolio sein kann und – wie in den verwandten Arbeiten in 2.3.3 bereits dargestellt – möglicherweise eine Mischung aus Entwicklung-, Reflexions- und Präsentationsportfolio sein kann. Regelmäßige, praktische Übungen und Selbstreflexionsaufträge sollen den Studierenden die notwendige Routine im Schreiben geben und sie sprechfähiger über ihr Studium machen. Zusätzlich müssen auch passende Arbeitsaufträge zu den zu vermittelnden Soft Skills entwickelt werden.

Wie bei allen Unterforschungsfragen zu F1 können zwar verwandte Arbeiten, die jeweils Teilaspekte des Forschungsvorhabens beleuchtet haben, als Ausgangspunkt betrachtet werden, jedoch ist in der Kombination aus forschendem Lernen im Kontext Smart-Environments in der Studieneingangsphase mit prozessorientierten und formativ prüfenden Portfolios kein anderer als ein explorativer Ansatz möglich. Demnach können bis auf den möglichen Rahmen von Inhalten, Methoden und Prüfungen keine präziseren Hypothesen aufgestellt werden.

**F2.1:** *Inwiefern hat sich das technische Selbstkonzept in seiner konativen, motivationalen und kognitiven Perspektive nach einer Lehrveranstaltung im Kontext Smart-Environments verändert?*

Die verwandten Arbeiten in 2.3.4 legen nahe, dass sich technisch-informatische Interventionen auf das Selbstkonzept auswirken und unter anderem die eigene Kompetenzwahrnehmung, Selbstwirksamkeitserwartung, Motivation und Interesse steigern. Jedoch muss bei den Untersuchungen dieser Dissertation beachtet werden, dass es sich um eine Erhebung des Selbstkonzepts in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge handelt und nicht in der Primar- bzw. Sekundarstufe, in denen die Experimentalgruppen zum Teil den ersten Kontakt zu informatischen Themen erhalten haben. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Studierenden bereits ein gewisses Interesse und Motivation zu informatischen Themen mitbringen und entsprechende Effekte unter Umständen niedriger ausfallen könnten. Es wäre jedoch auch möglich, dass durch den für die Lernenden neuen Kontext und den zuvor unbekanntem technischen Bezügen, dennoch die Motivation für das weitere Studium gesteigert wird. Da das technische Selbstkonzept nach Janneck et al. (2012) betrachtet wird, werden dementsprechend auch die Teildimensionen konativ, motivational und kognitiv betrachtet. Es wird erwartet, dass sich keine Änderungen in der konativen Dimension ergeben werden, da sich diese auf bereits vergangene Erfahrungen mit Technik bezieht, wohingegen eine Steigerung in der motivationalen und kognitiven Perspektive erwartet wird.

**F2.2:** *Inwiefern unterscheiden sich die Veränderungen (sofern zuvor feststellbar) zwischen Studierenden der Studieneingangsphase und Studierenden aus höheren Semestern?*

Das Interesse und die Motivation von Studierenden aus höheren Semestern in Bezug auf Technik lässt sich evtl. nicht erhöhen, da diese entweder in ihrem Selbstkonzept so gefestigt sind, dass die Intervention keine Wirkung zeigt oder diese bereits konkrete Karrierepfade verfolgen, die ihrerseits keinen unmittelbaren technischen Bezug benötigen. Studierende in der Studieneingangsphase sind hingegen evtl. weniger terminiert und gefestigt in ihrem Selbstkonzept und entsprechend offener für technisch-informatische Interventionen. Dadurch lassen sich diese Studierende auch eher für Smart-Environments begeistern.

**F2.3:** *Welche Unterschiede in der Veränderung des Selbstkonzepts sind zwischen den männlichen und weiblichen Teilnehmenden der Lehrveranstaltung beobachtbar?*

Wie im theoretischen Rahmen in 2.1.3 und den verwandten Arbeiten in 2.3.4 dargestellt, sind geschlechterspezifische Unterschiede in der Entwicklung des Selbstkonzeptes zu erwarten. Hinsichtlich des konativen Technikbezuges haben Mädchen oft weniger Erfahrungen und Zugang zu technischen Geräten und erhalten auch weniger Ermutigung. Es fehlen zudem weibliche Vorbilder und bei technischen Belangen ist oft der Vater die Ansprechperson und nicht die Mutter (Janneck et al. 2012). Dementsprechend wird Mädchen und Frauen auch weniger Kompetenz zugetraut, was sich ebenfalls in der Selbsteinschätzung widerspiegelt (Janneck et al. 2012; Kallia und Sentance, 2018). Die Selbsteinschätzung korreliert jedoch nicht mit den Leistungen (Kallia und Sentance, 2018). Informatik und Technik als Selbstzweck sind für Mädchen oft weniger interessant ((vgl. Modrow, 2010; Strecker, 2014; Khan und Luxton-Reilly, 2016).). Hinsichtlich des kognitiven Technikbezuges und zum Beispiel der Attributionsmuster, neigen Frauen dazu, ihre technischen Erfolge eher dem Glück zuzuschreiben, während Männer diese auf ihre Kompetenz zurückführen (Janneck et al. 2012).

Da am Kontext Smart-Environments unterrichtet wird und aus anderen Projekten bekannt ist, dass dieser Rahmen vor allem für junge Frauen interessant ist (vgl. Seraj et al. 2020; Pancratz et al. 2019), wird erwartet, dass Frauen insgesamt eine stärkere Erhöhung des Selbstkonzeptes erfahren; nicht nur wegen des Kontextes, sondern auch wegen der geplanten, regelmäßigen Aufgaben zur Selbstreflexion und Feedback. Durch öffentliche E-Portfolios können die Studentinnen zudem ihre neuen Fähigkeiten und Artefakte mit dem Umfeld teilen, um so auch außerhalb der Universität positive Bestätigung zum Kompetenzerleben zu erhalten. Auch andere Autorinnen, wie Sentance et al. (2017) bestätigen den Anstieg des Selbstbewusstseins von jungen Lernerinnen durch den Umgang mit technischen Artefakten.

Insgesamt wird daher – aufgrund der niedrigeren Selbsteinschätzung – ein stärkerer Anstieg in der motivationalen Komponente des technischen Selbstkonzepts (mit Ausnahme der Technikangst: die wird womöglich stärker sinken als bei den Männern) und der kognitiven Komponente (vor allem in der Kompetenzeinschätzung und Selbstwirksamkeitserwartung) erwartet.

**F3.1:** *Welchen Einfluss hat das Lehrangebot auf die Studienabbruchquote der Studierenden im Vergleich zu den Studierenden aus derselben Kohorte, die das Lernangebot nicht wahrgenommen haben?*

Hinsichtlich Studienabbruchquoten, die vor allem in der Informatik vermehrt in den ersten Semestern stattfinden (vgl. Böttcher et al. 2020), und der zuvor in 2.1.1 referenzierten Untersuchung von Lübcke und Heudorfer (2019) zu den Motiven von Lehrenden forschendes Lernen in der eigenen Lehre einzusetzen, liegt daher die Fragestellung nahe, inwiefern Formate zum forschenden Lernen tatsächlich die Studienabbruchquote beeinflussen können. Die Gründe für Studienabbruchmotive (auch in der Informatik) sind über 20 Jahre und multimethodisch erforscht. Mögliche Ursachen sind u. a. Leistungsprobleme, Neuorientierung, finanzielle Probleme, die Studienbedingungen und die Studienmotivation (Heublein et al. 2010). In einer weiteren umfassenden quantitativen Erhebung haben Heublein et al. (2017) neben den zuvor identifizierten Faktoren, wie Leistungsanforderungen, Finanzierung und Studienmotivation auch fehlende Praxis- und Berufsbezüge als mögliche Ursachen festgestellt. Weitere Studien in diesem Feld, wie zum Beispiel von Giannakos et al. (2017), ergänzen auch das Arbeitspensum und schlechte Lehre als potentielle Abbruchmotive. Kinnunen und Malmi (2006) konnten im Rahmen von qualitativen Erhebungen neben einem schlechten Zeitmanagement, falschen Prioritäten und Erwartungen und dem Schieben von Prüfungen, erneut die Motivation als Ursache bestätigen. Zudem wurden von Heublein et al. (2017) auch interne Faktoren untersucht. So wurde festgestellt, dass die Studierenden Probleme haben, ihr Studium zu organisieren und ihr Wissen in Prüfungen abzurufen. Außerdem fehlen häufig die Identifikation mit der getroffenen Studienentscheidung, die soziale Integration und direktes Feedback von den Lehrenden. Vor allen die Lehrenden haben bei der Entwicklung der Studienmotivation und Fachidentifikation einen wichtigen Einfluss (vgl. auch Prenzel et al. 2001).

Des Weiteren haben Heublein et al. (2017) den Einfluss der Studieneingangsphase untersucht. So haben die Studierenden, die das Studium abbrechen, bereits zu Beginn deutliche Probleme bei der Bewältigung des Studiums. Außerdem konnte festgestellt werden, dass je besser das Zeitmanagement und das selbstständige, wissenschaftliche Arbeiten ist, desto seltener war das fachliche Niveau oder die Arbeitslast die Ursache für den Studienabbruch. Kurse zu Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens in der Eingangsphase wurden von den Studierenden zudem als positiv bewertet.

Barnat und Jänsch (2019) untersuchten den Zusammenhang zwischen Forschenden Lernen und Studienerfolg. Da das forschende Lernen sich dazu eignet, die epistemische Neugier der Studierenden zu wecken, haben die Autorinnen untersucht, wie sich diese auf den Studienerfolg auswirkt. Sie fassen zusammen, dass die Neugier tatsächlich ein signifikanter Faktor für den Studienerfolg ist und dass das forschende Lernen durch die Form der Erkenntnisgewinnung – u. a. zur Schließung von Wissenslücken – die Neugier anregt. Neben der epistemischen Neugier wirken sich noch die Selbstwirksamkeitserwartung, intrinsische Motivation und das fachliche Interesse auf den Verbleib an der Hochschule aus (Richardson et al. 2012; Heublein et al. 2017; Barnat und Jänsch, 2019). Da sich das forschende Lernen auf all diese Faktoren auswirken kann, liegt daher die Vermutung nahe, dass sich dies ebenfalls positiv auf die Studienabbruchquote auswirkt. Haberstroh und Petersen (2020) argumentiert,

dass durch die starke Einbindung im Rahmen des forschenden Lernens die Studierenden motiviert und mehr Studierende eine Prüfung ablegen und bestehen. So haben Arenas et al. (2012) gezeigt, dass die Einführung des forschenden Lernens mittels einer studentischen Konferenz die Abbruchquote in der entsprechenden Lernveranstaltung stark senken konnte. Auch Justice et al. (2007) argumentieren, dass mit seinem Lehrkonzept zum forschenden Lernen weniger Studierende das Studium abbrechen und bessere Noten und Abschlüsse als die Peers erreichen.

Es wird daher angenommen, dass ein Lehrformat zum forschenden Lernen im Kontext Smart-Environments sich ebenfalls positiv auf die Neugier (auf das weitere Studium), Interesse und Motivation auswirken kann. Da das Selbstkonzept gestärkt werden soll und dieses ein wichtiger Prädiktor für die Laufbahnentwicklung ist (vgl. Super, 1953), wird davon ausgegangen, dass ein solches Lehrkonzept die Studienabbruchquote in den ersten Semestern senken kann. Die These wird zusätzlich dadurch gestützt, dass die Studieneingangsphase, wie auch fehlende Soft Skills ebenfalls Einflussfaktoren auf den Studienabbruch sind und durch das Lehrkonzept unmittelbar adressiert werden.

**F3.2:** *Inwiefern unterscheiden sich die akademischen Leistungen in Bezug auf Projekt-, Seminararbeiten und Lehrveranstaltungen mit fachlichem Bezug zum Kontext im Vergleich zu den Studierenden aus derselben Kohorte, die das Lernangebot nicht wahrgenommen haben?*

In 2.1.1 und 2.1.2 wurde dargestellt, wie das Vermitteln von Inhalten am Kontext das konzeptionelle Verständnis als auch durch die Vernetzung von Wissen die Lernleistung verbessern kann. Durch den Kontext Smart-Environments wird es denn Studierenden daher evtl. leichter fallen neues Wissen aus Modulen mit Anknüpfungspunkten in die durch den Kontext konstruierten Schemata einzuordnen. Des Weiteren zielt das Lehrkonzept ab, das Selbstkonzept der Studierenden zu verbessern. Wiedenbeck (2005) konnte in Versuchen mit Novizinnen und Novizen in einem Programmierkurs zeigen, dass gute Noten mit einem positiven Selbstkonzept korrelieren. Auch Justice et al. (2007) konnten mit seinem Lehrkonzept zum forschenden Lernen zeigen, dass die Studierenden im weiteren Verlauf des Studiums signifikant bessere Noten schreiben.

Es wird daher die Hypothese formuliert, dass es Studierenden, die an einer Intervention zu Smart-Environments im Rahmen forschender Lehre teilgenommen haben, leichter fällt neues Wissen in den weiteren Lehrveranstaltungen an den bestehenden Wissensfundus anzuknüpfen, weil erste Schemata bereits konstruiert wurden. Dies äußert sich durch bessere Noten in Modulen, die einzelne Bezugspunkte zum Kontext aufweisen, wie z. B. Rechnernetze. Da Kirschner et al. (2006) Lehrformate, wie das forschende Lernen aus kognitiv-psychologischer Sicht nicht für sinnvoll in der Studieneingangsphase erachten (vgl. 2.1.1), da die Lernenden kognitiv mit solchen Formaten überlastet werden, vermittelt das Lehrformat auch zusätzliche Kompetenzen und bietet Hilfestellungen durch regelmäßiges Feedback an. Durch die Vermittlung von entsprechenden Soft Skills – beispielsweise zur Kommunikation, Arbeit in Gruppen, Selbst- und Projektmanagement oder zum akademischen Arbeiten und Schreiben – wird zusätzlich erwartet, dass die Studierenden (mitunter durch das routinierte Schreiben) auch besser als ihre Peers in Seminaren zum wissenschaftlichen Arbeiten oder Gruppenprojekten abschneiden. Dazu zählen zum Beispiel das Proseminar oder das Softwareprojekt.

### 2.4.3 Methodisches Vorgehen

Die Bearbeitung der Forschungsfragen wird multimethodisch angegangen und sowohl qualitativ, als auch quantitativ beforscht.

Die Forschungsfrage F1.1 (Smart-Environments als Kontext und Querschnittsthema in der Hochschullehre) wird durch eine Literaturrecherche und anschließender Inhaltsanalyse untersucht. Die Beantwortung der Forschungsfrage folgt dem Ziel, Smart-Environments als relevanten Lerninhalt und mögliches Querschnittsthema in den Informatikstudiengängen zu rechtfertigen. Die folgenden Forschungsfragen F1.2 (Lehrangebot im Kontext Smart-Environments im Rahmen vom forschenden Lernen) und F1.3 (Geeignete Prüfungsformate) werden explorativ erforscht. Das Lehrmaterial wird iterativ verbessert und angepasst, indem nach jeder Intervention entweder mit Hilfe von Fokusgruppeninterviews oder Fragebögen das Lehrangebot evaluiert wird. Im Allgemeinen wird dieses Vorgehen zum inkrementellen Verfeinern und Verbessern der Bildungspraxis als Design-Based Research bezeichnet. Dabei erfolgt die „Gestaltung, Durchführung, Analyse und Re-Design in kontinuierlichen Zyklen“ (Reinmann, 2005, S.62). Dieses Verfahren hat sich zur Problemlösung in der Bildungspraxis als praktikabel und auch Kontextesensitiv herausgestellt (vgl. Reinmann, 2005; Aprea, 2008). Mit diesem Modell werden insgesamt 19 Interventionen (freiwillige Workshops in der Orientierungswoche, Seminare, Vorlesungen) im universitären Kontext geplant, durchgeführt und verbessert. Die Beantwortung der Forschungsfragen soll anderen Lehrenden als mögliche Blaupause und Inspiration dienen, um so nicht nur den Kontext, sondern auch das Lehrformat für weitere Studierende zu ermöglichen. Außerdem dient vor allem die letzte Iteration als Beitrag zur Hochschuldidaktik, da gezeigt werden kann, dass forschendes Lernen auch in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge in einem informatisch-technischen Kontext sinnstiftend möglich ist.

Die nächsten drei Forschungsfragen F2.1 (Veränderung des Selbstkonzept), F2.2 (Unterschiede zwischen Studierenden in der Eingangsphase und höheren Semestern) und F2.3 (geschlechtsspezifische Unterschiede) werden hypothesenprüfend erforscht, indem zunächst nach validierten Messinstrumenten recherchiert wird. Im Anschluss werden zwei experimentelle Studien im Prä-Post-Studiendesign im Zeitraum von je zwei Semestern durchgeführt. Die Erhebungen finden für die Experimentalgruppe jeweils vor der ersten technischen-orientierten Intervention und nach dem Abschluss der Intervention statt. Die Kontrollgruppe wird hingegen zum Beginn und Ende eines Semesters befragt. Die Auswertung erfolgt im Anschluss einer ANOVA mit Messwiederholung und der Betrachtung ausgewählter Interaktionsterme. Mit der Beantwortung dieser Forschungsfragen kann gezeigt werden, dass Smart-Environments als Kontext forschender Lehre sich auf das Selbstkonzept der Studierenden auswirken können und damit eine für die weitere akademische und berufliche Laufbahn dienliche Einstellung im Umgang mit Technik vermitteln.

Die letzten beiden Forschungsfragen F3.1 (Einfluss auf Studienabbruchquote) und F3.2 (Einfluss auf weitere Lehrveranstaltungen) werden ebenfalls hypothesenprüfend untersucht, indem die Noten zweier Kohorten in einem Zeitraum von vier Semestern verglichen werden. Die Kohorten umfassen jeweils einen ganzen Studienjahrgang, der gemeinsam das

(Wirtschafts-)Informatikstudium begonnen hat. Die Kohorten unterscheiden sich in der Form der Intervention. Während die erste Kohorte zwar eine Veranstaltung in den ersten Semestern zu Soft Skills – und somit auch einige der Kompetenzen vermittelt bekommen hat, die auch aus dem forschenden Lernen hervorgehen – und auch in dieser Eigenschaft unterschieden wird, setzt sich die zweite Kohorte aus einem Studienjahrgang zusammen, der anstelle der Veranstaltung *Soft Skills* forschend in einer informatisch-technischen Intervention gelernt hat. So werden nicht nur die Noten in sämtlichen abgelegten Prüfungen in den untersuchten Zeiträumen verglichen, sondern zudem auch die Anzahl der Studienabbrecherinnen und -abbrecher. Die Auswertung der Noten erfolgt mittels t-Tests und der Vergleich der Studienabbruchquoten wird mit Chi-Quadrat Tests durchgeführt. Durch die Beantwortung der Forschungsfragen soll gezeigt werden, dass die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen, die im Rahmen von Smart-Environments als Kontext forschender Lehre vermittelt wurden, auch in weitere Lehrveranstaltungen wirken können und mögliche Studienabbruchmotive adressiert werden, sodass mehr Studierende das Informatikstudium fortführen.

In der folgenden Tabelle 2.1 sind die Unterforschungsfragen, der Forschungsgegenstand und das dazugehörige Vorgehen zur besseren Übersicht und als roter Faden zusammengefasst. Die Kapitel, die durch Verlinkung direkt zur Untersuchung der jeweiligen Forschungsfrage in der Arbeit führen, sind ebenfalls in der Tabelle aufgeführt.

Tabelle 2.1: Übersicht der Forschungsfragen

Forschungsfrage	Forschungsgegenstand	Vorgehen	Kapitel
F1.1	Smart Environments als möglicher Lehr- und Lerngegenstand in der Hochschullehre.	Hermeneutische Forschung, Literaturrecherche, Inhaltsanalyse	3.1
F1.2 F1.3	Entwicklung und Evaluation Smart-Environments spezifischer Lehr- und Prüfungsformate	Explorative und praxisentwickelnde Forschung, Literaturrecherche, Design Based Research im Zeitraum von viereinhalb Jahren im Rahmen von 19 Interventionen (davon fünf Seminare und vier Vorlesungen, die vorgestellt werden), Fokusgruppeninterviews, Fragebogen, Qualitative Forschung	3.2
F2.1 F2.2 F2.3	Auswirkung von einem Smart-Environments spezifischen Lehrkonzept auf das Selbstkonzept von Studierenden	Hypothesenprüfende Beobachtung, Literaturrecherche, zwei experimentelle Studien im Prä-Post-Design (mit Kontrollgruppe) im Zeitraum von zwei Jahren, Auswertung mit ANOVA, Quantitative Forschung	3.3
F3.1 F3.2	Auswirkung des Lehrkonzeptes auf die Studienabbruchquote und weiteren akademischen Leistungen	Hypothesenprüfende Beobachtung, Literaturrecherche, Kohortenstudie über vier Semester mit zwei Experimental- und zwei Kontrollgruppen, Auswertung der anonymisierten Daten zum Studienverlauf der Gruppen, Untersuchung mit t-Tests und Chi-Quadrat-Tests, Quantitative Forschung	3.4

### 3 Empirisch-Methodischer Teil

Der theoretische Teil dieser Arbeit bildete das fachliche Fundament für dieses Kapitel. Es wurden ausgewählte Aspekte der Hochschuldidaktik in der Informatik dargestellt; von der Relevanz des forschenden Lernens, über die Kontextualisierung von Fachinhalten, zu der Bedeutung des Selbstkonzepts, bis hin zum Constructive Alignment. Außerdem wurde Smart-Environments als möglicher Hochschulkontext (auch für die forschende Lehre) motiviert und diverse verwandte Arbeiten aufgezeigt, um diese Dissertation in den aktuellen Forschungsdiskurs einzuordnen. Auf dieser Grundlage wurden im Anschluss die Forschungsfragen und Hypothesen generiert, die nun in diesem Kapitel systematisch und multimethodisch aufgearbeitet werden. Dieses Kapitel ist daher wie folgt aufgebaut:

Im Abschnitt 3.1 *Smart-Environments als Lehr-/ und Lerngegenstand* wird Forschungsfrage F1: „Wie lassen sich Smart-Environments spezifische Lerninhalte in das schon vorhandene Studiengangprofil für Studierende (auch der Studieneingangsphase) integrieren?“ untersucht. Konkret wird dabei die Unterforschungsfragen (F1.1) behandelt, um zu begründen, inwiefern sich Smart-Environments in ihrer fachlichen Breite und Tiefe als mögliches Querschnittsthema im Studienfach Informatik eignet.

Darauf folgt der Abschnitt 3.2 *Die Entwicklung und Evaluation von Smart-Environments spezifischen Lehrkonzepten*, in welchem weiterhin der ersten Forschungsfrage nachgegangen wird. Der Fokus dieser Untersuchung liegt auf den Unterforschungsfragen F1.1 und F1.3, die parallel aufgearbeitet werden. Ziel ist das Herausarbeiten von praktikablen und bewährten Lehrinhalten für Smart-Environments spezifische Lehrangebote. Dies umfasst nicht nur Inhalte und Kompetenzen, sondern auch Methoden und Werkzeuge (F1.2). Zusätzlich wird untersucht, wie diese Lernziele prozessorientiert geprüft werden können, indem iterativ das Prüfungsformat an die Lerninhalte und -ziele angepasst wird (F1.3).

Im Anschluss wird in Abschnitt 3.3 *Die Untersuchung des technischen Selbstkonzepts von Studierenden* die Forschungsfrage 2 ganzheitlich und samt ihrer Unterforschungsfragen untersucht. Dazu gehört die Untersuchung der Änderungen des technischen Selbstkonzepts in seinen Subkomponenten nach einem Smart-Environments spezifischen Lehrkonzept. Dabei werden zwei Experimental- und eine Kontrollgruppe untersucht und die Ergebnisse der Auswertung verglichen. Zusätzlich wird untersucht, inwiefern sich die Änderungen zwischen Studierenden aus der Studieneingangsphase und deren Peers aus höheren Semestern unterscheiden und welche Unterschiede zwischen Studentinnen und Studenten bestehen. Das Ziel dieses Unterkapitel ist es zu begründen, dass der Kontext Smart-Environments Änderungen des Selbstkonzepts bewirken kann und daher auch einen direkten Einfluss auf die weitere akademische und berufliche Laufbahn der Studierenden nimmt.

Daran knüpft auch direkt das Unterkapitel thematisch 3.4 *Die Untersuchung der weiteren akademischen Laufbahn der Studierenden* an, in welchem die Forschungsfrage F3, inklusive der beiden Unterforschungsfragen, untersucht wird. Nachdem Smart-Environments als Lehrkontext in den Informatikstudiengängen legitimiert und die Wirkungen auf das Selbstkonzept untersucht wurden, soll im Anschluss beforscht werden, inwiefern das Querschnittsthema und

Lehrkonzept auch auf die weitere akademische Laufbahn und andere Lehrveranstaltungen wirkt. Im Rahmen einer Kohortenstudie wird daher untersucht, wie sich die Abbruchquoten und Noten von Studierenden einer Studienkohorte unterscheiden, die zuvor (k)ein Smart-Environments spezifisches Lehrangebot zum forschenden Lernen wahrgenommen haben. Um die Ergebnisse zu validieren, wird zusätzlich eine Kontrollgruppe in der Untersuchung berücksichtigt. Das Ziel dieses Unterkapitels ist eine weitere Legitimierung des Kontextes Smart-Environments als Lehrgegenstand – abseits der Argumentation mit den Ergebnissen einer Literaturanalyse, sondern mit Daten aus Feldversuchen. Zusätzlich soll gezeigt werden, dass forschende Lehre in der Informatik auch schon in der Studieneingangsphase möglich ist und ein solches Lehrkonzept auch über die ersten Semester hinweg wirken kann.

Sämtliche Ergebnisse werden in den entsprechenden Unterkapiteln im Anschluss zusammengefasst, eingeordnet und diskutiert.

### 3.1 Smart-Environments als Lehr-/ und Lerngegenstand

Smart-Environments stellen einen breiten Kontext dar und bieten daher entweder eine Vielzahl an Verknüpfungspunkten mit bestehenden Lehrveranstaltungen oder sogar den Rahmen für Veranstaltungen mit einem Fokus auf ausgewählten Aspekten des Kontextes. Für dieses Kapitel werden – mit Smart-Environments als Anwendungsgebiet des Internets der Dinge und mögliches als Querschnittsthema in der Hochschullehre – daher mögliche Dimensionen des Lehrkontextes dargestellt und untersucht, wie sich diese in bestehende Strukturen und Lehrveranstaltungen in der universitären Lehre einbetten lassen könnten.

<b>Forschungsfrage</b>	Wie können Smart-Environments spezifische Lerninhalte in das schon vorhandene Studiengangprofil (zum forschenden Lernen) der Informatikstudiengänge für Studierende – auch in der Studieneingangsphase – integriert werden?
<b>Unterforschungsfrage</b>	Inwiefern lassen sich die im Lehrangebot vermittelten Inhalte und Kompetenzen mit den GI-Empfehlungen zum Curriculum „Bachelor- und Masterprogramme im Studiengang Informatik an Hochschulen“ abdecken, um Smart-Environments als mögliches Querschnittsthema in der universitären Lehre zu rechtfertigen?
<b>Methode</b>	Strukturierte Literatur- und anschließende Inhaltsanalyse
<b>Ziel</b>	Smart-Environments als relevanten Lehrinhalt und mögliches Querschnittsthema in den Informatikstudiengängen begründen

### 3.1.1 Methodisches Vorgehen

Die Bearbeitung dieser Forschungsfrage wird in drei Schritten angegangen. Zunächst wird Literatur zu bestehenden Curricula gesichtet, die im Rahmen des Kontextes Internet-of-Things entstanden sind. Bei der Recherche wurde der Begriff „Internet-of-Things“ dem Begriff „Smart-Environments“ vorgezogen, da dieser weiter verbreitet ist und sich die Definitionen in weitesten Teilen überschneiden (siehe 2.2.1). Auf dieser Grundlage wird dann detaillierter, als zuvor in 2.2, untersucht, aus welchen inhaltlichen Aspekten sich der Lehrkontext zusammensetzen kann. Um möglichst objektiv und vor – und nicht beispielsweise für eine spezifische Hochschule – werden im zweiten nächsten Schritt keine konkreten Lehrpläne einzelner Universitäten zum Abgleich möglicher Kompetenzen, die sich auch im Kontext Smart-Environments vermitteln lassen, betrachtet. Stattdessen werden die GI-Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik (Zukunft, 2016) als Referenz herangezogen. Diese werden ihrerseits als Grundlage zur Gestaltung von Studienprogrammen genutzt. Dabei wird zunächst beschrieben, welche fachlichen und überfachlichen Kompetenzen das Informatikstudium vermitteln sollte und im Anschluss geprüft, welche vorgeschlagenen Lehrveranstaltungen inhaltliche Bezüge zum Kontext Smart-Environments aufweisen können. Neben kurzen Beispielen zur möglichen Einbettung von Smart-Environments in der Lehrveranstaltung werden zusätzlich die entsprechenden Kompetenzen aufgelistet. Im letzten Schritt wird dargestellt, in wie vielen der Veranstaltungen Bezüge zu Smart-Environments bestehen und wie viele der exemplarischen Kompetenzbeschreibungen in den jeweiligen Lehrveranstaltungen mit Anwendungsbeispielen des Kontextes abgedeckt werden können, um für den weiteren Verlauf der Dissertation argumentieren zu dürfen, dass sich Smart-Environments potentiell in der universitären Lehre als Querschnittsthema eignen.

### 3.1.2 Ergebnisse

Nach Sichtung von Publikationen in der ACM Digital Library<sup>1</sup> und IEEE Xplore Digital Library<sup>2</sup> mit den Schlagwörtern „Internet-of-Things“ und „IoT“ in Verbindungen mit Begriffen wie „Teaching“, „Education“, „Course“ und „Curriculum“ wurde die Metastudie von Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018), die sich ihrerseits als Working Group (Burd, Barker, Divitini, Guerra et al. 2018) zusammen gefunden haben, als Datengrundlage für den weiteren Verlauf dieser Dissertation gewählt. Diese Studie untersucht im Kern dieselbe Fragestellung, berücksichtigt weitere Quellen und Suchbegriffe und beinhaltet zudem Experteninterviews. Außerdem sind die dargestellten Ergebnisse auch noch fünf Jahre nach der Publikation gültig. Zwar war das Ziel derer Untersuchung die Sichtung von bestehenden Lehrangeboten zum Internet-of-Things und eine Übersicht der damit verbundenen Lehrinhalte und verwendeten Technologien, doch decken diese beiden Forschungsfragen ebenfalls mit der Übersicht der möglichen Dimensionen eines solchen Lernkontextes ab. Grundsätzlich sollten Internet-of-Things und Smart-Environments nicht synonym verwendet werden, jedoch

<sup>1</sup> <https://dl.acm.org/>, letzter Aufruf: 24.12.2022

<sup>2</sup> <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>, letzter Aufruf: 24.12.2022

zeigt die Untersuchung von Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018), dass der Großteil der Anwendungsfälle zu Internet-of-Things in der Lehre dem Kontext Smart-Environments zugeordnet werden können, wie z. B. Smart-Cities, Smart-Home und Gesundheitswesen. Aus diesem Grund wird im weiteren Verlauf der Begriff Smart-Environments verwendet, auch wenn die Quellen sich auf Internet-of-Things beziehen.

Wie bereits in 2.2 ausgeführt, erlaubt der Kontext Smart-Environments das Vermitteln von Inhalten aus diversen Disziplinen. Dabei muss von den Lehrenden jedoch abgewogen werden, wie breit und vor allem wie detailliert Wissen vermittelt werden soll, um zum einen ein möglichst ganzheitliches Bild zu vermitteln und zum anderen einen Rahmen einzuhalten, der sowohl auf die Lernziele, als auch auf die Prüfungsleistung abgestimmt ist (siehe auch 2.1.1). Bei der Auswertung von Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018) wird zunächst zwischen allgemeinen Aspekten und Spezialthemen unterschieden.

Allgemeine Aspekte von Smart-Environments können nach Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018) drei Perspektiven haben: *Concept of Things*, *Connectivity*, *Cloud and Data* und *Human-Computer Interaction*. *Concept of Things* beschreibt, dass die Hardware konzeptionell verstanden werden soll: der Einsatz von vernetzten, eingebetteten Systemen, die mittels Aktoren mit ihrer Umwelt interagieren können und mittels Sensoren ihre Umwelt wahrnehmen. Die Studierenden können mit Smart-Environments die Limitierungen bei der Erfassung der Umwelt, die Digitalisierung von Daten, das Speichern von Daten, die Zuverlässigkeit von Hardware und Aspekte von Datenschutz und Datensicherung in einem praktischen Kontext erleben. In der Abbildung 3.1 umfasst dies die sämtlichen rot markierten Stellen.

Die zweite Perspektive ist die Vernetzung (*Connectivity*, *Cloud and Data*). Dies umfasst konkrete Technologien, Architekturen und Protokolle zum Datenaustausch in verteilten Systemen. Je nach Anforderung kommen andere Hardwareplattformen, Funkstandards und Protokolle infrage. Lehrveranstaltungen können diese Themen von Smart-Environments aufgreifen, indem beispielsweise behandelt wird, wie die Netzwerke funktionieren, Daten transportiert und durch die Plattformen empfangen und ausgewertet werden. An dieser Stelle kann auch auf die Angreifbarkeit solcher Netzwerke eingegangen werden. In der Abbildung 3.1 umfasst dies die sämtlichen hellblau markierten Stellen.

Die dritte Perspektive ist die Mensch-Maschinen-Interaktion (*Human-Computer Interaction*). Im Gegensatz zum Internet der Dinge im Allgemeinen sind Smart-Environments auf die bewusste und unbewusste Interaktion mit den Usern ausgelegt, wie zum Beispiel durch konkrete Anwendungen in der Hausautomation. Lehrveranstaltungen können daher einen Einblick in die Vorteile und den Nutzen solcher Systeme geben und wie diese entworfen, geplant und umgesetzt werden können, damit diese eine gute User-Experience bieten können. In der Abbildung 3.1 umfasst dies die dunkelblau markierten Stellen im oberen Abbildungsbereich.

Die drei Hauptperspektiven, die idealerweise in einer einzigen Lehrveranstaltung gebündelt werden, stellen jedoch eine Herausforderung für Lehrende dar, da diese in der Zusammensetzung und dem Umfang womöglich kaum einen Platz in bestehenden Lehrveranstaltungen finden können. Daher besteht die Möglichkeit, spezielle Aspekte von Smart-Environments zu betrachten, die sich womöglich besser in bestehende Lehrkonzepte eingliedern lassen.

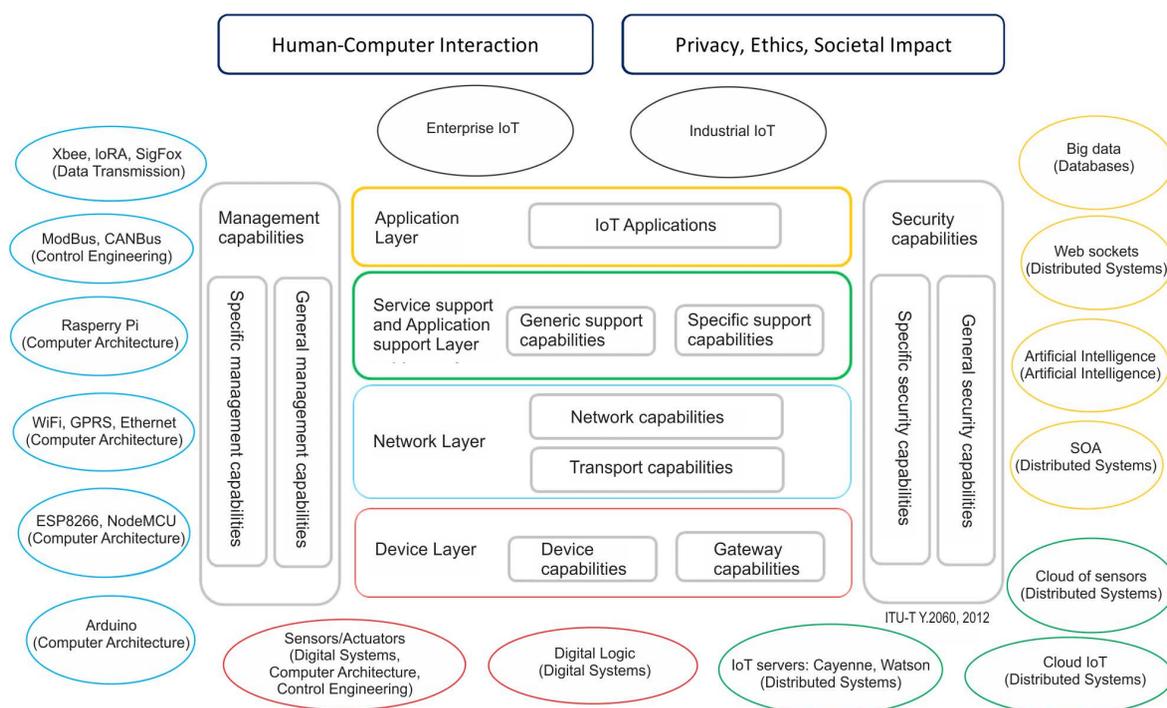


Abbildung 3.1: Übersicht möglicher Schichten und Dimensionen des Lehrkontextes Internet-of-Things nach Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018)

Der Kontext Smart-Environments bleibt so als Querschnittsthema bestehen; es wird jedoch nur der Fokus auf für die Lehrveranstaltung spezifische und relevante Aspekte gelegt. Da Smart-Environments aus technischer Perspektive aus verschiedenen Schichten bestehen, können diese auch einzeln und entsprechend detaillierter als Spezialthemen adressiert werden. So gehören die hardwarenahe Entwicklung von eingebetteten Systemen genauso zum Kontext wie der Einsatz und die Entwicklung von Webservices und APIs und Mobile Computing. Sofern der Fokus auf eingebetteten Systemen liegt (im Kontext IoT auch Things genannt) eröffnet sich ein sehr breites Feld an technischen Themen für die Lehrenden: Low Energy System Design, Limitierungen in Bandbreite und der Einsatz von robusten Kommunikationsprotokollen, Grundlagen der Programmierung, Betriebssysteme oder Speicher und Repräsentation von Daten. Häufig gehört zu den Things auch eine Reihe von Webdiensten, die mit aktuellen Internettechnologien, wie zum Beispiel Node.js, entwickelt werden. Auch hier lässt sich der Kontext Smart-Environments bei der Entwicklung von Web-Anwendungen, -Diensten, -Servern, -Sockets oder -Hooks praxisnah lehren. Zur bequemeren Nutzung bieten kommerzielle Smart-Home Lösungen nicht nur Web-Anwendungen, sondern zusätzlich noch Mobile-Apps an. Die App-Entwicklung ist somit ebenfalls eine für die nutzbare Dimension von Smart-Environments. (Burd, Barker, Divitini, Perez et al. 2018)

Das Botnetz Mirai aus dem Jahr 2016 ist ein prominentes Beispiel der Sicherheitsrisiken, die von schlecht oder gar nicht gesicherten IoT-Geräten ausgehen. Über 500.000 Geräte, wie

Router, IP-Kameras oder Fernseher erzeugten einen Netzwerkverkehr von über 600 Gbps und setzten damit unter anderem die DNS-Server des amerikanischen Anbieters Dyn außer Dienst. (Griffioen und Doerr, 2020) Somit waren über mehrere Stunden Dienste, wie zum Beispiel Amazon, Github, Spotify oder Netflix in weiten Teilen Nordamerikas nicht mehr erreichbar. Es liegt daher nahe, dass die Studierenden für solche potentiellen Risiken schon bei der Konzeption solcher Systeme sensibilisiert werden, da von diesen Geräten nicht nur ein Sicherheitsrisiko (siehe Mirai), sondern auch der Missbrauch persönlicher Daten und eine physische Gefährdung ausgehen kann. Ein interessantes Weblog, in dem von 2008 bis 2021 Angriffe aus dem Kontext IoT gesammelt werden, ist in der Fußnote verlinkt<sup>3</sup>. Potentielle Sicherheitsrisiken ziehen sich durch alle Schichten von Smart-Environments, von den eingebetteten Systemen bis zu den Servern und Smartphone Apps. In diesem Kontext können zudem auch gesellschaftliche Aspekte dieser Systeme im Hochschulkontext behandelt werden. Smart-Environments eignen sich auch für die Lehre in praktischen und interdisziplinären Gebieten, wie Elektrotechnik oder Ingenieursdisziplinen, da die technischen Lösungen über die in der Informatik vermittelten Methoden und Werkzeuge hinausgehen. (Burd, Barker, Divitini, Perez et al. 2018)

Aufgrund der Daten, die IoT-spezifische Systeme sammeln können, bietet es sich zudem an, diese Daten maschinell auszuwerten, um so eine Brücke zu den Themen Machine Learning oder Big Data herzustellen. Dazu gehört aber auch das entsprechende Speichern, Management und Analysieren der Daten (Burd, Barker, Divitini, Perez et al. 2018). So kann beispielsweise Machine Learning dazu verwendet werden, um Datenströme, trotz fehlerhaften Sensordaten aufgrund von Hardwarefehlern oder Problemen bei der Netzwerkverbindung, zu optimieren (siehe z. B. Tegen et al. 2019) oder gar das Verhalten der Things dynamisch an die Umgebung anzupassen (siehe z. B. Coutinho, 2020).

In der folgenden Tabelle 3.1 werden die zuvor dargestellten Spezialbereiche von Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018) ergänzt, aufgelistet und kurz zusammengefasst. Diese werden in den folgenden Abschnitten wiederholt aufgegriffen.

Zusammenfassend kann Smart-Environments entweder möglichst ganzheitlich mit den drei Hauptperspektiven (Concept of Things, Vernetzung und Mensch-Maschinen-Interaktion) in einem eigenen Lehrkonzept als Unterrichtsgegenstand verwendet werden oder als mögliches Querschnittsthema in anderen Lehrveranstaltungen als anschauliches und praxisnahes Beispiel in Bereichen, wie plattformspezifische Entwicklung (Things, Web-Stack, Mobile), Sicherheit, Elektrotechnik, Making, Machine Learning und Big Data, Informatik und Gesellschaft und Mensch-Maschinen Interaktion (vgl. Burd, Barker, Perez et al. 2018 in Tabelle 3.1).

Daraus ergeben sich diverse fachliche Überschneidungen mit den Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik in den Bachelorstudiengängen der Informatik. Die GI nutzt zur Beschreibung der Kompetenzstufen der einzelnen Module eine angepasste Version der Anderson Krathwohl Taxonomie (Anderson und Krathwohl, 2001). So wird zwischen Kompetenzen von einer geringen Kontextualisierung und Komplexität bis zu einer hohen Kontextualisierung und Komplexität unterschieden.

<sup>3</sup> <https://codecurmudgeon.com/wp/iot-hall-shame/>, letzter Aufruf: 24.12.2022

*Tabelle 3.1: Spezialisierungen im Kontext Internet-of-Things nach Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018)*

<b>Spezialisierung</b>	<b>Zusammenfassung</b>
Platform-Specific Development	Dies umfasst die plattformabhängige Entwicklung von technischen Systemen im Kontext Internet-of-Things. Dazu gehören sowohl eingebettete Systeme, als auch Web-Umgebungen und Mobile Anwendungen.
Security Issues	Im Gegensatz zu anderen Systemen, die nicht mit dem Internet verbunden sind, stellen IoT-Geräte ein potentielles (auch zum Teil physisches) Risiko für Netzwerke, Infrastrukturen und Privatsphäre dar. Entsprechende Risiken und Maßnahmen können konkret anhand technischer Beispiele im Alltag vermittelt werden.
Making/ Electronics/ Mechanical Engineering	Durch die Interdisziplinarität von IoT-Systemen können Kompetenzen aus der digitalen Fertigung, Prototypentwicklung, Elektrotechnik und anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften bei der Konzeption und Entwicklung technischer Artefakte praktisch miteinander verbunden werden.
Machine Learning and Big Data Concepts	IoT-Systeme ermöglichen durch die Integration im Alltag neue Möglichkeiten Daten zu sammeln und als Grundlage für Analysen und Entscheidungen zu nutzen. Dabei kann auch das maschinelle Lernen zum Einsatz kommen. Der Lehrkontext kann daher explizit dafür genutzt werden, um Konzepte, wie maschinelle Lernverfahren, Data Mining, Entdeckung von Mustern oder Datensegmentierung praxisnah zu vermitteln.
Privacy, Ethics, and Societal Impact	Aus der zunehmenden Vernetzung von Daten, Geräten und Infrastrukturen resultieren nicht nur positive Aspekte für Individuum und Gesellschaft. Um den Missbrauch von den gesammelten Daten zu vermeiden, sind Überlegungen zu Vertraulichkeit, Sicherheit und Datenschutz essentiell, um die Bedeutung und Verantwortung bei der Entwicklung solcher Systeme berücksichtigen zu können.
Human-Computer Interaction Issues	Die Entwicklung von nützlichen und gut bedienbaren Systemen ist eines von vielen Zielen bei der Konzeption von Smart-Environments. Da dieses Gebiet noch vergleichsweise jung ist, gibt es für die Studierenden viele Möglichkeiten neue und innovative IoT-Anwendungen zu entwickeln.

Zusätzlich werden die verschiedenen kognitiven Prozessdimensionen betrachtet: Verstehen, Anwenden, Analysieren und Erzeugen. Im Folgenden werden daher sämtliche Module aus den Empfehlungen dargestellt, deren Kompetenzbeschreibungen auch zum Lehrkontext Smart-Environments zuordnungsfähig sind. Aufgrund der vielen Überschneidungen, der Greifbarkeit und vor allem Anwendbarkeit des Kontextes, werden nur jene Kompetenzen aufgeführt, die der kognitiven Dimension *Anwenden* und höher entsprechen. Zudem werden auch Module aufgeführt, deren fachlichen Inhalte sich unmittelbar auf den Kontext Smart-Environments anwenden lassen: sobald mindestens eine Kompetenz sinnstiftend durch Smart-Environments vermittelt werden kann, wird diese ebenfalls aufgeführt. Zur besseren Übersicht sind die einzelnen Module – ähnlich zu den Empfehlungen der GI – zunächst sechs Überkategorien zusammengefasst und werden zur besseren Einordnung ebenfalls kurz beschrieben. Darauf folgen konkrete Anwendungsbeispiele und die zutreffenden Kompetenzbeschreibungen aus den GI-Empfehlungen.

(1) Zunächst werden „formale, algorithmische und mathematische Kompetenzen“ untersucht. Diese sind essentiell, um zunächst Probleme und Anforderungen exakt beschreiben zu können und dies dann als Grundlage zur Findung geeigneter Datenstrukturen und Algorithmen zu verwenden. Zur Modellierung von Problemen können unterschiedliche Ansätze, wie z. B. formale Sprachen, logische und algebraische Rechenmethoden, Automaten oder graphentheoretische Darstellungen verwendet werden. Zur Bewältigung der zuvor modellierten Probleme wird zunächst der „algorithmische Kern“ identifiziert. Basierend auf diesem werden Algorithmen entworfen, entwickelt und verifiziert. Für spezialisierte Bereiche, wie beispielsweise der Signal- und Bildverarbeitung, Kryptografie oder Mustererkennung, sind erweiterte Kenntnisse in Analysis, Algebra, Kombinatorik und Statistik erforderlich. Inhaltsbereiche, die diese Kompetenzen umfassen, sind „*Diskrete Strukturen, Logik und Algebra, Analysis und Numerik, Analysis und Numerik, Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Formale Sprachen und Automaten, Modellierung und Algorithmen und Datenstrukturen*“. (Zukunft, 2016)

(2) Als Nächstes werden „Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs- und Projektmanagement-Kompetenzen“ aus den Empfehlungen der GI betrachtet. Die Analyse-Kompetenz umfasst u. a. die Fähigkeiten, sich schnell in neue Anwendungsgebiete einzuarbeiten und mit Auftragsgebenden kommunizieren und kooperieren zu können. Dazu gehört auch das Erkennen von bekannten Problemstellungen in konkreten Kontexten und das Anwenden von entsprechenden Lösungsmustern. Entwurfskompetenzen beinhalten die Fähigkeit, Systeme aus Hard- und Software zu konstruieren, die alle Anforderungen vollständig erfüllen. Dafür sind Abstraktionsvermögen ebenso unerlässlich wie fundierte Kenntnisse in der Software-Architektur. Zu der Realisierungskompetenz gehören Fähigkeiten, die es ermöglichen, komplexere Systeme zu implementieren und zu testen. Dazu gehört auch der Umgang mit adäquaten Programmierparadigmen und Werkzeugen, die unter anderem auch für die Erweiterung und Wartung von Software notwendig sind. Als Letztes beschreibt Zukunft (2016) die Projektmanagement-Kompetenz, die zur Gestaltung von Arbeitsprozessen und den Umgang miteinander umfassen. Essentiell ist dabei die Teamfähigkeit. Zu den Inhaltsbereichen zählen nach Zukunft (2016) die Module „*Programmiersprachen und -methodik, Software-Engineering, Mensch-Computer-Interaktion und Projekt- und Teamkompetenz*“. (Zukunft, 2016)

(3) Zudem werden „technologische Kompetenzen“ beschrieben, die insbesondere Kenntnisse zu Rechnernetzen, Rechnerarchitekturen und modernen Betriebssystemen als auch deren Anwendung in diversen Problem- und Anwendungsbereichen. Zusätzlich sind im Bereich der Echtzeit-, eingebetteten und verteilten Systeme ein Verständnis zu den Wechselwirkungen des Computers mit seiner Umgebung und die hardware- bzw. systemnahe Programmierung essentiell. Zukunft (2016) betont zudem die Relevanz von Datenbanksystemen und den hohen Stellenwert von fundierten Kenntnissen der IT-Sicherheit. Zu den Inhaltsbereichen zählen die Module *„Digitaltechnik und Rechnerorganisation, Betriebssysteme, Datenbanken und Informationssysteme, Rechnernetze und verteilte Systeme und IT-Sicherheit“*. (Zukunft, 2016)

(4) Des Weiteren werden „fächerübergreifende Kompetenzen“ formuliert. Diese sollen die Absolventinnen und Absolventen dazu befähigen, Aufgaben in verschiedenen Anwendungsgebieten unter Berücksichtigung technischer, ökonomischer, ökologischer und sozialer Rahmenbedingungen zu bewältigen und entsprechende Systeme zu entwickeln. So sollen betriebswissenschaftliche und juristische Grundkenntnisse vermittelt werden, um die Studierenden perspektivisch dazu zu befähigen, die berufsethischen Rahmen und „Auswirkungen ihrer Arbeit aus sozialen, wirtschaftlichen, arbeitsorganisatorischen, psychologischen und rechtlichen Aspekten“ abschätzen zu können. Zu den Inhaltsbereichen zählen *„Gesellschaftliche und berufsethische Aspekte von Informatiksystemen im Anwendungskontext, Ökonomische und ökologische Aspekte von Informatiksystemen im Anwendungskontext und Rechtliche Aspekte von Informatiksystemen im Anwendungskontext“*. (Zukunft, 2016)

(5) Als weiteres sind „Methoden- und Transferkompetenzen“ gefordert, da diese ebenfalls im Alltag, neben den zuvor beschriebenen analytischen Fähigkeiten, benötigt werden. So ist es beispielsweise als Methodenkompetenz im beruflichen Alltag notwendig, bestehende Informatiksysteme mit ausgewählten Verfahren evaluieren zu können. Die Transferkompetenz beschreibt beispielsweise die Fähigkeit, bekannte Methoden auf neue Kontexte zu übertragen zu können. Zu den entsprechenden Inhaltsbereichen gehören *„Strategien des Wissenserwerbs und der wissenschaftlichen Weiterbildung, Analyse von Informatiksystemen in ihrem Anwendungskontext und Implementierungs- und Evaluationsstrategien“*. (Zukunft, 2016)

(6) Zuletzt werden „Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen“ im Informatikstudium gefordert. Die umfassen u. a. kommunikative Fähigkeiten, wie zum Beispiel die Verschriftlichung von Ideen und Lösung sowie die mündliche überzeugende Präsentation dieser. Auch gehören Methoden zum Konfliktmanagement, Kommunikation und Rhetorik dazu. Mögliche Inhaltsbereiche sind *„Kooperationsmanagement, Diversity- und Konfliktmanagement und Organisationsentwicklung“*. (Zukunft, 2016)

Im Gegensatz zu den ersten vier aufgezählten Kompetenzbeschreibungen, werden die „Methoden- und Transferkompetenzen“ und „Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen“ nicht in eigenen Lehrveranstaltungen vermittelt, sondern sind als jene Kompetenzen zu verstehen, die jeweils in den anderen Inhaltsbereichen als zum Teil überfachliche Qualifikation *nebenbei* vermittelt werden sollen. (Zukunft, 2016)

Der zuvor beschriebenen Strukturierung in insgesamt vier übergeordnete Kompetenzbereiche folgend, werden nun die für Smart-Environments relevanten Inhaltsbereiche näher betrachtet.

Die folgenden Kompetenzbeschreibungen und -bereiche sind wörtlich aus Zukunft (2016, S.13-38) übernommen und sind kursiv gekennzeichnet. Zur besseren Lesbarkeit wird nicht nach jeder Kompetenz die Quelle referenziert.

## Formale, algorithmische und mathematische Kompetenzen

Diese Kompetenzen umfassen insgesamt sechs Inhaltsbereiche. Bis auf den Bereich *Analysis und Numerik* lassen sich Bezüge zu Smart-Environments feststellen. Diese werden im Folgenden nacheinander vorgestellt. Die folgende Abbildung 3.2 stellt die Abdeckung der Kompetenzen in Prozent zu den jeweiligen Inhaltsbereichen dar. Die höchsten Übereinstimmungen konnten in den Bereichen *Modellierung* und *Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik* mit jeweils 50 % festgestellt werden.

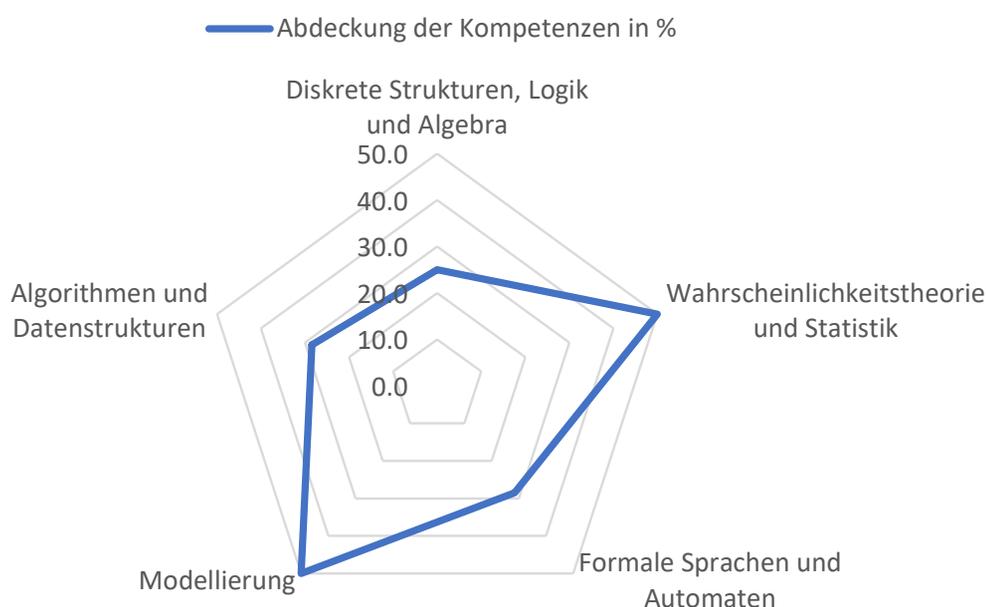


Abbildung 3.2: Abdeckung der Inhaltsbereiche der formalen, algorithmischen und mathematischen Kompetenzen nach Zukunft (2016) mit möglichen Lehrinhalten im Kontext Smart-Environments

Im weiteren Verlauf werden die Überschneidungen und mögliche Anwendungsbeispiele näher ausgeführt.

### Diskrete Strukturen, Logik und Algebra

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt acht Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 21), von denen die folgenden beiden im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* verwendet werden können:

- *„Einfache Anwendungsfälle in Modelle der Aussagen- und Prädikatenlogik übertragen und mit Mitteln der Logik untersuchen.“*
- *„Selbständig in der Lage sein, abstrakte Begriffe zu erarbeiten und sich grundlegende Techniken oder Verfahren anzueignen.“*

Ein einfaches Anwendungsbeispiel könnte die Formulierung von Regeln zur Automatisierung einer Beleuchtungseinheit sein. So könnten Aussagenvariablen (A: Person im Raum detektiert; B: Helligkeit im Raum beträgt mindestens 10.000 Lux; C: Das Licht ist ausgeschaltet) oder Prädikate dazu verwendet werden, um logische Regeln zu formulieren oder im nächsten Schritt das Verhalten des Systems zu validieren. Die Fähigkeit, sich in abstrakte Begriffe einzuarbeiten oder Methoden anzueignen, ergeben sich unmittelbar aus dem Prozess, falls Smart-Environments aus der Perspektive *Making/Electronics/Mechanical Engineering* betrachtet wird. Studierende werden dabei automatisch mit abstrakten Begriffen, wie z. B. der elektrischen Spannung konfrontiert.

### Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt vier Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 38), von denen die folgenden beiden im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* verwendet werden können.

- *„Angemessene Kennzahlen und Verfahren zur Charakterisierung von empirischen Daten auswählen und berechnen.“*
- *„Den Umgang mit grundlegenden diskreten und stetigen Verteilungen beherrschen und sie in einfachen Kontexten umsetzen.“*

Beide Kompetenzen können im Kontext der Fehlertoleranz in verteilten (Smart-Environments) Systemen vermittelt werden, indem unter anderem die Fehler- und Störanfällig gemessen wird (oder aus empirischen Daten oder statistischen Modellen bereits bekannt ist), um zum Beispiel mit Kennzahlen, wie Mean-Time-Between Failures (MTBF) oder Mean-Time-to-Repair (MTTR), die durchschnittliche Zeit zwischen Ausfällen und Reparaturen zu berechnen. Empirische Daten können auch erfasste Sensordaten, Nutzungsmuster oder der Energieverbrauch sein, die genutzt werden können, um die Balance zwischen Betriebskosten und Nutzererfahrung zu finden.

### Formale Sprachen und Automaten

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt sieben Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 23), von denen die folgenden beiden im Kontext Smart-Environments evtl. im Bereich *Concept of Things* verwendet werden können.

Einfache Anwendungsfälle in Modelle der Aussagen- und Prädikatenlogik übertragen und mit Mitteln der Logik untersuchen. Selbständig in der Lage sein, abstrakte Begriffe zu erarbeiten und sich grundlegende Techniken oder Verfahren anzueignen.

- *„Einfache Anwendungsfälle in Modelle der Aussagen- und Prädikatenlogik übertragen und mit Mitteln der Logik untersuchen.“*
- *„Selbständig in der Lage sein, abstrakte Begriffe zu erarbeiten und sich grundlegende Techniken oder Verfahren anzueignen.“*

Die Kompetenzbeschreibungen überschneiden sich mit denen aus Diskrete Strukturen, Logik und Algebra oder sind vergleichbar. Demnach könnten die Beispiele an dieser Stelle ebenfalls verwendet werden. Um dennoch ein weiteres (abstraktes, aber beliebig konkretisierbares) Beispiel anzuführen, könnte das Folgende gewählt werden:

Gegeben sei ein Sensornetzwerk, welches aus den Sensoren A, B und C besteht. Ein Alarm wird ausgelöst, sobald mindestens zwei Sensoren einen vorher definierten Schwellenwert überschreiten und zusätzlich zuvor ein Schalter D aktiviert wurde. Stellen Sie eine boolesche Funktion auf, die dieses Verhalten abbildet und minimieren Sie diese.

## Modellierung

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt sechs Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 29), von denen die folgenden drei im Kontext Smart-Environments evtl. im Bereich *Concept of Things* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* und *Making/Electronics/Mechanical Engineering* verwendet werden können.

- *„Verschiedene Sichten auf ein System mit passenden Modellen darstellen.“*
- *„Eine vorgegebene Aufgabenstellung größerer Komplexität mit passenden Kalkülen auf angemessenem Abstraktionsgrad zielgerichtet formal beschreiben. Dabei professionelle Werkzeuge einsetzen und Ergebnisse bewerten.“*
- *„Allgemeine, abstrakte Fragestellungen und Zielsetzungen in konkrete Spezifikationen und Analysefragen umsetzen.“*

Je nachdem, aus welcher Perspektive ein System im Kontext Smart-Environments betrachtet wird, gibt es verschiedene Abstraktionsschichten. Betrachtet man ein solches System beispielsweise ganzheitlich, so wird von einer Systemarchitektur gesprochen, welche zum Beispiel durch Komponenten- oder Blockdiagramme modelliert werden können. Richtet sich der Blick hingegen auf die Schnittstellen, zum Beispiel auf die User oder andere Systeme, so können passende Interface-Modelle verwendet werden. Selbiges gilt für Daten- oder Sicherheitsmodelle. Eine mögliche allgemeine Fragestellung könnte sein, wie beispielsweise die wahrgenommene Sicherheit in einem Smart-Home erhöht werden kann, ohne in die Privatsphäre einzugreifen. Mögliche Analysefragen waren in diesem Fall, welche Sensoren zur Haussicherung genutzt werden können und wie die Daten untersucht werden können, um nicht nominales Verhalten zu detektieren. Weiter muss diskutiert werden, wie die Daten gespeichert werden, um zum einen die Privatsphäre zu wahren und zum anderen den Zugriff vor unbefugten Personen zu sichern. Aus diesen Fragen können im Anschluss erste Anforderungen und Spezifikationen hervorgehen.

## Algorithmen und Datenstrukturen

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt sieben Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 13), von denen die folgenden beiden im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* verwendet werden können.

- *„Grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen bzgl. der Laufzeit und des Speicherbedarfs analysieren und ihre Komplexität bestimmen.“*
- *„Unter gegebenen Randbedingungen einen passenden Algorithmus bzw. eine Datenstruktur auswählen.“*

Zur besseren Skalierung, Leistungsfähigkeit oder Effizienz der Systeme kann die begründete Wahl der Algorithmen sinnvoll sein. Zur Energieoptimierung einer intelligenten Klima- und Belüftungsanlage können vergangene Sensordaten verwendet werden, um beispielsweise mit Hilfe des k-Nearest-Neighbors-Algorithmus künftige Situationen zu klassifizieren und sich so besser auf die Bedürfnisse der User anzupassen.

## Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs- und Projektmanagement-Kompetenzen

Diese Kompetenzen umfassen insgesamt vier Inhaltsbereiche, die alle starke Bezüge zu Smart-Environments aufweisen. In der Abbildung 3.3 ist der prozentuale Anteil der möglichen Kompetenzüberschneidungen der Inhaltsbereiche mit dem Kontext Smart-Environments dargestellt. In den Bereichen Mensch-Maschinen Interaktion und Projekt- und Teamkompetenz können alle empfohlenen Kompetenzen auch am Beispiel von Smart-Environments vermittelt werden. Auch in den Bereichen Programmiersprachen und -methodik (80 %) und Software-Engineering (66,7 %) sind diverse Übereinstimmungen feststellbar. Im Folgenden werden die Überschneidungen näher ausgeführt und von entsprechenden Anwendungsbeispielen begleitet.

### Programmiersprachen und -methodik

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt fünf Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 31), von denen die folgenden vier im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* verwendet werden können.

- *„Für algorithmische und datenstrukturorientierte Aufgabenstellungen Programme in verschiedenen Programmiersprachen und Programmierparadigmen unter Anwendung angemessener Techniken entwickeln.“*
- *„Stets wiederkehrende Entwurfs- und Programmiermuster erkennen und einsetzen.“*

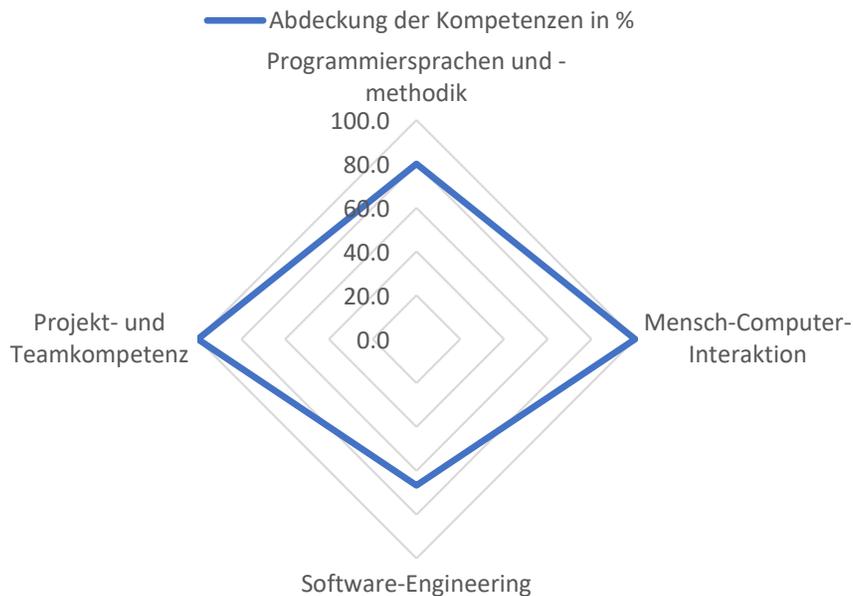


Abbildung 3.3: Überschneidungen der „Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs- und Projektmanagement-Kompetenzen“ nach Zukunft (2016) mit möglichen Lehrinhalten im Kontext Smart-Environments

- „Für eine spezielle Anwendungsaufgabe ein Software-System mittlerer Komplexität und angemessener Qualität in einer dafür geeigneten Programmiersprache mit angemessenen Programmiermethoden entwickeln (z. B. im Rahmen von Bachelor- Arbeit oder Software- Praktikum)“
- „Sich in neue Programmiersprachen der gelernten Paradigmen eigenständig einarbeiten und Bezüge zu bisherigen Kenntnissen herstellen.“

Eine Anwendung im Kontext Smart-Environments besteht aus mehreren Teilsystemen, die produktspezifische Anforderungen haben und dabei auch andere Werkzeuge, Programmiersprachen und Paradigmen benötigen. So kann beispielsweise der Mikrocontroller hardwarenah iterativ mit C oder objektorientiert mit C++ oder Python programmiert werden, während die Anwendung auf dem Server ereignisbasiert mit Node.js auf die ankommenden Daten reagiert. Der Nutzen von projektspezifischen Programmiersprachen und Paradigmen lässt sich so mit einem einzigen Kontext vermitteln. Dabei können auch bekannte Entwurfsmuster praxisnah erprobt und angewandt werden. Zudem können die Studierenden zeitgleich für die richtige Wahl der Werkzeuge sensibilisiert werden. Um das vorherige Beispiel erneut aufzugreifen: zur ereignisbasierten Programmierung könnte Node.js verwendet werden, aber wenn die Einarbeitungszeit und der benötigte Umfang nicht verhältnismäßig zum Ziel oder der Nutzung stehen, könnten zum Beispiel auf Node.js basierende Frameworks, wie Node-RED, vorgezogen werden. Das Einarbeiten in neue Frameworks, Tools und Bibliotheken kann in begleiteten Projektphasen erprobt werden.

## Software-Engineering

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt sechs Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 37), von denen die folgenden vier im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* verwendet werden können.

- *„Standardsituationen im Bereich der Modellierung (Analyse, Architekturen, Entwürfe, Muster) umsetzen.“*
- *„Qualitätssicherung wie z. B. Reviews, Metriken und automatisierte Tests anwenden.“*
- *„Kleinere Softwaresysteme im Team systematisch planen und erstellen.“*
- *„Die Eignung eines Entwurfs/Architektur/Testverfahrens für eine gegebene Spezifikation einschätzen.“*

Zu möglichen Standardsituationen wurde bereits im Abschnitt zur Modellierung Stellung bezogen. Vor allem eine passend geplante Architektur und gewählte Plattform sind später entscheidend für die Leistung, Skalierbarkeit, Wartbarkeit und Erweiterbarkeit. Smart-Environments Systeme können in Projektphasen geplant, getestet und realisiert werden.

## Mensch-Computer-Interaktion

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt vier Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 28), von denen alle vier im Kontext Smart-Environments im Bereich *Human-Computer Interaction* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* und *Human-Computer Interaction Issues* verwendet werden können.

- *„In einem anwenderzentrierten Design-Prozess kleine Beispiel-GUIs entwickeln, dabei relevante softwaretechnische Entwurfsmuster anwenden (Event-Handling, MVC) und hinsichtlich relevanter MCI-Kriterien testen.“*
- *„GUIs für ein Informatiksystem (IS) sowie induzierte MCI Strukturen in einem konkreten Anwendungskontext anhand von MCI Standards problemadäquat und in Bezug auf verschiedene Nutzergruppen entwickeln.“*
- *„Analyse einer GUI bezüglich der induzierten MCI-Strukturen und des zugrundeliegenden Softwaredesigns (Entwurfsmuster).“*
- *„GUIs und induzierte MCI Strukturen eines IS in einem konkreten Anwendungskontext anhand von MCI Standards bewerten und ggf. Gestaltungsempfehlungen entwickeln.“*

Da Smart-Environments in Bereichen wirken, in denen Menschen mit diesen interagieren, liegen entsprechende überschneidende Kompetenzbeschreibungen nahe. Jedoch soll an dieser

Stelle angemerkt werden, dass Zukunft (2016) bei den Kompetenzformulierungen nur von graphischen Benutzerschnittstellen spricht, welche zwar auch für Smart-Environments relevant sind, aber bei Weitem nicht den gesamten Bereich der Mensch-Maschinen Interaktion mit solchen hardwarebasierten Systemen abdecken. Im Rahmen von Smart-Environments können die User daher nicht nur mit GUIs auf Bildschirmen interagieren (dies umfasst stationäre Systeme, als auch Smartphone App und Anwendungen auf Smartwatches), sondern auch mittels Sprachsteuerung, Fernbedienungen, Gesten, Tastern oder Schaltern, die ihrerseits auch ihren Beitrag zur einfachen und angenehmen Benutzung des Systems beitragen.

### Projekt- und Teamkompetenz

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt elf Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 33), von denen die folgenden elf im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* verwendet werden können.

- *„Arbeitspakete selbständig planen, termingerecht bearbeiten und dokumentieren.“*
- *„Mit einem Repository zum Versionsmanagement umgehen.“*
- *„Fremden Quelltext lesen, darin Entwurfskonzepte erkennen sowie Änderungen durchführen.“*
- *„Für die konkreten Anforderungen einer zu erstellenden Anwendung Artefakte der Software- Entwicklung erstellen bzw. substanziell dazu beitragen.“*
- *„Teilmodulen entwerfen und im Rahmen der Gesamtsoftware umsetzen. Erfolgreich Strategien zur Qualitätssicherung, insbesondere Fehlermanagement, Unit-Tests und Reviews im Projektkontext anwenden.“*
- *„Selbstkompetenzen wie z. B. Verbindlichkeit, Disziplin, Termintreue, Kompromissbereitschaft und Übernahme von Verantwortung projektdienlich entwickeln und einsetzen.“*
- *„Schnittstellen zu den Arbeitspaketen anderer Teammitglieder erkennen, Probleme benennen und selbständig Absprachen durchführen.“*
- *„Die Qualität von Artefakten im Rahmen von Software-Reviews beurteilen.“*
- *„Im Projektkontext werden Probleme hinsichtlich der Planung und Durchführbarkeit erkannt sowie Maßnahmen vorgeschlagen.“*
- *„Konflikte im Team erkennen und Strategien zur Konfliktlösung anwenden.“*
- *„Mit Auftraggebern und anderen Stakeholdern kommunizieren.“*

Sofern Smart-Environments ganzheitlich vermittelt werden und in einem gemeinsamen Projekt einer eigenen Lösung zum Beispiel im Rahmen Smart-Home abschließen, lassen sich sämtliche Projekt und Teamkompetenzen – neben den zuvor genannten Kompetenzen im Software Engineering oder der Modellierung – vermitteln. Mit Hilfe von Projektplanung und -management kann das Projekt strukturiert werden, indem Fristen, Verantwortlichkeiten und Arbeitspakete im Vorfeld verbindlich festgelegt werden. Um den Entwicklungsprozess zu parallelisieren, müssen ebenfalls vorweg Anforderungen von Teilsystemen und Schnittstellen definiert und Abstimmungen getroffen werden, da die Integration und das damit verbundene Testen ebenfalls im Projektplan berücksichtigt werden müssen. Da in solchen Rahmen Konflikte und Missverständnisse auftreten können, sind entsprechende Selbst- und Gruppenkompetenzen essentiell. Je nachdem, wie das Projekt in der Lehrveranstaltung durchgeführt wird, können die Lehrenden oder eine andere Gruppe als Auftraggeber fungieren, um so zusätzlich die Kommunikation und das Einhalten von Verbindlichkeiten mit Externen zu üben.

## Technologische Kompetenzen

Wie bei den *Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs- und Projektmanagement-Kompetenzen* finden sich auch bei den *Technologischen Kompetenzen* diverse Übereinstimmungen – vordergründig in den Inhaltsbereichen Rechnernetze, Betriebssysteme und IT-Sicherheit – mit dem Lehrkontext. In der Abbildung 3.4 ist der prozentuale Anteil der möglichen Kompetenzüberschneidungen der Inhaltsbereiche mit dem Kontext Smart-Environments dargestellt. Im Inhaltsbereich IT-Sicherheit kann jede empfohlene Kompetenz auch am Beispiel von Smart-Environments vermittelt werden. Auch für die Fächer Betriebssysteme und Rechnernetze sind Überschneidungen über 50 % feststellbar. Für den Inhaltsbereich Digitaltechnik und Rechnerorganisation hingegen können nur in zwei von sieben Fällen fachliche Bezüge hergestellt werden. Dies wird im Folgenden näher erläutert.

### Digitaltechnik und Rechnerorganisation

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt sieben Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 19), von denen die folgenden beiden im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* verwendet werden können.

- „*Einfache Assemblerprogramme schreiben.*“
- „*Rechnersysteme im Hinblick auf Leistung und Kosten unter gegebenen Anforderungen bewerten.*“

Insgesamt ist die geringe Überschneidung überraschend, da der Inhaltsbereich suggeriert, dass die Kompetenzbeschreibungen einen starken Bezug zu dem Verständnis und der Arbeit mit digitalen Systemen haben. Stattdessen werden Kompetenzen (ab der Stufe 2), die zum Beispiel das Umrechnen von Zahlen in unterschiedliche Darstellungsformen und das

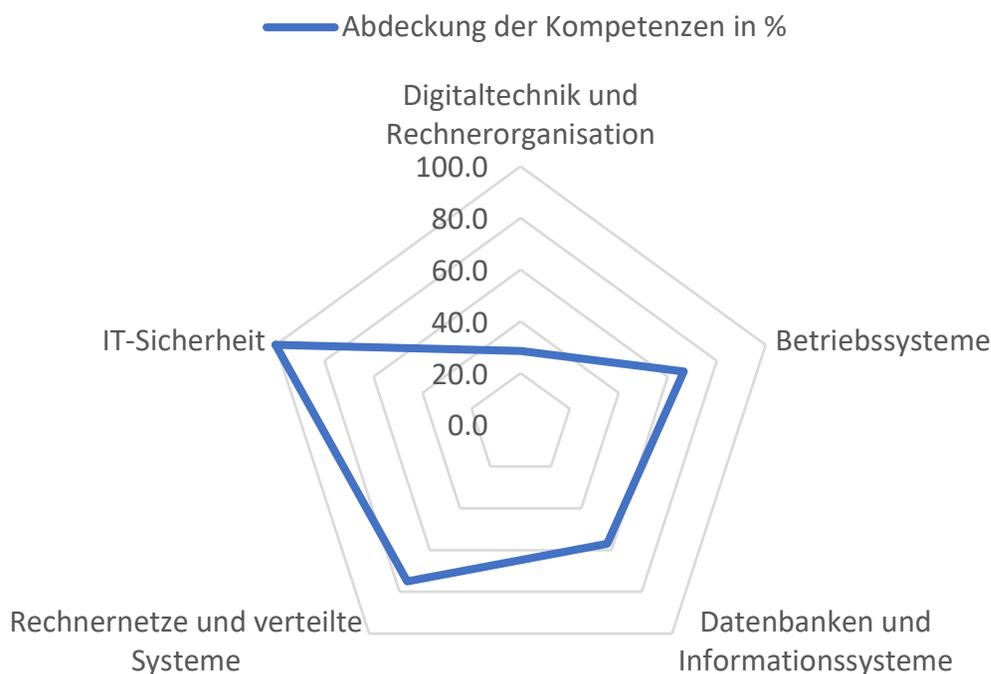


Abbildung 3.4: Überschneidungen der technologischen Kompetenzen nach Zukunft (2016) mit möglichen Lehrinhalten im Kontext Smart-Environments

Rechnen im Binärsystem abbilden, aufgezählt. Hätte die Methodik dieser Untersuchung zusätzlich die Kompetenzen auf der niedrigsten Stufe vorgesehen, würden mehr Kompetenzüberschneidungen beschrieben werden können. In diesem Fall bleiben jedoch nur zwei potentielle Kandidaten übrig. Bei der Programmierung der Firmware können verschiedene Programmiersprachen gewählt werden – Assembler könnte dabei ein mögliches Werkzeug sein, um bequem und so hardwarenah wie möglich mit prozessorspezifischen Registern zu arbeiten. Die Evaluation der Leistung und Kosten können im Rahmen Smart-Environments vielseitig Verwendung finden. So können Metriken, wie die Leistungsfähigkeit (um zum Beispiel harte Realzeitanforderungen einzuhalten), Energieeffizienz, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit systemspezifisch untersucht werden.

### Betriebssysteme

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt sechs Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 16), von denen die folgenden vier im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concept of Things* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development* verwendet werden können.

- *„Dateisysteme und parallele Prozesse in Programmen nutzen.“*
- *„Parallele Programme inklusive verschiedener Synchronisationsverfahren konzipieren und realisieren.“*
- *„Betriebssystemspezifische Programme erstellen.“*
- *„Sicherheitskonzepte von Betriebssystemen bewerten.“*

Moderne Hardwareplattformen im Kontext Smart-Environments, wie zum Beispiel die Mikrocontroller-Familie ESP32<sup>4</sup>, sind leistungsfähig genug, um schlanke Betriebssysteme, wie zum Beispiel FreeRTOS<sup>5</sup> oder Mbed OS<sup>6</sup>, auszuführen. Effiziente Nutzung von Ressourcen und Dateisystemen ist essentiell, um die Reaktionszeit – beispielsweise von Echtzeitanwendungen – zu gewährleisten. Diesbezüglich sind auch parallele Prozesse hilfreich. Je nachdem welche Hardwareplattform und welches Betriebssystem vorgegeben sind, können die Studierenden selbst betriebssystemspezifische Programme in einem handlungsorientierten und praktischen Kontext erproben und beispielsweise verschiedene Scheduling, Synchronisationsverfahren und Sicherheitskonzepte miteinander vergleichen.

### Datenbanken und Informationssysteme

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt sieben Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 17), von denen die folgenden vier im Kontext Smart-Environments im Bereich *Connectivity, the Cloud, and Data* mit dem Spezialgebiet *Machine Learning and Big Data Concepts* verwendet werden können.

- *„Objektorientierte Anwendungssysteme mit Datenbanksystemen verbinden.“*
- *„Konzeptionelle Datenbankentwürfe für kleine Beispiele erstellen und in normalisierte relationale Datenbankschemata überführen.“*
- *„Kleine Datenbankanwendungen erstellen.“*
- *„Unterschiedliche Anwendungskontexte in Modelle der Wissensverarbeitung übertragen.“*

Im Kontext Smart-Environments ist das effektive Speichern und Abrufen der Daten wichtig. So können die Studierenden entsprechende Datenbanken entwerfen, um beispielsweise Sensordaten, Benutzerinteraktionen oder API-Calls zu erfassen und diese Daten dann anschließend für weitere Anwendungen zur Verfügung zu stellen. So könnte exemplarisch ein maschinelles Lernverfahren diese Datenbank nutzen, um ein Modell zu erstellen, welches Muster und Zusammenhänge im Energieverbrauch oder Anomalien feststellt und im Anschluss automatische Empfehlungen zum Energiesparen oder Sicherheitshinweise formuliert.

<sup>4</sup> <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>, zuletzt aufgerufen am 31.07.2023

<sup>5</sup> <https://www.freertos.org/index.html>, zuletzt aufgerufen am 31.07.2023

<sup>6</sup> <https://os.mbed.com/mbed-os/>, zuletzt aufgerufen am 31.07.2023

## Rechnernetze und verteilte Systeme

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt acht Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 25), von denen die folgenden sechs im Kontext Smart-Environments im Bereich *Connectivity, the Cloud, and Data* mit dem Spezialgebiet *Platform-Specific Development, Security Issues* und *Making/Electronics/Mechanical Engineering* verwendet werden können.

- *„Sichere und effiziente Kommunikation in Netzen programmieren.“*
- *„Verteilte Systeme auf unterschiedlichen Schichten wie z. B. Anwendungs- und Transportschicht nutzen.“*
- *„Einfache Internetanwendungen programmieren.“*
- *„Für ein gegebenes Anwendungsproblem entscheiden, welche Netztechnologien in den verschiedenen Schichten eingesetzt werden sollen.“*
- *„Protokolle zur Kommunikation über Netze bewerten.“*
- *„Unterschiedliche Architekturen für verteilte Systeme bezüglich ihrer Eignung für verschiedene Anforderungsprofile bewerten.“*

Kommunikationsprotokolle und Netzwerkstandards sind für Smart-Environments, die ihrerseits auch als verteilte Systeme verstanden werden können, essentiell, um die Kommunikation zwischen Geräten, Gateways und Clouds zu ermöglichen. Je nach Anwendungskontext müssen beispielsweise die passenden Funkstandards, Architekturen und Protokolle gewählt werden. So sollten für batteriebetriebene Geräte in Netzwerken mit hohen Verzögerungen und beschränkter Bandbreite andere Werkzeuge gewählt werden, als für Aktoren, die via Kabelverbindung mit der Spannungsversorgung und dem Internet sind. Selbiges gilt für den Datenschutz und die Verschlüsselung, um in entsprechenden Anwendungskontexten die Privatsphäre der Benutzerinnen und Benutzer zu gewährleisten. In Projektarbeiten können die Studierenden selbst eigene Internetanwendungen implementieren, um so praxisnah die gelernten Grundlagen anzuwenden.

## IT-Sicherheit

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt fünf Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 27), von denen alle im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concepts of Things* und *Connectivity, the Cloud, and Data* mit dem Spezialgebiet *Security Issues* verwendet werden können.

- *„Konzepte und Techniken zur Erhöhung der Sicherheit nutzen, insb. welche Schutzziele mit welchen Techniken erreicht werden können. Typische Angriffsmethoden und Werkzeuge benutzen.“*

- *„Verbesserungen der IT Sicherheit eines Systems vorschlagen. Erfassen einfacher IT Infrastrukturen im Zusammenhang mit IT Sicherheitsmanagement.“*
- *„Eigenschaften und Grenzen der Sicherheitskonzepte hinterfragen, verschiedene Konzepte sinnvoll kombinieren und Sicherheit komplexer Systeme bewerten.“*
- *„Anwendung von Mechanismen der IT-Sicherheit an einfachen Szenarien.“*
- *„IT-Sicherheits-relevante Situationen, die in Unternehmen auftreten, analysieren.“*

Da Smart-Environments Systeme in der Regel mit dem Internet verbunden sind, stellen diese ebenfalls ein potentiellies Angriffsziel dar. Dabei kann jede Schicht des Systems – vom eingebetteten System im Sensor bis zum Server und Smartphone App – attackiert werden. Wie zuvor am Beispiel des Botnets Mirai dargestellt, sind die Bedrohungen, die von schlecht (oder gar nicht) gesicherten Things ausgehen, nicht nur eine Gefahr für Privatpersonen oder Unternehmen, sondern auch ganze Netzwerke. Es ist daher essentiell, die Studierenden bereits im Studium für die IT-Sicherheit und die Verantwortung, die die Entwicklerinnen und Entwickler solcher Systeme tragen, zu sensibilisieren. So können am Kontext Smart-Environments Verschlüsselungs- und Authentifizierungstechniken erprobt oder praktische Übungen vorbereitet werden, in denen die Things als Angriffsvektor genutzt werden. Es gibt (leider) zahlreiche Beispiele aus der Praxis, die ebenfalls als Fallstudien untersucht werden können (siehe IoT-Hall-of-Shame).

## Fächerübergreifende Kompetenzen

Die Darstellung der fächerübergreifenden Kompetenzen ist bezüglich der Vollständigkeit der zuvor vorgeschlagenen Inhaltsbereiche nicht konsistent. Obwohl initial drei Inhaltsbereiche (gesellschaftliche und ethische Aspekte; ökonomische und ökologische Aspekte; rechtliche Aspekte) dargestellt wurden, werden im Anschluss keine konkreten Kompetenzen zur Rechts- und Umweltinformatik formuliert. Auch wenn sich zu beiden Bereichen sicherlich auch konkrete Anwendungsbezüge zu Smart-Environments herstellen lassen würden, werden diese in dieser Auswertung nicht berücksichtigt, da sie nicht in den Empfehlungen der GI gelistet sind. Aus diesem Grund werden nur gesellschaftliche und ethische Aspekte<sup>7</sup> im Kontext Smart-Environments betrachtet.

### Informatik und Gesellschaft

In diesem Inhaltsbereich sind insgesamt 15 Kompetenzbeschreibungen aufgeführt (siehe Zukunft, 2016, S. 25), von denen sieben im Kontext Smart-Environments im Bereich *Concepts of Things (Hardware)* und *Connectivity, the Cloud, and Data* mit dem Spezialgebiet *Privacy, Ethics, and Societal Impact* verwendet werden können.

- *„Anwendungen der rechtlichen Rahmenbedingungen benennen und als Systemanforderungen formulieren.“*

---

<sup>7</sup> Der Autor hat jedoch in den Kompetenzbeschreibungen Grundkonzepte des Computerstrafrechtes erwähnt.

- *„In einem Informatiksystem die Teilsysteme identifizieren, in denen schützenswerte Daten verarbeitet werden.“*
- *„Lizenzformen in Softwaresystemen identifizieren.“*
- *„Mögliche Schutzmaßnahmen für ein Informatiksystem und die in ihm verarbeiteten Daten erläutern.“*
- *„Gründe für eine Berufsethik benennen und berufsethische Dilemmata identifizieren.“*
- *„Wechselwirkungen zwischen rechtlichen Rahmenbedingungen und Informatiksystemen analysieren.“*
- *„Anforderungen und Nutzungsbedingungen von Informatiksystemen in Bezug auf die rechtlichen Rahmenbedingungen analysieren, bewerten und ggfs. präzisieren.“*

Da Smart-Environments nicht nur im heimischen Kontext, sondern auch an öffentlichen Orten oder Pflegeeinrichtungen wirken können, sind rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen und als entsprechende Anforderungen bei der Entwicklung zu formulieren. Dies bezieht sich auch auf Teilsysteme und der Identifikation von schützenswerten Daten. Dies kann zum Beispiel biometrische Authentifizierungsdaten, die Übermittlung von telemetrischen Daten oder die Verschlüsselung bei der Datenspeicherung in der Cloud umfassen. Sofern bei der Entwicklung Frameworks von Open-Source-Projekten verwendet wurden, sind die Lizenzformen der Autorinnen und Autoren zu berücksichtigen. Neben der technologischen Perspektive können mit Smart-Environments auch gesellschaftliche Aspekte zu Themen wie, Technologieakzeptanz, barrierefreie Informatiksysteme oder soziale Veränderungen durch die fortschreitende Technologisierung unseres Alltags praxisnah vermittelt werden.

### 3.1.3 Zusammenfassung und Diskussion

Um festzustellen, inwiefern sich Smart-Environments als möglicher modulübergreifender Kontext in der universitären Lehre eignet, wurde zunächst auf Grundlage einer Literaturrecherche untersucht, welche Teildisziplinen solche Systeme in sich vereinen und welche fachlichen Inhalte in entsprechenden Lehrformaten unterrichtet werden sollten. Dabei wurde herausgearbeitet, dass ganzheitliche Konzepte, die die folgenden drei Dimensionen umfassen, für die Konzeption von Lehrformaten, ähnlich wie für diese Dissertation, geeignet sind: Concept of Things, Netzwerke und Mensch-Maschinen Interaktionen, die jeweils noch mit Spezialausrichtungen ergänzt und vertieft werden können. Im nächsten Schritt wurden die Kompetenzbeschreibungen der GI in den jeweiligen Inhaltsbereichen aus der Empfehlung der Gesellschaft für Informatik zu einem Curriculum für Bachelor- und Master Informatikstudiengänge untersucht, um festzustellen, wie viele der Kompetenzen auch adäquat am Kontext Smart-Environments vermittelt werden könnten. Aus den überschneidenden Kompetenzen kann so abgeleitet werden, inwiefern sich der Kontext dann auch eignet, um als jeweiliges Beispiel in den Inhaltsbereichen angeführt zu werden.

So konnte gezeigt werden, dass sich vor allem Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs-, Projektmanagement- und technologische Kompetenzen am Beispiel von Smart-Environments sinnstiftend am Kontext vermitteln lassen. Dies umfasst Module, wie z. B. IT-Sicherheit, Rechnernetze und verteilte Systeme, Mensch-Computer-Interaktion, Programmiersprachen und -methodik, Software-Engineering und Modellierung. Somit hat der Kontext grundsätzlich das Potential informatische Inhalte sinnstiftend in mehreren Lehrveranstaltungen immer wieder als roter Faden aufgegriffen zu werden, um entweder abstrakte Konzepte greifbar zu machen oder um an bestehendes Wissen anzuknüpfen. Die Einbindung des Kontextes in Module des Kompetenzbereiches Diskrete Strukturen, Logik und Algebra ist mit Einschränkungen möglich.

Analog zum oben beschriebenen Vorgehen, könnten zusätzlich noch die Empfehlungen der GI zum Berekovic et al. (2018) detailliert untersucht werden. Eine erste Sichtung ergibt, dass – vor allem aufgrund der technischen Ausrichtung des Studiengangs – noch weitere fachliche Überschneidungen mit Smart-Environments in der Hochschullehre möglich sind. Veranstaltungen, die potentiell aufgrund der Lehrinhalte und Kompetenzbeschreibungen grundsätzlich einen Bezug mit Smart-Environments hätten, sind mit einem Sternchen markiert. Zum Pflichtbereich Technische Informatik gehören die Module „Digitaltechnik\*, Rechnerorganisation\*, Laborübungen\*, Betriebssysteme\*, Rechnernetze\*, Rechnerarchitektur\*, Eingebettete Systeme\*, Modellierung und Simulation Analog-Digitaler Systeme, Projektarbeit\*\*“ (Berekovic et al. 2018, S.9).

Der Wahlpflichtbereich setzt sich aus den folgenden Modulen „Verlässlichkeit, Robustheit und Fehlertoleranz\*, Synthese Digitaler Schaltungen, Test von Hardware Schaltungen, Programmierung Eingebetteter Systeme\*, Rechnertechnologie\*, Robotik\*, Medizintechnik, Bildverarbeitung\*, Useability Engineering für technische Systeme\*, Evaluation von Systemen\*, Automatisierung technischer Prozesse\*, Systembeschreibungssprachen\*, Energieeffizienz\*, Virtualisierung, Vernetzte Systeme\*\*“ zusammen (Berekovic et al. 2018, S.9).

Insgesamt hat sich dieses Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfrage bewährt, jedoch gibt es methodisch und inhaltlich weitere Verbesserungspotentiale. Zum einen ist die Darstellung der Ergebnisse wahrscheinlich nicht vollständig, da diese auf der subjektiven Einschätzung einer Lehrperson, die sich zwar umfassend mit Smart-Environments befasst hat, aber nicht jeden Inhaltsbereich in der vollen Breite und Tiefe einordnen kann und sich dadurch ein Spielraum für unterschiedliche Interpretationen ergibt. Die Ergebnisse wären daher valider, wenn zusätzliche Interrater, die idealerweise aus dem Fachbereich der jeweiligen Inhaltsbereiche stammen und entsprechende Lehrerfahrung vorweisen können. Alternativ zu den Empfehlungen der GI können auch Experteninterviews mit erfahrenen Lehrpersonen aus entsprechenden Abteilungen durchgeführt und als Datengrundlage verwendet und analysiert werden. So werden für den Bereich *Informatik und Gesellschaft* zum Beispiel 15 Kompetenzen oberhalb der Kompetenzstufe Verstehen formuliert, während andere Module gerade einmal fünf Kompetenzbeschreibungen in denselben Bereichen aufweisen. Zum Teil ist die Ausrichtung bei manchen Inhaltsbereichen eingeschränkt. So wird im Rahmen von Mensch-Maschinen Interaktion nur von graphischen Benutzeroberflächen gesprochen. Des Weiteren wurde der Schwerpunkt auf die fachlichen Kompetenzen gelegt und davon ausgegangen,

dass notwendige nicht-kognitive Kompetenzen implizit mit vermittelt werden. Dazu zählen beispielsweise Selbststeuerungs-, Kooperations-, Lern-, Medienkompetenzen und das wissenschaftliche Schreiben und Arbeiten. Sollte Smart-Environments jedoch als ganzheitliches Konzept gelehrt werden und mit der Entwicklung eigener Artefakte abschließen, darf nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass vor allem für Studierende der Eingangsphase bei der Entwicklung dieser überfachlichen Kompetenzen nicht explizit unterstützt werden müssen. Leider fehlt die Betrachtung von Soft Skills in den Empfehlungen.

Ein weiterer Ansatz, der genutzt werden kann, um festzustellen, ob sich Smart-Environments als übergreifender Lehrgegenstand eignen, ist das Modell der didaktischen Rekonstruktion nach Diethelm, Dörge et al. (2011). Dieses Modell ermöglicht die strukturierte Planung, Entwicklung und Evaluation von Informatikunterricht, indem der Lehrgegenstand aus fachlicher, didaktisch-methodischer und gesellschaftlicher Sicht betrachtet wird und dabei auch die Perspektive der Lernenden und Lehrenden berücksichtigt. Dabei spielt auch die Wahl des informatischen Phänomens, in welchem der Lehrgegenstand in der Lebenswelt der Lernenden auftritt, eine zentrale Rolle. Dieses Modell könnte daher auch dafür eignen, Smart-Environments als möglichen Lehrgegenstand weiter zu beforschen.

Insgesamt zeigt dieses Kapitel, wie viel inhaltliches Potential in diesem Kontext steht und in wie vielen verschiedenen Fachbereichen der Informatik der Lehrgegenstand als sinnstiftender Lehrrahmen genutzt werden kann. Jedoch bleibt die Frage offen, wie konkrete und ganzheitliche Lehrangebote in diesem Kontext gestaltet werden können, die idealerweise nicht nur in außerschulischen Lehrangeboten oder Seminaren für höhere Semester, sondern auch bereits für alle Studierenden in der Studieneingangsphase eingesetzt werden können. Vor allem beim Letzteren fehlt es auch an Lehrkonzepten, die zusätzlich die notwendige überfachliche Qualifikation explizit unterstützt. Im folgenden Kapitel wird die inkrementelle Entwicklung eines Lehrangebots beschrieben, in welchem mögliche Ziele, Inhalte, Methoden und Prüfungsleistung im Kontext Smart-Environments explorativ erprobt werden. Der Fokus liegt dabei nicht nur auf der fachlichen Entwicklung der Studierenden, sondern auch in der überfachlichen Qualifikation der Studierenden (auch in der Studieneingangsphase). Es folgt daher die schrittweise Entwicklung des Lehrkonzeptes *forschend Lernen im Kontext Smart-Environments*.

## 3.2 Die Entwicklung und Evaluation von Smart-Environments spezifischen Lehr- und Prüfungskonzepten

Im vorherigen Kapitel konnte dargestellt werden, dass der Kontext Smart-Environments Bezüge zu den meisten informatischen Inhaltsbereichen aus den Empfehlungen der GI zur Gestaltung von Informatikstudiengängen aufweist und demnach als potentiell Querschnittsthema das Wissen aus verschiedenen Bereichen und Kontexten sinnstiftend mit nachvollziehbaren Praxisbezügen miteinander verbinden kann. Die folgenden Fragestellungen sind daher nicht mehr, **ob** Smart-Environments in der Lehre verwendet werden sollen, sondern **wer**, **soll wie**, **wo**, **wann** und **womit** mit und über Smart-Environments lernen. Parallel dazu müssen auch konkrete Bezüge zum forschenden Lernen hergestellt werden. Somit ergeben sich die folgenden, nächsten Fragestellungen:

<b>Forschungsfrage</b>	Wie können Smart-Environments spezifische Lerninhalte in das schon vorhandene Studiengangsprofil (zum forschenden Lernen) der Informatikstudiengänge für Studierende – auch in der Studieneingangsphase – integriert werden?
<b>Unterforschungsfragen</b>	Welche Lerninhalte und Kompetenzen sollten in einem Smart-Environments spezifischen Lehrangebot im Rahmen einer Lehreinheit zum forschenden Lernen vermittelt werden und welche Lehrmethoden und Werkzeuge bewähren sich in der Praxis? Wie können die Lernziele prozessorientiert geprüft und bewertet werden?
<b>Methode</b>	Design-Based Research
<b>Ziel</b>	Entwicklung und Erprobung von skalierbaren Lehrkonzepten mit konkreten Bezügen zum forschenden Lernen. Dazu gehören auch Lehrmaterial und adäquaten Prüfungsformen zum Einsatz vom Kontext Smart-Environments in der Hochschullehre.

### 3.2.1 Methodisches Vorgehen

Die Entwicklung und Evaluation des Lehrkonzeptes wird etappenweise in den bestehenden Lehrplan implementiert. Als etablierte Methodik zur inkrementellen Verfeinerung und Verbesserung von Bildungspraxis, wird das Verfahren Design-Based-Research gewählt. Dabei erfolgt die Gestaltung, Durchführung, Analyse und Überarbeitung des Lehrkonzeptes

in kontinuierlichen Zyklen (vgl. Reinmann, 2005). Nicht nur in der Informatik (vgl. z. B. Aprea, 2008, Luukkainen et al. 2012 oder Kastl und Romeike, 2014) gilt dieses Vorgehen zur Entwicklung von neuen Lehrpraktiken und Curricula als erprobt. Für die Beantwortung der oben dargestellten Unterforschungsfragen werden, angelehnt an Jank und Meyer (2002), die folgenden W-Fragen der Didaktik zur Strukturierung der inkrementellen Entwicklung des Lehrkonzeptes berücksichtigt:

- **Wer:** Das Angebot richtet sich an Studierende der Informatikstudiengänge. Primär sollen Studierende der Studieneingangsphase von dem Lehrkonzept profitieren. Da jedoch in 2.1.1 dargestellt wurde, dass Lehrkonzepte, wie das forschende Lernen überfordernd wirken können, werden die fachlichen Inhalte zunächst mit Studierenden in einem Masterstudiengang erprobt, da davon ausgegangen werden kann, dass diese bereits u. a. mit dem wissenschaftlichen Arbeiten vertraut sind und entsprechende Lernstrategien für sich entwickelt haben. Sobald sich bestimmte Lehrinhalte und Werkzeuge in der Praxis bewährt haben, werden diese für Studierende der Eingangsphase angepasst und zusätzlich zu konkreten Inhalten zum forschenden Lernen vermittelt. So profitieren die Studierenden nicht nur von erprobtem Material mit vielen Beispielen, sondern können ebenfalls im Prozess besser begleitet werden.
- **Was:** Dass das Lehrkonzept *forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* informatisch-technische Inhalte und Kompetenzen vermitteln soll, wurde bereits dargestellt. Jedoch muss erprobt werden, welche Inhalte genau angeboten werden sollen und können. Wie in 3.1.2 präsentiert, können Smart-Environments von vielen verschiedenen Perspektiven betrachtet werden. Um die Studierenden dazu zu befähigen, selbst technische Artefakte zur Lösung von Problemen aus der eigenen Lebenswelt zu entwickeln, müssen den Lernenden Werkzeuge, Methoden und Fähigkeiten vermittelt werden, dies zu erreichen. Dies soll in der Praxis erprobt werden.
- **Wann:** Dies kann sowohl methodisch als auch als Zeitpunkt verstanden werden. Lerntheoretisch wäre ein solches Konzept bereits ab dem ersten Semester ideal, da schon konkrete und praktische Bezüge zur Forschung und Entwicklung in einem aktuellen Kontext vermittelt werden können. Curricular wäre es aber auch möglich ein solches Lehrkonzept zum Ende des Studiums anzubieten, um so die Kenntnisse der vorherigen Lehrveranstaltungen zu vernetzen und (endlich?) in einem praktischen Kontext zu erproben. In dieser Dissertation werden beide Ansätze getestet. Zur Reduktion der kognitiven Belastung werden diese Lehrveranstaltungen zunächst für Masterstudierende angeboten, um anschließend mittels Best-Practice Beispielen das Lehrkonzept in Verbindung mit dem forschenden Lernen für Studierende der Eingangsphase weiter zu verfeinern.
- **Wo:** Zur Entwicklung technischer Artefakte bedarf es nicht nur Know-How, sondern auch einer entsprechenden technischen Ausstattung und Werkzeuge. Es müssen daher physische Räume geschaffen und organisiert werden, in denen die Studierenden diese Artefakte fertigen können. Dies gilt es vordergründig in der Praxis und mit Studierendenzahlen oberhalb von 100 Personen (so wie üblich in der Studieneingangsphase) zu erproben.

- **Wie:** Diese Frage gilt es in Verbindung mit dem **Was** inkrementell zu bearbeiten. Wie in 2.1.1 dargestellt, soll es sich um ein Lehrkonzept im Rahmen des forschenden Lernens (und somit auch überfachlichen Qualifikation) handeln. Das heißt, die Studierenden müssen dazu befähigt werden, Problem- und Aufgabenstellungen selbst zu entwickeln und in kooperativen Lernprozessen gemeinsam ausarbeiten, präsentieren und zu reflektieren. Dabei soll nach Papert (1980) ein konstruktionistischer Lehransatz verfolgt werden. Das Modell des Constructive Alignments von Biggs und Tang (2003) soll bei der Entwicklung helfen, Lerninhalte, Lernziele und Prüfung aneinander auszurichten. Die konkreten Inhalte werden – analog zum Lehrkonzept Informatik im Kontext (vgl. Diethelm und Dörge, 2011) und unter Berücksichtigung der Cognitive Load Theory (vgl. J. Sweller et al. 2019) – strikt am Kontext und mit sinnstiftenden Beispielen vermittelt. Wie genau all diese lerntheoretischen Konzepte in einem einzigen Lehrformat vereint werden können, wird im Laufe dieses Kapitels schrittweise ausgearbeitet.
- **Womit:** Bei der Bereitstellung der Technologien werden die Prinzipien von Resnick und Silverman (2005) zur Entwicklung von Construction Kits berücksichtigt: Die Werkzeuge und Inhalte des Lehrkonzeptes sollen niedrighschwellig und einfach zugänglich sein (Low Floors), aber zugleich das Potential bieten, auch vielseitige, komplexe und anspruchsvolle Systeme zu erschaffen (High Ceiling). Ein einfacher Zugang, Förderung von kreativen Prozessen und guten Ideen, der geschickten Wahl von Black-Boxes und eine Kiste (bildlich gesprochen), gefüllt mit Werkzeugen, die man selbst als erfahrene Person, immer wieder benutzen kann, sollen vor allem den Studierenden aus der Eingangsphase bereitgestellt werden. Die erforderlichen (überfachlichen) Kompetenzen, die notwendig sind, um in einer solchen interdisziplinären Lehrveranstaltung erfolgreich zu sein, werden ebenfalls inkrementell ausgearbeitet und verfeinert.
- **Wozu:** Kurz zusammengefasst wird das Lehrkonzept – wie für Konzepte zum forschenden Lernen üblich – die Studierenden bei ihrer akademischen Kompetenzentwicklung unterstützen und Fähigkeiten und Einstellungen vermitteln, die auch im weiteren Verlauf der akademischen und beruflichen Laufbahn nützlich sind. Es geht nicht darum, Studierende der Eingangsphase zu befähigen selbst zu forschen und im Anschluss ein Paper zu schreiben, sondern viel mehr das Selbstbild zu stärken und Kompetenzen zu vermitteln, die die Lernenden perspektivisch dazu befähigen werden, als gute Forscherinnen und Forscher (bzw. Entwicklerinnen und Entwickler) zu bestehen. Außerdem soll früh der praktische Bezug der theoretischen Inhalte des Informatikstudiums vermittelt und ein motivierender Start ins Studium ermöglicht werden. Diese Frage nach dem *wozu* wird noch detaillierter in 3.3 und 3.4 bearbeitet und untersucht.

Die folgende Abbildung 3.5 zeigt die einzelnen Meilensteine, die bis zur Finalisierung des Lehrkonzeptes in der letzten Iteration durchgeführt werden. In der ersten Version (siehe 3.2.2) werden technische Inhalte in einem Seminar für Studierende aus dem Master-of-Education Studiengang Informatik erprobt. Der Fokus liegt erst einmal auf der Vermittlung von technischen Kompetenzen und hardwarenaher Entwicklung. Weder die Prüfungsleistung noch der Schwerpunkt auf das forschende Lernen sind Teil dieses Meilensteins.

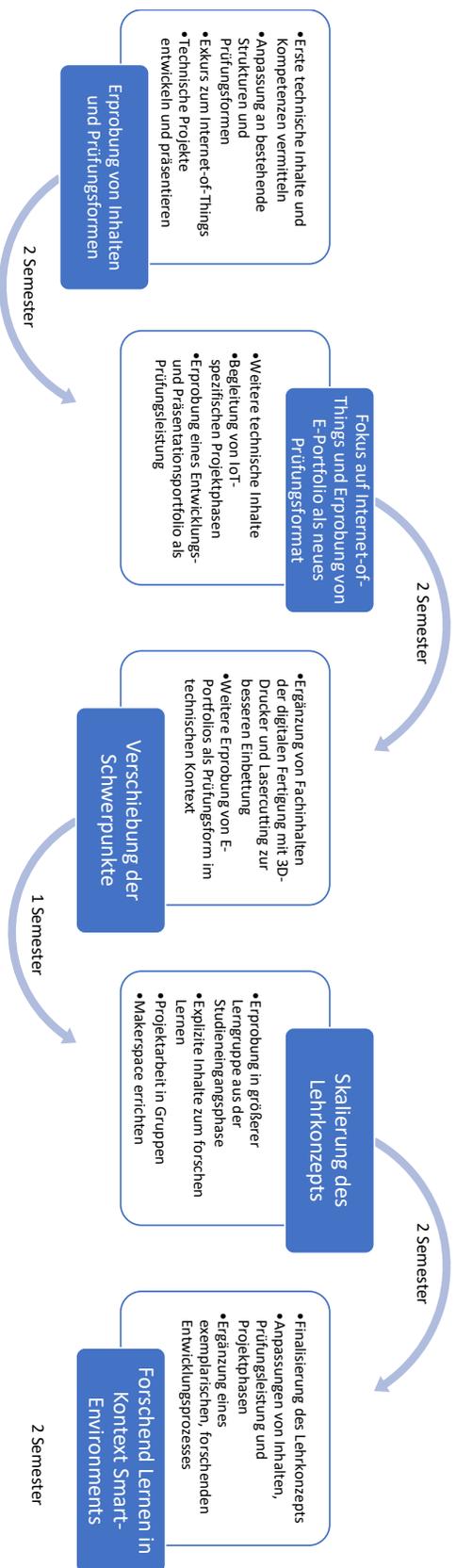


Abbildung 3.5: Inkrementelle Entwicklung des Lehrkonzeptes im Rahmen des Design-Based-Researchs

Nach der Erfahrung aus zwei Semestern werden die technischen Kompetenzen um Internet-of-Things spezifische Inhalte erweitert (siehe 3.2.3), um im Rahmen eines Abschlussprojektes ein Artefakt aus dem Kontext Smart-Environments zu entwickeln. Zusätzlich wird erstmalig das E-Portfolio als Prüfungsleistung in die Lehrveranstaltung integriert.

Nach zwei weiteren Semestern wird das Lehrkonzept erneut erweitert, um zusätzliche technische Kompetenzen aus dem Bereich der digitalen Fertigung mit 3D-Druckern und Lasercuttern zu vermitteln (siehe 3.2.4). Die Anforderungen an das E-Portfolio und Hilfestellungen für die Studierenden werden zudem erweitert. Parallel zu der Lehrveranstaltung werden erstmalig freiwillige Workshops zu Smart-Environments für Studierende aus der Studieneingangsphase im Rahmen der Orientierungswoche angeboten.

Nachdem erste Erfahrungen mit Studierenden aus der Studieneingangsphase und zweieinhalb Jahre an Erfahrung in der Vermittlung von Smart-Environments spezifischen Lehrinhalten gesammelt werden konnten, wird das Lehrkonzept erstmalig mit bis zu 60 Studierenden und zwei (später drei) wissenschaftlichen Hilfskräften pilotiert (siehe 3.2.5) und wissenschaftlich begleitet. Die Veranstaltung *Soft Skills und Technische Kompetenz* im Modul *Soft Skills* wird allen Studierenden der Informatikstudiengängen als Wahlmodul in den ersten beiden Semestern empfohlen. Neben den bereits erprobten technischen Inhalten, dem E-Portfolio als Prüfungs- und Reflexionsort mit regelmäßigen Lerntagebucheinträgen und umfassenden Selbstlernbausteinen in einem Courseware-Kurs, werden zusätzlich Soft Skills vermittelt, ein Gruppenprojekt als Teil der Prüfungsleistung und ein Makerspace errichtet.

Aus diesen Erfahrungen und der Rückmeldung der Studierenden wird das Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* (siehe 3.2.6) für diese Dissertation finalisiert und für alle Studierende der Informatikstudiengänge angeboten und wissenschaftlich begleitet. Arbeitsaufträge, Material, Vorlesungs- und Übungsinhalte und der Makerspace werden hierbei ein letztes Mal überarbeitet. Nach weiteren zwei Semestern wird ein abschließendes Fazit gezogen.

In den folgenden Unterkapiteln werden somit die Ideen, Konzepte und Erfahrungen aus insgesamt viereinhalb Jahren Smart-Environments in der Hochschullehre dargestellt und im Anschluss diskutiert. Zur besseren Übersicht wird die Entwicklung der Lehrkonzepte in fünf Iterationen unterteilt, um jeweilige Meilensteine in der Konzeption zu verdeutlichen (siehe auch Abbildung 3.5). Die Beschreibung jeder Iteration ist dabei stilistisch identisch aufgebaut. Nach einer kurzen Einleitung folgen Leitideen und die Zielsetzung, gefolgt von einer Beschreibung der jeweiligen Lerngruppe und einer Darstellung der fachspezifischen Inhalte mit den dazugehörigen didaktisch-methodischen Überlegungen. Die Abschnitte schließen mit einer Evaluation und einer anschließenden Zusammenfassung und Diskussion ab. In der Evaluation werden zusätzlich zur Prüfung der intendierten Lernziele die studentischen Projekte vorgestellt, die im Rahmen der aus dem Promotionsprojekt hervorgegangenen Lehrveranstaltungen entstanden sind. Zur Veranschaulichung werden daher ausgewählte Abbildungen aus z.T. unveröffentlichten Ausarbeitungen und Weblogs verwendet. Um die Anonymität der Studierenden zu wahren, wird bewusst auf die Angabe von Bildquellen verzichtet. Sämtliches Vorlesungs- und Übungsmaterial, welches in diesen Iterationen entstanden ist, befindet sich im Anhang.

### 3.2.2 Iteration 1: Erste Schritte – Erprobung von Inhalten und Prüfungsformen

Die erste Iteration umfasst die Lehrveranstaltung *Lernen und Lehren im Lernlabor Informatik (am Beispiel von FabLabs)*, die im Bereich angewandter Informatik, konkret Didaktik der Informatik III, eingegliedert ist. Es handelt sich hierbei um ein Seminar, welches jedes Semester für Studierende aus dem Master-of-Education Informatik als Wahlpflichtmodul angeboten und in dieser Form erstmals im Wintersemester 2017/2018 durchgeführt wird und den Rahmen zur Erprobung erster technischer Inhalte bildet.

Neben den neuen Lehrinhalten werden vor allem in den ersten Jahren verschiedene, bisher in Seminaren übliche, Prüfungsleistung gemäß dem Constructive Alignment (siehe 3.2.1) erprobt. Zu den Prüfungsleistungen zählen eine Hausarbeit, eine Präsentation oder ein Poster.

#### 3.2.2.1 Leitideen und Zielsetzung

Die Leitideen dieser ersten Versuche sind die Erprobung eines konstruktionistischen Lehrkonzeptes, welches sich hinsichtlich der Strukturen und der Prüfungsleistung in die bisherigen Veranstaltungen eingliedert. Das Hauptziel ist es zunächst die Studierenden zu befähigen – auch ohne Vorerfahrung – selbst ein eigenes technisches Artefakt innerhalb eines Semesters zu entwickeln. Sämtliche dafür notwendigen Kompetenzen, die Ideenfindung, Bestellung der Hardware, Entwicklung, Fertigung und Präsentation müssen zum Ende des Semesters abgeschlossen sein, ohne die Lernenden inhaltlich zu überfordern.

Es werden die folgenden Lernziele formuliert. Die Studierenden ..

- .. benennen Vor- und Nachteile spezifischer Hardwareplattformen zur Realisierung technischer Projekte.
- .. implementieren hardwarenahe Programme zur Erfassung der Umwelt mit Sensoren und Steuerung von Aktoren für ausgewählte Hardwareplattformen.
- .. entwerfen mittels CAD eigene 3D-Modelle zur Fertigung mit dem 3D-Drucker.
- .. konstruieren Schaltungen auf einer Lochrasterplatine und fertigen diese mit einem Lötkolben.
- .. planen die Entwicklung technischer Artefakte und entwickeln diese.
- .. lösen projektspezifische Projekte mit minimaler Hilfestellung oder selbstständig.
- .. präsentieren ihre Projekte im Plenum und reflektieren den Entwicklungsprozess.
- .. übertragen die Seminarinhalte auf eigene Lehrveranstaltungen im schulischen Kontext.

### 3.2.2.2 Lerngruppen

Die Lerngruppe im Wintersemester 2017/2018 besteht aus vier Studierenden, die alle in ihrer bisherigen Hochschulvita einen Bezug zum Lehramt Informatik aufweisen. Drei der Studierenden sind im Master of Education eingeschrieben und ein Student im Bachelor of Science. Dieser Student zieht das Modul vor. Die Gruppe setzt sich aus drei Studenten und einer Studentin zusammen. Da alle ihren Bachelor in Oldenburg absolvieren oder absolviert haben, ist die bisherige informatische Ausbildung vergleichbar. Programmierpraktische Erfahrungen liegen ähnliche lange in den Hochschulbiographien zurück. Von den Studierenden hat niemand Vorerfahrungen im Umgang mit hardwarenaher Systementwicklung und es gibt keine Berührungspunkte zu den Themen Smart-Home oder Internet-of-Things.

Die Lerngruppe im Sommersemester 2018 besteht aus insgesamt sechs Studierenden, die alle im Master of Education eingeschrieben sind. Vier der sechs Studierenden streben das Lehramt Informatik am Gymnasium und zwei Personen das Lehramt Informatik an berufsbildenden Schulen an. Die Gruppe setzt sich aus fünf Studenten und einer Studentin zusammen. Eine Person gibt an, erste Vorerfahrung mit Systemen, wie dem Calliope Mini<sup>8</sup> und micro:bit<sup>9</sup> zu haben; alle anderen hatten weder im Studium noch privat zuvor mit ähnlichen Systemen und Mikrocontrollern gearbeitet. Abseits des Programmierkurses und des Softwareprojekts wurde in den Hochschulbiographien nicht mehr programmiert. Es bestehen daher Vorkenntnisse in der Entwicklung mit Java, die wieder aufgefrischt werden müssten. Ein Student gibt an, sich auch privat für Smart-Home zu interessieren, jedoch bisher nur aus der Anwendungsperspektive.

### 3.2.2.3 Fachspezifische Inhalte und methodische Überlegungen

In den Jahren zuvor haben die Studierenden in der gleichnamigen Lehrveranstaltung einen bluetoothfähigen RGB-LED Treiber zusammengelötet, mit BASCOM<sup>10</sup> programmiert, eine App erstellt und in einem Langentwurf didaktische Überlegungen zu einer Unterrichtseinheit festgehalten. Die Vorlage zum Hardwareprojekt ist das von Tobias Stuckenberg entwickelte BlueCoLight<sup>11</sup>, welches später auch im Bildungsprojekt IT2School, (siehe z. B. Diethelm et al. 2017 oder Riefling et al. 2020), aufgenommen wurde.

In der Tabelle 3.2 sind die Lehrinhalte des Semesters dargestellt. Nach einer Einführung in das Seminar und der Darstellung der Prüfungsleistung inklusive möglicher Abschlussprojekte und den dazugehörigen Hardwareplattformen, sind die nächsten Wochen von praktischen Übungen im Bereich des Physical Computings geprägt. Als Entwicklungsumgebung wird die Arduino IDE<sup>12</sup> verwendet, die sich aufgrund ihrer übersichtlichen und minimalistischen Benutzeroberfläche, umfangreicher Dokumentation und weltweiten Gemeinschaft, die zahlreiche Beispiele und Bibliotheken kostenfrei zur Verfügung stellt, gut für den Anfangsunterricht in

<sup>8</sup> <https://calliope.cc/>, letzter Aufruf: 14.11.2022

<sup>9</sup> <https://microbit.org/>, letzter Aufruf: 14.11.2022

<sup>10</sup> <https://www.mcselec.com/>, letzter Aufruf: 12.11.2022

<sup>11</sup> <https://github.com/esdkrwl/IT2School-BlueCoLight>, letzter Aufruf: 12.11.2022

<sup>12</sup> <https://www.arduino.cc/en/software>, letzter Aufruf: 14.11.2022

*Tabelle 3.2: Inhalte der Veranstaltung Lehren und Lernen im Lernlabor Informatik am Beispiel von FabLabs (WiSe17/18)*

Sitzung	Thema	Inhalte der Sitzung
1	Allgemeine Einführung	Kurze Vorstellung des Seminars und Präsentation möglicher Abschlussprojekte
2	Physical Computing Teil 1	Einführung mit Hilfe der Arduino IDE und Vorstellung möglicher Hardwareplattformen (Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Lilypad, ESP8266, ESP32).
3	Physical Computing Teil 2	Einführung in weitere Hardwareplattformen für den Einsatz in der Lehre: Calliope Mini und BBC micro:Bit. Zusätzlich Lötübungen im zweiten Teil der Sitzung.
4	Physical Computing Teil 3	Einführung in Node-RED. Konkreter Bezug zu Smart-Environments.
5	Parametrisches Design	3D-Modellierung mit Hilfe von BlacksCAD.
6	Parametrisches Design	3D-Modellierung mit Hilfe von OpenSCAD.
7	Exkursion	Ausflug zum Makerspace in Oldenburg. Im Anschluss Reflexion und Brainstorming zu möglichen Projekten.
8, 9, 10, 11, 12	Projektphase	Entwicklung und Umsetzung eigener Projekte.
13	Abschluss	Präsentation der Semesterprojekte mittels eines Posters (10 Minuten) und Diskussion (5 Minuten). Danach Feedback zur Lehrveranstaltung.

diesem Bereich eignet. Zwar fehlten damals noch Quality-of-Life-Features, wie zum Beispiel das Autovervollständigen von Befehlen oder ein Debugger, aber davon kann angesichts des Umfangs von üblichen studentischen Projekten abgesehen werden. In der ersten Sitzung zum Programmieren mit der Arduino IDE wurden die gängigsten Befehle, wie zum Beispiel der Umgang mit Data-Direction und Port-Output Registern, Analog-Digitalwandlung mit AVR Mikrocontrollern, Kommunikation über die serielle Schnittstelle via UART und das Dimmen von LEDs mittels Pulsweitenmodulation behandelt. Schleifen und Verzweigungen sind in ihrer Syntax identisch zu Java und mussten daher nur aufgefrischt werden. Zum Ende der Einheit wurde gemeinsam mit den Studierenden ein Reaktionsspiel entwickelt. Als Hardwareplattform wurde eine Arduino UNO Variante<sup>13</sup> mit vorgefertigten Sensor- und Aktorerweiterungen, die direkt über 3-Pin Stecker (Pin, Vcc, Gnd) mit der Platine verbunden werden können. Details zu elektrotechnischen Hintergründen rücken so in den Hintergrund und es bleibt mehr Zeit in der Einheit für informatische Inhalte.

<sup>13</sup> <https://www.sainsmart.com/products/uno-r3-arduino-compatible>, letzter Aufruf: 14.11.2022

Nachdem gemeinsam ein textueller Zugang zur Programmierung von Hardware erarbeitet wurde, folgte in der nächsten Sitzung eine Einführung in die graphische Programmierung von Mikrocontrollern. Obwohl es zu dieser Zeit auch schon diverse Möglichkeiten gibt, Software für AVR Mikrocontroller blockbasiert zu entwickeln (siehe zum Beispiel Przybylla und Romeike, 2012 oder Rode et al. 2015), wurde sich aus mehreren Gründen dagegen entschieden. So ist zum Beispiel die Anzahl der verfügbaren Bibliotheken für Sensoren und Aktoren und kompatiblen Mikrocontroller stark limitiert. Daher wurde die visuelle Programmierung nur in Verbindung mit dem Calliope Mini und BBC micro:bit eingeführt, da diese Geräte bereits diverse Sensoren und Aktoren auf der Platine integriert haben und speziell für den schulischen Kontext entwickelt wurden. Nach etwa 45 Min in dieser Einheit, werden Sicherheitsmaßnahmen und Lötübungen durchgeführt, um die Studierenden auf ihre ersten eigenen Projekte vorzubereiten. Im vorerst letzten Teil zum Physical Computing, wird mit Hilfe eines Raspberry Pi<sup>14</sup> und dem Internet-of-Things Framework Node-RED<sup>15</sup> über das Internet via des Kommunikationsprotokolls MQTT<sup>16</sup> eine LED gesteuert.

Um die Studierenden dazu zu befähigen, die Hardwareprojekte mittels 3D-Druck in einen technischen Kontext einzubetten und zusätzlich weitere didaktisch bewährte Werkzeuge für den Informatikunterricht zur Vermittlung von informatischen Kompetenzen zu präsentieren, wird die parametrische Entwicklungsumgebung BlocksCAD<sup>17</sup> zur 3D-Modellierung verwendet. Die positiven Effekte von parametrischem Design mittels BlocksCAD wurden u. a. von Chytas et al. (2018) untersucht. Als Ergänzung der blockbasierten Programmierung mit BlocksCAD folgt eine Einheit mit openSCAD<sup>18</sup>, welches ebenfalls ein Open Source Werkzeug für das parametrische Design ist. Im Gegensatz zu BlocksCAD, wird jedoch rein textuell programmiert.

Um den Studierenden einen besseren Überblick über die kreativen Einsatzmöglichkeiten des Physical Computings zu geben, wird der lokale Makerspace in Oldenburg<sup>19</sup> besucht. Vor Ort gibt es eine private Führung durch den gesamten Makerspace und Einblicke über aktuelle Projekte, DIY Smart-Home Lösungen, diverse 3D-Drucker, Lasercutter und weitere Maschinen zur digitalen Fertigung. Nach einer abschließenden Diskussion und einem Brainstorming zur Ideenfindung eigener Projekte beginnt die begleitete Projektphase. Als Arbeitsmaterial stehen den Studierenden sämtliche Mikrocontroller und Hardware zur Verfügung, die im Lernlabor vorrätig sind. Dazu gehören diverse Netzteile und Batterien, diverse aktive und passive Bauteile, Werkzeuge, 3D-Drucker, Kabel und Litzen, Lochrasterplatine und Lötzubehör. Die Studierenden stellen jede Woche ihren Zwischenstand und aktuelle Meilensteine vor und diskutieren über offene Fragen und Probleme, die bei der Entwicklung aufgetreten sind. Die Projektphase endet nach fünf Wochen mit einer Postervorstellung zum Projekt.

<sup>14</sup> <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>, letzter Aufruf: 14.11.2022

<sup>15</sup> <https://nodered.org/>, letzter Aufruf: 14.11.2022

<sup>16</sup> <https://mqtt.org/>, letzter Aufruf: 14.11.2022

<sup>17</sup> <https://www.BlocksCAD3d.com/>, letzter Aufruf: 14.11.2022

<sup>18</sup> <https://openscad.org/>, letzter Aufruf: 14.11.2022

<sup>19</sup> <https://www.kreativitaet-trifft-technik.de/>, letzter Aufruf: 17.08.2023

Die Portfolio-Prüfungsleistung besteht in diesem Semester aus drei Teilen. Zum einen wird das Projekt bewertet. Dabei wird neben der persönlichen Entwicklung auch der Arbeitsaufwand, die Umsetzung, die Komplexität und Kreativität berücksichtigt. Zum anderen fließt die Posterpräsentation in die Note ein. Der letzte Teil der Prüfungsleistung ist eine Hausarbeit, in welcher eine exemplarische Unterrichtsstunde zu einem Teil des Projektes, wie zum Beispiel die Vermittlung des EVA-Prinzips mit Hilfe von Mikrocontrollern oder hardwarenahe Programmierung im Informatikunterricht, beschrieben wird.

*Tabelle 3.3: Inhalte der Veranstaltung Lehren und Lernen im Lernlabor Informatik (SoSe18)*

Sitzung	Thema	Inhalte der Sitzung
1	Allgemeine Einführung	Kurze Vorstellung des Seminars und Einstieg in das Thema "Physical Computing in der Schule"
2	Physical Computing Teil 1	Einführung in die hardwarenahe Programmierung mit der Arduino IDE.
3	Physical Computing Teil 2	Einführung in weitere Hardwareplattformen für den Einsatz in der Lehre: Calliope Mini und BBC micro:Bit.
4	Physical Computing Teil 3	Programmieraufträge zum Calliope Mini. Zusätzlich Lötübungen im zweiten Teil der Sitzung zur Vorbereitung der Hardware für die kommenden Übungen.
5	Smart-Environments Teil 1	Einführung in Node-RED zur Entwicklung eigener Smart-Home Lösungen. Vorstellung des Kommunikationsprotokolls MQTT und erste Übungen.
6	Smart-Environments Teil 2	Softwareentwicklung auf Basis der ESP8266 zur Steuerung von adressierbaren LEDs über das Netzwerk via MQTT.
7	Smart-Environments Teil 3	Softwareentwicklung auf Basis der ESP8266 zur Steuerung von adressierbaren LEDs über das Netzwerk via MQTT.
8	Reflexion	Smart-Home als Lehrinhalt in der Schule? Abdeckungen mit dem KC Informatik in der Sek 1 in Niedersachsen.
9	Projektplanung	Gemeinsames Brainstorming zu möglichen Projekten. Tipps und Tricks zur Projektplanung und Umsetzung.
10, 11, 12	Projektphase	Übersicht zum aktuellen Stand des Projektes, aktuelle Probleme und geplantes Vorgehen und Meilensteine für die kommende Woche.
13	Abschluss	Präsentation der Semesterprojekte (10 Minuten) und Diskussion (5 Minuten). Danach Feedback zur Lehrveranstaltung.

Für das darauffolgende Semester ist der Ablaufplan an einigen Stellen angepasst worden (siehe Tabelle 3.3). Während die ersten drei Wochen nahezu identisch zum vorigen Semester sind, wurden die Übungen zum Calliope Mini und zum Löten um eine Woche nach hinten geschoben, um den Studierenden mehr Zeit zum Kennenlernen und Ausprobieren der Hardware

zu lassen. Neben der Sitzung zum Thema Smart-Home in der fünften Woche, wurden zwei weitere Einheiten auf Kosten der Übungen zum parametrischen Design ergänzt, in denen die Studierenden sich intensiver mit Smart-Environments Technologien beschäftigen. Außerdem hatte die vorherige Lerngruppe kein Interesse gezeigt, parametrisches Design in ihre eigenen Projekte einzubringen. Mögliche Gründe werden in Abschnitt 3.2.2.5 diskutiert. Die Smart-Environments Übungen umfassen das Steuern von LED-Streifen mit einzeln adressierbaren LEDs via MQTT mit Hilfe des Smartphones. Im Gegensatz zum Semester davor findet eine Reflexion zu den Seminarinhalten statt und konkret die Frage nach Einsatzmöglichkeiten im Informatikunterricht. Ab der neunten Sitzung beginnt die dreiwöchige Projektphase mit Tipps und Tricks zum Vorgehen. Das Seminar schließt mit den Präsentationen der Projekte und einer Feedbackrunde ab.

Da die vorherige Gruppe einen zu hohen Workload angesprochen hat, kann für Prüfungsleistung im Sommersemester zwischen zwei Optionen gewählt werden. Entweder wird ein Projekt aus dem Kontext Smart-Environments entwickelt und in einem Langentwurf zu einer exemplarischen Unterrichtsstunde zum Projekt dokumentiert oder eine didaktische Rekonstruktion zu Smart-Environments als Hausarbeit erstellt. Das Poster zur Projektpräsentation entfällt.

### 3.2.2.4 Evaluation

Aufgrund der kleinen Lerngruppen ist die interne Evaluation der Universität nicht verfügbar. Auch auf Nachfrage und um Bitte der Paraphrasierung der Freitextantworten werden die Daten seitens der internen Evaluation aus Datenschutzgründen nicht weitergeleitet. Daher wird als Evaluationsmethode das Fokusgruppeninterview gewählt, um die Meinungen und Wahrnehmungen der Studierenden zur Lehrveranstaltung zu erfassen. Zusätzlich werden die studentischen Projekte betrachtet, um festzustellen, inwiefern die Lehrinhalte sinnstiftend und vor allem für die Prüfungsform angemessen sind.

Die Studierenden schätzten die praktische Erfahrung mit Mikrocontrollern, vor allem zum Ende des recht theoretisch geprägten Studiums. Die Veranstaltungsinhalte wurden stets in einem praktischen Kontext vermittelt und die Inhalte konnten unmittelbar in den Übungen und Projekten angewandt werden. Positiv wurde ebenfalls die Betreuung durch den Dozenten erwähnt, welcher bei technischen Problemen mit Rat und Tat zur Verfügung stand. Auch der wöchentliche Austausch mit den anderen Studierenden und die Möglichkeit das Projekt im Semester abzuschließen wurden lobend erwähnt. Die Entwicklung des Langentwurfs und damit auch die vertiefende Auseinandersetzung mit dem Projekt aus einer didaktischen Perspektive gefiel einem Studenten.

Trotz der positiven Evaluation gibt es noch weitere Verbesserungspotentiale. Zwar ist die Fertigstellung des Projektes im Semester lobend erwähnt, doch der Arbeitsaufwand mit Projekt, Poster und Ausarbeitung ist der Studierenden trotz intensiver Betreuung für drei KP zu hoch. Es habe bisher im Studium keine andere Veranstaltung gegeben, in der für drei KP so viel Leistung gefordert wird. In den folgenden Abschnitten werden nun die Projekte näher betrachtet. Es wurde zudem der Wunsch geäußert, die Projekte in Zukunft sichtbarer

zu platzieren, da diese sonst in einem Regal und die Dokumentation in einer Schublade verschwinden und nur für die Vorstellung des Seminars im nächsten Semester vorgeführt werden.

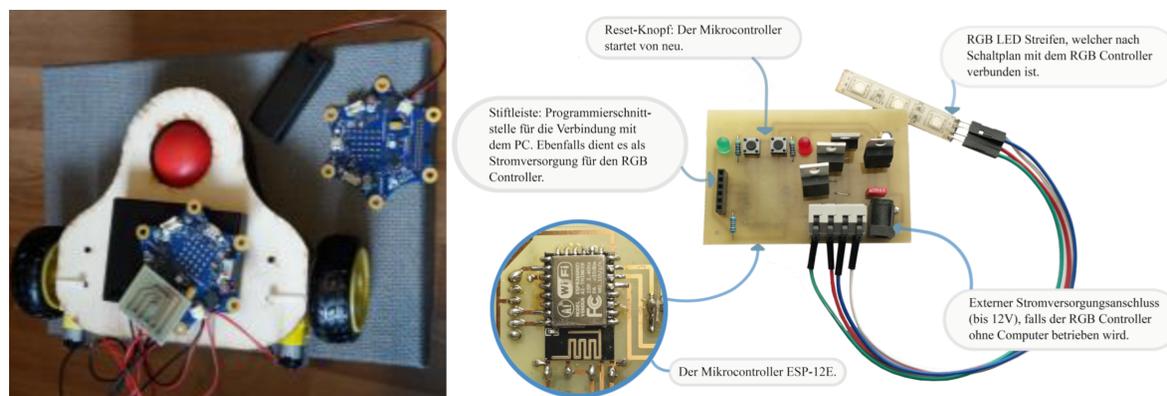


Abbildung 3.6: Projekte aus dem Wintersemester 2017/2018. Links: Calliope-Bot. Rechts: WiFi RGB LED Treiber<sup>20</sup>

Drei der vier Studierenden der ersten Lerngruppe vom WiSe 17/18 haben die Prüfung in der Veranstaltung abgelegt. Ein Student entwickelte eine Bluetooth-Motorsteuerung und einen Roboter auf Basis des Calliope Minis (siehe linke Abbildung 3.6) und ein weiterer Student entwickelte die Firmware für einen WiFi-fähigen RGB-LED Treiber (siehe rechte Abbildung 3.6). Der Bauplan für dieses Projekt stammt aus dem „IoT4School“ Smart-Home Lernkit (vgl. Fandrich et al. 2020). Der dritte Student entwickelte eine Box, die sich von innen selbst verschließen kann und sich nur öffnet, wenn die entsprechenden Sensoren (Taster, Lichtsensor, Bewegungssensor, Vibrationssensor) in der richtigen Reihenfolge aktiviert werden. Alle Projekte konnten unmittelbar mit den Seminarinhalten umgesetzt werden. Jeder Student hat eigenständig Lötarbeiten vorgenommen, die aus den Übungen vorgestellte Hardware verwendet und diese selbstständig mit der Arduino IDE oder dem Online-Editor MakeCode<sup>21</sup> programmiert. Sämtliche Hardware für die Projekte war bereits vor Ort lagernd und es musste daher nichts bestellt werden. Für die Umsetzung der Projekte wurde weder parametrisches Design, noch 3D-Druck verwendet. Die Poster dieser Lerngruppe waren teilweise unter den Erwartungen. Dies deutet darauf hin, dass zu wenig Zeit für die Erstellung der Poster geplant wurde und zusätzlich im Seminar thematisiert werden sollte, was ein gutes, wissenschaftliches Poster ausmacht. Die Hausarbeiten mit den dazugehörigen Langentwürfen waren mit einer Ausnahme als sehr gut zu bewerten.

Von den sechs Personen im Seminar aus dem Sommersemester 2018, haben fünf Personen die Prüfungsleistung abgelegt: drei haben sich für ein Projekt und zwei für eine Ausarbeitung entschieden. Das erste Projekt „Pflanzenakku“ ist eine vernetzte Bodenfeuchtigkeitsüberwachung für Zimmerpflanzen (siehe 3.7) auf Basis des ESP8266. Mit Hilfe eines LED-Streifens

<sup>20</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.

<sup>21</sup> <https://makecode.calliope.cc/>, 27.11.2022

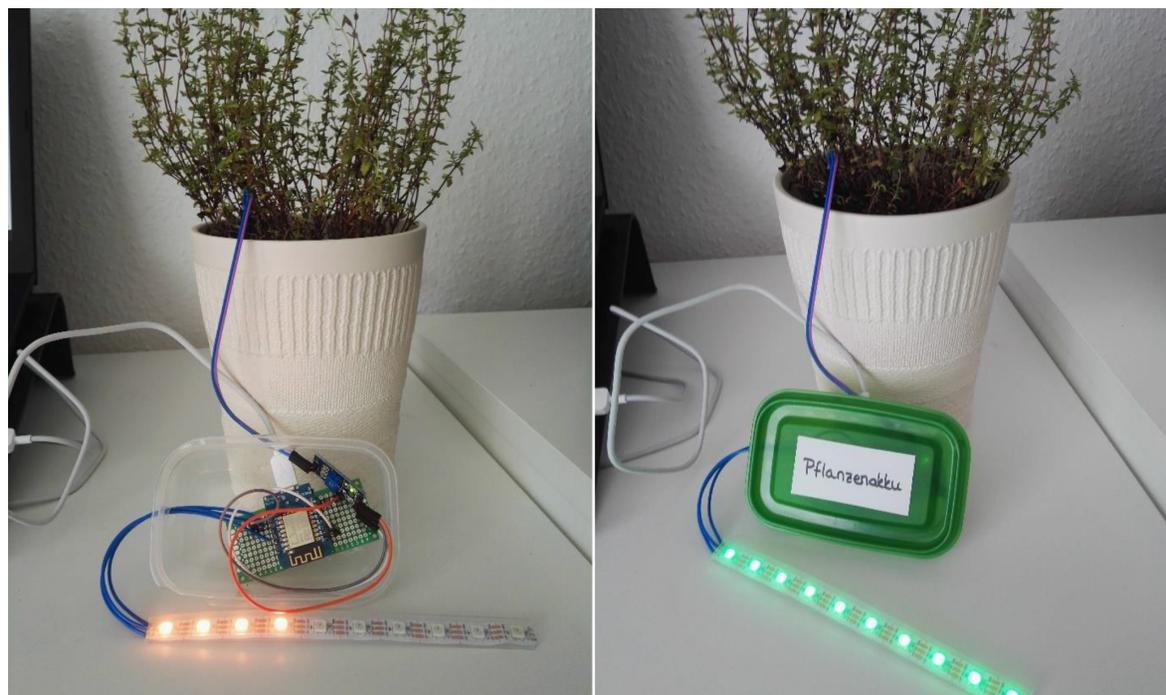


Abbildung 3.7: Feuchtigkeitsüberwachungssystem für Pflanzen<sup>22</sup>

wird visualisiert, wie feucht die Erde noch ist – mit absteigender Bodenfeuchtigkeit nimmt die Akkuanzeige ab. Zusätzlich wird bei sehr trockener Erde eine E-Mail versendet. Das zweite Projekt „Smarte Gießkanne“ basiert auf zwei Calliope Minis, die über Bluetooth miteinander verbunden sind (siehe 3.8). Der Student, der selbst leidenschaftlich Gartenarbeit erledigt, beschrieb das Problem beim Befüllen der Gießkanne ungeduldig zu sein. Während die Gießkanne unter dem Wasserhahn befüllt wird, widmet er sich anderen Tätigkeiten und vergisst dabei die sich immer weiter füllende Gießkanne. Um in Zukunft überlaufende Gießkannen zu vermeiden, hat der Student mehrere Drähte in unterschiedlichen Höhen in einer Gießkanne platziert, um so die Füllhöhe mit einem Calliope Mini zu bestimmen. Auf der LED-Matrix des zweiten Minis kann dann der Füllstand aus der Ferne abgelesen werden. Zusätzlich gibt es ab einem bestimmten Füllstand einen Signalton. Das dritte Projekt ist ein „Smart-Mirror“. Hinter einem Einwegspiegel befindet sich ein Display, welches an einem Raspberry Pi angeschlossen ist. Der Einplatinencomputer zeigt auf dem Display dann nützliche Informationen, wie Kalendereinträge, Mails, Nachrichten oder den Wetterbericht, an.

Die Projekte können insgesamt als umfangreicher und technisch versierter bezeichnet werden, da jedes Projekt – im Gegensatz zum Semester davor – über die Lerninhalte hinaus ging. Jedes Projekt bestand aus Elementen, die sich die Studierenden selbst angelesen und umgesetzt haben, wie zum Beispiel das Versenden von Mails mit einem Mikrocontroller oder dem Einrichten und Verwalten von debianbasierenden Betriebssystemen für den Raspberry Pi. In

<sup>22</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.



*Abbildung 3.8: Gießkanne mit Füllstandsüberwachung*

diesem Semester reichte auch die verfügbare Hardware (teildurchlässiger Spiegel) vor Ort nicht aus und musste nachbestellt werden. Dies erfolgte per Auslagenerstattung jedoch schnell und unkompliziert. In dem Sommersemester wurde erstmalig komplett auf 3D-Druck und Modellierung verzichtet. Die studentischen Projekte wurden dadurch nicht negativ beeinflusst und es war im Semester mehr Zeit für vertiefende Smart-Environments spezifische Inhalte. Die dazugehörigen Übungen wurden sehr positiv aufgenommen, aber fanden – bis auf teilweise im Pflanzenakku Projekt – keine weitere Verwendung in der Projektphase.

Anhand der vorgestellten, studentischen Projekte ist erkennbar, dass die Studierenden die vor allem informatisch-technischen Lerninhalte in den beiden Semestern nicht nur verstanden haben, sondern auch eigenständig in einer neuen Problembeschreibung anwenden können. Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle auch, dass trotz der fehlenden technischen Vorerfahrung, des lange zurückliegenden Programmierkurses und der anfänglichen Skepsis bezüglich der Umsetzbarkeit, alle Projekte als Erfolg bezeichnet werden können.

### 3.2.2.5 Zusammenfassung und Diskussion

In den obigen Abschnitten wurden die ersten zwei Lehrveranstaltungen mit Aspekten von Smart-Environments beschrieben. Die ersten zwei Semester widmeten sich unter anderem der Frage, wie die Lehrinhalte in die bestehenden Strukturen des Studiums eingebettet werden können und welche Werkzeuge sich vorerst in der Praxis bewähren. Hierfür wurden neben einer Einführung zur hardwarenahen Systementwicklung mit AVR-Mikrocontrollern und der Arduino IDE, auch Smart-Environments spezifische Inhalte, wie die Vernetzung von Hardware über das Internet via Node-RED und MQTT behandelt. Zusätzliche Lötübungen

haben die Studierenden auf die Zusammensetzung der Bauteile vorbereitet, die in begleiteten Projektphasen entwickelt wurden.

Es ist schade, dass die interne Evaluation der Universität bei solch kleinen Seminaren nicht verwendet werden kann. Zwar konnte mit einem Fokusgruppeninterview am Ende des Seminars untersucht werden, welche Inhalte den Studierenden gefallen haben und an welchen Stellen noch Verbesserungspotential besteht, dennoch bleibt die Möglichkeit, dass durch eine solche nicht anonyme Diskussion nicht alle Probleme in der Veranstaltung angesprochen werden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass die Rückmeldung zum Seminar aus diesem Grund eher positiv, als negativ formuliert ausgefallen ist. Das Feedback könnte in Zukunft mit anonymisierten Fragebögen, abseits der Hochschulevaluation, abgefragt werden.

Die Studierenden haben im ersten Semester komplett auf 3D-Modellierung verzichtet, obwohl es an einigen Stellen eine sinnvolle Ergänzung zum Projekt sein könnte. Zwar eignet sich parametrisches Design inklusive der vorgestellten Werkzeuge gut zur Vermittlung informativer Konzepte, aber es scheint vor allem bei technischen und nicht ästhetischen Lösungen zu umständlich.

Die Poster im ersten Durchlauf der Lehrveranstaltung lagen unter den Erwartungen. Es wäre mehr Zeit für die Erstellung und zusätzlich eine Seminarsitzung mit Best-Practice Beispielen zu wissenschaftlichen Postern sinnvoll. Da der Arbeitsaufwand insgesamt als zu hoch bewertet wurde und die Poster keinen Beitrag zu der Qualität der Projektpräsentationen beigetragen haben, wurde diese Prüfungsleistung für das folgende Semester entfernt. Die Vermutung, dass Studierende aus dem Master die Kompetenz besitzen, Ergebnisse auf einem Poster darzustellen, stellte sich als falsch heraus. Die Qualität und der Umfang der Projekte waren im darauffolgenden Semester besser. Ob dies mit dem reduzierten Workload, dem Streichen des parametrischen Designs und weiteren technischen Übungen liegt, bleibt offen, aber ist an dieser Stelle eine plausible Vermutung.

Die Gestaltung der Prüfungsleistung war im ersten Jahr von dem geprägt, wie Prüfungsleistungen in den Jahren zuvor gestellt wurden. Nach dem ersten Seminar stellten sich schon die Fragen, inwiefern davon abgewichen werden sollte, da sowohl der Workload als zu hoch empfunden wurde, als auch inwiefern drei Teilleistungen zum Ende des Semesters notwendig sind, um die Lernziele abzufragen. Auch kam seitens der Studierenden der Wunsch auf, die eigenen Projekte – die alle mit einem gewissen Stolz verbunden waren – sichtbarer zu platzieren. Außerdem war die Zielsetzung im ersten Jahr einerseits frei und dennoch restriktiv: frei, da die Studierenden bauen durften, was sie wollten; restriktiv, da die Projekte idealerweise vernetzt sein sollten und nur die vor Ort verfügbare Hardware genutzt werden durfte. Im folgenden Kapitel wird daher eine neue, überarbeitete Version des Seminars präsentiert.

### 3.2.3 Iteration 2: Fokus auf Internet-of-Things und neuen Prüfungsformaten

Die erste Iteration des Lehrformats fand unter dem generischen Veranstaltungstitel *Lehren und Lernen im Lernlabor Informatik* statt. Dies hat sich mit den kommenden Veranstaltungen geändert, die nun explizit eine Ausrichtung auf Smart-Environments haben und zudem auch im Titel die Inhalte des Seminars widerspiegeln: „Internet-of-Things und Smart-Home im schulischen Kontext“. Erste Erfahrungen mit dem folgenden Lehrkonzept wurden bereits veröffentlicht (siehe Fandrich et al. 2021).

Wie im Kapitel zuvor werden zunächst allgemeine Überlegungen und Zielsetzungen dargestellt und im Anschluss die Zusammensetzung der Lerngruppe beschrieben. Es folgt eine Übersicht der Seminarinhalte und methodische Überlegungen zur praktischen Umsetzung. Der Abschnitt zur zweiten Iteration schließt mit einer Evaluation und Diskussion ab.

#### 3.2.3.1 Leitideen und Zielsetzung

Wie in 3.2.1 bereits beschrieben, haben die Empfehlungen von Resnick und Silverman (2005) zur Entwicklung von Construction Kits den Aufbau der kommenden Lehrveranstaltungen maßgeblich inspiriert. Im Gegensatz zu den Veranstaltungen im Jahr davor liegt nun der Fokus auf der Erprobung von E-Portfolios als Prüfungsleistung (bislang nicht formativ) und spezifischen Inhalten zu Smart-Environments. Als Prüfungsleistung wurden zwei verschiedene Konzepte erprobt. Während die Lerngruppe aus dem ersten Semester dieser Iteration ein Poster zum Projekt erstellt hat und dieses Schülerinnen und Schülern beim Hochschulinformationstag Informatik präsentierte, wurde für das folgende Jahr anstelle eines Posters ein E-Portfolio als Prüfungsleistung implementiert. Die Prüfungsleistung umfasst die Präsentation des Projektes und Reflexion des Entwicklungsprozesses in Form eines öffentlich zugänglichen Weblogs. Außerdem wurde die Hardwareplattform von ESP8266 auf ESP32 zwischen den Inkrementen gewechselt.

Daher sind folgende Lernziele für die Veranstaltung formuliert: Die Studierenden ..

- .. benennen Vor- und Nachteile gängiger Internet-of-Things Funkstandards und wägen diese für den Einsatz im schulischen Kontext ab.
- .. erklären die Kenngrößen Strom, Spannung und Widerstand in elektrischen Schaltungen und verstehen einfache Schaltbilder.
- .. benennen passive und aktive elektrische Bauteile anhand ihres Schaltbildes.
- .. verstehen Sicherheitshinweise beim Lötten und wenden diese aktiv an.
- .. konstruieren Schaltungen auf einer Lochrasterplatine, fertigen diese mit Einsatz von entsprechendem Werkzeug und bewerten ihre Arbeit.

- .. entwickeln auf Basis des Mikrocontrollers ESP8266/ESP32 eine einfache Server-Client Kommunikation zu einem anderen Mikrocontroller zur Steuerung eines Aktors. Die Studierenden bewerten im Anschluss diese Kommunikationsarchitektur.
- .. entwickeln auf Basis des Mikrocontrollers ESP8266/ESP32 eine Anwendung, die nach dem REST-Paradigma telemetrische Daten an einen Server überträgt und wieder abrufen. Die Studierenden reflektieren im Anschluss mögliche Limitierungen dieses Ansatzes.
- .. benennen die Vorteile einer Message-Queue-Architektur im Vergleich zu den vorher bekannten Kommunikationsparadigmen.
- .. entwickeln auf Basis des Mikrocontrollers ESP8266/ESP32 eine Anwendung, die gängige Features des Kommunikationsprotokolls MQTT zur Datenübertragung nutzt.
- .. vergleichen gängige Smart-Home Frameworks und wägen Vor- und Nachteile für den Einsatz in einem eigenen Projekt gegeneinander ab.
- .. strukturieren mittels UML-Statecharts hardwarenahe Programme und implementieren diese.
- .. entwickeln mit Hilfe des Frameworks Blynk eine Smartphone App zur Steuerung eines technischen Artefaktes über das Internet.
- .. reflektieren die Seminarinhalte und planen Einsatzmöglichkeiten in der eigenen schulischen Lehre.
- .. planen die Entwicklung technischer Artefakte auf Grundlage der Seminarinhalte, definieren Meilensteine und entwickeln die Lösung einer Problemstellung aus dem Kontext Smart-Home.
- .. lösen projektspezifische Projekte selbstständig.
- .. präsentieren ihre Projekte im Plenum und reflektieren den Entwicklungsprozess in einem Lerntagebuch.

### 3.2.3.2 Lerngruppen

Im Zuge der zweiten Iteration wurden die Lehrinhalte erneut zwei Lerngruppen präsentiert. Die erste Lerngruppe hat die Veranstaltung im Wintersemester 2018/2019 besucht und setzte sich aus fünf Studenten und einer Studentin zusammen, die allesamt im Master of Education eingeschrieben sind. Wie in den Jahren zuvor (siehe 3.2.2.2), haben alle ihren Zwei-Fächer Bachelor in Oldenburg absolviert und keine relevanten Vorerfahrungen. Die zweite Lerngruppe aus dem Sommersemester 2019 setzt sich aus sechs Studenten und einer Studentin zusammen. Die bisherige Hochschulvita und die Vorerfahrungen sind analog zu den Lerngruppen zuvor.

### 3.2.3.3 Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen

In der Tabelle 3.4 sind die Lehrinhalte der Veranstaltung im Wintersemester 2018/2019 dargestellt. Wie zuvor, beginnt das Seminar mit einer allgemeinen Einführung, Motivation, Vorstellung der vorherigen Projekte, dem Organisatorischen, Details zur Prüfungsleistung und den Erwartungen an das Seminar.

In der zweiten Sitzung haben die Studierenden diverse IoT-Funkstandards miteinander verglichen, um zum einen die technischen Möglichkeiten der drahtlosen Kommunikation kennenzulernen und zum anderen, um festzustellen, welche Standards sich für den Einsatz in der Schule eignen. Dabei wurden Parameter, wie Reichweite, Anwendungsgebiete und Kosten berücksichtigt. WiFi hat sich aus Sicht der Studierenden als geeigneter Kompromiss aus Kosten und Umfang für den schulischen Einsatz herausgestellt. Die folgende Abbildung 3.9 zeigt das aus dieser Sitzung entstandene Tafelbild.

MF	BLE	LoRA	Zigbee	Z-Wave	WiFi	
900 MHz → 2400 MHz ~ 35 km ⊖	2,4 GHz → 10 m - 100 m +	~ 868 MHz ~ 10 km ⊕	2,4 GHz ~ 10 - 100 m ⊕ ⊕	900 MHz ~ 30 m ⊕ ⊕	2,4 GHz 5 GHz bis 100 m ⊖	Frei Reichweite Energie?
LTE: 600 Mbit/s je langsamer desto besser	1 Mbit/s sparsam nicht abwärts Broadcast	3 Klassen 10 mA!!!	- Mesh - Batterie - weit verbreitet 250 kbit/s	- 100 kbit/s - zuverlässig - keine Verschleissung - Mesh	- bis 600 Mbit/s - Verschlüsselung	Nice to know
- Arduino Shields - Handy	- Smart-Home - Smart- Vatel	- Batterieschicht Stadtplanung Messungen ~ 14 \$	- Türkontakte - Lichtschmitt 15 - ... € - Automatisierung	- Steckdose - Lampen	Smartphone TV, Konsola 5€ WiFi Modul 3€ Raspberry Pi 3	Anwendungen? Produkte?
braucht man so viel? Datenübertragung	- als 3€ für Arduino günstig weit verbreitet	ja, aber HW teuer	ja, da viele Anwendung. aber teuer	X teuer	ja, weit verbreitet Inhaltsstoffe da in Hause	Schule?

Abbildung 3.9: Tafelbild zur Übersicht von IoT-Funkstandards

In der nächsten Sitzung wurden Kenngrößen, wie Strom, Spannung und Widerstand, die ohmschen Gesetze, sowie eine Auswahl passiver und aktiver Bauteile vorgestellt, damit die Studierenden später bei der Recherche nach eigenen Projekten einfache Schaltpläne aus dem Internet verstehen und nachbauen können. Das dazugehörige Tafelbild ist in Abbildung 3.10 dargestellt.

Nach einer Seminarsitzung zum Thema Löten und Arbeitssicherheit waren die Studierenden in der Lage, selbst Bauteile zu verlöten. Diese Kenntnisse wurden im nächsten Seminar

*Tabelle 3.4: Inhalte der Veranstaltung Internet of Things und Smart-Home im Informatikunterricht (WiSe18/19)*

Sitzung	Thema	Inhalt
1	Einführung	Kurze Vorstellung des Seminars und der Lerninhalte. Details zur Prüfungsleistung und Bewertung. Hardwarevorstellung und Verwendungsmöglichkeiten.
2	Mikrocontroller und drahtlose Kommunikation	Mikrocontroller Einführung und Vergleich diverser Funkstandards für den Einsatz in der Schule, wie z. B. BLE, Mobilfunk, Zigbee, Z-Wave, LoRaWAN und WiFi. Verglichen wurden u. a. Reichweite, Einsatzbereiche, Kosten und Tauglichkeit im Klassenzimmer.
3	Einführung Elektrotechnik	Einführung der Kenngrößen Spannung, Strom und Widerstand und Vorstellung gängiger passiver und aktiver Bauteile. Schaltplan lesen und Ströme berechnen. Die Sitzung endete mit einer ersten praktischen Übung.
4	Löten	Arbeitssicherheit, bewährte Verfahren und Lötübungen auf einer Lochrasterplatine und Widerständen. Zum Ende der Sitzung haben die Studierenden eine Platine mit einer blinkenden LED gefertigt und mit nach Hause genommen.
5	Server Client Kommunikation	Auf Basis des ESP8266 einen Webserver und Client entwickeln und Daten an den Server versenden, um eine LED über das lokale Netzwerk zu schalten. Zum Abschluss eine Reflexion zu möglichen Limitierungen dieses Vorgehens.
6	Server Client Kommunikation	Vorstellung des REST Paradigmas und praktische Übungen zu den Methoden GET, POST und DELETE. Zum Abschluss eine Reflexion zu möglichen Limitierungen dieses Vorgehens.
7	MQTT	Einführung in MQTT und praktische Übungen zum Abonnieren von Daten, Qualitätsklassen und Testament. Zudem wurde das Smartphone in die Übung integriert.
8	MQTT	Praktische Übungen zu MQTT und dem Veröffentlichen von Daten.
9	Smart-Home Frameworks	Diverse Frameworks zur Entwicklung eigener Smart-Home Lösungen erarbeitet und anschließend im Plenum vorgestellt. Zu den Frameworks gehören Node-RED, OpenHAB, Home-Assistent und ioBroker.
10	Reflexion und Start Semesterprojekt	Reflexion der Seminarinhalte und Einbettung in den Informatikunterricht. Beginn der Projektphase.
11, 12, 13	Projektphase	Übersicht zum aktuellen Stand des Projektes, aktuelle Probleme und geplantes Vorgehen und Meilensteine für die kommende Woche.
14	Abschluss	Präsentation der Semesterprojekte (10 Minuten) und Diskussion (5 Minuten). Danach Feedback zur Lehrveranstaltung.

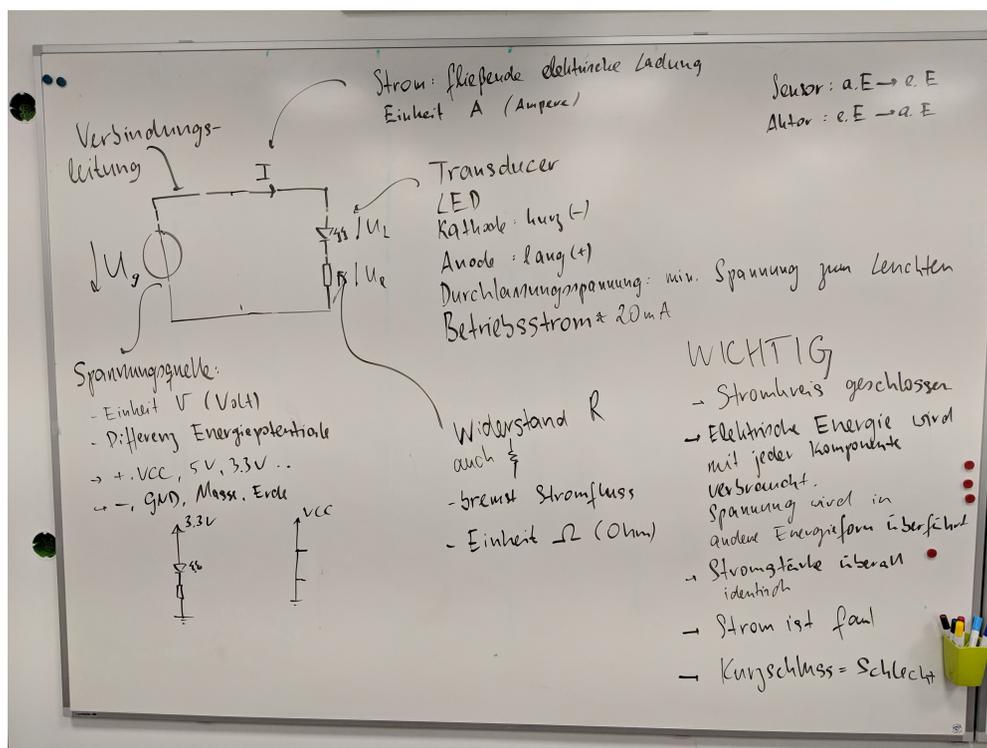


Abbildung 3.10: Tafelbild zur Einführung in die Elektrotechnik

aufgegriffen, um die auf dem WiFi-fähigen Mikrocontroller ESP8266-basierten Entwicklungsboards NodeMCU für die weiteren Seminare vorzubereiten. Die Wahl fiel auf den Mikrocontroller, da dieser günstig ist, vom Arduino-Framework unterstützt wird und daher zahlreiche Beispielprojekte zugänglich sind. Die Arduino Entwicklungsumgebung eignet sich aufgrund seiner schlichten Oberfläche und der diversen Bibliotheken gut für den Einstieg in die hardwarenahe Programmierung. In den nächsten Seminaren haben die Studierenden in praktischen Übungen für das IoT gängige Kommunikationsprotokolle und Paradigmen, wie z. B. MQTT und REST, kennengelernt und untereinander Daten ausgetauscht. Hierbei wurde systematisch vorgegangen. Zunächst wurde eine einfache Server/Client Architektur in der Übung behandelt. Dabei sendet ein Mikrocontroller als Client ein Byte an einen anderen Mikrocontroller, der als Server fungiert. Dieser empfängt die Daten und schaltet eine LED an und aus. Im Anschluss wurde über die Limitierungen eines solchen Ansatzes diskutiert und damit die nächste Einheit zum Thema REST motiviert. Nach einer Einführung folgte eine Übung, in welcher die Studierenden mittels POST und GET-Befehlen LEDs über das Internet gesteuert haben. Für diesen Zweck wurde neben einer eigenen und vereinfachten Arduino REST Bibliothek, auch eine eigene REST-API<sup>23</sup> implementiert. Die Sitzung endete erneut mit einer Reflexion des Verfahrens und potentiellen Einschränkungen, die das Netzwerkprotokoll MQTT und die kommende Übung motivieren. Neben einer Einführung, technischen Besonderheiten und Bibliotheken, wird zum Ende der Einheit eine LED über einen eigenen

<sup>23</sup> <https://github.com/esdkrwl/ddapi>, letzter Aufruf: 27.11.2022

MQTT Broker mittels des Smartphones geschaltet. Die darauffolgende Woche behandelt das Versenden von Daten via MQTT mittels Mikrocontroller.

In der neunten Veranstaltungswoche wurden diverse Internet-of-Things Frameworks getestet und für den schulischen Einsatz gegenübergestellt. Dazu zählen Node-RED, OpenHab<sup>24</sup>, Home-Assistant<sup>25</sup> und ioBroker<sup>26</sup>. Auf Lösungen, wie Apple HomeKit<sup>27</sup>, Google Home<sup>28</sup>, IFFTT<sup>29</sup> oder FHEM<sup>30</sup> wurde verzichtet, da diese Werkzeuge entweder Closed-Source sind, keine selbst entwickelte Hardware zulassen oder umständlich in der Nutzung waren. Die letzte Veranstaltung vor der Projektphase beinhaltete eine abschließende Reflexion, inwiefern sich Smart-Environments als Lerngegenstand für den schulischen Einsatz eignen.

Aufgrund des zuvor angemerkten hohen Workloads wurde die Prüfungsleistung erneut angepasst. Anstelle einer Ausarbeitung sollte neben dem Projekt wieder ein Poster erstellt werden. Mit diesem Poster und dem Projekt sollten die Studierenden beim kommenden Hochschulinformationstag den Schülerinnen und Schülern ihre Projekte präsentieren. Die Projektphase dauerte in diesem Semester drei Wochen, die für die Umsetzung ausreichend lang gewählt war. Die Poster wurden zur besseren Darstellung der studentischen Projekte im Flur der Abteilung ausgehängt. Das Projekt selbst muss verpflichtend einen netzwerkfähigen Mikrocontroller oder Einplatinencomputer beinhalten. Projekte aus den vorigen Semestern, Artikel aus der Make:<sup>31</sup> oder Projekte von Webseiten, wie Instructables<sup>32</sup> oder Thingiverse<sup>33</sup>, können als Inspiration verwendet werden.

Das darauffolgende Semester ist bis auf drei Änderungen inhaltlich ähnlich aufgebaut (siehe Tabelle 3.5). Die Übungen zu MQTT wurden auf eine Einheit gekürzt und um eine Einheit zur Mikrocontrollerprogrammierung ergänzt, um den Studierenden mehr Zeit zum Auffrischen der Programmierkenntnisse zu geben und um diese bei der Einarbeitung in die neuen Entwicklungswerkzeuge mehr zu unterstützen. Außerdem wurde die Einheit mit dem Vergleich der IoT-Frameworks verworfen, da es schwierig ist, die Werkzeuge in nur einer einzigen Sitzung zu testen und sich eine Meinung zu bilden. Zwar war die Einheit gut vorbereitet, da die Frameworks für die Sitzung alle vorinstalliert zur Verfügung standen, aber es hat sich herausgestellt, dass es nicht möglich ist, in nur einer Sitzung ein solches Framework zu bewerten. Stattdessen wurde eine Einheit mit Blynk und UML-Statecharts eingeführt, um den Studierenden bei der Entwicklung eigener Lösungen zu helfen. Aus den Zustandsdiagrammen wurde zudem Quellcode übersetzt, indem jeder Zustand als while-Schleife modelliert wurde. Die Übung wurde mit einem Blynk Projekt abgeschlossen. Blynk ermöglicht es mit wenigen Klicks eine App zu erstellen und diese u. a. mit internetfähigen Mikrocontrollern zu verknüpfen.

<sup>24</sup> <https://www.openhab.org/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>25</sup> <https://www.home-assistant.io/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>26</sup> <https://www.iobroker.net/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>27</sup> <https://www.apple.com/de/home-app/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>28</sup> <https://home.google.com/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>29</sup> <https://ifttt.com/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>30</sup> <https://fhem.de/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>31</sup> <https://www.heise.de/make/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>32</sup> <https://www.instructables.com/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

<sup>33</sup> <https://www.thingiverse.com/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

*Tabelle 3.5: Inhalte der Veranstaltung Internet of Things und Smart-Home im Informatikunterricht (SoSe19)*

Sitzung	Thema	Inhalt
1	Einführung	Kurze Vorstellung des Seminars und Lerninhalte. Details zur Prüfungsleistung und Bewertung. Hardwarevorstellung und Verwendungsmöglichkeiten.
2	Mikrocontroller und drahtlose Kommunikation	Mikrocontroller Einführung und Vergleich diverser Funkstandards für den Einsatz in der Schule, wie z. B. BLE, Mobilfunk, Zigbee, Z-Wave, LoRaWAN und WiFi. Verglichen wurden u. a. Reichweite, Einsatzbereiche, Kosten und Tauglichkeit im Klassenzimmer.
3	Einführung Elektrotechnik	Einführung der Kenngrößen Spannung, Strom und Widerstand und Vorstellung gängiger passiver und aktiver Bauteile. Schaltplan lesen und Ströme berechnen. Die Sitzung endete mit einer ersten praktischen Übung.
4	Löten	Arbeitssicherheit, bewährte Verfahren und Lötübungen auf einer Lochrasterplatine und Widerständen. Zum Ende der Sitzung haben die Studierenden eine Platine mit einer blinkenden LED gefertigt und nach Hause genommen.
5	Mikrocontroller Programmierung	Einführung des ESP32 Entwicklungsboards NodeMCU und der Entwicklungsumgebung Arduino IDE. Grundfunktionen des Arduino Frameworks erprobt und einfache Übungen durchgeführt.
6	Server Client Kommunikation	Mikrocontroller in WLAN einbinden und TCP-Pakete an einen anderen Mikrocontroller senden. Ein Board ist der Client und der andere ist der Server. Ziel der Einheit ist die Steuerung einer LED über das Netzwerk.
7	REST	Vorstellung des REST Paradigmas und praktische Übungen zu den Methoden GET, POST und DELETE.
8	MQTT	Einführung in MQTT und praktische Übungen zu veröffentlichen, abonnieren, Qualitätsklassen und Testament. Zudem wurde das Smartphone in die Übung integriert.
9	UML and Blynk	Zustandsdiagramme zum Strukturieren von Programmen und Übersetzen in Code. Zudem eine Einführung in Blynk.
10	Reflexion und Start Semesterprojekt	Reflexion der Seminarinhalte und Einbettung in den Informatikunterricht. Hardware für Semesterprojekte herausgegeben.
11, 12, 13	Projektphase	Übersicht zum aktuellen Stand des Projektes, aktuelle Probleme und geplantes Vorgehen und Meilensteine für die kommende Woche.
14	Abschluss	Präsentation der Semesterprojekte (10 Minuten) und Diskussion (5 Minuten). Danach Feedback zur Lehrveranstaltung.

Zur besseren Sichtbarkeit der Projekte – auch außerhalb der Universität – wurde die Prüfungsleistung erneut angepasst. Anstelle eines Posters werden die Projekte nun in einem WordPress<sup>34</sup> Blog als E-Portfolio dokumentiert. WordPress wurde als CMS-Werkzeug gewählt, da dies nativ in der e-Learning Plattform der Universität integriert ist und so das Erstellen und Zuordnen der Blogs unkompliziert ist. Die Blogs sollen didaktisch so aufbereitet sein, dass es interessierten Personen möglich ist, die Projekte selbst nachzubauen. Zusätzlich soll eine Reflexion zum schulischen Einsatz ergänzt werden. Um die Studierenden bei der Strukturierung der Blogs zu unterstützen, wurden folgende Inhalte vorgeschlagen:

- Benenne den Alltagsbezug für die Schülerinnen und Schüler. Löst das Projekt ein Problem?
- Welche Bereiche der Informatik vernetzt das Projekt oder welche Kompetenzen aus dem KC Informatik sind notwendig, um das Projekt zu verstehen und nachbauen zu können?
- Führe eine Materialliste mit Preisen und Bezugsquellen.
- Beschreibe die Hardware: Welcher Mikrocontroller wurde aus welchem Grund verwendet? Begründe die Wahl der Sensoren und Aktoren.
- Beschreibe die verwendeten 3D Modelle.
- Dokumentiere zusätzlich mit Fotos und Videos.
- Dokumentiere die Software und die Werkzeuge: Was ist bei der Einrichtung der Werkzeuge oder Software zu beachten, damit andere Personen das Projekt nachbauen können?
- Beschreibe die Inbetriebnahme oder erstelle ein Video, in welchem das System in Betrieb genommen und vorgeführt wird.
- Verfasse einen Entwicklungsblog, in welchem der Projekt- und Lernfortschritt dokumentiert und reflektiert wird. Dieser Blog sollte mindestens fünf Einträge umfassen.
- Kontaktdaten für mögliche Rückfragen.

Die Prüfungsleistung setzt sich aus drei Teilleistungen zusammen: dem Abschlussprojekt (20 %), dem E-Portfolio inklusive der Projektdokumentation (60 %) und der Abschlusspräsentation (20 %). Das Projekt wurde bewusst geringer gewichtet, damit Studierende die Möglichkeit haben Risiken einzugehen und Neues auszuprobieren, ohne dass sich Fehler oder nur zum Teil erreichte Ziele zu stark auf die Gesamtnote auswirken. Stattdessen wurde Wert auf eine gute Dokumentation und die Reflexion der Lernprozesse gelegt. Studierende, die sich besonders schwierige oder anspruchsvolle Projekte ausgesucht haben, erhalten die bessere Note, sofern diese sich zwischen zwei Noten befinden.

<sup>34</sup> <https://wordpress.com/de/>, letzter Aufruf: 27.11.2022

### 3.2.3.4 Evaluation

Wie in 3.2.2.4 beschrieben, erfolgt auch diese Evaluation auf Basis von Fokusgruppeninterviews und den abgeschlossenen Projekten.

Ähnlich wie im Jahr zuvor haben die Studierenden vor allem den hohen Praxisanteil der Lehrveranstaltung positiv bewertet: Schließlich haben die Studierenden oft nicht die Möglichkeit, die in den Basismodulen erlernten theoretischen Fähigkeiten in einem praktischen Szenario zu erproben. Gerade gegen Ende der universitären Phase der Lehrerausbildung bietet dieses Lehrveranstaltungskonzept eine gute Möglichkeit, die Grundlagen zu wiederholen und gleichzeitig den Fokus auf mögliche schulische Anwendungen zu legen. Dies wird von den Studierenden besonders geschätzt. Studierende gaben im Feedback zur Veranstaltung an, dass sie mit den Wahl- und Gestaltungsmöglichkeiten des E-Portfolios und des Semesterprojektes teilweise überfordert waren und so z. B. zu viel Zeit für das Design des Blogs investiert wurde. Daher wurde der Wunsch nach konkreten Vorlagen und Projekten geäußert. Für andere Studierende war es schwierig den Zeitaufwand für das eigene Projekt abzuschätzen und geeignete Hardware für den Einkauf zu bestimmen. Obwohl für die Bearbeitung des Projektes die Präsenzzeiten vorgesehen, im Vergleich zum Vorjahr weiter gekürzt wurden und keine Leistung in den Semesterferien gefordert wurde, haben einige Studierende angemerkt, dass der Arbeitsaufwand für drei Kreditpunkte zu hoch sei. Trotzdem hatten sie Spaß an der Projektarbeit. Außerdem gab eine Studentin an, dass die abschließende Reflexion zu Smart-Environments im schulischen Kontext insgesamt zu wenig schulpraktischen Bezug hatte und sie sich gewünscht hätte, mehr konkrete Unterrichtsvorschläge im Seminar behandelt zu haben.

Im Wintersemester 2018/2019 haben die Studenten vier Projekte erstellt, die nun vorgestellt werden. In Abbildung 3.11 ist das Projekt eines Studenten dargestellt, dessen Zweitfach Chemie ist. Der Student wollte für den Chemieunterricht ein smartes pH-Meter entwickeln, welches es ermöglicht eine Titrationskurve in Echtzeit auf die Endgeräte von Schülerinnen und Schüler zu übertragen. Das pH-Meter eröffnet einen Access Point im Klassenzimmer, mit dem sich die Schülerinnen und Schüler via WiFi verbinden können. Im Webbrowser wird dann die Kurve angezeigt. Zudem ist es möglich die Daten direkt in eine Microsoft Excel Tabelle zu exportieren oder die Daten auf einem OLED-Display anzuzeigen, um so einen Mehrwert für den Chemieunterricht zu leisten.

Ein anderer Student hat sich beklagt, dass er öfter vergisst zu prüfen, ob er seine Kaffeemaschine ausgeschaltet hat. Daher hat er eine smarte Steckdose entwickelt, die automatisch eine Warnung an das Smartphone sendet, sobald ein Verbraucher mit der Steckdose verbunden ist und das Smartphone einen gewissen Radius vom Wohnort verlassen hat. Per Remote kann das Gerät dann ausgeschaltet werden und mit einer Web-App der Radius angepasst werden. Das System basiert auf dem Sonoff Pow R2 mit Tasmota Firmware<sup>35</sup> und kommuniziert via MQTT mit einer Node-RED Instanz, welche die Konfiguration und GPS-Überwachung vornehmen. Der Standort des Nutzers wird mit einer entsprechenden Smartphone-App via MQTT in regelmäßigen Abständen mitgeteilt. Falls der zuvor eingestellte Radius verlassen

<sup>35</sup> <https://tasmota.github.io/docs/>, letzter Aufruf: 27.11.2022



Abbildung 3.11: Screenshot von einem Webbrowser: das smarte pH-Meter sendet eine Titrationskurve in Echtzeit an das verbundene Endgerät

wird, wird eine Benachrichtigung an das Smartphone gesendet und die Steckdose nach einiger Zeit automatisch abgeschaltet. Da in diesem Projekt mit 230V-AC gearbeitet wird, wurde die Verkabelung und Einhausung vom Dozenten vorgenommen (siehe Abbildung 3.12).

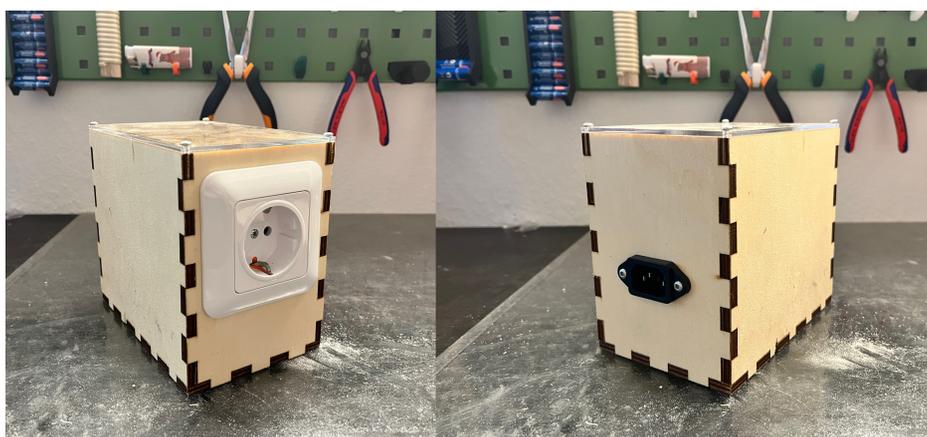
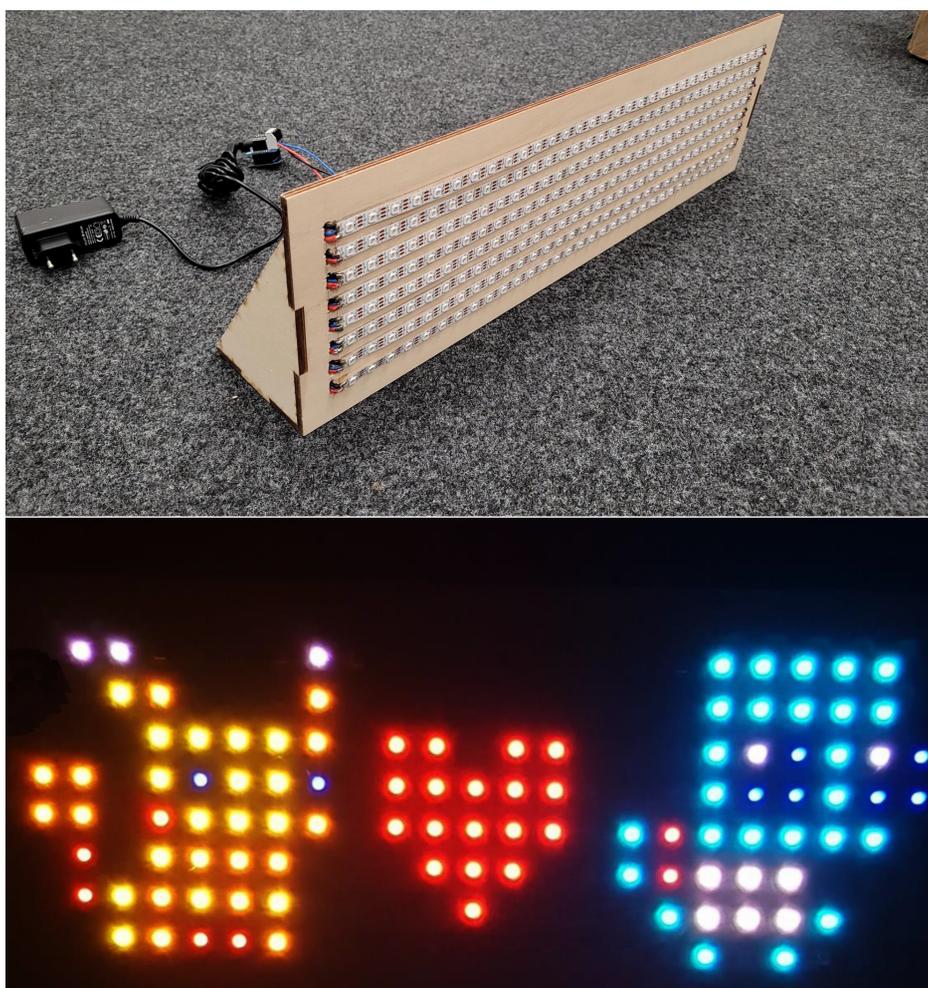


Abbildung 3.12: Einhausung zum Projekt Smarte Steckdose

Zwei weitere Projekte nutzen LEDs. Im Projekt Smarte LED-Beleuchtung wird im Gegensatz zum Jahr davor ein LED-Streifen mit einzeln adressierbaren LEDs mit Hilfe einer Blynk App gesteuert. Neben der Farbe und Helligkeit, können auch diverse Lichteffekte oder ein Lichtwecker eingestellt werden. Das Projekt LED-Matrix geht noch einen Schritt weiter.

Anstelle von nur einem LED-Streifen, werden acht Streifen mit jeweils 32 LEDs (insgesamt 256 adressierbare LEDs) mit dem Mikrocontroller verbunden. Mittels einer mit Node-RED entwickelten Web-App können bequem vom Webbrowser eines beliebigen Endgeräts Texte, Animationen und Icons (siehe Abbildung 3.13), ausgewählt und angezeigt werden.

Im Vergleich zum Jahr davor, wirken diese Projekte durchdachter und sind von der Fertigung, Verarbeitung und Programmierung umfangreicher als die Projekte zuvor. Es scheint, als würden die zusätzlichen Freiheiten bei der Wahl der Hardware und die neuen Lerninhalte, wie z. B. Elektrotechnik und das Lesen von Schaltplänen, die Studierenden dazu befähigen, sich anspruchsvollere Projekte zuzutrauen und umzusetzen.



*Abbildung 3.13: Oben: Aufbau der LED-Matrix. Unten: Darstellung möglicher Icons auf der LED-Matrix<sup>36</sup>*

Die fünf Projekte aus dem Sommersemester 2019 sind technisch ebenfalls interessant und ausgefeilt, da die Studierenden erstmalig bei der Fertigung eigener Platinen unterstützt wurden.

<sup>36</sup>Die untere Aufnahme ist im Rahmen einer studentischen Arbeit entstanden. Zur Wahrung der Anonymität des Studierenden, wird auf die Angabe der Bildquelle verzichtet.

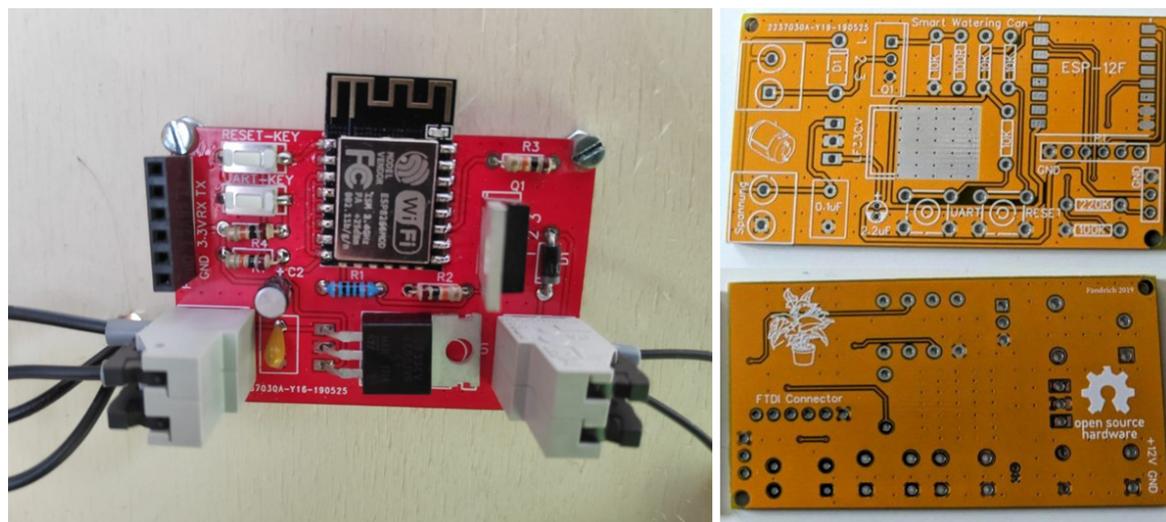


Abbildung 3.14: Für die Veranstaltung gefertigte Platinen. Links: PCB des Fütterungsautomaten. Rechts: Unbestückte PCB des Bewässerungssystems<sup>37</sup>

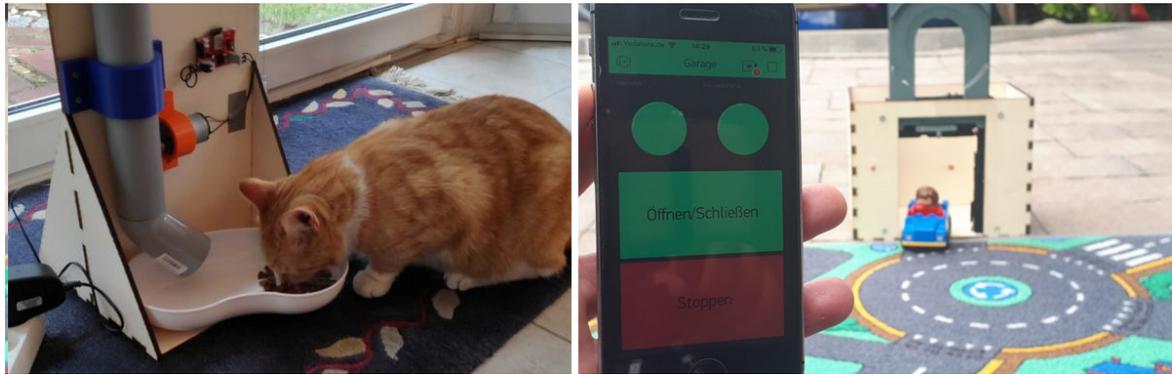
Es handelte sich hierbei um ein freiwilliges Angebot in offenen Sprechstunden, welches von zwei Studierenden angenommen wurde. Während in den Jahren zuvor die Hardware – wie für Prototypen üblich – erst auf dem Steckbrett und dann auf einer Lochrasterplatine entwickelt wurde oder bereits vorgefertigte Platinen aus anderen Projekten herausgegeben wurden, sind in diesem Jahr spezifisch für den Anwendungszweck eigene Platinen (siehe Abbildung 3.14) entstanden.

Im Projekt „Smarter Katzenfütterungsautomat“ hat der Student in seinem Blog geschrieben, wie der appgesteuerte Automat entstanden ist. Die Halterungen stammen aus dem 3D-Drucker oder Lasercutter. Das System basiert auf einem ESP8266 und wird mit einer Blynk-App gesteuert. In der App können Fütterungszeiten und Futtermengen manuell oder automatisch durchgeführt werden. Eine Videodemonstration des Systems ist im Weg-Blogs des Studenten verlinkt. Der Akzeptanztest (siehe Abbildung 3.15) verlief positiv.

Ein Student wünschte sich ein smartes Garagentor, welches jedoch im Rahmen des Seminars nicht betreut und abgenommen werden kann. Aus diesem Grund wurde aus den Resten einer defekten Spielekonsole ein Modell einer Garage entwickelt (siehe Abbildung 3.15), die per Blynk-App gesteuert werden kann, den aktuellen Status zurückmeldet und Hindernisse mit einer Lichtschranke erkennen kann. Im Projekt PAX-Counter wird die Anzahl der Personen in einem Bereich geschätzt. Als Datengrundlage dient die Annahme, dass jede Person über ein Smartphone verfügt und WiFi aktiviert ist. Das Gerät des Studenten zählt, wie viele Geräte in der Umgebung mit einem WiFi-Netzwerk verbunden sind oder wie viele Geräte aktuell nach einem Netzwerk suchen. Über LoRaWAN<sup>39</sup> werden die Daten übertragen und visualisiert. Der Blog ist aktuell nicht mehr einsehbar. Eine Studentin baute einen Smarten Spiegel. Ein

<sup>37</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.

<sup>39</sup> <https://www.lora-wan.de/>, letzter Aufruf: 01.12.2022



*Abbildung 3.15: Exemplarische Projekte aus dem IoT-Seminar. Von links nach rechts: Smarter Katzenfütterungsautomat bei der erfolgreichen Systemabnahme. Projekt Smartes (Miniatur) Garagentor als Proof-of-Concept<sup>38</sup>*

ähnliches Projekt gab es in den Jahren zuvor und daher wird die Funktionsweise nicht erneut beschrieben. Ein weiteres Projekt ist die automatische Bewässerung einer Zimmerpflanze, die die Bodenfeuchtigkeit erfasst und die Werte auf eine mit Flutter<sup>40</sup> geschriebene Smartphone App überträgt. Die Bewässerung kann entweder Remote mit der App oder autonom anhand von vorher festgelegten Richtwerten durchgeführt werden. Für dieses Projekt wurde die in Abbildung 3.14 dargestellte Platine gefertigt. Auf der Platine befinden sich ein ESP-12F, ein MOSFET zur Steuerung einer 12V Pumpe und Anschlüsse für einen kapazitiven Feuchtigkeitssensor.

Es ist bemerkenswert, dass eine Entwicklung in der Komplexität der studentischen Projekte sichtbar ist. So wurde zum Beispiel im ersten Jahr dieser neuen Lehrveranstaltung eine Steuerung für eine 12V RGB LED entwickelt. Zwei Iterationen weiter werden ausgefallenerere Apps mit einzeln adressierbaren LEDs und sogar LED-Matrizen als Projekt umgesetzt. Aus dem Projekt Pflanzenakku, welches die Bodenfeuchtigkeit mit einer LED visualisiert und bei Bedarf per Mail warnt, wurde ein System, welches zusätzlich per App und autonom bewässern kann. In den Jahren zuvor wurden Gehäuse aus Kartons und Pappe gefertigt – in dieser Iteration kommen 3D-Drucker und Lasercutter zum Einsatz. Mit jedem Semester und jeder Anpassung der Lehrveranstaltung wurden die Projekte anspruchsvoller. Daraus kann man schließen, dass es jedes Jahr eine starke Lerngruppe gegeben hat. Jedoch waren alle Gruppen in ihrer Zusammensetzung und Vorerfahrung homogen (siehe 3.2.2.2 und 3.2.3.2), sodass davon ausgegangen werden kann, dass die inhaltlichen Anpassungen Wirkung gezeigt haben.

<sup>39</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.

<sup>40</sup> <https://flutter.dev/>, letzter Aufruf: 01.12.2022

### 3.2.3.5 Zusammenfassung und Diskussion

Wie so häufig steht und fällt das Engagement von Lehrenden, digitale Methoden in ihren Unterricht zu integrieren, mit den strukturellen Begebenheiten. Glücklicherweise funktioniert die Integration von WordPress, welches die Studierenden für die Anfertigung ihrer E-Portfolios verwenden, in die Arbeitsumgebung, die an unserer Universität zur Verwaltung von Lehrveranstaltungen genutzt wird (Stud.IP<sup>41</sup>), einwandfrei. So lassen sich schnell und einfach entsprechende Instanzen für die Studierenden einrichten. Der einzige Nachteil, den wir hinsichtlich der technischen Gegebenheiten erfahren haben, ist der Umstand, dass keine Benachrichtigungen erfolgen, sobald die Studierenden ihre Arbeiten aktualisieren. Zwar ist einsehbar, wann die letzte Seite neu angelegt wurde, jedoch fehlt eine Funktion, die eine Änderung der Inhalte auf den Seiten anzeigt. So sind Lehrende, die den Fortschritt ihrer Studierenden fortwährend verfolgen möchten, gezwungen, sich regelmäßig manuell einen Einblick zu verschaffen. Ein weiterer Nachteil ist die eingeschränkte Möglichkeit zum Export der Blogs, der nur ohne eine Einbettung der verwendeten Medien möglich ist.

Aus *organisatorisch-didaktischer* Sicht sind Unsicherheiten aufseiten der Studierenden bezüglich angemessener Zitierweisen und der Notwendigkeit der Verfassung eines Impressums aufgefallen. Schließlich soll der Blog nach Abschluss der Arbeit öffentlich zugänglich gemacht werden. Unserer Erfahrung nach sollten Lehrkräfte demnach entsprechende Fragestellungen also frühzeitig und einheitlich mit ihren Studierenden klären. Projekte aus vorangegangenen Durchläufen können hierzu als Anhaltspunkt dienen.

Zur Ausstellung vergangener Projekte und zum Hinweis auf die vorherigen Blogs wurden die Semesterergebnisse von den Studierenden in den letzten Jahren auch auf Postern festgehalten. QR-Codes zum Link zu ergänzenden Informationen in den Blogs haben sich hierbei bewährt. Außerdem dienten die Poster in den vergangenen Jahren als Gesprächsanlass zur abschließenden gegenseitigen Vorstellung der Projekte in dem Kurs. Zur Inspiration zukünftiger Studierender und zur nachhaltigen Würdigung vergangener Projektarbeiten soll diese ergänzende Prüfungsleistung auch weiterhin von den Studierenden eingefordert werden.

Der Erfahrung nach ist die Motivation der Studierenden höher, da sie neben den schriftlichen Hausarbeiten, die sie häufig noch aus anderen Kursen kennen, in der Anfertigung eines E-Portfolios eine willkommene Abwechslung sehen. Auch für die Lehrperson ist die Bewertung von E-Portfolios eine angenehme Alternative, da den Studierenden durch die Möglichkeiten zur multimedialen individuellen Entfaltung mehr Raum gegeben wird, positiv zu bewertende Inhalte zu produzieren.

Es ist zudem wichtig, genug Zeit für den Einkauf zu planen und mögliche Kosten im Auge zu behalten. In der Praxis hat sich eine Vorlaufzeit von vier Wochen zwischen der Bestellung der Hardware und dem Start des Semesterprojektes bewährt. Das mit Abstand teuerste Projekt (Smarter Spiegel) kostet insgesamt über 200 €. Andere Projekte, wie z. B. der Katzenfütterungsautomat oder die Garagensteuerung betragen unter 5€, da sämtliche Bauteile bereits vor Ort waren. Alle Kosten wurden aus Haushaltsmitteln gedeckt. Alternativ hätten auch Studienqualitätsmittel in Anspruch genommen werden können. Falls eine solche Veranstaltung

<sup>41</sup> <https://www.studip.de/>, letzter Aufruf: 06.09.2023

mit größeren Lerngruppen durchgeführt wird, sollte aber ein festes Budget festgelegt werden. Eine Alternative ist die konkrete Vorgabe bestimmter Hardware.

Insgesamt ist das E-Portfolio in Kombination mit einem Abschlussprojekt aus dem Kontext Smart-Environments eine spannende Änderung des Lehrkonzeptes, welches über die Jahre weiter verfolgt wird. Die Konzeption basiert auf einer guten theoretischen Grundlage und die Studierenden genießen die praktische Erfahrung am Ende des Studiums, bevor sie das Referendariat an einer Schule beginnen. Die WordPress-Blogs als E-Portfolio Plattform haben sich in vielerlei Hinsicht bewährt – die Studierenden identifizieren sich mit ihren Blogs und Projekten, sie können die Ergebnisse ihrer harten Arbeit mit ihrem (Nicht-Informatik)-Umfeld teilen und erhalten Anerkennung für ihre Fähigkeiten. Damit tragen sie nicht nur zu einem positiven Bild der Informatik an der Universität Oldenburg bei, sondern auch dazu, wie innovative Lehre aussehen kann. Dennoch gibt es noch Verbesserungspotentiale in der Feinabstimmung der Inhalte und dem empfundenen Arbeitsaufwand.

Die studentischen Projekte scheinen mit der Zeit aufwändiger und durchdachter entwickelt worden zu sein. Da die Lerngruppen in ihrer Zusammensetzung und der Vorerfahrung bis jetzt immer recht homogen waren, können die besseren Projekte evtl. auf die besser angepasste Lehrveranstaltung und die verbundene Prüfungsleistung zugeführt werden. Zu den wesentlichen Änderungen gehören mehr Freiheiten bei der Wahl der Projekte, Prüfungsform und Lehrinhalte mit einem stärkeren Fokus auf Smart-Environments. Und obwohl diese umfangreicheren Projekte – vor allem im letzten Jahr – eine erfreuliche Entwicklung sind, ist der Aufwand und die erforderliche Kompetenz des Dozenten zur Betreuung einer solchen Lehrveranstaltung nicht zu unterschätzen. So wurde zum Beispiel für das letzte Jahr die Modellierung und Fertigung den Studierenden abgenommen, um in der drei-wöchigen Projektphase passende Werkstücke zu haben. Die Fertigung erfolgte nach einer technischen Skizze der Studierenden und wurde im Anschluss nach einem erneuten Review gefertigt. Da das eigene Kompetenzerleben der Studierenden im Vordergrund stehen soll und das Lehrkonzept schlecht skaliert, wenn die Studierenden bei der Modellierung und Fertigung von Einhausungen und Halterungen unterstützt werden müssen, wird im folgenden Kapitel eine neue Lehrveranstaltung vorgestellt. Diese baut auf den Erfahrungen der zuvor angebotenen Lehre auf, aber erweitert das Lehrkonzept explizit um die digitale Fertigung.

### 3.2.4 Iteration 3: Verschiebung der Schwerpunkte auf digitale Fertigung

Nach zwei weiteren Semestern wurde der Fokus von Internet-of-Things auf Physical Computing und Digital Fabrication verlagert, da die Studierenden Schwierigkeiten hatten Werkstücke aus dem 3D-Drucker oder Laser-Cutter selbstständig zu entwerfen und zu fertigen. Bis zu diesem Zeitpunkt haben die Lehrenden die Werkstücke nach Spezifikation der Studierenden entworfen und hergestellt. Da das eigene Kompetenzerleben ein übergeordnetes Lernziel ist (und das Lehrkonzept auch für größere Lerngruppen skalierbar sein soll), wurden die Fähigkeiten zur Fertigung dieser Artefakte im Rahmen des Seminars vermittelt. Daher wurde

mehr Zeit zur digitalen Fertigung investiert und Werkzeuge, die sich für den Einstieg in die 3D-Modellierung gut eignen, vorgestellt. Dazu zählen TinkerCAD<sup>42</sup>, BlocksCAD, openSCAD und Fusion 360<sup>43</sup>. Internet-of-Things Technologien konnten aus zeitlichen Gründen nur noch in einem kurzen Exkurs behandelt werden. Eine Übersicht der Inhalte dieses Lernkonzepts ist in Tabelle 3.6 dargestellt.

### 3.2.4.1 Leitideen und Zielsetzung

Wie in den Semestern zuvor gilt es das E-Portfolio als Prüfungsform weiter zu erproben. Außerdem kann auf Grundlage der letzten studentischen Projekte davon ausgegangen werden, dass die vermittelten Lehrinhalte zur Fertigung eigener Artefakte aus dem Kontext Smart-Environments einen ausreichenden Reifegrad erreicht haben, um auch von Studierenden der Studieneingangsphase erlernt zu werden. Daher liegt der Fokus nun in der Erprobung von Werkzeugen zur digitalen Fertigung in einem Makerspace. Dieser Ort erlaubt den Lernenden einen handlungsorientierten Zugang mittels 3D-Drucker und Lasercutter zur Fertigung eigener Ideen. Die Vorteile von 3D-Modellierung und parametrischem Design zum Verständnis ingenieurwissenschaftlicher Konstruktionsprinzipien haben Chytas et al. (2018) in ihrer Forschung aufgezeigt.

Die Lernziele weichen – im Vergleich zu den vorherigen Veranstaltungen – daher etwas ab. Die Studierenden ..

- .. konstruieren graphisch und textuell mit parametrischem Design parametrisierte 3D-Modelle und fertigen diese mit einem 3D-Drucker.
- .. konstruieren ein Artefakt mit professioneller CAD-Software für die Fertigung in einem Lasercutter.
- .. implementieren hardwarenahe Programme zur Erfassung der Umwelt und Steuerung von Aktoren für ausgewählte Hardwareplattformen.
- .. verstehen Sicherheitshinweise beim Lötten und wenden diese aktiv an.
- .. konstruieren Schaltungen auf einer Lochrasterplatine, fertigen diese mit einem Löt-kolben und bewerten ihre Arbeit.
- .. entwickeln auf Basis des Mikrocontrollers ESP8266 eine Anwendung, die gängige Features des Kommunikationsprotokolls MQTT zur Datenübertragung von Mikrocontroller zu Smartphone und Mikrocontroller nutzt.
- .. verstehen die Funktionsweise des Internets und der dazugehörigen Komponenten.
- .. entwickeln eine Anwendung, die über eine Web-API Daten aus dem Internet abrufen und nutzen diese Daten zur Steuerung eines Aktors.

<sup>42</sup> <https://www.tinkercad.com/>, letzter Aufruf: 01.12.2022

<sup>43</sup> <https://www.autodesk.de/products/fusion-360/personal>, letzter Aufruf: 01.12.2022

- .. reflektieren die Seminarinhalte und planen mögliche Einsatzmöglichkeiten in der eigenen, schulischen Lehre.
- .. planen die Entwicklung technischer Artefakte auf Grundlage der Seminarinhalte, definieren Meilensteine und entwickeln die Lösung einer selbst gewählten Problemstellung.
- .. lösen projektspezifische Projekte mit minimaler Hilfestellung oder selbstständig.
- .. präsentieren ihre Projekte im Plenum und reflektieren den Entwicklungsprozess.
- .. begründen Designentscheidung in der Projektumsetzung.

### 3.2.4.2 Lerngruppe

Wie in den vorigen Seminaren, ist auch diese Lerngruppe mit insgesamt fünf Studierenden vergleichsweise kompakt. Vier der fünf Studierenden sind im Master of Education eingeschrieben und eine Person hat das Modul im Zwei-Fächer Bachelor vorgezogen. Niemand hat Vorerfahrung im Bereich Physical Computing, Internet-of-Things, 3D-Modellierung und digitale Fertigung.

### 3.2.4.3 Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen

Die Leitidee bei der digitalen Fertigung in der Veranstaltung ist es, am Ende jeder Einheit die vorgestellten Werkzeuge in einem praktischen Projekt einzubinden. Die Lehrinhalte sind in Tabelle 3.6 dargestellt. In der ersten Einheit gibt es – wie in den Jahren zuvor – eine Einführung und Organisatorisches zur Lehrveranstaltung, Lerninhalten und der Prüfungsleistung. In diesem Jahr war die Vorgabe ein technisches System zu entwickeln, welches mit Hilfe von 3D-Druck und Lasercutting in einen praktischen Kontext eingebunden ist. Daher startete die erste Einheit mit einer Einführung und 3D-Modellierung mit TinkerCAD. In TinkerCAD können grundlegende geometrische Körper bearbeitet und beliebig verbunden werden. Ziel der Einheit war die Modellierung und der Druck eines eigenen Würfels.

In der Woche darauf erfolgte eine Einführung in das parametrische Design mit block- und openSCAD. Die Studierenden haben in dieser Einheit beide Werkzeuge ausprobiert und bekamen den Arbeitsauftrag einen Stifthalter zu entwerfen, der parametrisierbar ist, indem die Anzahl der Stifte verändert werden können. Das Modell passt sich anschließend so an, dass Anzahl der Löcher der Anzahl der definierten Stifte entspricht. In der dritten Woche folgte eine Einführung in Fusion 360. Dieses Werkzeug eignet sich sowohl für die Erstellung von Modellen für den 3D-Druck als auch für das Lasercutting. Der Arbeitsablauf ist dabei immer identisch. Erst wird eine Skizze erstellt, die dann zu einem Körper extrudiert wird. Auf diesem Körper können dann weitere Skizzen erstellt werden, die entweder bestehende Körper erweitern oder ausschneiden. In der Veranstaltung wurde dabei erprobt und verglichen, wie ein Modell für den Lasercutter und den 3D-Drucker modelliert und exportiert werden. Zum Ende der Einheit wurde eine Eiswürfelform parametrisch erstellt und gedruckt. Damit sind die Einheiten zur digitalen Fertigung abgeschlossen.

Im Anschluss wurden drei Einheiten zum Physical Computing durchgeführt mit ähnlichen Programmieraufgaben, wie aus den Jahren zuvor. Außerdem wurden für den schulischen Kontext erneut das Micro:bit und der Calliope Mini vorgestellt. Die Lötübungen bereiteten die Hardware – einen Wemos D1 mini<sup>44</sup> und einen Ws2812b LED-Streifen – für die Sitzungen in der kommenden Woche vor, in welcher auf Grundlage der OpenWeatherMap-API<sup>45</sup> Wetterdaten aus dem Internet bezogen wurden, um den LED-Streifen wetterabhängig erleuchten zu lassen. Da die Studierenden in diesem Semester die Modelle selbst fertigen, wurde die Projektphase um eine Woche verlängert, da digitale Fertigung oft ein iterativer Prozess ist. Vor allem, wenn die Erfahrung fehlt, können diverse Iterationen vergehen, bis das Modell fertig ist. Das Seminar schließt mit der Präsentation der Projekte und einer Feedbackrunde zum Seminar ab.

#### 3.2.4.4 Evaluation

Die Evaluation der Veranstaltung erfolgte durch ein Fokusgruppeninterview und der Bewertung der Abschlussprojekte. Das Ergebnis der Interviews ist analog zu den Jahren zuvor: der Praxisbezug und die Projekterfahrung werden geschätzt, während der Workload erneut als zu hoch eingestuft wurde. Es wurde der Vorschlag geäußert, die Anzahl der erreichten Kreditpunkte von drei auf sechs zu heben, um den Arbeitswand treffender zu honorieren. Die Studierenden gaben außerdem an, dass die Phase zur 3D-Modellierung zu lang war und ihnen manchmal konkrete Anwendungsmöglichkeiten im eigenen Unterricht fehlen. Eine kurze Einführung in BlocksCAD und OpenSCAD sollte für angehende Informatiklehrkräfte in Bezug auf 3D-Modellierung ausreichen.

In diesem Semester haben alle Studierenden ein Projekt eingereicht, wobei nur drei einen Bezug zu Smart-Environments haben. Im Projekt *smarter Bilderrahmen* (siehe Abbildung 3.16 links) hat der Student einen digitalen Bilderrahmen für seine Großmutter entwickelt. So ist es mit diesem Bilderrahmen möglich private Bilder in eine Cloud zu laden, die im Anschluss in einer Diashow auf dem Display angezeigt werden. Das System ist so konfiguriert, dass nach einer initialen Einrichtung keine Bedienung mehr notwendig ist. Das System startet automatisch, prüft in regelmäßigen Abständen die Cloud nach neuen Bildern und zeigt diese an. Das Gehäuse ist aus Holz, welches mit einem Lasercutter zugeschnitten wurde. Im Gehäuse befindet sich ein Raspberry Pi, welches mittels eines Flachbandkabels mit dem kapazitiven Touch-Display verbunden ist.

Das zweiteilige Projekt *Smarte Wanduhr* ist gemeinschaftlich entstanden. Es vereint eine Anzeige des kommenden Wetters mit einem digitalen Bilderrahmen in einer Wanduhr (siehe rechte Abbildung 3.16). Der erste Teil des Projektes holt die Wetterdaten – so wie im Seminar – von der OpenWeatherMap-API, aber verwertet im Gegensatz zu der Sitzung deutlich mehr Informationen aus. So berücksichtigt die Anzeige zusätzlich die Windstärke, die Windrichtung und stellt sämtliche Wetterphänomene, wie z. B. Nebel, Blitzeis, Gewitter, Starkregen und Nieselregen mit diversen, aus dem Holz ausgeschnittenen Icons dar. Der zweite Teil des

<sup>44</sup> [https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1\\_mini.html](https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1_mini.html), letzter Aufruf: 01.12.2022

<sup>45</sup> <https://openweathermap.org/api>, letzter Aufruf: 01.12.2022

*Tabelle 3.6: WiSe 19/20 – Inhalte der Veranstaltung Physical Computing und Digital Fabrication im Informatikunterricht*

Sitzung	Thema	Inhalt
1	Digital Fabrication: TinkerCAD und 3D-Druck	Kurze Vorstellung des Seminars und der bisherigen Semesterprojekte. Einführung in TinkerCAD und der Arbeitsschritte von der Modellierung bis zum 3D-Druck eines Modells. Das allererste Projekt war ein Würfel.
2	BlocksCAD und openSCAD	Kurze Einführung in die parametrische Konstruktion. Das Seminarziel war ein parametrischer Stifthalter.
3	Fusion 360	Einführung in Fusion 360, Holzbearbeitung mit dem Lasercutter und parametrisches Design. Am Ende wurde eine Eiskwürfel form entworfen und gedruckt.
4	Physical Computing und Arduino Framework	Kleine Programmieraufgaben, wie in den Semestern zuvor.
5	MicroBit, Calliope Mini und Löten	Kurze Einführung zur Hardware und den zugehörigen Entwicklungsumgebungen. Zudem Arbeitssicherheit und Lötübungen an einer Lochrasterplatine. Vorlöten der Wemos D1 mini Boards und LEDs für die nächsten Sitzungen.
6	ESP8266 und ESP32	Einführung zu diesen Mikrocontrollern und MQTT.
7	Exkurs Internet-of-Things	Rollenspiel: Wie funktioniert das Internet und der Sprachassistent Alexa? Kleine Übungen mit Wemos Boards, WS2812b LEDs und Openweathermap API.
8	Phyysical Computing und Digital Fabrication?	Diskussion und Reflexion über die Eignung und Einsatzmöglichkeiten von Physical Computing und Digital Fabrication im Informatikunterricht.
9, 10, 11, 12	Projektphase	Übersicht zum aktuellen Stand des Projektes, aktuelle Probleme und geplantes Vorgehen und Meilensteine für die kommende Woche
13	Abschluss	Präsentation der Semesterprojekte (10 Minuten) und Diskussion (5 Minuten). Danach Feedback zur Lehrveranstaltung.

Projektes integriert ein Display in der Uhr. Mit einem Smartphone können Bilder auf das System übertragen werden, die im Anschluss als Diashow angezeigt werden.

Die anderen zwei Projekte sind ebenfalls als gelungen zu bezeichnen, aber haben keinen fachlichen Bezug zum Internet der Dinge, da die verwendeten Mikrocontroller keinen Netzwerkzugang ermöglichen. Das erste Projekt behandelt das Upcycling von einem bestehenden



*Abbildung 3.16: Projekte aus der Veranstaltung von links nach rechts: Der smarte Bilderrahmen zeigt Bilder aus einer Cloudablage automatisch als Diashow an. DIY MP3-Player mit selbst entworfenem Gehäuse, Uhr, GUI, Energiesparmodi und Akkubetrieb. Die smarte Uhr zeigt das aktuelle Wetter, die Lufttemperatur, die Windrichtung und -stärke und Bilder im digitalen Bilderrahmen an <sup>46</sup>*

Bewässerungssystem. Der Student ist selbst leidenschaftlicher Gärtner und hatte deswegen über Jahre eine Bewässerungsuhr im Einsatz. Ihn hat jedoch gestört, dass das System unabhängig von der Bodenfeuchtigkeit bewässert hat. Aus diesem Grund wurde die alte Steuerelektronik durch einen Arduino Pro Mini<sup>47</sup> ersetzt. Der Vorteil von diesem Board ist nicht nur die kompakte Bauweise, sondern auch das Energiesparpotential. Es befinden sich kaum Teile auf der Platine, die nicht essentiell für den Betrieb sind, wie zum Beispiel eine serielle USB-Schnittstelle. Um weiter Energie zu sparen, wurden sogar die Status-LED und der Spannungsregler entfernt. Der Mikrocontroller erfasst über einen kapazitiven Feuchtigkeitssensor die Bodenfeuchtigkeit und steuert über einen NPN-Transistor den Stellmotor, falls die Feuchtigkeit der Erde einen Schwellwert unterschreitet. Das letzte Projekt ist das technisch anspruchsvollste Unterfangen, welches jemals im Rahmen der Seminare betreut wurde. Es handelt sich hierbei um einen selbst gebauten MP3-Spieler mit einer GUI und Akkubetrieb in einem handlichen Format. Der Blog ist leider nicht mehr zugänglich, aber die Abbildung 3.16 (mitte) veranschaulicht das selbst entworfene Gehäuse und die GUI gut.

Der MP3-Spieler wird mit drei Tastern und einem selbst entwickelten Menü bedient. Es ist möglich Lieder zu starten, zu stoppen, zu überspringen und die Lautstärke anzupassen. Die Lieder werden auf einer microSD Karte gespeichert und die Musik über einen AUX-Anschluss übertragen. Um Energie zu sparen, kann das Display mit einer Soft-Latching Power-Schaltung direkt von der Spannungsversorgung getrennt werden. Da nicht nur der Programm-, sondern auch der Arbeitsspeicher bis auf das letzte Byte ausgereizt wurden, hat der Student diverse Optimierungen vorgenommen. So wurden sämtliche Icons mit einem eigenen Verfahren komprimiert und für die Anzeige auf dem Display im Anschluss gespiegelt, skaliert und rotiert. Alles in allem ist dies – trotz der unscheinbaren Problembeschreibung – ein sehr außergewöhnliches Projekt.

So wie in den Jahren davor haben die Abschlussprojekte aus diesem Semester aus technischer Sicht die vorherigen Artefakte übertrumpft. Zum ersten Mal wurde die digitale Fertigung unter-

<sup>46</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.

<sup>47</sup> <https://docs.arduino.cc/retired/boards/arduino-pro-mini>, letzter Aufruf: 01.12.2022

richtet und die daraus resultierten Werkstücke haben die Erwartungen übertroffen. Während in den Jahren zuvor nur Halterungen gefertigt wurden, sind es in diesem Seminar Erweiterungen der Projektidee, die einen extrem ausgereiften Eindruck der Prototypen hinterlassen.

### 3.2.4.5 Zusammenfassung und Diskussion

In den vorherigen Kapiteln wurden diverse Lehrveranstaltungen beschrieben, die jedes Jahr Anpassungen erfahren haben. So wurden nicht nur die fachlichen Inhalte immer weiterentwickelt, sondern auch die Prüfungsleistung hat sich im Laufe der Zeit gewandelt. Mit den Änderungen haben sich auch jedes Semester die studentischen Projekte – nicht nur im Umfang, sondern auch in der Vielfalt – gewandelt. So wurde beispielsweise im obigen beschriebenen Seminar in jedem Projekt eine andere Hardwareplattform verwendet. Dies ist zu den Semestern zuvor untypisch, aber könnte mit dem geringeren Input zu Physical Computing zusammenhängen. In den Jahren zuvor gab es mehr Übungen zu spezifischen Hardwareplattformen, sodass die Studierenden im Umgang damit bereits vertraut waren und deswegen diese Hardwareplattformen bei der Umsetzung eigener Projekte bevorzugt haben. Auch war das letzte Semester das erste Mal, dass sich nicht nur eine, sondern direkt zwei Personen an ein Projekt mit Akkus bzw. Batterien getraut haben und die damit einhergehenden Hürden, energiesparende Hardware und Software miteinander zu verbinden. Natürlich zählen auch Schutz- und Ladeschaltungen zu diesen Projekten.

Fast alle der Projekte haben einen persönlichen Bezug oder sind persönlich von Bedeutung. Sei es das Lösen eines länger währenden Problems, (siehe Projekt Upcycled Wasseruhr, smarte Gießkanne, Pflanzenakku, smarte Steckdose), die Verbesserung von Unterricht (siehe smartes pH-Meter), Spaß an Technik und Herausforderungen (siehe DIY MP3-Player) oder einfach etwas Ästhetisches zum Zeigen und Teilen, wie z. B. sämtliche LED-Projekte. Die Seminare bieten für alle diese Wünsche und Bedürfnisse nicht nur einen Rahmen, sondern bereiten explizit auf solche Projekte vor – und das unabhängig von der Vorerfahrung.

Nicht nur die Projekte, sondern auch das Feedback aus der letzten Iteration ist interessant. Im Fokusgruppeninterview wurde zum Beispiel angemerkt, dass der Teil zur 3D-Modellierung zu lang war und Block- und OpenSCAD für den schulischen Betrieb reichen würden. Dennoch hat keine einzige Gruppe mit diesen Werkzeugen modelliert, sondern alle haben einheitlich mit Fusion 360 ihre Modelle erstellt. Es gibt also einen Unterschied zwischen den Werkzeugen, die für den Informatikunterricht als relevant angesehen werden und denen, die tatsächlich selbst in eigenen Projekten benutzt werden. Ein Grund, weshalb Fusion 360 allen anderen Werkzeugen bevorzugt wurde, könnte sein, dass Holzarbeiten nicht mit Block- und OpenSCAD möglich sind und dass der Workflow vergleichsweise einfach und direkt ist. Aufgrund dieser Erfahrung wird in den kommenden Jahren der Anteil an Digital Fabrication reduziert, da zum einen nicht jedes Werkzeug in der Praxis nützlich ist und zum anderen mehr Zeit für das Physical Computing bleibt. An dieser Stelle könnte jedoch diskutiert werden, inwiefern der Anteil an Physical Computing wieder erhöht werden müsste, da die Projekte aus diesem Semester allesamt sehr gut waren. Insgesamt kann aber festgehalten werden, dass sowohl die fachlichen Inhalte, als auch die Prüfungsleistung als erprobt bezeichnet werden können.

Die zuvor beschriebenen Lehrveranstaltungen wurden allesamt mit einer relativ kleinen und vor allem homogenen Gruppe aus dem Master of Education Informatik Studiengang durchgeführt. Eine (berechtigte) Frage auf Konferenzen ist oft, wie ein solches Lehrkonzept bei einer größeren Anzahl von Studierenden skalieren soll. In größeren Gruppen ist es beispielsweise nicht mehr möglich innerhalb von drei Wochen alle Modelle für die Studierenden zu modellieren und zu fertigen. Zudem ist es nicht mehr möglich, jedes Projekt im gleichen Umfang zu betreuen. Außerdem steigen auch die Kosten. Zuvor konnten alle Projekte entweder aus dem zur Verfügung stehenden Inventar erstellt oder aus Haushaltsgeldern finanziert werden. Es ist auch offen, inwiefern die E-Portfolioleistung in größeren Gruppen bewertet werden kann und inwiefern die Infrastruktur mehr Blogs zuverlässig hosten kann. Verwandte Arbeiten (zum Beispiel Barkmin und Brinda, 2018) sind ebenfalls nur in kleinen Seminaren und mit Studierenden aus Masterstudiengängen durchgeführt worden. Im Vergleich zu Studienbeginnerinnen und -beginnern, kennen Studierende aus Masterstudiengängen schriftliche Ausarbeitungen als Prüfungsleistung bereits. Außerdem haben diese in der Regel auch erprobte Lernstrategien, sind mit dem wissenschaftlichen Arbeiten und Schreiben vertraut und insgesamt in ihrer Einstellung zum Lernen im Fach Informatik gefestigter. Zwar wurden vereinzelte Lerninhalte aus den Seminaren bereits in Workshops für Studierende in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge angeboten und auch mit Lerngruppen aus Schulen (siehe zum Beispiel Pancratz et al. 2019) erprobt, aber noch nie als geschlossene Lehrveranstaltung außerhalb eines Seminars in der Didaktik der Informatik. Das Lehrkonzept wird daher in den folgenden Kapiteln auf die Probe gestellt, indem die oben beschriebenen Lehrinhalte im Kontext Smart-Environments zusätzlich zu essentiellen Soft Skills (nicht nur in der Informatik), wie zum Beispiel, Zeit- und Selbstmanagement, Konfliktmanagement, Kreativmethoden und Ideenfindung, wissenschaftliches Schreiben und Präsentieren, Formulieren von Feedback, – also Fähigkeiten, die man von Studierenden in einem Masterstudiengang erwartet – einer heterogenen und vor allem größeren Lerngruppe angeboten wird: nämlich Studierenden in den Informatikstudiengängen in der Studieneingangsphase. Diese Kohorte ist vor allem interessant, da zum einen in den ersten beiden Semestern das Studium am häufigsten abgebrochen wird<sup>48</sup>. Außerdem sind Vorkenntnisse von allen Informatikstudierenden am niedrigsten, da das Studium erst begonnen wurde. Sollte das Lehrkonzept also in einer solchen Lerngruppe erfolgreich umsetzbar sein, dann kann es auch problemlos für höhere Semester adaptiert werden.

Ebenso ist bisher offen, wie das E-Portfolio in einer größeren Gruppe als Prüfungsleistung skaliert. Im persönlichen, sozialen Umfeld erfuhren die Studierenden nach dem Besuch dieses Seminars und der Fertigstellung des Blogs Anerkennung als Spezialisten, die ihre Fähigkeiten erfolgreich in einer projektbasierten Arbeit unter Beweis gestellt haben. Empirische Forschungen haben in den vergangenen Jahren belegt (z. B. Theodoropoulos et al. 2018), dass Schülerinnen und Schüler ihre Selbstwirksamkeitserwartung steigern, wenn sie positive Erfahrungen in Physical Computing Projekten sammeln. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass sich auch für die Studierenden, die an diesem Kurskonzept teilgenommen haben, ähnliche Effekte einstellen. Aufgrund der relativ kleinen Lerngruppen wäre eine quantitative

---

<sup>48</sup> siehe Daten im Anhang

Untersuchung mit validierten Messwerkzeugen kaum aussagekräftig. Deswegen werden neben der Lehre auch empirische Begleitstudien zur Untersuchung dieser Effekte in einem ähnlichen Lehrkonzept mit über 100 Studierenden aus dem ersten Semester (Wirtschafts-)Informatik im Kapitel Abschnitt 3.3 beschrieben.

### 3.2.5 Iteration 4: Skalierung des Lehrkonzeptes

Nach der mehrjährigen Erprobung von technischen Inhalten im Kontext Smart-Environments und E-Portfolios als Prüfungsleistung soll das Lehrkonzept nun zum einen für Studierende der Studieneingangsphase angepasst und zum anderen für größere Lerngruppen skaliert werden. Da die vorherigen Lehrveranstaltungen in Seminaren mit weniger als 10 Studierenden durchgeführt wurden, müssen methodische und organisatorische Veränderungen implementiert werden, um das Lehrkonzept auch mit einem Vielfachen der Teilnehmenden durchführen zu können. Als Rahmen für das Lehrkonzept wird die Lehrveranstaltung *Soft Skills und Technische Kompetenz* angeboten, welches im zweisemestrigen Modul *pb085 – Soft Skills* eingegliedert ist. Soft Skills, wie zum Beispiel Konfliktmanagement, Teamarbeit und Zeitmanagement sind im akademischen und beruflichen Alltag unerlässlich. Deswegen wird an der Universität Oldenburg dieses Modul für Studienanfängerinnen und -anfänger der Informatikstudiengänge empfohlen und seit über zehn Jahren angeboten. Dieser Rahmen bietet sich für eine solche technische Intervention im Zusammenhang mit dem forschenden Lernen aus drei Gründen an. Zum Ersten handelt es sich um eine bereits etablierte Lehrveranstaltung, die allen Studierenden der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge im Studienverlaufsplan empfohlen wird. Im Gegensatz zur verwandten Arbeit von Lübcke et al. (2019), werden den Studierenden die erbrachten Leistungen für das Studium angerechnet. Zum anderen kann das Promotionsprojekt nahezu nahtlos in die bisherigen universitären Strukturen eingegliedert werden, da die überfachliche Qualifikation der Studierenden mit der Vermittlung von spezifischen Soft Skills, die in der Forschung und Entwicklung notwendig sind, ohnehin ein übergeordnetes Ziel vom forschenden Lernen ist; der Modultitel *Soft Skills* kann also übernommen werden. Zuletzt bietet die mehrsemestrige Veranstaltung den Vorteil, genügend fachliche und überfachliche Inhalte zu vermitteln und den Studierenden parallel dazu noch eine mehrwöchige Projektphase zu ermöglichen. Gängige Kritikpunkte, wie dass zu wenig Zeit für das forschende Lernen zum Studienbeginn bleibt, es nicht in die Strukturen der Studieneingangsphase passt oder das Format aufgrund fehlender Vorerfahrung und Soft Skills nicht funktioniert (vgl. Preiß und Lübcke, 2020) könnten daher durch die erfolgreiche Umsetzung des geplanten Lehrkonzeptes entkräftet werden.

In diesem Abschnitt wird daher untersucht, wie ein Lehrkonzept zum forschenden Lernen im Kontext Smart-Environments mit zunächst 60 Studierenden pilotiert werden kann, welche Inhalte erprobt wurden, wie die Studierenden das Lehrkonzept bewerteten, welche Projekte entstanden sind, welche Erfahrungen gesammelt werden konnten und welche Anpassungen für das kommende Jahr vorzunehmen sind, um das Lehrkonzept noch weiter für einen gesamten Studienjahrgang (> 100 Studierende) skalieren zu können. Erste Beschreibungen zum Lehrkonzept wurden bereits veröffentlicht (siehe Fandrich, Pancratz et al. 2022).

### 3.2.5.1 Leitideen und Zielsetzung

Die Leitideen dieses Lehrkonzeptes sind vielseitig. Zunächst geht es darum, nicht-kognitive Kompetenzen, die nach Zukunft (2016) im Informatikstudium primär implizit während informatischen Lernprozessen erworben werden, explizit als konkreten Lehrgegenstand anzubieten, um die Studierenden auf das forschende Lernen und den weiteren Studienverlauf vorzubereiten. Zu diesen Kompetenzen gehören laut Magenheim et al. (2010), Linck et al. (2013) und Mandl und Krause (2001) Selbststeuerungskompetenzen (Verbindlichkeit, Selbstkontrolle, Motivation, Kompromissbereitschaft, ...), Kooperationskompetenz (Kommunikation, Kritikfähigkeit, Präsentationsfähigkeit, Kooperationsbereitschaft), Lernkompetenz (kooperatives Lernen, Selbstorganisation, Bereitschaft zum lebenslangen Lernen), wissenschaftliches Schreiben, Einstellung zu informatischen Problemen oder motivationale Fähigkeiten (vgl. Zukunft, 2016). In dieser Lehrveranstaltung sollen viele dieser Kompetenzen explizit in Vorlesungsinhalten, Übungen und Gruppenarbeiten vermittelt werden.

Vor allem das abschließende Gruppenprojekt, in dem die Studierenden selbst eine Problemstellung im Alltag identifizieren und eine entsprechende technische Lösung aus dem Kontext Smart-Environments entwickeln, soll viele der zuvor erwähnten Kompetenzen in einem kontrollierten Rahmen auf die Probe stellen. Ohne die vorherige Darstellung der entsprechenden Soft Skills und der Vorstellung von im Alltag bewährten Methoden, beispielsweise Zeit- und Konfliktmanagement, darf nicht erwartet werden, dass die Studierenden in den Gruppen effektiv kommunizieren und zusammenarbeiten. Die effektive Kommunikation untereinander ist ein Schlüssel zum Erfolg von Gruppenprojekten und unterstützt die Studierenden dabei ihre Ideen zu entwickeln und zu teilen (vgl. Householder und Hailey, 2012). Das Projekt soll zusätzlich durch den handlungsorientierten und durch den Konstruktivismus geprägten Lehransatz in einem praktischen und anwendbaren Kontext die technische Selbstbildung und das Kompetenzerleben steigern, um so eine stärkere und vor allem frühzeitige Identifikation mit den Lerninhalten zu ermöglichen. Um diese gewünschten Effekte auch empirisch belegen zu können, werden mit Fragebogen- und Kohortenstudien die Veränderung des Selbstkonzepts (siehe Abschnitt 3.3) und der Verlauf der weiteren akademischen Laufbahn (vgl. Abschnitt 3.4) untersucht. Die Studierenden in dieser Lehrveranstaltung, als auch deren Peers, die die Veranstaltung nicht belegen, sind ein Teil der Datengrundlage.

Ein weiteres, perspektivisches Ziel ist der Ausbau eines Studiengangprofils in der Studieneingangsphase zum forschenden Lernen durch die kontextbezogene Vernetzung mehrerer Lehrveranstaltungen mittels Smart-Environments als Querschnittsthema, in denen die Studierenden erste Schemata für den weiteren Studienverlauf bilden. Dazu gehören unter anderem das wissenschaftliche Arbeiten- und Schreiben und technische Inhalte, wie Netzwerke, Kommunikationsprotokolle oder hardwarenaher Systementwicklung. Die ausgewählten Vorlesungs- und Übungsinhalte verbinden diese ausgewählten Inhalte des Grundstudiums konsistent miteinander. Die Studierenden profitieren so von der Kontextualisierung der Basismodule, da ihnen schon früh im Studium diverse Anwendungsmöglichkeiten präsentiert werden und so eine ganze Kohorte von Informatikanfängerinnen und -anfängern das Grundstudium der Informatik in einem alltagsnahen Kontext erleben können. Die Reichweite dieser Intervention ist daher enorm.

Die letzte Leitidee ist die Institutionalisierung von E-Portfolios als Prüfungsleistung in der Informatik.

Für das Wintersemester werden die folgenden Lernziele beabsichtigt. Die Studierenden..

- .. verstehen die Bedeutung von Soft Skills im beruflichen Alltag.
- .. analysieren Ursachen der eigenen Prokrastination und kennen mögliche Gegenmaßnahmen.
- .. verstehen die Funktionsweise des Internets und der dazugehörigen Komponenten.
- .. modellieren die Übertragung des Inhalts einer Webseite über das Internet in einem Sequenzdiagramm.
- .. kennen den Aufbau wissenschaftlicher Publikationen und deren Schreibstil und wenden diesen in eigenen Schriften an.
- .. erklären die Kenngrößen Strom, Spannung und Widerstand in elektrischen Schaltungen und verstehen einfache Schaltbilder.
- .. benennen passive und elektrische Bauteile anhand ihres Schaltbildes.
- .. verstehen Sicherheitshinweise beim Löten und wenden diese aktiv an.
- .. konstruieren Schaltungen auf einer Lochrasterplatine, fertigen diese mit einem LötKolben und bewerten ihre Arbeit.
- .. implementieren hardwarenahe Programme zur Erfassung der Umwelt und Steuerung mit dem Mikrocontroller ESP8266 von Aktoren für ausgewählte Hardwareplattformen.
- .. kennen Methoden der Gesprächsführung, Modelle der Kommunikation und Elemente effektiver Teamarbeit und wenden diese zielgerichtet an.
- .. analysieren vergangene Gespräche unter Berücksichtigung gegebener Kommunikationsmodelle.
- .. entwickeln mit Hilfe des Frameworks Blynk eine Smartphone-App zur Steuerung eines technischen Artefaktes über das Internet.
- .. strukturieren Ideen in einem Kreativprozess.
- .. kennen rhetorische Mittel zur Aufwertung eines Vortrages und wenden diese in eigenen Präsentationen an.
- .. kennen Kriterien zur Bewertung und Richtlinien zur Formulierung von Peer-Feedback.

Das Sommersemester ergänzt die folgenden Lernziele. Die Studierenden..

- .. bewerten Vorträge ihrer Peers nach vorgegebenen Kriterien und formulieren konstruktives Feedback.
- .. erkennen Konflikte, die Phase, in der sich der Konflikt befindet und wenden entsprechende Interventionen an.
- .. planen und führen ein kollaboratives Projekt durch.
- .. entwickeln auf Basis des Mikrocontrollers ESP8266 eine Anwendung, die nach dem REST-Paradigma telemetrische Daten an einen Server überträgt und wieder abrufen. Die Studierenden reflektieren im Anschluss mögliche Limitierungen dieses Ansatzes.
- .. benennen die Vorteile einer Message Queue Architektur im Vergleich zu den vorher bekannten Kommunikationsparadigmen.
- .. entwickeln auf Basis des Mikrocontrollers ESP8266 eine Anwendung, die gängige Features des Kommunikationsprotokolls MQTT zur Datenübertragung nutzt.
- .. entwickeln einen Discord-Chatbot, um Nachrichten von einem Mikrocontroller zu empfangen.
- .. benennen Vor- und Nachteile einer Web-App und entwickeln mit Hilfe von Node-RED selbst eine Web-App zur Visualisierung von telemetrischen Daten und Steuerung eines Mikrocontrollers.
- .. konstruieren graphisch oder textuell mit parametrischem Design parametrisierte 3D-Modelle und fertigen diese mit einem 3D-Drucker.
- .. konstruieren ein Artefakt mit professioneller CAD-Software für die Fertigung in einem Lasercutter.
- .. entwickeln ein wissenschaftliches Poster zur Präsentation ihrer Ergebnisse.
- .. wenden die zuvor vermittelten theoretischen Soft Skills Inhalte praktisch im Rahmen des Gruppenprojektes an.
- .. erfinden eine eigene technische Lösung aus dem Kontext Smart-Environments und dokumentieren diese.
- .. reflektieren ihren Lernprozess und ihre Rolle im Projekt.

In den Jahren zuvor bestand die Prüfungsleistung im Modul Soft Skills aus einer Klausur zum Ende des Semesters. Mit dem neuen Lehrkonzept wird diese in drei Teilleistungen aufgeteilt. Die Abschlussnote setzt sich aus schriftlichen Abgaben (Übungsaufgaben, Lerntagebücher, Produktdokumentation), Präsentationen und der Fertigung einer technischen Lösung aus dem Kontext Smart-Environments zusammen. Sämtliche Artefakte werden über das gesamte Semester hinweg im E-Portfolio (sowohl Einzel- als auch Gruppenportfolio) gesammelt.

### 3.2.5.2 Lerngruppe

Die maximale Anzahl der Teilnehmenden wurde für die erste Pilotierung zunächst auf 40 Studierende begrenzt – um festzustellen, inwiefern das Lehrkonzept mit einer kleineren Gruppe skaliert werden kann und um einen angemessenen Betreuungsschlüssel in den Tutorien gewährleisten zu können, da zu diesem Zeitpunkt nur zwei Hilfskräfte in der Veranstaltung beschäftigt waren.

Im Wintersemester waren in der Veranstaltung 25 Studierende eingeschrieben, die im ersten Semester einen der Informatikstudiengänge in Oldenburg begonnen haben. Die restlichen 15 waren Studierenden aus höheren Semestern oder anderen Fächern, wie zum Beispiel Elementarmathematik oder Chemie. Die Frauenquote (8 von 40) ist mit 20 % nicht unüblich für Informatikstudiengänge. Für viele Studierende ist diese Veranstaltung der erste Zugang zu technischen Inhalten, da zuvor nicht mit digitaler Fertigung oder Mikrocontrollern gearbeitet wurde. Andere Studierende besaßen zu diesem Zeitpunkt bereits einen eigenen 3D-Drucker zu Hause.

Aufgrund der hohen Nachfrage und der langen Warteliste wurde die Lerngruppe zum Sommersemester unter Auflagen vergrößert. Studierende der Warteliste haben in der vorlesungsfreien Zeit verkürzte Vorlesungen und angepasste Übungsaufgaben angeboten bekommen, die zum Beginn des Sommersemesters nachgeholt werden mussten. Somit vergrößerte sich die Lerngruppe um weitere 21 Studierende, die allesamt aus der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge stammen. Von den 21 Studierenden waren vier Personen weiblich.

### 3.2.5.3 Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen

Wie in den Jahren zuvor erstreckte sich das Modul pb085 über zwei Semester. Die einzelnen Lehrinhalte sind so gewählt, dass diese unmittelbar in und außerhalb der Veranstaltung angewandt werden können. Zur eigenständigen Vertiefung der Inhalte, werden wöchentlich Übungsaufgaben zur Verfügung gestellt, die als Teil des E-Portfolios in die Note einfließen. Eine Übersicht der einzelnen Veranstaltungen im Wintersemester 2020/2021 ist in der Tabelle 3.7 dargestellt. Aufgrund der COVID-Schutzmaßnahmen zu dieser Zeit finden sämtliche Veranstaltungen in diesem Semester online statt.

Die Veranstaltung beginnt mit der Modulvorstellung. Dabei werden die Lehrinhalte, der Ablauf, die Lernziele und vor allem die Prüfungsleistung und Erwartungen kommuniziert. Die Prüfungsleistung besteht aus drei Teilleistungen: dem E-Portfolio (Übungsaufgaben, Projektdokumentation, Lerntagebuch), Projektpräsentation und dem Rahmen und Umfang des Abschlussprojektes, welches eine technische und vernetzte Lösung eines Alltagsproblems im Kontext Smart-Home ist. Zudem wurde der Begriff Kompetenz, Soft Skills und die Relevanz von Soft Skills im privaten und professionellen Bereich in einer Vorlesung behandelt.

Da aus der Forschung zu den Hintergründen eines vorzeitigen Studienabbruchs oft fehlendes Zeitmanagement oder falsche Prioritäten identifiziert werden (siehe 2.1.1), startet die erste fachliche Vorlesung mit dem Thema Zeit- und Selbstmanagement. Zu den Inhalten der Vorlesung gehören Gründe und Maßnahmen gegen Prokrastination, Methoden zum Zeit- und

*Tabelle 3.7: WiSe 20/21 – Inhalte der Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 1*

Sitzung	Thema	Inhalt
1	Organisation und Modulvorstellung	Vorstellung des Moduls, der Inhalte, der Prüfungsleistung und der Lernziele. Einführung Soft Skills und Technische Kompetenz.
2	Zeit- und Selbstmanagement	Ursachen und Maßnahmen gegen Prokrastination, Definition und Methoden des Zeit- und Selbstmanagements, Digital Wellbeing.
3	Wie funktioniert das Internet?	Bestandteile und Funktionsweise des Internets wurden erarbeitet und in einem Sequenzdiagramm festgehalten.
4	Wissenschaftliches Schreiben und Präsentieren	Einführung in das wissenschaftliche Schreiben mit Hinweisen zur Form, Aufbau und Schreibstil von akademischen Ausarbeitungen; gefolgt von einer Einheit zum Präsentieren mittels Folien.
5	Grundlagen Elektrotechnik	Einführung der Kenngrößen Strom, Spannung und Widerstand. Im Anschluss gemeinsame Erstellung eines Glossars zu den wichtigsten Begriffen und Technologien, die in dieser Veranstaltung verwendet werden.
6	Elektrotechnik und Löten	Lesen von einfachen Schaltplänen, Berechnung von Vorwiderständen von LEDs anhand von Parametern aus dem Datenblatt und angeleitete Lötübungen.
7	Einführung Mikrocontrollerprogrammierung	Mikrocontroller als Ein-Chip Computersystem vorgestellt, Einführung in die Arduino IDE und allgemeine Informationen zum verwendeten Mikrocontroller ESP8266.
8	Kommunikation und Arbeit in Gruppen	Kommunikationsformen, Modelle der Kommunikation, Fragetechniken, Methoden der Gesprächsführung, Kernelemente effektiver Teamarbeit, Themenzentrierte Interaktion
9	Übung Mikrocontrollerprogrammierung	Einführung Blynk, um die Grundlagen der Erstellung einer App zur Steuerung eines selbst entwickelten Lichtweckers zu schaffen.
10	Wiederholung	Gemeinsame Erarbeitung und Wiederholung der letzten Übungsinhalte.
11	entfallen	Krankheitsbedingt entfallen
12	Kreativmethoden und Rhetorik	Vorlesung zur Ideenfindung und -strukturierung. Außerdem ein Exkurs zum Thema Rhetorik und Präsentationstechniken.
13	Übung und Wiederholung	Mikrocontrollerprogrammierung
14	Konstruktiv Feedback formulieren und Vorbereitung Projekt	Vorlesung zum Thema (Peer-)Feedback und organisatorisches zum Mini-Abschlussprojekt des Wintersemesters.

Selbstmanagement und Werkzeuge zum Digital Wellbeing. Jede Veranstaltung endet mit einer kurzen Zusammenfassung und einem Fazit.

Die dritte Veranstaltung stellt den Auftakt zur ersten, praktischen Übung dar. Da es sich bei smarten Umgebungen häufig um vernetzte Lösungen handelt, wird im Rahmen dieser Übung der Aufbau und die Funktionsweise des Internets behandelt. Die Grundidee der Übung stammt aus dem Bildungsprojekt IT2School *Modul B2 – Die Internetversther* (siehe auch Diethelm et al. 2017 oder Riefling et al. 2020) und wurde für das Online-Format angepasst, indem die Studierenden in Breakout-Räumen und in Kleingruppen, die Funktionsweise des Internets anhand einer gemeinsam erarbeiteten, interaktiven Mindmap mit Hilfe eines UML Sequenzdiagrammes erschlossen haben. Die Komponenten und der Aufbau wurden zuvor gemeinsam im Plenum erarbeitet und sukzessive der Mindmap hinzugefügt. Damit soll ein grundlegendes Verständnis zur Funktionsweise des Internets (und allgemein Computernetzwerken) vermittelt werden.

Da die Studierenden regelmäßig schriftliche Abgaben in Form der Übungen in den E-Portfolios ablegen, und diese Abgaben einem wissenschaftlichen Schreibstil und Standard entsprechen sollen, behandelt die dritte Vorlesung das wissenschaftliche Schreiben und Präsentieren. Insgesamt wird von den Studierenden zwar noch nicht erwartet, dass diese von Beginn an einen wissenschaftlichen Schreibstil beherrschen, jedoch sollen die Übungen als Vorstufe des akademischen Schreibens verstanden werden. Die Tutorinnen und Tutoren geben diesbezüglich zu den Abgaben auch Feedback. In der Vorlesung werden Inhalte, wie zum Beispiel das Layout, der Aufbau einer wissenschaftlichen Arbeit, Inhalte der Einleitung, Informationen zu Tabellen, Graphen und Abbildungen, Zitierstilen und Zitierweisen, Tipps zum verständlichen Schreiben und Do's und Don't's beim wissenschaftlichen Schreiben anhand anschaulicher Beispiele vermittelt. Zudem wird der Umgang mit Schreibblockaden behandelt. Der zweite Teil dieser Vorlesung befasst sich mit dem Präsentieren von Forschungsergebnissen auf Foliensätzen. Dazu gehören Vorschläge zur Struktur eines Vortrags, dem Verhalten beim Vortragen (auch online), Tipps zur Foliengestaltung und der Umgang mit Fragen und Nervosität. In der darauffolgenden Übung haben die Studierenden dann eine kurze Präsentation und einen Foliensatz zu einem beliebigen Thema vorbereitet und als Online-Video präsentiert.

Auf diese Vorlesung folgt eine Übung zur Elektrotechnik, die an den vorherigen Iterationen angelehnt ist. Dabei werden die Grundgrößen Strom, Spannung und Widerstand frontal vermittelt und im Anschluss kollaborativ ein Glossar erstellt. In diesem Glossar sammeln die Studierenden Informationen zu Werkzeugen (wie zum Beispiel Multimeter, Oszilloskop, Entlötpumpe, Abisolierzange), Messgrößen, Digitaltechnik (wie zum Beispiel ADC, PWM, UART, I2C), Darstellung von Farben (z. B. RGB, HEX, HSV), passiven Bauelementen (wie z. B. Potentiometer, Widerstände, Kondensatoren), aktiven Bauelementen (wie z. B. Dioden, MOSFETS oder LEDs), Mikrocontroller, Energieversorgungen, Energiespeicher und spezifischer Hardware für die kommenden Projekte wie z. B. den Wemos D1 mini und diverses Zubehör.

Die folgende Übung zum Löten war zu Beginn des Semesters als Präsenzveranstaltung geplant, musste jedoch aufgrund der COVID-Schutzmaßnahmen zu Hause stattfinden. Allen

Studierenden wurden sämtliches Werkzeug – sowohl für die Übung, als auch für das folgende Winterprojekt – ausgeliehen und mit Verbrauchsmaterial ausgestattet. Das Material wurde aus Studienqualitätsmitteln finanziert. Nach einer Einführung, Sicherheitshinweisen, zusätzlichen Lehrvideos und Online-Lernmodulen, die in einem Courseware-Kurs und interaktiven H5P-Elementen entwickelt wurden, haben die Studierenden ihre ersten Lötübungen zu Hause vorgenommen. Dazu zählt – wie in den Jahren zuvor – das Bestücken einer Lochrasterplatine mit Widerständen. Sobald sich die Studierenden sicher im Umgang mit dem Werkzeug gefühlt haben, sollte der Mikrocontroller für die kommende Übung mit zwei Stiftleisten bestückt werden. Als Übungsaufgaben sollten anhand der Onlinelernmodule die Qualität der eigenen Lötstellen bewertet und ggf. nachgebessert werden. In dem interaktiven Lernmaterial sind zum Beispiel die gängigsten Fehler beim Löten und Gegenmaßnahmen in einem Quiz aufgelistet (siehe Abbildung 3.17).



Wie kann man diese Lötstelle (das Lötpad hat sich von der Leiterplatte gelöst) am besten reparieren?

- Das Lötpad vorsichtig mit Sekundenkleber wieder auf die Leiterplatte kleben.
- Man schneidet das überschüssige Kupfer ab und erstellt eine Lötbrücke von dem Endstück bis zur Lötstelle

Überprüfen



Abbildung 3.17: Screenshot aus dem Online-Selbstlernbaustein zum Löten.<sup>49</sup>

Darauf folgte die nächste Übung zur Mikrocontroller Programmierung. Neben einer Einführung erfolgte die Vorstellung des Arduino Frameworks. Die Übung endete mit dem Nachstecken der in Abbildung 3.18 dargestellten Schaltung auf einem Steckbrett und dazugehörigen Übungsaufgaben, die ebenfalls Teil des E-Portfolios sind.

Um kollaborative Lernprozesse im bald folgenden Winterprojekt zu unterstützen, folgt eine Vorlesung zum Thema Gruppenarbeit und Kommunikation, um die Studierenden für mögliche Konflikte, die auf Problemen in der Kommunikation basieren können zu sensibilisieren, indem Inhalte, wie themenzentrierte Interaktion (Cohn, 2018) oder Kernelemente effektiver

<sup>49</sup>Bildquelle zum Screenshot: <https://learn.adafruit.com/adafruit-guide-excellent-soldering/common-problems> (CC BY-SA 3.0 Deed), letzter Aufruf: 28.02.2024

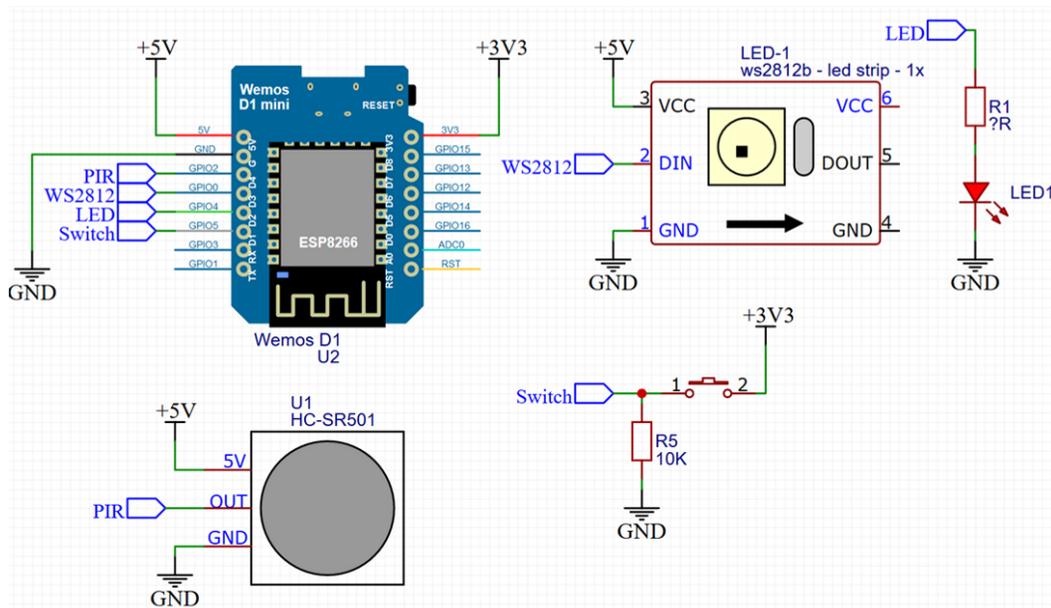


Abbildung 3.18: Schaltung aus der Online-Übung. Diese dient ebenfalls zur Vorbereitung der kommenden Aufgaben.

Teamarbeit nach Noé (2012) vermittelt werden. Auf diese Vorlesung folgt eine Übung zum Thema Programmieren mit Blynk. Im Gegensatz zu den Jahren zuvor, erfolgte die Einführung mit einem vorbereiteten Videotutorial, in welchem die wichtigsten Funktionen des Blynk Frameworks vorgestellt und vorgeführt werden. Nach dem Video können die Studierenden die Entwicklungsumgebung vorbereiten, die App erstellen und Daten zwischen Mikrocontroller und Smartphone austauschen. Mit dem herausgegebenen Verbrauchsmaterial Mikrocontroller, Drucktaster und LED-Streifen entwickeln und dokumentieren die Studierenden im kommenden Übungszettel für das E-Portfolio einen Lichtwecker, der mit dem Smartphone konfiguriert werden kann. Dabei wird explizit in der Aufgabenstellung gefordert, dass das Problem in kleinere Teilprobleme zerlegt werden muss und jedes Teilproblem für sich dokumentiert wird. Außerdem muss der Entwicklungsprozess – vor allem auch Lessons Learnt – reflektiert werden. Für diese Aufgabe besteht – im Gegensatz zu den vorherigen wöchentlichen Übungszetteln – eine zweiwöchige Abgabefrist. In der letzten Übung in dem Jahr werden die Übungsinhalte in einem gemeinsamen Tutorium wiederholt.

Zum neuen Semester folgten zwei Vorlesungen zu den Themen Ideenfindung, Rhetorik und Feedback. Die Vorlesung zur Ideenfindung soll den Studierenden in den kommenden Projekten helfen, ihre Ideen zu strukturieren, den Ideenfindungsprozess beschreiben zu können und begründete Designentscheidungen zu treffen. Der Vorlesungsteil zur Rhetorik schließt nahtlos an, um die Studierenden zu befähigen andere Personen von Ideen überzeugen und begeistern zu können. Es werden daher Strategien zum Aufbau einer Rede, Hinweise zu einem guten Redestil, einer gesunden inneren Einstellung beim Pitchen, die Körpersprache, Stimmübungen und der Umgang mit Lampenfieber, vorgestellt. In der nächsten Vorlesung wurde der Schwerpunkt auf (Peer-)Feedback gelegt. Dabei wurden verschiedene Feedback-

Methoden verglichen, Formulierungsvorschläge angeboten, Dos und Don'ts vorgestellt und behandelt, wie man selbst mit erhaltenem Feedback umgehen kann. Nicol et al. (2014) argumentieren, dass die Fähigkeit qualitativ hochwertiges Feedback geben zu können eine grundlegende Fähigkeit von Studierenden und Absolventinnen und Absolventen sein sollte und daher stärkere Beachtung in der Hochschulbildung finden muss, da durch Peerfeedback auch das selbstständige und kritische Denken, als auch Selbstbewertung und Selbstreflexion hilfreich für die Überprüfung und Bewertung eigener Kompetenzen und kognitiven Strategien sind. Das Wintersemester schließt mit Organisatorischem zum Winterprojekt ab, in welchem das Thema „Licht und Wetter“ vorgegeben ist. In Zweier-Teams entwickeln die Studierenden ein technisches Artefakt, welches mittels Licht entweder das aktuelle oder das künftige Wetter darstellen soll. Das Projekt ist angelehnt am Workshop von Pancratz et al. 2019, erlaubt jedoch deutlich mehr Freiheiten in der Gestaltung, da mehr Werkzeuge als auch weitere Technologien verfügbar sind. So beschränkt sich das Projekt nicht auf BlocksCAD und 3D-Drucker. Mittels vorbereiteten Selbstlernvideos werden zusätzlich noch TinkerCAD und Fusion zur Modellierung vorgestellt. Darüber hinaus kann ein Lasercutter verwendet werden. Im Abschnitt 3.2.5.4 werden einige Projekte exemplarisch vorgestellt.

Die Inhalte des Sommersemesters sind in der Tabelle 3.8 dargestellt. Die Veranstaltungen starten mit einem organisatorischen Teil zum weiteren Ablauf und einer kurzen Wiederholung zum Thema Feedback, da in den folgenden drei Wochen die Projekte vorgestellt werden. Zu jedem Vortrag verfassen die Studierenden Feedback und lassen dieses den Mitstudierenden per Mail zukommen. Da das Feedback bewertet wird, befinden sich die Tutorinnen und Tutoren in Kopie der Mails.

Aufgrund der anstehenden Abschlussprojekte folgten drei Vorlesungen zu den Themen Konfliktmanagement, Projektarbeit und erneut zum wissenschaftlichen Schreiben, um die Studierenden gut auf mögliche Konflikte in angespannten Phasen des Projektes vorzubereiten und Methoden zur Konfliktlösung zu vermitteln. Da es für die meisten Studierenden das erste Projekte über einen längeren Zeitraum mit mehreren Personen ist, wird zudem dargestellt, wie Projekte organisiert und strukturiert werden können. Dazu gehört die Vermittlung von Vorgehensmodellen, Tipps zur Führung von Gruppen und Inhalte einer gelungenen Projektdokumentation. Um die Qualität der schriftlichen Abgaben zu steigern, folgte eine Wiederholung und Ergänzung zum wissenschaftlichen Schreiben.

Auf die Vorlesungen folgten insgesamt vier praktische Übungen, die im Rahmen von Tutorien mit maximal 20 Studierenden durchgeführt werden. Da sich die Netzwerkkommunikation via REST und MQTT in den Semestern zuvor als robust und praktikabel in den Tutorien und studentischen Projekten herausgestellt hat, wurden diese Inhalte erneut aufgegriffen. Neben theoretischen Inhalten, wie zum Beispiel etwaigen Vor- und Nachteilen der einzelnen Ansätzen, technischen Details und Anwendungsgebieten, gehörten auch immer praktische Programmieraufträge zu den Übungen, in welchen die Studierenden mit Hilfe der Mikrocontroller Daten über Computernetzwerke übertragen. Dabei spielte in diesem Jahr Discord<sup>50</sup> eine wichtige Rolle. Discord ist ein Online-Messaging Dienst, welcher sich nicht nur für Sprach- und Videokonferenzen eignet. Studierende nutzen diese Plattform auch gerne zum

<sup>50</sup> <https://discord.com/>, letzter Aufruf: 24.12.2022

*Tabelle 3.8: SoSe 21 – Inhalte der Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 2*

Sitzung	Thema	Inhalt
1	Organisation und Wiederholung	Details zum Sommerprojekt, Ablauf des Semesters und Wiederholung/Ergänzung zu der Vorlesung zum Thema Feedback.
2 - 4	Vorstellung Semesterprojekt	Jeweils fünf Gruppen stellen ihr Projekt vor. Es folgt eine Frageunde. Alle Studierenden verfassen ein schriftliches Feedback zum Vortrag und versenden dieses per Mail.
5	Konflikte	Definition, Arten von Konflikten, Ursachen, Phasen der Konflikt-Eskalation, Konfliktvermeidung und Konfliktlösung.
6	Projektarbeit und Moderationsmethoden	Definition, Projektrahmen, Projektstrukturplan, Projekthandbuch, Vorgehensmodelle, Führung von Projekten, Projektdokumentation, Versionsverwaltung mit Git.
7	Wissenschaftliches Schreiben II	Ergänzung zur Vorlesung aus dem Wintersemester: Quellen suche, Recherche, richtig zitieren und referenzieren von Quellen, Sensibilisierung Plagiate, Tipps zum Vermeiden von Plagiaten.
8	REST API	Definition, Eigenschaften, Vor- und Nachteile der Architektur, Anwendungsgebiete. Zudem praktische Übung zum Anlegen und Auslesen von Ressourcen mit einem Mikrocontroller via REST.
9	MQTT und Node-RED	Funktionsweise MQTT, QoS Level mit Anwendungsbeispielen, Single- und Multilevel-Wildcards. Dazu eine praktische Übung zum Datenaustausch zwischen Mikrocontroller und Node-RED via MQTT. Ergänzung um einen Discord Chatbot, sodass der Mikrocontroller Daten in einem Discord-Channel ablegen kann.
10	MQTT und Node-RED	Kurze Wiederholung der Übungsinhalte der letzten Woche. Praktische Übung zur Entwicklung eines verteilten Bewässerungssystems mit MQTT als Kommunikationsprotokoll.
11	Web-Apps und Node-RED	Vor- und Nachteile von Web-Apps. Praktische Übung zur Erstellung einer eigenen Web-App mit Node-RED zur Visualisierung der Systemzustände und Steuerung des verteilten Bewässerungssystems der vorherigen Woche.
12	Organisation zum Abschlussprojekt	Hinweise zur verfügbaren Hardware (sämtliche Sensoren, Aktoren und Zubehör), Nutzung des errichteten Makerspaces, Hinweise zum 3D-Druck und Lasercutting, Hygienekonzept und Öffnungszeiten.
13	Wiederholung und Poster	Konkrete Formulierung sämtlicher Anforderungen an das zu entwickelnde System und der dazugehörigen Dokumentation. Checkliste Qualitätsmanagement und Best Practice Beispiele für Projekte, deren Dokumentation und Poster.
14	Abschluss	Präsentation der Semesterprojekte (10 Minuten) und Diskussion (5 Minuten).

Austausch in ihrem Alltag. Da es sich hierbei um ein beliebtes und verbreitetes Kommunikationsmedium handelt und für die Studierenden eine spürbare Relevanz im Alltag hat, wird dieser Dienst – nicht zuletzt wegen der guten Dokumentation der API – ebenfalls ein Teil der Übung. Mittels Node-RED tauschen die Studierenden Daten zwischen Mikrocontroller und einem Discord-Channel aus, um so einen Chatbot zu entwickeln, der auch in die Lebens- und physische Welt wirkt. Die Übungen schließen mit einer Einheit zu Webanwendungen und der Erstellung einer eigenen Web-App zur Visualisierung von Systemparametern und Steuerung einer vernetzten Bewässerungsanlage, die in einer vorherigen Übung entwickelt wurde, ab.



*Abbildung 3.19: Makerspace, der für die Studierenden eingerichtet wurde. Es stehen diverse 3D-Drucker, ein Lasercutter und die üblichen Werkzeuge zur Verfügung.*

Die inhaltlichen Impulse der Lehrveranstaltung enden mit letzten Hinweisen, Erwartungen und Anforderungen an das Projekt, der Dokumentation und des Posters, welches am Ende des Semesters optional abgegeben werden darf, um die Note zu verbessern. In zehnmütigen Abschlussvorträgen stellen die Gruppen ihre Projekte nach einer achtwöchigen Projektphase vor, die in einem für diese Veranstaltung errichteten Makerspace durchgeführt werden konnte (siehe Abbildung 3.19). Dieser Raum wurde speziell für diese Veranstaltung hergerichtet und ist vom Aufbau und der Lehr-Kultur an die Blaupause für Makerspaces von McGrath (2016) angelehnt.

Der von dem Lehrenden und Hilfskräften betreute Makerspace war zu festen Zeiten für die Studierenden buchbar und enthielt sämtliche Werkzeuge, die für die Fertigung der Projekte

notwendig sein können. Dazu zählen fünf 3D-Drucker, ein Lasercutter, drei LötKolben, Akkuschauber, Tischbohrmaschine, Heißluftlötstation, mehrere Multimeter, ein Oszilloskop, diverse Schrauben, Kleber und Bauteile. Zur besseren Planung der Hardwarebestellungen und zeitigen Ablauf, wurde die Hardwareplattform Wemos D1 Mini mit verschiedenen Sensor- und Aktor-Shields<sup>51</sup> zwingend vorgegeben. Die Hardware wurde aus Studienqualitätsmitteln finanziert. Zum Ende des Semesters wurden die Projekte aufgrund bestehender Hygienebestimmungen online vorgestellt.

### 3.2.5.4 Evaluation

Wie zuvor, werden die abgegebenen Projekte untersucht, um festzustellen, welche Übungs- und Vorlesungsinhalte hauptsächlich praktische Verwendung gefunden haben und inwiefern die vermittelten Inhalte hilfreich bei der Umsetzung der Projekte waren. Zudem folgt eine Untersuchung der studentischen Evaluation, die im Gegensatz zu den Iterationen zuvor, nicht durch ein Fokusgruppeninterview entstanden ist, sondern durch die anonyme Teilnahme der hochschulinternen Lehrveranstaltungsevaluation. Aufgrund des mehrsemestrigen Aufbaus der Lehrveranstaltung wird sowohl die Evaluation des Wintersemesters, als auch die des Sommersemesters berücksichtigt.



*Abbildung 3.20: Auswahl von Projekten zum Ende des Wintersemesters: Wetterphänomene mit Licht darstellen<sup>52</sup>*

In der Abbildung 3.20 sind drei der insgesamt elf entstandenen Winterprojekte abgebildet. Die Studierenden sollten in diesem Projekt – ausgehend vom gemeinsam erarbeiteten Quellcode – ein Artefakt schaffen, welches das aktuelle Wetter mit Licht darstellt. Insgesamt konnten alle Gruppen anschauliche Projekte umsetzen, die sich im Kern nur in der Fertigung unterschieden.

Für die Studierenden, die erst zum Sommersemester die Veranstaltung besuchen konnten, wurde eine ähnliche Aufgabe verlangt (siehe Abbildung 3.21). Auch hier war die Aufgabe die Entwicklung einer Wetterlampe, jedoch beschränkte sich die Entwicklung und Dokumentation aufgrund der semesterbegleitenden Projektdurchführung auf die Modellierung des Lampenschirms und auf die Erstellung eines Posters.

<sup>51</sup> [https://www.wemos.cc/en/latest/d1\\_mini\\_shield/index.html](https://www.wemos.cc/en/latest/d1_mini_shield/index.html), letzter Aufruf: 02.01.2023

<sup>52</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.



Abbildung 3.21: Auswahl von Miniprojekten der Studierenden von der Warteliste<sup>53</sup>

Dennoch gab es Studierende, die selbst höhere Ansprüche an das Projekt hatten und daher zusätzliche Schirme modelliert haben, die in einem Gehäuse aus dem Lasercutter eingebettet wurden (siehe Abbildung 3.22). Aufgrund der filigranen und geometrisch komplexeren 3D-Modelle wurden die Objekte nicht mit dem FDM, sondern mSLA-Verfahren gefertigt.

Alles in allem zeigen die Winterprojekte, dass die vermittelten, technischen Lerninhalte nicht nur gut verstanden, sondern auch praktisch angewandt werden konnten. Das zusätzliche Material zu den Werkzeugen und zur digitalen Fertigung scheint einen ausreichenden Umfang gehabt zu haben, um die Studierenden dazu zu befähigen, eigene Artefakte aus dem 3D-Drucker oder Lasercutter zu erstellen.

Das Ergebnis der hochschulinternen Evaluation des Wintersemesters war überdurchschnittlich gut. Jedoch ist nur eine Rücklaufquote von 13 % erzielt worden. Positiv hervorgehoben wurden zum einen die eingesetzten digitalen Werkzeuge, wie WordPress und Courseware. Die Studierenden schätzen das zusätzliche Angebot an Lehrmaterial und Videos, da dieses es ermöglicht, unabhängig von der Veranstaltung und in einem eigenen Tempo sämtliche Inhalte aufzuarbeiten. Als Verbesserungsvorschläge wurden diverse Punkte genannt, die zum Teil auf die Umstände der Corona-Schutzmaßnahmen zurückzuführen sind. So wären die praktischen Übungen – zum Beispiel zum Löten – vor Ort besser gewesen. Dies zeigt auch die deutliche höhere Ausfallrate der Mikrocontroller im Vergleich zu den Vorjahren. In Abbildung 3.23 ist ein Beispiel eines defekten Mikrocontrollers abgebildet. Trotz des Tutoriums, der Videos, der zusätzlichen Selbstlernkurse und interaktiven Tests haben einige Studierende gravierende Fehler beim Verlöten der Stifteleiste gemacht. In diesem Fall hat der Student sämtliche Pins miteinander verbunden. In einem Präsenzformat wäre es nicht möglich gewesen, dass solche Lötstellen abgenommen und für den weiteren Einsatz freigegeben werden.

<sup>53</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.



*Abbildung 3.22: Umfangreicheres Mini-Projekt einer Studentin: aufgrund der filigranen Modelle, wurden diese mit einem mSLA Drucker gefertigt. Zusätzlich wurde die Elektronik in einem Holzgehäuse aus dem Lasercutter versteckt<sup>54</sup>*

Eine Person merkte an, dass die Abgabe von Programmieraufgaben via WordPress und der Upload eines Videos ein Problem darstellt. Zudem wurde der Wunsch geäußert einen größeren Schwerpunkt auf das Programmieren zu legen und mehr Beispiele zur Verfügung zu stellen. Insgesamt bewerten die Studierenden die Zufriedenheit mit der Veranstaltung durchschnittlich mit 1,5 (SD=0,65). Die anderen Veranstaltungen des Departments erhielten durchschnittlich die Bewertung 1,97 (SD=1,0).

Die Evaluation des Sommersemesters ist mit deutlich mehr Freitextantworten und einer höheren Rücklaufquote von 36 % umfangreicher ausgefallen, als im Wintersemester. Die Ergebnisse werden im Folgenden geordnet, paraphrasiert und zum Teil zitiert. So haben die Studierenden positiv hervorgehoben, dass die praxisorientierte Prüfungsleistung gelungen ist und das technische Verständnis sinnvoll mit Informatik verbindet. Mehrfach wurden die Themen der Veranstaltung und die Abwechslung von Soft Skills und Technik als gelungen bezeichnet, da die Inhalte nicht nur als relevant für das weitere Studium wahrgenommen wurden, sondern auch Themen behandelt werden konnten, die sonst nicht in den ersten

<sup>54</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.



*Abbildung 3.23: Studentischer (defekter) Mikrocontroller: zu viel Lötzinn an den falschen Stellen*

Semestern vermittelt werden und Teil von anderen Lehrveranstaltungen sind: „Damit kann man sich bereits orientieren, was überhaupt möglich ist.“

Trotz des positiven Feedbacks sind auch diverse negative Meinungen zur Veranstaltung mitgeteilt worden. Mehrfach wurde der Arbeitsaufwand als zu hoch für 6 KP bewertet. Dafür waren der Umfang und die Intensität der Übungsaufgaben zu hoch. „[...] zum Jahr zuvor, bei dem es mit deutlich weniger Aufwand, die selbe Zahl an KP gegeben hat.“ Außerdem wurde der unterschiedliche Arbeitsaufwand der Übungsaufgaben kritisiert. Während die Aufgaben zu Soft Skills vergleichsweise einfach und schnell bearbeitet werden konnten, war es deutlich schwerer die technischen Aufgaben zu lösen. „Bei einigen hat man einen ganzen Tag gebraucht und bei anderen vielleicht 2 Stunden. Das hat mir überhaupt nicht gefallen und finde ich auch nicht gut verteilt.“ Zudem erschloss sich einigen Studierenden der Sinn des Lerntagebuchs nicht. Über die Aufnahme von weiteren Studierenden von der Warteliste zum Sommersemester gab es von beiden Seiten Unzufriedenheit. So schrieb eine Person, die schon im Wintersemester dabei war: „Für die Übungszettel habe ich mit meinem Gruppenpartner teilweise sehr lange gebraucht und die beiden Semesterprojekt sind auch ziemlich umfangreich. Vielleicht hätte ich eine andere Meinung dazu, hätte das Winterprojekt den Umfang wie das von den Sommersemestlern.“ Im Gegensatz dazu schrieb eine Person, die von der Warteliste nachgerückt ist:

*„Was mir nicht wirklich gefallen hat war die Organisation für die Wartelistenteilnehmer. Du und auch die Tutoren habt einen wirklich guten Job mit den Inhalten und allem gemacht, aber als Wartelistenteilnehmer habe ich mich ein bisschen verloren in der Veranstaltung gefühlt. Einerseits, weil jegliche technische Inhalte die in eigenen Vorlesungen im Wintersemester behandelt wurden nur in sehr kurz zusammengefassten Videos im Courseware erklärt wurden. Andererseits, weil wir nun obwohl wir nichts dafür konnten, dass wir nicht gleich in die Veranstaltung gekommen sind, alle Inhalte selbst wiederholen musste, zusätzlich Zusatzaufgaben in den Übungszetteln lösen mussten und zusätzlich dazu noch ein eigenes Mini-Projekt gestalten mussten. Ich glaube, dass einer oder zumindest zwei dieser Wiederholungspunkte bereits gereicht hätten, da wir ja nicht richtig freiwillig alle Inhalte aus 2 Semestern in einem wiederholen mussten und es uns nicht gerade Vorteile gebracht hat, in den vorangegangenen Veranstaltungen nicht teil haben zu können.“*

Zusammengefasst waren Personen aus beiden Gruppen unzufrieden mit der Organisation der Studierenden von der Warteliste. Seitens der Organisation wurde zusätzlich angemerkt, dass die finalen Abgabetermine für die Projekte und Abschlusspräsentation erst zum Ende des Semesters kommuniziert wurden. Insgesamt wurde die Veranstaltung mit 1,62 (SD = 0,86) bewertet und ist etwas besser als der Durchschnitt der anderen Veranstaltungen des Departments mit 1,7 (SD = 0,86).

Zum Ende des Sommersemesters haben die Studierenden in vierer Gruppen ein Artefakt aus dem Kontext Smart-Environments unter Einsatz von Einplatinencomputern, Mikrocontrollern, Sensoren und Aktoren gefertigt und dokumentiert. Durch den Einsatz von 3D-Druckern und einem Lasercutter wurden die Projekte zusätzlich entsprechend eingebettet. Als übergeordnetes Projektziel wurde die Entwicklung und Dokumentation eines Prototyps einer technischen Lösung eines Alltagsproblems gefordert. Dabei sind insgesamt elf Projekte entstanden, die kurz beschrieben und auf die verwendeten Technologien in Bezug auf die vermittelten Lehrinhalte der Veranstaltung untersucht werden. Da die Hardware-Plattform und die dazugehörigen Aufsätze vorgegeben waren, werden diese nicht mehr erwähnt.

Bis auf die Gruppe Jukebox Pi, die einen Raspberry Pi verwendet hat, um eine alte Musikanlage mit dem Smartphone steuern zu können und Musik von diversen Streaming-Diensten abzuspielen, haben alle anderen Projekte unmittelbar die Inhalte der Lehrveranstaltung genutzt.

Das Projekt *ESP8266 basierter RFID-Scanner mit Raumnutzungssystem* hat in Kombination mit einem Raspberry Pi und RFID Tags und Lesern die Blaupause für ein System entwickelt, welches die Raumnutzung einzelner Personen dokumentieren kann und bei einer aufgetretenen Coronainfektion sämtliche Teilnehmende per Mail benachrichtigt, die mit der infizierten Person zur selben Zeit im Raum waren. Als Kommunikationsarchitektur wurde REST genutzt.

Zwei Gruppen nutzen Blynk zur Finalisierung des Projektes. Die Gruppe *Smarter Briefkasten* (siehe Abbildung 3.24 Mitte) hat ein System entwickelt, welches via Blynk bei Abgabe eines Paketes eine Nachricht an das Smartphone sendet. Der Briefkasten kann per App oder

mit einem RFID-Tag geöffnet werden. Das Projekt *Smarter Wecker* wird per Blynk App konfiguriert und gibt neben einem Alarm (akustisch und visuell) auch die Temperatur, das Wetter, das Datum und die Uhrzeit aus.



Abbildung 3.24: Projekte von links nach rechts: Luftqualitätsmessung, Smarter Briefkasten, UniClock<sup>55</sup>

Die restlichen sieben Projekte nutzen alle MQTT zur Datenübertragung und Node-RED zur Verarbeitung. An Node-RED sind je nach Gruppe noch Dienste, wie Telegram oder Discord angebunden. Zu den Projekten gehört eine Luftqualitätsüberwachung mit Feuersalarm (siehe Abbildung 3.24 links), zwei Alarmsysteme (Magnetschalter und Bewegungsmelder), ein smarter Rauchmelder und eine Wetterstation. Besonders hervorzuheben sind die Projekte *Modular Entrance Devices (MED)* und *UniClock* (siehe Abbildung 3.24 rechts). MED ist eine smarte Haustürklingel mit einem Display und Uniloc zeigt diverse konfigurierbare Parameter auf insgesamt drei OLED-Displays an. Beide Projekte zeichnen sich durch eine komplexere und extrem konfigurierbare Web-App, die mit Node-RED erstellt wurde, aus. Sämtliche Projekte sind auf <https://uol.de/informatik/sktk> verlinkt.

Zusätzlich hat die Lerngruppe nach der letzten Präsentation über das beste Abschlussprojekt abgestimmt. Jede Person konnte bis zu drei Punkte auf Projekte verteilen. Das Projekt *ESP8266 basierter RFID-Scanner mit Raumnutzungssystem* erhielt die meisten Stimmen und die Studenten dieser Gruppe haben je einen USB-Stick und einen Online-Kurs zur digitalen Fertigung gewonnen.

Insgesamt sind die Dokumentationen und Projekte als sehr gut zu bezeichnen, vor allem unter dem Gesichtspunkt, dass die meisten der Studierenden sich in der Studieneingangsphase befinden und noch keinen Kontakt zu solchen Projektarbeiten und technischen Inhalten hatten.

### 3.2.5.5 Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Abschnitt der Dissertation wurde die zweisemestrige Lehrveranstaltung *Soft Skills und Technische Kompetenz* beschrieben. Insgesamt haben 60 Studierende an dieser Veranstaltung teilgenommen. In der Veranstaltung wurden diverse Soft Skills (Zeit- und Selbst-

<sup>55</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden wird auf die Angabe der Bildquellen verzichtet.

management, wissenschaftliches Schreiben, Präsentationstechniken im wissenschaftlichen Kontext mit Folien und Postern, Rhetorik, Gruppenarbeit und Konfliktmanagement, Kreativitätsmethoden, Arbeit in Projekten, (Peer-)Feedback), als auch technische Inhalte im Kontext Smart-Environments (Funktionsweise des Internets, Elektrotechnik, Löten, Mikrocontroller Programmierung, Kommunikation in Netzwerken mit REST und MQTT, Internet of Things Frameworks, wie Node-RED und Blynk) vermittelt. Als Prüfungsform wurde ein E-Portfolio gewählt, in welchem die Studierenden über das gesamte Jahr hinweg regelmäßig Aufgaben bearbeitet und ihren Lernfortschritt dokumentiert haben. Im Wintersemester wurde mit Hilfe von 3D-Druck und Lasercutting ein Artefakt entwickelt, welches das aktuelle Wetter mit Lichteffekten darstellt. Im Sommersemester haben die Studierenden in Vierergruppen eine Smart-Environments Lösung auf Basis des Wemos D1 Mini (ESP8266) und kompatiblen Shields erstellt. Die Veranstaltung im Wintersemester wurde von den Studierenden sehr gut evaluiert und im Sommersemester ebenfalls gut bewertet. Die Mischung aus Soft Skills und technischen Inhalten, das Prüfungsformat und die Relevanz der Inhalte für das weitere Studium wurden häufig positiv erwähnt, während die zu hoch wahrgenommene Arbeitslast der häufigste Kritikpunkt seitens der Studierenden war.

Das E-Portfolio mit WordPress funktioniert auch in der größeren Gruppe zuverlässig und schnell. Bei kleineren Problemen mit nicht kompatiblen WordPress-Themes konnte die Hochschuldidaktik binnen weniger Stunden Lösungen anbieten. Ein guter und vor allem schneller Support ist bei größeren Gruppen dringend notwendig.

Die Lehrveranstaltung wurde als hybrides Lehrkonzept angemeldet, musste jedoch kurzfristig zum Wintersemester als Online-Veranstaltung umgeplant werden. Dies bot zeitgleich jedoch die Möglichkeit mehr Inhalte im Courseware Kurs zu digitalisieren und für die künftige Lehre wiederzuverwenden. Trotz des größtenteils positiven Feedbacks wurden bei der Skalierung des Lehrkonzeptes diverse Schwächen in der Organisation und dem Ablauf festgestellt, die in der folgenden Iteration optimiert werden. Der Arbeitsaufwand war seitens des Dozenten initial enorm, da neben den Vorlesungen, auch die Tutorien und Verlaufspläne, die Übungszettel, die Erwartungshorizonte zur Bewertung der Übungsaufgaben, die Hardwarebestellungen, die Ausleihe und die Hilfskräfte koordiniert werden mussten. Auch die Tutorinnen und Tutoren waren mit der wöchentlichen Durchsicht der Portfolios und Leitung der Übungen zeitlich voll ausgelastet. In Zukunft sollte der Zeitaufwand für alle etwas reduziert werden. Dies kann durch weniger Abgaben, mehr Personal und die bereits erfolgte Vorbereitung aus diesem Jahr erreicht werden. Lötübungen – vor allem online (bedingt durch das Hygienekonzept) – skalieren kaum mit größeren Gruppen. Nicht nur die Finanzmittel für die Ausleihe, als auch der zusätzliche Aufwand bei der Organisation und Support bei Problemen ist online schwierig. Dies zeigt sich vor allem durch die hohe Rate an defekten Mikrocontrollern in diesem Jahr. In Zukunft werden keine Online-Lötübungen mehr durchgeführt. Es ist außerdem fraglich, ob alle Personen in der Veranstaltung das Löten beherrschen müssen, da es in der Gruppenarbeit ausreicht, wenn sich eine Person auf die Fertigung spezialisiert. Für die kommende Iteration wird daher komplett auf das Löten verzichtet, das Selbstlernmaterial bleibt aber als Online-Kurs erhalten.

Ein weiterer Kritikpunkt ist die Vergabe der Punkte und des Feedbacks zu den Übungsaufgaben. Die Lehrenden haben in Tabellen die Punkte und das Feedback für die Studierenden festgehalten. Jedoch hatten die Studierenden keine Übersicht über den aktuellen Punktestand, da die Punkte selbst aus den einzelnen Blogeinträgen aufsummiert werden mussten. Zur besseren Transparenz könnte ein System genutzt werden, bei dem die Studierenden auf einen Blick sehen, dass die Bewertung und Punktevergabe abgeschlossen sind.

Der 3D-Druck und der Lasercutting-Service während der Corona Kontaktbeschränkungen im Wintersemester waren ebenfalls ein enormer Zeitaufwand. Um den Arbeitsaufwand für alle zu reduzieren, wird es zum Wintersemester kein Projekt mehr geben, bei dem größere Artefakte entwickelt und gefertigt werden müssen. Ein Lampenschirm für die Wetterlampe mit den Dimensionen 3cm x 3cm x 3cm, sollte ausreichen, damit die Studierenden zum einen ein eigenes Artefakt entwickelt haben, aber der Zeitaufwand in der Entwicklung und Fertigung überschaubar bleibt. Insgesamt skaliert ein solcher Fertigungsservice nicht mit größeren Lerngruppen und sollte – auch zu Pandemiezeiten – nicht angeboten werden.

Sämtliche Vorlesungs- und Übungsinhalte haben sich für die Veranstaltung bewährt. Alle Inhalte waren hinsichtlich der Lernziele und Prüfungsleistung geeignet. Dies wird auch durch die hohe Übereinstimmung der technischen Inhalte in der Umsetzung der Abschlussprojekte bestätigt. Nur eine Gruppe hat eine andere Technologie zur Umsetzung des Projektes genutzt, während alle Anderen Blynk, Node-RED, Arduino, REST oder MQTT in der Entwicklung genutzt haben. Die Hardwareplattform Wemos D1 mini hat sich erwartungsgemäß gut in der Lehre bewährt. Durch die standardisierte Hardware war vor allem der Bestellprozess planbar und finanziell überschaubar. Dieses Vorgehen könnte daher für noch größere Lerngruppen beibehalten werden.

Interessant ist zudem, dass das Sommersemester insgesamt etwas schlechter evaluiert wurde als das Wintersemester, obwohl bereits zum Übergang der Veranstaltung zum Sommersemester das Feedback der Studierenden zum Teil implementiert wurde. So wurden die Häufigkeiten der Übungsaufgaben deutlich reduziert und die Bearbeitung der Übungen in einem Blended Learning Format angeboten. Zu den Übungen wurde Material vorbereitet, das die Studierenden sich selbst oder in Gruppen anlesen konnten, um so die Aufgaben zu bearbeiten, die später in den Übungen gemeinsam besprochen werden. Auf diesen Grundlagen bauen dann die praktischen Übungen vor Ort auf. Trotz dieser Anpassung wurde der Workload immer noch als zu hoch empfunden. Eine Ursache könnte der Umfang des Projektes und der Präsentation sein. Da die Studierenden in den zuvor beschriebenen Seminaren die Projekte alleine umsetzen konnten, ist fraglich, inwiefern der Umfang der Entwicklung und Dokumentation für eine Vierergruppe als zu hoch zu bewerten ist. Für das kommende Jahr kann daher getestet werden, inwiefern die Studierenden den Arbeitsaufwand als angemessener empfinden, wenn die Gruppengröße erhöht wird. So ist nicht nur der Workload pro Kopf geringer, sondern auch der Aufwand für die Lehrenden, da insgesamt weniger Projekte bewertet werden müssen. Dies ist bei der weiteren Skalierung des Lehrkonzeptes zu beachten, da die Durchsicht sämtlicher Dokumentationen und die Formulierung von Feedback für die einzelnen Gruppen viel Zeit in Anspruch nehmen.

Der Makerspace ist essentieller Teil des Lehrkonzeptes. Dieser bietet den Studierenden einen Raum zum Basteln und zum Austausch. Die Personen, die den Raum betreuen, sollten jedoch auf jeden Fall selbst mit sämtlichen Maschinen und der Hardware vertraut sein. Es ist zudem empfehlenswert mehrere 3D-Drucker zur Verfügung zu stellen und auch Personen zu haben, die die Geräte warten können. Zur Eröffnung des Makerspaces waren fünf 3D-Drucker intakt und einsatzbereit. Im Laufe der Projektphase sind drei der fünf Geräte zwischenzeitlich ausgefallen. Zwar konnten diese Drucker nach spätestens einem Tag wieder in Betrieb genommen werden, jedoch sind diese Ausfallzeiten kritisch bei nur wenigen Geräten und vielen Lerngruppen, die z.T. lange Druckaufträge starten. Auch ist die notwendige Zeit und Know-How zur Reparatur der Drucker nicht zu unterschätzen. Alles in allem ist der Makerspace gut ausgestattet und mit täglichen Öffnungszeiten hatte jede Gruppe genügend Zeit, die Geräte vor Ort zu fertigen und sich dabei Unterstützung einzuholen.

Das Lehrkonzept zeigt, dass Aspekte des forschenden Lernens bereits vom ersten Semester an in der Lehre integriert werden können und auch erste Projektarbeiten in der Studieneingangsphase möglich sind, sofern zuvor entsprechende Kompetenzen sinnstiftend und am Kontext vermittelt werden. Vor allem die zum Teil bemerkenswerten Abschlussprojekte beweisen, dass selbst Informatikstudierende in den ersten beiden Semestern hervorragende Systeme entwickeln und dokumentieren können, obwohl die grundständige Ausbildung noch nicht abgeschlossen ist.

### 3.2.6 Iteration 5: Finalisierung

In diesem Kapitel wird nun das finalisierte Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* vorgestellt. Es basiert auf den Erfahrungen aus insgesamt neun Semestern Lehre im Kontext Smart-Environments und vereint die Ideen des forschenden Lernens, Informatik im Kontext, Constructive Alignments, Cognitive Load Theory und E-Portfolios als formative Leistungsprüfungen in einem einzigen Lehrkonzept für die Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge mit über 100 Studierenden zur fachlichen und überfachlichen Qualifikation der Lernenden. Neben der bisher üblichen Struktur zu den Leitideen, zur Lerngruppe, fachspezifischen und methodischen Überlegungen, Evaluation, Zusammenfassung und Diskussion, folgt eine abschließende Diskussion zu den vergangenen viereinhalb Jahren und der inkrementellen Entwicklung der Lehrkonzepte.

#### 3.2.6.1 Leitideen und Zielsetzung

Insgesamt sind die Leitideen und das Lehrkonzept im Vergleich zum Jahr davor identisch geblieben (siehe 3.2.5): die überfachliche Qualifikation von Studierenden in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge mit Aspekten des forschenden Lernens im Kontext Smart-Environments. Jedoch wurden aufgrund der Erfahrungen aus dem Jahr zuvor und den neuen organisatorischen Umständen, wie einer größeren Gruppe und der Reduzierung der Coronaschutzmaßnahmen, diverse Änderungen im Ablaufplan, der Struktur, den Vorlesungs- und Übungsinhalten vorgenommen. Um die Studierenden in einem zufriedenstellenden Um-

fang betreuen und die Portfolios sichten zu können, wurden insgesamt sechs Tutorinnen und Tutoren geschult und eingesetzt. Die Leitideen für die letzte Iteration sind in erster Linie:

- Workload ausbalancieren: Inwiefern können die Lernziele auch mit weniger E-Portfolio Abgaben erreicht und geprüft werden?
- Skalierung des Selbstkonzepts: Funktioniert die Lehrveranstaltung auch mit 100 Studierenden mehr? Welche Anpassungen müssen bei den technischen Übungen und den Tutorien vorgenommen werden?
- Stress-Tests der Infrastruktur: Inwiefern funktionieren die E-Portfolios auch in größeren Veranstaltungen zuverlässig und stabil?
- Forschendes Lernen expliziter im Vergleich zum Jahr zuvor hervorheben: Wie wird in technischen Bereichen geforscht?
- Mehr E-Learning: Weiteres Lernmaterial und Videos im Courseware Kurs zur selbständigen Wiederholung der Inhalte ergänzen.

Aus diesem Grund wurden ergänzend zu den Lernzielen aus 3.2.5, die folgenden Lernziele zusätzlich formuliert. Die Studierenden ..

- .. erkunden gemeinsam im Rahmen zweier Lehrveranstaltungen den Entwicklungsprozess im Kontext der technisch-entwickelnden Forschung. Der Prozess umfasst die Identifikation von kleineren, lösbaren Teilproblemen des Gesamtproblems, Erhebung und Formulierung von Anforderungen, Priorisierung von Arbeitspaketen, Recherche von verwandten Arbeiten und die Einordnung dieser in das eigne Projekt/Forschungsvorhaben, systematische Recherche von Lösungsmöglichkeiten und Abwägung dieser bei der Umsetzung im eigenen Projekt, Gütekriterien in der Forschung, inkrementelle Entwicklung und Verbesserung von Prototypen und allgemeine Hinweise zur Fehlersuche und -behebung im technischen Kontext.
- .. konstruieren unter vorgegebenen zeitlichen und materiellen Beschränkungen als Team in einem iterativen Prozess eine geometrische Figur. Im Anschluss reflektieren sie ihr eigenes Handeln in einer Gruppe und die Relevanz von inkrementellen Fortschritten in technischen Kontexten.

### 3.2.6.2 Lerngruppe

Da sechs Tutorinnen und Tutoren eingestellt wurden, konnte unter Berücksichtigung eines Betreuungsschlüssels von etwa 20 Studenten pro Tutorin bzw. Tutor, die Veranstaltung für 140 Studierende freigeschaltet werden<sup>56</sup>. Die Teilnehmenden sind größtenteils aus der Studiengangphase der Informatikstudiengänge, wobei 18 Personen aus höheren Semestern

<sup>56</sup> Der Dozent wurde bei der Berechnung des Betreuungsschlüssels mitberücksichtigt

oder anderen Studiengängen, wie Pädagogik, Sozialwissenschaften, Philosophie, Betriebswirtschaftslehre, Physik, Technik und Medizin (PTM), Humanmedizin kommen. Zusätzlich nahm eine Gastzuhörerin an der Veranstaltung teil und legte die Prüfung erfolgreich ab. Insgesamt waren 16 Personen in der Veranstaltung weiblich.

Die Vorerfahrungen im Bereich Technik und Smart-Environments sind mit den Jahren zuvor vergleichbar. Die meisten hatten bisher keine Berührungspunkte mit smarten Technologien. Einzelne Personen waren jedoch schon sehr versiert gewesen und hatten zum Teil bereits eigene Smart-Home Lösungen zu Hause entwickelt.

### 3.2.6.3 Fachspezifische Inhalte und Methodische Überlegungen

Eine der größten Anpassungen in diesem Semester war die Reduzierung der Übungsaufgaben im E-Portfolio. Die Studierenden aus dem Jahr zuvor hatten wöchentliche Abgaben, die in einem sieben Tage Intervall fertigzustellen waren. Aufgrund der nun deutlich größeren Gruppe und der Rückmeldung der Studierenden wurde die Anzahl der Übungsaufgaben halbiert. Es gibt nur noch einen Übungszettel alle zwei Wochen. Dadurch können zwar die Lernziele nicht mehr so kleinschrittig geprüft werden, jedoch haben die Studierenden und die Tutoren mehr Zeit für die Bearbeitung und Bewertung der Aufgaben. Außerdem ist die Vergabe der Punkte in diesem Semester transparenter gestaltet. Neben dem Feedback und den Punkten direkt im Blog unter den Abgaben, gibt es zusätzlich in der Stud.IP Veranstaltung einen Reiter mit einer Übersicht der erreichten Punkte, der maximal möglichen Punkte der jeweiligen Abgaben und der Gesamtpunktzahl aller Abgaben.

In der Tabelle 3.9 ist eine Übersicht der Lehrinhalte aus dem Wintersemester 2021/2022 dargestellt. Die Auftaktvorlesung hat sich im vorherigen Jahr bewährt und ist in den überwiegenden Teilen identisch geblieben. Die studentischen Projekte aus dem Jahr zuvor wurden der neuen Lerngruppe kurz vorgestellt, um die Prüfungsleistung für sich besser einordnen zu können. Krankheitsbedingt musste die zweite Vorlesung in diesem Jahr entfallen. Darauf folgte die Vorlesung zum Thema Zeit- und Selbstmanagement. Auch hier wurden die meisten Inhalte aus dem Jahr übernommen. Jedoch wurde stärker auf das Entstehen und Ändern von Gewohnheiten am Beispiel der Atomic Habits nach Clear (2018) eingegangen.

Im Gegensatz zum Jahr zuvor, wurde die Vorlesung Konfliktmanagement vorgezogen, da die Funktionsweise des Internets zu Beginn des Studiums weniger Relevanz hat, als das Erkennen und Lösen von möglichen Konflikten. Daher wurde die Übung zum Internet und Computernetzwerken nach hinten geschoben. Diese Übung selbst wurde analog zum Jahr davor in einer Online-Übung und einer interaktiven Mindmap durchgeführt.

Eine weitere Änderung ist die gemeinsame Übung zum parametrischen Design noch im November des Jahres. Im Jahr zuvor wurde das parametrische Design mit Selbstlernvideos und Übungsmaterial als Abgabe im E-Portfolio zum Ende des Wintersemesters behandelt. Da das eigene Kompetenzerleben im Vordergrund steht und zur Stärkung des technischen Selbstkonzepts durch positives Feedback von außen, wurde auch in diesem Jahr Wert darauf gelegt, dass die Studierenden in der vorlesungsfreien Zeit zum Jahreswechsel bereits ein selbst

*Tabelle 3.9: WiSe 21/22 – Inhalte der Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 1*

Sitzung	Thema	Inhalt
1	Organisation und Modulvorstellung	Vorstellung des Moduls, der Inhalte, der Prüfungsleistung und der Lernziele. Einführung Soft Skills und Kompetenz.
2	Entfallen	Stattdessen wurde zum Semesterende ein zusätzliches Tutorium zu den technischen Inhalten der Veranstaltung angeboten.
3	Zeit- und Selbstmanagement	Ursachen und Maßnahmen gegen Prokrastination, Definition und Methoden des Zeit- und Selbstmanagements, Digital Well-being.
4	Konfliktmanagement	Definition, Arten von Konflikten, Ursachen, Phasen der Konflikt-Eskalation, Konfliktvermeidung und Konfliktlösung.
5	Wie funktioniert das Internet	Bestandteile und Funktionsweise des Internets erarbeitet und in einem Sequenzdiagramm festgehalten.
6	Parametrisches Design	Einführung in BlocksCAD.
7	Grundlagen Elektrotechnik	Einführung der Kenngrößen Strom, Spannung und Widerstand. Im Anschluss gemeinsame Erstellung eines Glossars zu den wichtigsten Begriffen und Technologien, die in dieser Veranstaltung verwendet werden.
8	Einführung Mikrocontroller	Siehe Veranstaltung aus dem letzten Semester. Übung auf einem virtuellen Steckbrett mit einem virtuellen Mikrocontroller.
9	Übung Mikrocontroller	Weitere Übungen auf dem virtuellen Steckbrett. Pull-Up und Pull-Down Widerstände für Eingänge, Pulsweitenmodulation und Analog-Digital Wandlung.
10	Mikrocontroller und Winterprojekt	Vorbereitung der Hardware und Werkzeuge des Winterprojekts. Programmieraufgaben zur Adressierung des LED-Streifens.
11	Wissenschaftliches Schreiben	Einführung in das wissenschaftliche Schreiben mit Hinweisen zur Form, Aufbau und Schreibstil von akademischen Ausarbeitungen
12	Rhetorik und wissenschaftlich Präsentieren	Exkurs zum Thema Rhetorik und Präsentationstechniken; gefolgt von einer Einheit zum Präsentieren mittels Folien.
13	Feedback formulieren und Poster	Vorlesung zum Thema (Peer-)Feedback und Präsentieren mittels Postern.
14	Evaluation und Blynk	Evaluation der Lehrveranstaltung und Apps mit Blynk erstellen.

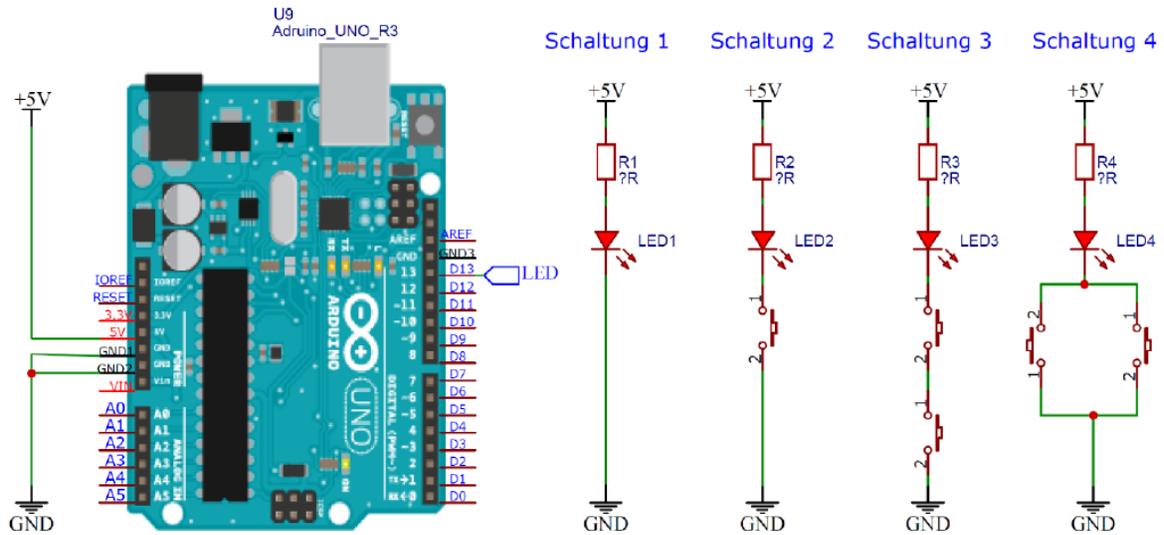


Abbildung 3.25: Schaltung zum Nachstecken auf einem virtuellen Steckbrett

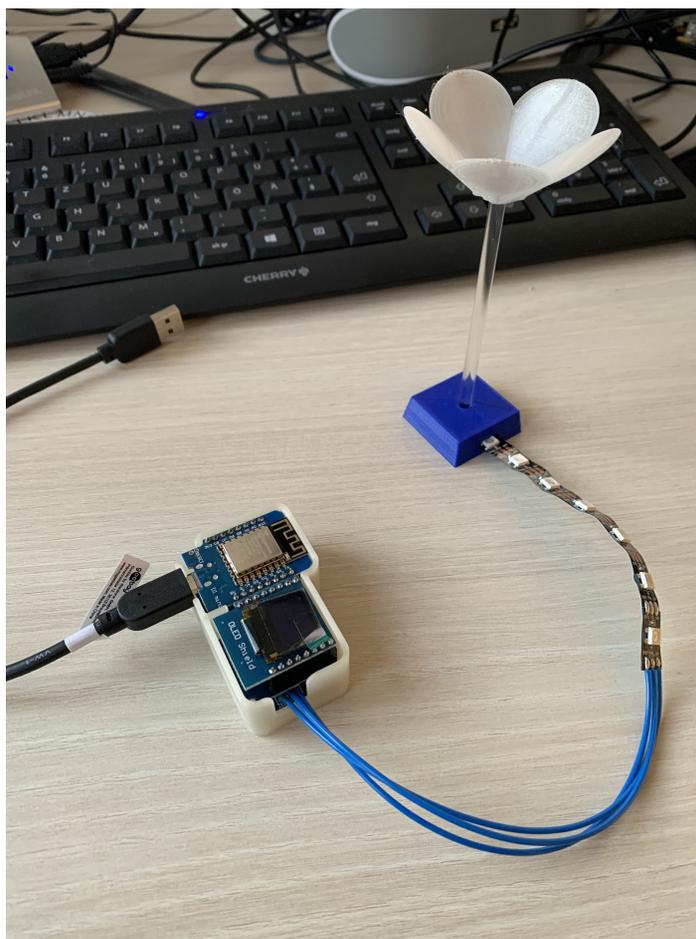
entwickeltes Artefakt zu Hause zum Basteln und Zeigen besitzen. Während es im Jahr zuvor der Lichtwecker mit App-Steuerung war, sollte in diesem Jahr die Wetterlampe von Pancratz et al. (2019) gefertigt werden. Aufgrund der deutlich größeren Lerngruppe und der zweiwöchigen Abgabefrist der Übungsaufgabe, musste diese Übung noch im November stattfinden, um zu gewährleisten, dass die erstellten 3D-Modelle bis zu Beginn der vorlesungsfreien Zeit an die Studierenden ausgehändigt werden konnten. Die darauffolgende Veranstaltung zur Elektrotechnik wurde bis auf Anpassungen im Einstieg identisch zum Jahr zuvor durchgeführt.

Die Übung zur Mikrocontroller Programmierung musste für dieses Jahr ebenfalls angepasst werden, da die Studierenden im Gegensatz zu den Peers aus dem vorherigen Semester keine eigene Hardware vor Ort haben. Als Alternative wurde TinkerCAD Circuits<sup>57</sup> erprobt. Mit diesem Online-Werkzeug können die Studierenden auf einem virtuellen Steckbrett Schaltungen stecken und einem virtuellen Mikrocontroller programmieren. Neben einer allgemeinen Einführung zu Mikrocontrollern und der Arduino IDE – analog zu den Jahren davor – sollten zunächst Schaltungen auf dem Steckbrett gesteckt (siehe Abbildung 3.25), ein Vorwiderstand berechnet und anschließend in der Simulation getestet werden. Sobald dies funktioniert hat, sollte eine virtuelle RGB-LED angeschlossen und bestimmte Leuchanimationen programmiert werden. In der darauffolgenden Übung wurden digitale und analoge Eingänge, Pull-Up und Pull-Down Widerstände und Pulsweitenmodulation zum Dimmen von LEDs behandelt. Die Übungsinhalte wurden erneut mit Hilfe des virtuellen Steckbrettes praktisch erprobt.

In der letzten Übung vor der vorlesungsfreien Zeit zum Jahreswechsel wurde die Wetterlampe als Winterprojekt vorbereitet. Aufgrund der zu dieser Zeit erneut ansteigenden Corona-Infektionen, wurden die praktischen Übungen vor Ort abgesagt und stattdessen online durchgeführt. Die Studierenden konnten sich die Hardware entweder in der Uni abholen oder gegen

<sup>57</sup> <https://www.tinkercad.com/circuits>, letzter Aufruf: 01.01.2023

einen Aufpreis in Höhe der Versandmarke zusenden lassen. Die Vorbereitung der Hardware und des Versands wurde von den Hilfskräften und dem Lehrenden vorbereitet und umfasste das Lötten der für dieses Projekt entwickelten Platinen<sup>58</sup>, das Zuschneiden und Verbinden der LED-Streifen und ggf. das Packen der Kartons für den Versand. In der Abbildung 3.26 ist die vollständige Hardware samt Zubehör abgebildet. Dazu gehört die Basisplatine, der Wemos D1 mini, ein OLED-Display, ein WS2812b LED-Streifen, zwei gedruckte Gehäuse, ein Acrylglasstab und ein individueller Lampenschirm.



*Abbildung 3.26: Vollständige Hardware der Wetterlampe: Basisplatine, Mikrocontroller-Board Wemos D1 mini, OLED-Display, LED-Streifen und ein gedruckter Lampenschirm auf einem Acrylglasstab*

Inhaltlich wurde die Vorbereitung und Inbetriebnahme der Werkzeuge und Programmieraufgaben zur Adressierung der LEDs behandelt. Neben den Folien und Beispielen wurde zudem eine Videoreihe in Courseware vorbereitet. Die Übung schloss mit einer Blaupause zum Empfang von Wetterdaten über die Openweathermap API ab. Als Hausaufgabe verblieb

<sup>58</sup> <https://oshwlab.com/johannesB/smarteklummedualboard>, letzter Aufruf: 01.01.2023. Die Platine ermöglicht das unkomplizierte Verbinden vom Mikrocontroller, OLED-Display und LED-Streifen. Im ursprünglichen Workshop wurde die Hardware auf einem Steckbrett verbunden.

dabei die Gestaltung einiger LED-Effekte für ausgewählte Wetterphänomene. Nach der vorlesungsfreien Zeit wurde eine Vorlesung zum wissenschaftlichen Schreiben durchgeführt. Im Gegensatz zum Jahr davor – in welchem letztlich zwei Vorlesungen zu diesem Thema angeboten wurden – wurden die Inhalte beider Vorlesungen in einer zusammengefasst und das wissenschaftliche Präsentieren in die darauffolgende Woche verschoben. Die Verschiebung verbessert den inhaltlichen Aufbau der Lehrveranstaltung, da Rhetorik, Präsentationstechniken und Ansprüche an einen Fachvortrag besser zusammenpassen. In der folgenden Woche knüpfte passend eine Vorlesung zum Präsentieren mit Postern und zum Geben und Nehmen von (Peer-)Feedback an. Das Semester endet mit einer Übung zur Appentwicklung mit Blynk. Hierbei übertragen die Studierenden Daten vom Mikrocontroller zur App und vice versa, und im Anschluss wird der LED-Streifen des Winterprojektes mit der App gesteuert. Zusätzlich wurden an diesem Termin die Ergebnisse der Lehrveranstaltungsevaluation besprochen.

Studierende, die ihre Note aufbessern wollten, konnten in Kleingruppen die Wetterlampe des Winterprojektes erweitern, indem der Funktionsumfang mit einer Blynk App erweitert wird. Die Blynk App muss dabei aus mindestens sechs verschiedenen Widgets bestehen und das Projekt muss mit einem Blogbeitrag und einem Poster dokumentiert werden.

In der Tabelle 3.10 ist der Ablaufplan des Sommersemesters 2022 dargestellt. Im Gegensatz zu den drei Semestern zuvor konnten diese Veranstaltungen wieder in Präsenz stattfinden. Das Semester startete mit einer Vorlesung zur weiteren Organisation der Veranstaltung und zur Ideenfindung und -strukturierung (identisch zum Jahr davor). Zur Organisation gehört der weitere Ablauf, Details und Deadlines zum kommenden Abschlussprojekt: die Studierenden konzipieren, entwickeln und dokumentieren in Fünfer-Gruppen eine eigene Lösung aus dem Kontext Smart-Environments. Zur Förderung der Projekte in diesem Jahr wurden statt Studienqualitätsmittel Fördergelder in Höhe von 3.000 € eingeworben. Die Vorlesung zu Kreativmethoden ist in dieser Lehrveranstaltung besser als im Vorjahr platziert, da die Inhalte in den kommenden zwei Wochen erneut benötigt werden.

Die zweite und dritte Vorlesung wurden neu konzipiert. Zuvor wurde das forschende Lernen im Vorjahr nicht explizit genug vermittelt. Dies sollte in diesem Jahr geändert werden, indem das forschende Lernen am Beispiel einer Engineering-Design-Challenge (siehe zum Beispiel Estapa und Tank, 2017 oder Householder und Hailey, 2012) im Kontext Smart-Environments vorgestellt wird. Householder und Hailey (2012) beschreiben Engineering-Design-Challenges als noch unstrukturierte Problemstellungen, die mit ingenieurtechnischen und wissenschaftlichen Werkzeugen und Methoden angegangen und gelöst werden. Typisch für diese Probleme sind Alltagssituationen, die die Lebensqualität betreffen<sup>59</sup>. Der Begriff *Engineering* bezieht sich dabei auf die systematische Entwicklung von (Teil-)Lösungen, die analog zur Praxis ein wissenschaftliches Vorgehen und interdisziplinäres Wissen aus den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften und Technik erfordern. *Design* umfasst das Erschaffen und (iterative) Verändern von typischerweise physischen Artefakten zur Problemlösung. Der letzte Begriff *Challenge* verdeutlicht, dass die Studierenden – so wie in der Forschung nicht unüblich –

---

<sup>59</sup> Aus diesem Grund ist Smart-Environments für Informatikstudierende der ideale Kontext, um einen solchen Prozess praktisch zu erproben.

*Tabelle 3.10: SoSe 22 – Inhalte der Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 2*

Sitzung	Thema	Inhalt
1	Organisation und Kreativmethoden	Ablauf des Semesters. Danach Vorlesung zur Ideenfindung und -strukturierung.
2	Forschend Lernen am Beispiel des Engineering Design Process I	Vorstellung eines iterativen Prozesses bei der systematischen Ideenfindung und dem erproben und testen möglicher Lösungsansätze über mehrere Generationen von Prototypen. In dieser Veranstaltung: Teilprobleme indentifizieren, Anforderungen erheben, Priorisierung, Recherche zu mehreren Lösungsmöglichkeiten der Teilprobleme, Eingrenzen der Lösungsmöglichkeiten durch verwandte Arbeiten oder Experimente. Exkurs zu Gütekriterien in der Forschung.
3	Forschend Lernen am Beispiel des Engineering Design Process II	Einstieg Spaghetti Challenge zur Verdeutlichung von iterativen Prozessen bei der Entwicklung. Danach Hinweise bei der Entwicklung und Verbesserung von Prototypen. Im Anschluss Tipps zum Testen und Debuggen.
4	Gruppenarbeit und Kommunikation	Kommunikationsformen, Modelle der Kommunikation, Fragetechniken, Methoden der Gesprächsführung, Kernelemente effektiver Teamarbeit, Themenzentrierte Interaktion.
5	Projektmanagement und Dokumentation	Definition, Projektrahmen, Projektstrukturplan, Projekthandbuch, Vorgehensmodelle, Führung von Projekten, Projektdokumentation, Versionsverwaltung mit Git.
6	Node-RED und MQTT	Funktionsweise MQTT, QoS Level mit Anwendungsbeispielen, Single- und Multilevel-Wildcards. Dazu eine praktische Übung zum Datenaustausch zwischen Mikrocontroller und Node-RED via MQTT. Ergänzung um einen Discord Chatbot, sodass der Mikrocontroller Daten in einem Discord-Channel ablegen kann.
7	Web-Apps mit Node-RED	Vor- und Nachteile von Web-Apps. Praktische Übung zur Erstellung einer eigenen Web-App mit Node-RED zur Visualisierung der Systemzustände und Steuerung des verteilten Bewässerungssystems.
8	IoT4School 2.0 Pilot	Pilotierung vom Smart-Home Learning Kit IoT4School (siehe Fandrich, Casjens et al. 2022. Gemeinsame Vorbereitung der Hardware und Software-Werkzeuge)
9	Projektphase	Keine Präsenzveranstaltung.
10	Projektphase	Keine Präsenzveranstaltung.
11	IoT4School 2.0 Pilot II	Pilotierung vom Smart-Home Learning Kit IoT4School (siehe Fandrich, Casjens et al. 2022. Verknüpfung der Hardwaremodule in praktischen Szenarien.
12	Projektphase	Offene Sprechstunde zum Projekt im Makerspace.
13	Präsentationen	Blockveranstaltung
14	Abschluss	Online Evaluation der Lehrveranstaltung und Erfahrungsbericht eines Studierenden zum Auslandssemester.

vor zum Teil ungelösten Problemen stehen und die Herausforderung darin besteht, dieses Problem zu lösen, ohne dabei mit den Mitstudierenden zu konkurrieren.

Dieser Prozess wurde nach den Richtlinien von Householder und Hailey (2012) und dem *Creative Engineering* Online Kurs<sup>60</sup> von Mark Rober inspiriert und angeleitet. Im ersten Schritt erfolgt die Suche nach einem Alltagsproblem, welches gelöst werden soll. Wichtig bei der Suche ist jedoch, dass ein Problem gewählt wird, welches eine persönliche Relevanz für die Studierenden hat, da dies laut Apedoe et al. (2008) die Beteiligung, Motivation und das Interesse erhöht. Um die Studierenden bei diesem Prozess zu begleiten, wurde in der Vorlesung der Rahmen *In der Universität* gewählt. Die Studierenden sollten alltägliche Situationen in der Universität sammeln und kurz beschreiben. In der Abbildung 3.27 sind die identifizierten Situationen dargestellt: in der Mensa, unterwegs in der Uni, im Hörsaal, in der Bibliothek und im Parkhaus. Die Studierenden sollen sich nun im nächsten Schritt in diese Alltagssituationen versetzen und Probleme beschreiben, die sie in diesen Situationen in der Vergangenheit beobachtet haben. Die erkannten Probleme sind in der Abbildung 3.27 in den orangenen Boxen dargestellt. In der Mensa wurde zum Beispiel das Problem von großen Menschentrauben bei der Pizzastation oder im Parkhaus die Suche nach einem Parkplatz genannt. Bei der Wahl des Problems ist zu beachten, dass das Projekt im Rahmen dieser Lehrveranstaltung sowohl zeitlich, als auch finanziell umsetzbar ist. Sobald das Problem erkannt wurde, haben sich die Studierenden über mögliche Lösungen ausgetauscht (siehe violettfarbene Boxen in Abbildung 3.27). Im Rahmen dieses Beispiels wurde exemplarisch der Diebstahl eines Fahrrads näher betrachtet. Sobald das Problem gewählt wurde, beginnt die Recherche, da es mehrere Lösungsmöglichkeiten gibt und die technischen Herausforderungen und Anforderungen jedes Mal abgewogen werden müssen. Dafür muss das Problem in kleinere Teilprobleme zerlegt und jeweils eine Lösung des Teilproblems betrachtet werden. Dazu gehören Rahmenbedingungen und Constraints, wie zum Beispiel Nicht-Funktionale Anforderungen, Einschränkungen der eingesetzten Technologien, Ressourcen, wie Zeit oder Finanzierung (Funding). Nachdem Anforderungen erhoben wurden, gilt es diese zu priorisieren: welche sind die elementaren Grundfunktionen und die Mindestanforderungen, um einen lauffähigen Prototyp zu entwickeln? Was lohnt sich fertig zu kaufen und was sollte selbst entwickelt werden (DIY or Buy)? Es ist dabei notwendig, Kompromisse zu wählen, da nicht immer möglich ist, alle initial gestellten Anforderungen voll zu erfüllen.

Danach kann die Recherche beginnen. Aufgrund der Parallelen zur Forschung ist diese Recherche ein zentraler Teil des Prozesses. Es müssen unter anderem verwandte Arbeiten betrachtet werden, indem beispielsweise in Publikationen oder Projektberichten recherchiert wird, es müssen Experimente geplant, Daten gesammelt und ausgewertet werden, um eine optimale Lösung zu finden. Dym et al. (2009) schlagen dafür eine Entscheidungsmatrix vor. Angelehnt am morphologischen Kasten aus der Vorlesung zu Kreativitätsmethoden wurden daher mögliche Lösungsansätze im Plenum gesammelt (siehe 3.28). Es wurden dabei die Lösungen priorisiert, die mit dem geringsten (finanziellen und zeitlichen) Einsatz das Problem lösen kann. Anforderungen, wie das Verfolgen von Zielen oder einer autonomen Energieversorgung wurden entfernt. Sofern keine eindeutige Lösung gefunden werden kann, wie

<sup>60</sup> <https://studio.com/mark-rober-engineering>, letzter Aufruf: 09.09.2023

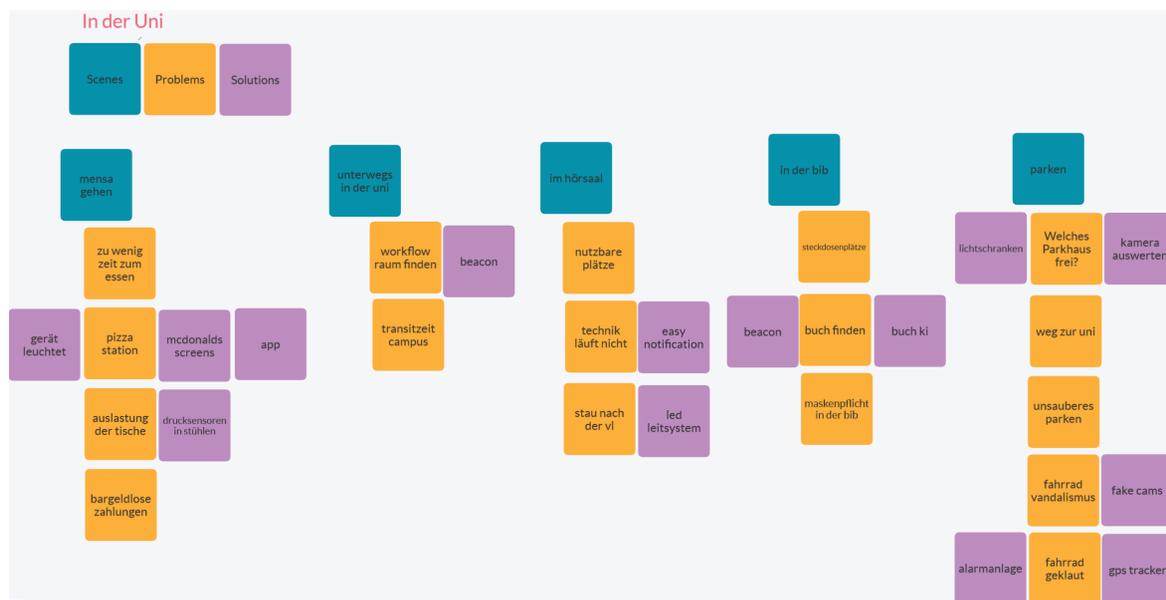


Abbildung 3.27: Smart-Environments im Uni-Alltag (blau): Die Studierenden identifizieren in Alltagsprobleme (gelb) und benennen mögliche Lösungen (violett)

zum Beispiel beim Erzeugen der Geräusche oder dem Detektieren von Bewegungen, sind Experimente notwendig, um eine fundierte Design-Entscheidung zu treffen. Der Lösungsansatz der Abbildung ist an dieser Stelle jedoch nur als Beispiel zu verstehen. Im Rahmen einer Vorlesung ist es nicht möglich, sämtliche Anforderungen zu erheben und für jede dieser Anforderung mögliche Lösungen zu recherchieren und zu wählen. Der Fokus lag in diesem Fall auf dem Prozess und dem allgemeinen Vorgehen beim Recherchieren. Die Vorlesungsinhalte zur Kommunikation, Rhetorik und Konfliktmanagement sollen den Studierenden später dabei helfen, eigene Lösungsansätze fundiert zu verteidigen und in der Gruppe zu geeigneten Kompromissen zu kommen.

Die darauffolgende Vorlesung schließt inhaltlich an und beginnt mit der Gruppenaufgabe (max. fünf Personen) aus 20 Spaghetti, 1m Klebeband, 1m Schnur und 18 Min einen möglichst hohen Turm mit einem Marshmallow an der Spitze zu bauen, welcher bis zur Messung in einer stabilen Lage verbleibt<sup>61</sup>. Weniger als die Hälfte der Gruppen konnten in dieser Zeit einen stabilen Turm erstellen. In der Abbildung 3.29 sind drei Lösungen dargestellt. In der anschließenden Reflexion sollten die Studierenden darstellen, warum sie als Team an der Aufgabe gescheitert waren oder Erfolg hatten. Als mögliche Fehlerursachen wurden von den Studierenden zu viele Diskussionen, zu wenig Tests und Zeitdruck identifiziert. Ein ähnliches Spiel wurde von Verzat et al. (2009) erprobt, um den Teilnehmenden die Bedeutung von Experimenten und Reflexion im Lernprozess zu verdeutlichen. Inhaltlich ging es in dieser Vorlesung um die Bedeutung von Prototypen, iterativen Entwicklungsschritten, Tipps und Tricks bei der Prototypenentwicklung, Definition-of-Done und Hinweise bei der systematischen Fehlersuche.

<sup>61</sup> Die Vorlage zu dieser Version des Spiels ist auf <https://www.marshmallowchallenge.com/> verlinkt.

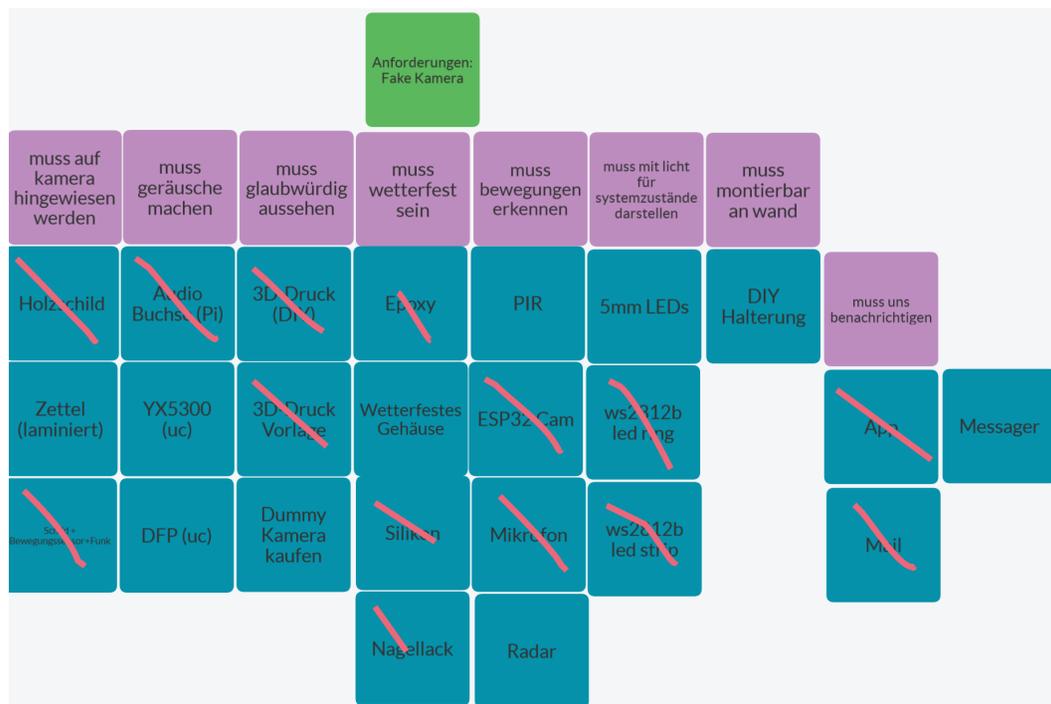


Abbildung 3.28: Angelehnt am morphologischen Kasten werden technische Lösungen zu priorisierten Anforderungen gegeneinander abgewogen

Die beiden Vorlesungen zu Kommunikation, Gruppenarbeit, Projektmanagement und Projektdokumentation sind inhaltlich analog zu den Vorlesungen im Jahr zuvor. Die Übungen zu Node-RED, MQTT und Web-Apps erfolgten inhaltlich ebenfalls analog zum Vorjahr.

Im Rahmen dieser Veranstaltung wurde zudem an zwei Terminen das IoT4School 2.0 Smart-Home Kit (siehe Fandrich, Casjens et al. 2022), welches als verbesserte Version des Vorgängers (siehe Fandrich et al. 2020). Beim Projekt IoT4School handelt es sich um ein Smart-Home Construction Kit (angelehnt an den Design Prinzipien von Resnick und Silverman (2005) für Construction Kits), welches Lernenden auch ohne Vorerfahrung ermöglicht, technische Lösungen für Alltagsprobleme zu entwickeln. Das System basierte in der ersten Iteration auf einem Raspberry Pi als Zentrale und diversen selbst-entwickelten Sensor- und Aktorplatinen (siehe Abbildung 3.30).

Mittels der vorbereiteten Firmware erfolgt der gesamte Datenaustausch und die Konfiguration im Hintergrund, sodass die Lernenden mit Node-RED beliebige Sensoren, Aktoren und Dienste graphisch miteinander verbinden können. Insgesamt sind bei der Entwicklung sieben Sensoren entstanden: ein smarterer Taster, der verschiedene Klickmuster erkennen kann, ein Feuchtigkeitssensor zur Erkennung von Wasserständen, Regen und Bodenfeuchtigkeit, ein Magnetschalter zur Zustandserkennung von Türen, Fenstern und Schubläden, ein Mikrofonmodul als Klatschsensor, einen passiven Infrarotsensor zur Bewegungserkennung und eine Wetterstation zur Messung von Feuchtigkeit, Licht, Temperatur und Luftdruck. Bei der Entwicklung der Aktoren wurde berücksichtigt, dass diese mit Bewegung, Licht oder Lautstärke

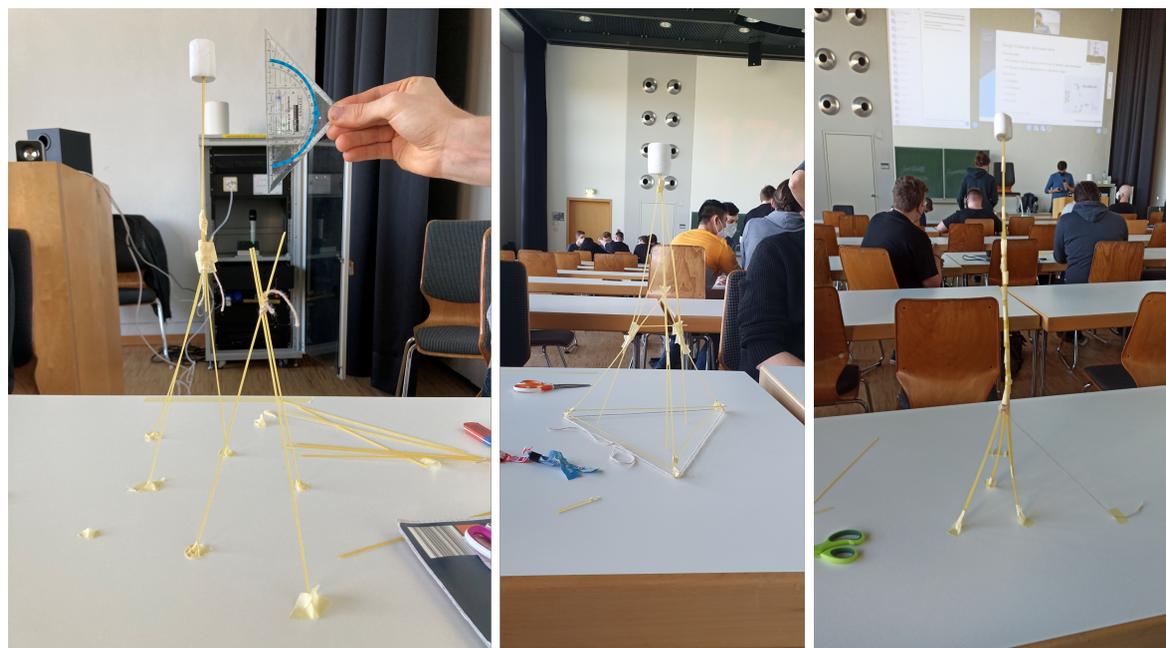


Abbildung 3.29: Drei Lösungen von Studierenden bei der Spaghetti-Challenge

in die Umwelt wirken. Dazu zählen eine Piezo-Platine zum Abspielen diverser Melodien, ein RGB-LED Controller zur Steuerung eines LED-Streifens, ein Modul zur Steuerung eines Servomotors und eine schaltbare Steckdose.

Die graphisch dargestellten Verbindungen sorgen mit nur einem Klick dafür, dass die gewünschten Verbindungen und Funktionen auch auf der realen Hardware umgesetzt werden. In Abbildung 3.31 ist eine exemplarische Anwendung dargestellt. Über den Sensorknoten Smartie, welcher den smarten Taster darstellt, wird mittels des Knotens *Dekodierer* das Signal je nach enthaltenem Payload an einen der vier Ausgänge weitergeleitet. Wird der Taster zum Beispiel nur einmal gedrückt, so wird der obere Ausgang gewählt, das Signal in einen AN-Befehl umgewandelt und an den LED-Streifen weitergeleitet. Bei einem Doppelklick wird der zweite Ausgang gewählt und das AUS-Signal an die LED gesendet. Beim Halten des Tasters, wird eine zufällige Farbe berechnet und abgeschickt. Obwohl es gelungen ist, einen Open-Source-Lernbaukasten zu entwickeln, der ein robustes, kostenloses und kostengünstiges Set zum Experimentieren und Lernen darstellt, haben mehrere Workshops mit Schülerinnen und Schüler (und Studierenden) verschiedene Einstiegshürden und Verbesserungsmöglichkeiten für den Einsatz in der Lehre aufgezeigt. Einige wesentliche Verbesserungspunkte sind die Beseitigung von Single-Point-of-Failure-Lötstellen, der hohe Aufwand beim Fertigen der eigenen Platinen und der initiale Konfigurationsaufwand für die Lernenden zu Hause. Neben der Beseitigung dieser Schwachstellen lag der Fokus bei der Überarbeitung vor allem auf der Anpassung der Mikrocontroller-Firmware, die bisher nur als Blackbox betrachtet werden konnte. Alle diese Problemstellungen wurden in der nachfolgenden Version behoben:

Die Herstellung (Ätzen, Schneiden, Bohren) und Vorbereitung dieser Platinen erfordern viel Zeit und Fachwissen seitens der Lehrkraft. Eine Verlagerung des Fertigungsprozesses ist nur

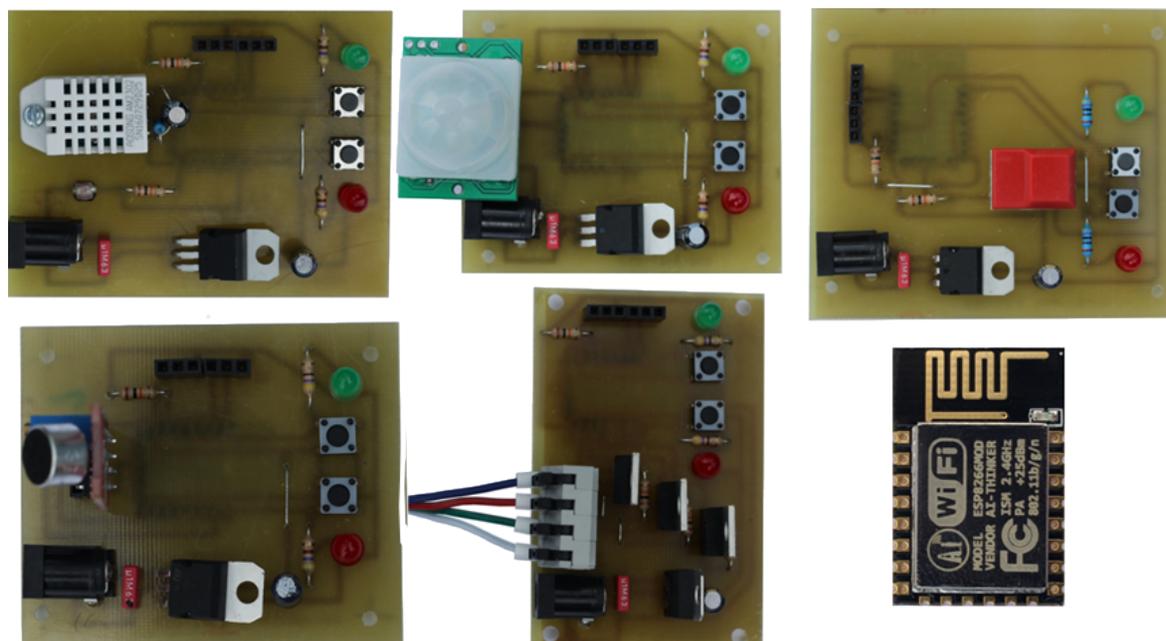


Abbildung 3.30: Übersicht einiger Platinen aus dem IoT4School-Kit. Von links oben nach rechts unten: Wetterstation, Bewegungsmelder, Taster, Klatscherkennung, RGB-Controller, Modul ESP-12E (Fandrich et al. 2020)

bedingt eine gute Lösung. Die Platinen weisen immer noch eine relativ große Anzahl von Lötstellen auf, die insbesondere für unerfahrene Personen eine Herausforderung darstellen und viele potenzielle Fehlerquellen beinhalten. Obwohl die Verwendung des Kits im Klassenzimmer und Seminarraum nach der ersten Einrichtung problemlos funktioniert, ist der dafür erforderliche Vorbereitungsaufwand enorm. Daher wurde entschieden eine Hardwareplattform zu verwenden, die auf demselben Mikrocontroller basiert, die käuflich erhältlich ist, die Anzahl der Lötverbindungen minimiert und welche die Möglichkeit bietet, zusätzliche Sensoren und Aktoren ohne unzuverlässige Jumper-Kabelverbindungen anzuschließen. Die Wahl fiel auf die LOLIN (ehemals Wemos) D1 Entwicklungsplatinen mit den entsprechend pin-kompatiblen Shields<sup>62</sup>.

Diese kostengünstigen Entwicklungsplatinen wurden auch schon in anderen Lehr- und Workshopformaten (siehe 3.2.5 und Pancratz et al. 2019) verwendet und haben sich als geeignete Plattform erwiesen. Abbildung 3.32 zeigt einen Überblick über alle Shields, die derzeit in der Infrastruktur integriert werden können. Dazu gehören ein Taster, PIR, DHT, SHT, RGB LED, Gleichstrommotor-Controller und ein Piezo-Shield. Diese können von den Lernenden nahezu nach Belieben kombiniert werden.

Die Umstellung von einzelnen Hardwaremodulen mit nur einer einzigen Aufgabe und einem Mikrocontroller, auf eine einzige Entwicklungsplatine, die mit beliebigen und mehreren Sensoren und Aktoren ausgestattet werden kann, erforderte eine Neustrukturierung der Firmware.

<sup>62</sup> [https://www.wemos.cc/en/latest/d1\\_mini\\_shield/index.html](https://www.wemos.cc/en/latest/d1_mini_shield/index.html), letzter Aufruf: 09.09.2023

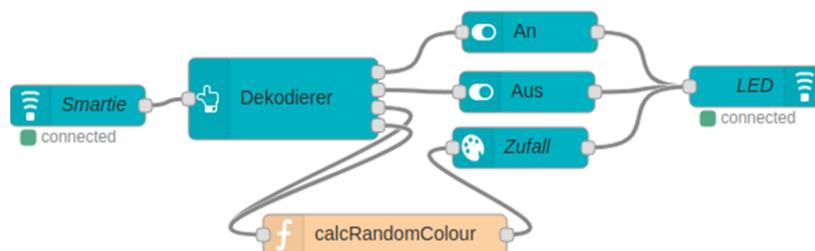


Abbildung 3.31: Softwarebeispiel zum Schalten eines LED-Streifens mit Hilfe des smarten Tasters (Fandrich, Casjens et al. 2022)

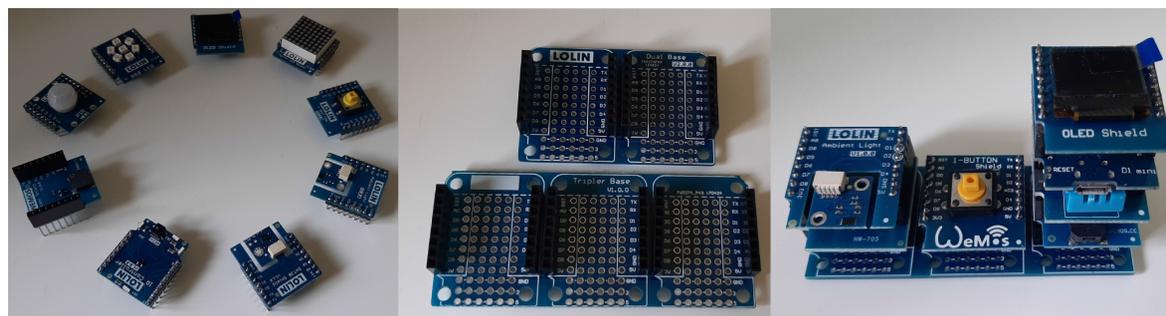


Abbildung 3.32: Übersicht der von IoT4School 2.0 unterstützten, kommerziell erhältlichen Shields (Fandrich, Casjens et al. 2022)

Diese wurde zuvor modulspezifisch mit der Arduino-IDE erstellt und war mit jeweils über 800 Zeilen Code zu lang und zu komplex, um Teil des Unterrichts zu sein. Zudem war der vorherige Code von vielen externen Bibliotheken abhängig, deren neueste Versionen nicht mehr kompatibel sind, wodurch sich weitere Einstiegshürde ergeben haben. Da die Initialisierung der Firmware nun flexibel anpassbar sein soll, wurde ein anderer Ansatz gewählt. Zusätzlich sollte die starke Abhängigkeit von Node-RED für die Vernetzung der Module aufgelöst werden, damit auch eigenständige Lösungen möglich sind.

Die Wahl fiel auf das BIPES (Block-Based Integrated Platform for Embedded Systems) Framework von Junior et al. (2020). BIPES ist eine Open-Source-Plattform, die es Lernenden ermöglicht, die Entwicklungsplatinen sowohl blockbasiert als auch textuell mit Python zu programmieren. Das Programm wird über das Netzwerk übertragen, wodurch keine physische Verbindung erforderlich ist. Dies bedeutet, dass die Installation des CH340C/G-Treibers für die Studierenden nicht mehr notwendig ist. Darüber hinaus können die Studierenden einfach ein vorbereitetes Raspberry Pi-Image zu Hause installieren und sind mit allen Softwarevorbereitungen fertig. Die mühsame Installation aller Bibliotheken und Tools zum Flashen der vorkompilierten Firmware gehört somit der Vergangenheit an.

Um den Einstieg noch einfacher zu gestalten, wurden zusätzliche BIPES-Blöcke entwickelt und einen Startblock hinzugefügt (siehe Abbildung 3.33). Dieser ähnelt der Aufteilung in eine Setup- und eine Loop-Methode dem Arduino-Framework. Die Initialisierung eines Shields beschränkt sich lediglich darauf, den entsprechenden Initialisierungsblock des Moduls

mit dem Setup-Teil des Startblocks zu verbinden. Ab diesem Zeitpunkt erfolgt die gesamte Netzwerkkommunikation zwischen den Modulen, dem Raspberry Pi und Node-RED im Hintergrund. Weitere Konfigurationsaktivitäten seitens der Nutzenden sind nicht notwendig.

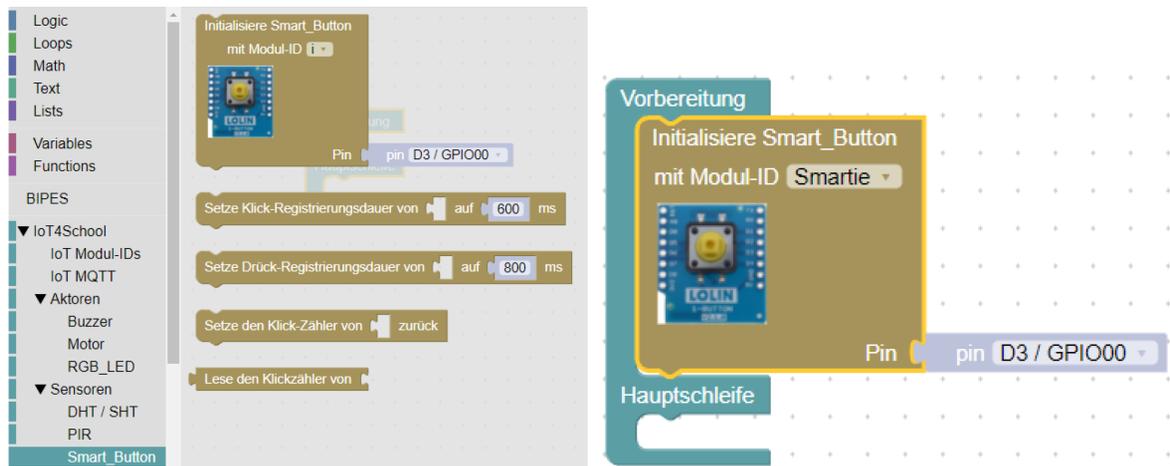


Abbildung 3.33: Die Initialisierung des Smart-Buttons in BIPES (Fandrich, Casjens et al. 2022)

Zusätzlich ist es nun möglich, jedes Gerät ohne die Verwendung von Node-RED zu verbinden. Die Studierenden können die Module direkt über das MQTT-Protokoll verbinden. Dies wird in Abbildung 3.34 dargestellt. In diesem Beispiel wird das Buzzer Shield am Pin D5 initialisiert und das MQTT-Topic *SOS* abonniert. Eine Melodie aus der eigens implementierten RTTTL-Sammlung wird abgespielt, sobald entsprechende Daten empfangen werden. Das Piezo-Modul ist auch dazu konzipiert, eingehende RTTTL-Daten zu parsen und abzuspielen. Komfortfunktionen, wie die Vorwahl der Standardpins der Module oder die Überprüfung der Eingangsdaten, erleichtern den Betrieb und den Einstieg noch weiter.

Die Erprobung des überarbeiteten Smart-Environments Lernsets wurde in zwei Übungen erprobt. In der ersten Übung wurde getestet, wie lange die Studierenden zur Vorbereitung der Hardware benötigen. Es wurden diverse Shields und Mikrocontroller vorbereitet für die folgende Übung, in welcher die Software Werkzeuge und einfache Beispiele behandelt wurden.

Um die Anzahl der Präsenzveranstaltungen für die Studierenden zu reduzieren und um ihnen mehr Zeit für die Bearbeitung des Projektes einzuräumen, wurden drei Vorlesungstermine zu freiwilligen offenen Sprechstunden umgewandelt, in denen die Gruppen sich über den aktuellen Stand und offene Fragen mit den Lehrenden und anderen Gruppen austauschen konnten. Die Präsentationen der Projekte fanden im Rahmen einer Blockveranstaltung im Semester statt, bei welcher sich je drei Gruppen in 90-minütigen Slots eintragen konnten. Parallel dazu, konnten sämtliche Vorträge auch online verfolgt werden. Im letzten Termin fanden die Lehrveranstaltungsevaluation und der Erfahrungsbericht eines Tutors zu seinem Auslandssemester statt.

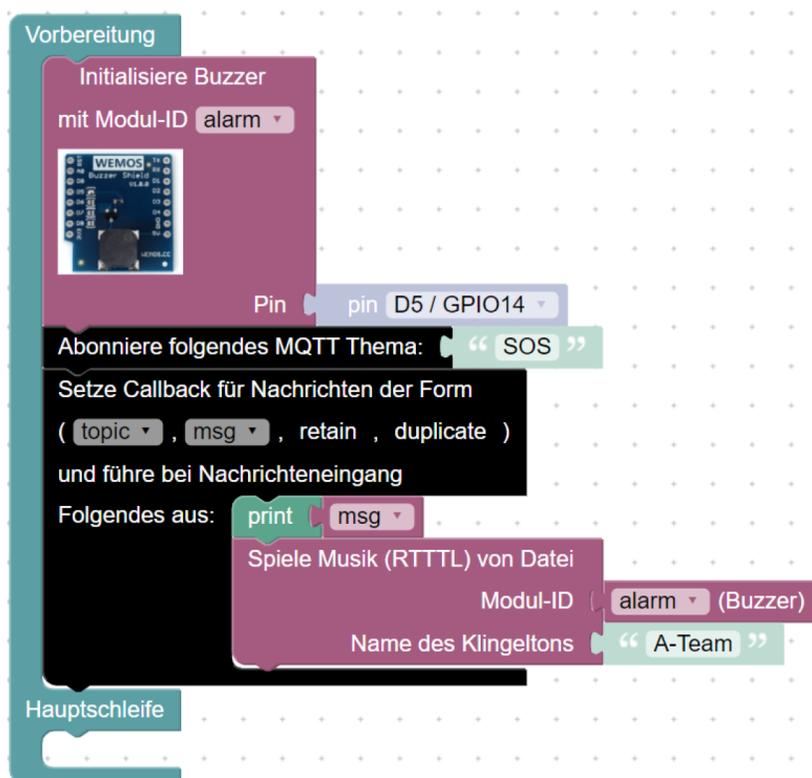


Abbildung 3.34: Beispielanwendung in BIPES ohne die Nutzung von Node-RED (Fandrich, Casjens et al. 2022)

### 3.2.6.4 Evaluation

Diese Lehrveranstaltung wird auf zwei Arten evaluiert. Zum einen werden die Ergebnisse der hochschulinternen Lehrveranstaltungsevaluation paraphrasiert. Aufgrund des zweisemestrigen Aufbaus der Lehrveranstaltung wird sowohl die Evaluation des Wintersemesters, als auch die des Sommersemesters berücksichtigt. Dabei wird nur das Feedback zur Lehrveranstaltung betrachtet und nicht das Feedback zum Dozenten<sup>63</sup>. Zwar stehen Lehre und Lehrperson in einer Wechselwirkung zueinander, aber der Fokus bei dieser Auswertung soll auf dem Lehrkonzept liegen. Zum anderen werden die von den Studierenden entwickelten Abschlussprojekte kurz beschrieben und betrachtet, inwiefern die Inhalte der Lehrveranstaltung bei der Bearbeitung der Artefakte verwendet wurden. Die Rücklaufquote der Evaluation des Wintersemesters liegt bei 29 % (38 von 131) und im Sommersemester bei 15 % (18 von 121).

Das Ergebnis der Evaluation des Wintersemesters ist überdurchschnittlich gut ausgefallen – in sämtlichen Bereichen des Fragebogens zur Veranstaltung (Aufbau, Organisation, Prüfungsform, Workload, sinnvolle Verbindung von Vorlesung und Übung) ist die Bewertung höher und weist eine niedrigere Standardabweichung auf als bei anderen Lehrveranstaltungen des Departments. Die Gesamtbeurteilung der Veranstaltung liegt bei einem Mittelwert von

<sup>63</sup> Die vollständige Evaluation befindet sich im Anhang

1,2 (SD=0,41). Die anderen Veranstaltungen des Departments wurden im selben Semester durchschnittlich mit einem Mittelwert von 1,69 (SD=0,9) bewertet. In den Freitextantworten merken die Studierenden mehrfach das Arbeiten mit TinkerCAD Circuits, das Winterprojekt, den Aufbau der Veranstaltung und die Vorlesung, als auch die Interaktion in der Vorlesung positiv an. Dies sei ein „interessanter Kontrast zu anderen Modulen (Portfolio und interaktive Vorlesungen statt Prüfungen und Monologe vom Prof.)“. Die Vorlesungsinhalte werden als sehr hilfreich in Bezug auf das Studium und den Alltag eingeschätzt. Speziell wurden die Themen Zeitmanagement oder Konfliktbewältigung genannt. Die Arbeit mit WordPress wird zudem mehrfach positiv erwähnt. Dennoch wurden auch negative Punkte in der Veranstaltung genannt.

Eine Person wünschte sich kurze Tutorials zur Modellierung mit BlocksCAD<sup>64</sup>. Das Tempo der Übungen wurde von Personen als zu schnell empfunden, „vor allem wenn es sehr Informatik und Technik lastig wurde“. Eine weitere Person merkte an, dass das Modul arbeitsintensiv ist, wenn man sich überhaupt nicht mit den technischen Inhalten und Informatik auskennt. Pandemie bedingt fand die Lehre im Wintersemester noch online statt. Die Gruppenarbeiten in den Breakout-Räumen wurden aufgrund der mangelnden Interaktion (AFK, Mikrofon aus) untereinander als „ätzend“ bezeichnet. Andere Studierende schätzen die Zeit in den Breakout-Räumen als zu kurz zur Bearbeitung der Aufgaben ein. Es wurden daher die Wünsche geäußert, auf Gruppenarbeiten zu verzichten und die Bearbeitung im Plenum durchzuführen oder die Gruppengröße zu erhöhen. Insgesamt wurde die schlechte Arbeitsatmosphäre in den Kleingruppen online am häufigsten kritisiert. Das Lerntagebuch und die Aufgaben zur Selbstreflexion werden grundsätzlich als gute Idee verstanden, aber die Häufigkeit (alle zwei Wochen) wurde als zu oft empfunden. Stattdessen sollten lieber mehr technische Aufgaben gefordert werden.

Da die Winterprojekte sich nur in der Modellierung des Lampenschirms unterscheiden, entfällt die Untersuchung der Projekte im Wintersemester.

Im Vergleich zum Wintersemester, ist das Ergebnis der Evaluation der Veranstaltung im Sommersemester schlechter ausgefallen. Insgesamt kann die Bewertung als durchschnittlich bezeichnet werden, da die Mittelwerte und Standardabweichungen im Vergleich zu den anderen Lehrveranstaltungen des Departments nahezu identisch sind. Die Gesamtzufriedenheit wird mit 1,81 (SD=0,98) bewertet. In den anderen Veranstaltungen des Departments beträgt die Gesamtzufriedenheit 1,8 (SD=0,87).

Zu den positiv wahrgenommenen Aspekten der Veranstaltung im Sommersemester gehören abwechslungsreiche Themen, spannende Vorlesungsinhalte und interessante Experimente in den Vorlesungen und Übungen. Die Prüfungsleistung wurde zudem mehrfach lobend erwähnt: „die Prüfungsleistungen sind keine Klausuren und lassen den Studenten viel Freiraum bei der Umsetzung“, „Möglichkeit auf Kreativität, gemeinsames Arbeiten, Aufbau eines eigenen Blogs“ und „Es gab vieles selber zu tun und das Bewertungsmodell fördert eine Auseinandersetzung mit den Themen deutlich mehr, als ein einfaches Auswendiglernen für

---

<sup>64</sup> Anmerkung des Dozenten: Es gab kurze Tutorials zu BlocksCAD in Courseware. Sowohl schriftlich, als auch als Video-Tutorial zum Nachklicken.

Klausuren.“ Der Umfang der Tutorials und der Makerspace mit der Projektarbeit sind weitere positiv evaluierte Aspekte der Veranstaltung. Wie in den Jahren zuvor, wurde die Verknüpfung von Theorie und Praxis geschätzt. Ebenso, wie in den Jahren zuvor, wird der Workload im Verhältnis zu den Kreditpunkten negativ bewertet:

*„Der nötige Papierkram für die Prüfung sind doch meiner Meinung nach etwas zu hoch angesetzt. Andere PB-Module gehen nur 1 Semester und dort bekommt man auch 6KP. Daher Aufwand etwas höher, dafür macht's aber auch sehr viel Spaß.“*

*„Sehr viel Arbeit für 6KP. Ich würde es besser finden wenn man in dem Modul über ein ganzes Jahr das Gruppenprojekt macht, da man dann weniger Stress hat. Viele Kollegen von mir haben halbjährliche 6KP-Module besucht und nur die Hälfte der bisherigen Zeit für eine sehr gute Note investiert.“*

Außerdem wurden zusätzliche Lernangebote zu Git und Lasercutting und 3D-Modellierung für Studierende gewünscht, die noch keinen Kontakt zu diesen Technologien hatten. Zwar wurde in der vorlesungsfreien Zeit ein Workshop zur Modellierung mit Fusion und Lasercutting angeboten, jedoch haben nur fünf Personen daran teilgenommen. Daher wurde der Wunsch geäußert, solche Workshops auch im Semester anzubieten.

Insgesamt wurden in diesem Jahr 16 Projekte fertiggestellt. Zwei Projekte befassten sich mit der Entwicklung eines Parkassistenzsystems für Fahrzeuge, welches via Ultraschall und einer App den Abstand zur Wand visualisiert. Der Code wurde in beiden Projekten in der Arduino IDE geschrieben und für den ESP8266 kompiliert.

Drei Projekte haben sich Lebensmitteln gewidmet. Der smarte Getränkewächter überwacht die Temperatur eines Heißgetränkes in der Tasse und sendet über die Blynk App eine Benachrichtigung, sobald die zuvor eingestellte Trinktemperatur erreicht wurde. Der smarte Süßigkeitenspender lässt sich über eine App konfigurieren und ermöglicht es dann zu bestimmten Zeiten am Tag eine vorgegebene Menge an Süßigkeiten zu erhalten (siehe Abbildung 3.35 links). Das Projekt Hydration Tracker (siehe Abbildung 3.35 rechts) ist eine Tischwaage, die die getrunzene Wassermenge am Tag überwacht. Alle Projekte basieren auf dem ESP8266. Zwei Projekte wurden mittels Blynk realisiert. Der Hydrationstracker hingegen hostet einen Webserver auf dem Mikrocontroller, der die Daten mittels PHP visualisiert. Dies ging über die Inhalte der Vorlesung hinaus.

Zwei Projekte befassten sich mit dem Upcycling alter Geräte zur Erweiterung des Funktionsumfangs. Das Projekt *Smartify* befestigt den Wemos D1 Mini, einen Servo-Motor, ein OLED-Display und einen Taster an einer Kaffeemaschine. Über eine Blynk App können Uhrzeiten und Tage festgelegt werden, an denen das System die Kaffeemaschine starten soll, indem der Servo-Motor einen Taster auf der Maschine drückt. Zusätzlich ist eine Kalibrierung zur Ausrichtung des Servomotors in der App berücksichtigt. Das Projekt *Smartes Thermostat* ist in der Lage bestehende Heizungsthermostate mit einer Vorrichtung, die aus einem Wemos D1 mini, Schrittmotor, Zahnriemen und einem Zahnriemenadapter für das Thermostat besteht,



*Abbildung 3.35: Auswahl abgeschlossener Projekte. Ein smarter Süßigkeitenspender (links). Eine Lernuhr nach der Pomodoro-Technik (mitte). Miniaturwaage zur Erinnerung und Überwachung des Wasserkonsums (rechts)<sup>65</sup>*

zu schalten. Zur Steuerung können die Raumtemperatur, das aktuelle Wetter oder Zeitpläne berücksichtigt werden. Über eine Web-App, die mit Node-RED erstellt wurde, kann der Zustand des Thermostates überwacht und das System bedient werden. Ähnlich zu *Smartify* wird im Projekt *Smart-Start* ein Servomotor gesteuert, um einen Computer über das Netzwerk zu starten.

Zwei weitere Projekte haben sich mit Messungen von Luft befasst. Die eine Gruppe hat eine Wetterstation errichtet, die die Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und den Luftdruck mit einem Raspberry Pi erfasst. Über eine eigene Webapp können die aktuellen Werte und die Werte im zeitlichen Verlauf visualisiert werden. Das Projekt Multipurpose-Messstation basiert auf dem ESP32 und überwacht die u. a. Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, den Luftdruck, die Lautstärke, den CO<sub>2</sub> Gehalt und Rauch. In einer Weboberfläche können die Werte angezeigt werden und bei der Überschreitung von Grenzwerten, wird eine Benachrichtigung versendet.

Zwei Gruppen haben sich mit der Überwachung von Pflanzen beschäftigt. Das erste Projekt erfasst die Bodenfeuchtigkeit und steuert eine Pumpe. Via MQTT werden Werte wie Feuchtigkeit und Wasserstand an Node-RED zur Visualisierung übertragen. Die Bewässerung kann autonom oder remote verfolgt werden. Die zweite Gruppe entwickelte ein Miniaturgewächshaus, welches neben der automatischen Bewässerung, unter anderem mittels einer Belüftungsanlage die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und mit Hilfe spezieller LEDs, die Beleuchtung regulieren kann. Das System basiert auf dem ESP32 und nutzt MQTT, um die telemetrischen Daten an Node-RED zu übertragen und zu visualisieren.

Ebenfalls zwei verschiedene Gruppen entwickelten einen smarten Briefkasten. Die eine Gruppe nutze einen Servomotor, um den Briefkasten von innen zu verschließen. Mittels eines Schlüssels oder Fingerabdrucksensors kann der Briefkasten entsperrt werden. Der Mikrocontroller stellt über einen Magnetschalter fest, ob Post eingeworfen wurde und teilt

<sup>65</sup>Die Aufnahmen sind im Rahmen von studentischen Arbeiten entstanden. Zur Wahrung der Anonymität der Studierenden, wird auf die Angabe der Bildquelle verzichtet.

über die Blynk App den Zeitpunkt mit. Das Projekt Smart-Mailbox ist eine modulare Lösung für jeden Briefkasten. Über einen Ultraschallsensor wird erfasst, ob Post eingeworfen wurde. Falls der Ultraschallsensor eine Änderung im Briefkasten feststellt, wird über MQTT eine Nachricht an Node-RED gesendet. In der Webapp ist dann erkennbar, wann Post eingegangen, wie der Verbindungsstatus ist und wie hoch der Akkustand ist. Beide Projekte basieren auf dem ESP8266. Ähnlich zu dem Vorgehen der Gruppe Smart-Mailbox erfasst das Projekt Smarte Mülltonne den Füllstand von Mülltonnen und sendet die Daten via Node-RED an einen Discord-Kanal.

Im Projekt Smart-Home-Lampe wird mit einem Bewegungsmelder auf Basis des ESP8266 Bewegung erkannt, um so via MQTT und Node-RED eine Phillips Hue Bridge<sup>66</sup> zu adressieren, die im Anschluss ein Hue Leuchtelement schaltet. Damit haben die Studierenden ein System entwickelt, welches eine selbst entwickelte Lösung mit einem kommerziellen Produkt erfolgreich verknüpft.

Das Projekt Cloc ist in diesem Jahr besonders hervorzuheben (siehe Mitte Abbildung 3.35). Die Studierenden haben – angelehnt an der Pomodoro Technik aus der Vorlesung Zeit- und Selbstmanagement – eine Uhr konzipiert, die Lernintervalle überwacht und zusätzlich die Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, VOCs und die Helligkeit im Raum erfasst. Das Projekt fällt durch die gute Verarbeitung, den Funktionsumfang und die Dokumentation besonders positiv auf. Sämtliche Projekte – auch aus dem Jahr zuvor – sind auf <https://uol.de/informatik/sktk> verlinkt. Erneut zeigen die studentischen Projekte eindrucksvoll, welches kreatives Potential und fachliche Kompetenz mit einem solchen Lehrkonzept geweckt werden kann.

### 3.2.6.5 Zusammenfassung und Diskussion

In den vorherigen Kapiteln wurde die letzte Iteration des Lehrkonzeptes *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* vorgestellt. Wie auch in der Umsetzung aus dem Jahr zuvor sollten die Studierenden mit bewährten fachlichen und überfachlichen Inhalten in Vorlesungen und Übungen handlungsorientiert auf den weiteren Studienverlauf vorbereitet werden. Dabei wurden die Ziele gesetzt, den Workload für die Lehrenden und Lernenden anzupassen, um das Lehrkonzept auf eine gesamte Studienkohorte zu skalieren und um darzustellen, dass sowohl forschendes Lernen, als auch das E-Portfolio in der Informatik und in der Studieneingangsphase nicht nur möglich sind, sondern auch eine sinnvolle Ergänzung in der universitären Lehre darstellen.

Die Reduzierung der Übungsaufgaben und die Verbindung mit umfassenden Online-Selbstlernbausteinen, Beispielen und Videotutorials, die aus dem letzten Semester übernommen und erweitert wurden, wurde positiv evaluiert. Die Studierenden konnten so auch nach den Übungen und Vorlesungen die Inhalte bequem und so oft wie nötig wiederholen. Mit der entsprechenden Anzahl an Tutorinnen und Tutoren, lässt sich das Lehrkonzept so wie es ist, unter bestimmten Rahmenbedingungen, auch mit über 200 Studierenden durchführen lassen. Zum einen muss ein Makerspace die räumlichen und personellen Kapazitäten bieten. In dem

<sup>66</sup> <https://www.philips-hue.com/de-de/p/hue-bridge-smarte-schaltzentrale-weiss/8719514342620>, zuletzt aufgerufen am 19.08.2023

Abschlussprojekt haben insgesamt 16 Vierergruppen an ihrem Projekt gearbeitet. Dies war im Hardwarelabor der Universität Oldenburg gerade noch umsetzbar. Ebenfalls ist der Bewertungsaufwand für die Lehrperson mit 16 Abschlussprojekten überschaubar. Bei größeren Lerngruppen sollte jedoch die Gruppenstärke erhöht werden, da eine weitere Einschränkung nicht nur die eigenen zeitlichen Ressourcen sind, sondern auch die finanzielle Förderung. In dieser Iteration wurden für die individuellen Projekte 3.000 € eingeworben, wovon jedoch nur knapp 1.000 € für Hardware und Verbrauchsmaterial ausgegeben wurden. Im Schnitt haben die Gruppen etwa 62 € für ihre Projekte ausgegeben. Sofern nur eine Hardwareplattform – so wie in 3.2.5 für alle Gruppen zur Verfügung gestellt werden soll (um die Kosten und den Einarbeitungsaufwand für die Lehrenden zu reduzieren), sollte daher ein Budget von mindestens 50 € pro Gruppe kalkuliert werden und mögliche Mehrkosten nur in begründeten Ausnahmen zulassen. Sofern die erfolgreiche Budgetierung und Planung von Projekten in den Fokus rücken soll, können die Studierenden auch angewiesen werden, ihre Projektziele mit einem knapperen Budget zu erreichen. Des Weiteren ist das Konzept im aktuellen Zustand darauf ausgelegt, in zwei Semestern gelehrt zu werden. Ein weiterer Faktor für den Erfolg dieses Lehrkonzeptes ist die Lehrperson selbst. Wie bereits in 2.1.2 durch Diethelm, Koubek et al. (2011) besteht die Gefahr, dass sich kontextorientierte Informatikunterricht in den Bezugswissenschaften verliert (Lost in Kontext) und nur wenige Lehrkräfte fachlich in der Lage sind, sämtliche Fragen und Inhalte mit derselben fachlichen Kompetenz behandeln zu können. In diesem Lehrkonzept wird der Lehrperson unterstellt, dass diese vertraut ist mit hardwarenaher Systementwicklung im Kontext Smart-Environments, digitaler Fertigung mit 3D-Druck und Lasercutter, potentielle Probleme und technische Inkompatibilitäten in den studentischen Projekten vorzeitig erkennen kann und zudem fachlich fundiert die Soft Skills vermitteln kann. Ebenfalls gelten spezielle Anforderungen an die wissenschaftlichen Hilfskräfte. So hat es sich in der Praxis bewährt, die Tutorinnen und Tutoren nicht pauschal auf dieselben Tätigkeitsbereiche anzusetzen, sondern Teams mit Spezialisierungen zu bilden. So werden beispielsweise technisch versierte Tutorinnen und Tutoren zum Ende des Semesters im Makerspace gefördert, während Hilfskräfte mit didaktisch fundierten Kenntnissen die Bewertung der Blogs und die Formulierung des Feedbacks vornehmen.

Die Darstellungen eines beispielhaften Entwicklungsprozesses im Plenum sind ebenfalls eine gute Ergänzung und sollten weiterhin beibehalten werden.

Des Weiteren steht und fällt das E-Portfolio als Prüfungsleistung mit der Infrastruktur. In dem letzten Semester waren sowohl die Ladezeiten der Blogs, als auch der direkte Support bei Problemen ausgezeichnet. Die Infrastruktur an der Universität Oldenburg skaliert also für Lehrveranstaltungen mit über 100 Studierenden. Technische Schwierigkeiten wurden seitens der Administratoren innerhalb weniger Stunden direkt und unkompliziert behoben. Sollte dieser Support nicht gegeben sein oder die Infrastruktur größere Lerngruppen nicht handhaben können, so verliert das E-Portfolio mit WordPress nicht nur seitens der Lehrenden, sondern auch seitens der Studierenden deutlich an Attraktivität.

Wie auch in der vorherigen Iteration, hat sich die im Wintersemester andauernde Coronapandemie wieder auf die Lehre ausgewirkt. So waren vor der vorlesungsfreien Zeit zum Jahreswechsel praktische Übungen vor Ort geplant, die aufgrund der (erneut) akut anstei-

genden Inzidenzen abgesagt wurden. Daraus ergeben sich zwei Learnings: zum einen kann auf Lötübungen verzichtet werden. Das erstellte Onlinematerial und die Unterstützung im Makerspace reichen den Lerngruppen aus, um ihre Projekte zu fertigen. Es ist daher nicht notwendig, dass jede Person – abseits des eigenen Kompetenzerlebens – einen LötKolben in der Hand gehalten haben muss<sup>67</sup>. Der andere Lerneffekt ist, in Zukunft keinen 3D-Druckservice für so große Lerngruppe anzubieten, da die additive Fertigung mittels 3D-Druckern nicht skaliert. In der Abbildung 3.36 ist eine Übersicht der Modelle, die innerhalb von zwei Wochen für die Studierenden gefertigt und zum Teil für den Versand vorbereitet wurden, dargestellt. In Zukunft sollten die Studierenden lieber befähigt werden, selbst ihre Artefakte für das Winterprojekt zu fertigen. Auch sollte die entwickelte Platine für die Wetterlampe (siehe erneut Abbildung 3.26) überarbeitet werden. Um Kosten zu sparen, wurde auf einen Stecker für den LED-Streifen verzichtet – die Litzen wurden direkt an die Platine gelötet. Dies erschwert jedoch die Fertigung und auch die Reparatur, falls sich ein Kabel durch mechanische Belastung löst. In Zukunft sollte daher ein Federklemmblock verwendet werden. Bis auf diese Änderung hat sich die Hardware mehrfach in der Praxis bewährt.



*Abbildung 3.36: Übersicht der gefertigten 3D-Modelle und Vorbereitung des Versands*

Erneut wurde das Wintersemester besser evaluiert und wie in allen Jahren zuvor, wurde erneut der Workload als zu hoch kritisiert, obwohl dieser – im Vergleich zu den Vorjahren – immer weiter reduziert wurde. So haben die Studierenden in den Seminaren zuvor beispielsweise in

<sup>67</sup> An dieser Stelle kann auch angemerkt werden, dass die Ausgabe von Hardware für Übungen, so wie im Jahr zuvor, nicht mehr notwendig ist. Der vorgestellte Simulator TinkerCAD Circuits ermöglicht es Schaltungen virtuell auf einem Steckbrett zu erstellen, zu simulieren und zu programmieren. Zudem wurde das Werkzeug in der abschließenden Evaluation mehrfach positiv erwähnt.

weniger Zeit ein eigenes Artefakt entwickelt. Es sollte daher geprüft werden, wie der Workload empfunden wird, wenn die Projektphase von größeren Gruppen bewältigt wird und ob dies Auswirkungen auf die Qualität des Studiums hat. Dies reduziert nicht nur den Workload pro Kopf, sondern auch die Gesamtkosten der Lehrveranstaltung und den Bewertungsaufwand der Projekte. Zudem wurden zusätzliche Videos zur Versionsverwaltung mit Git und Lasercutting gewünscht.

Die Qualität der Blogs kann als durchschnittlich bezeichnet werden. Trotz genauer Vorgaben und zahlreichen sehr guten Beispielen, haben einige Gruppen vergleichsweise schlechte und unvollständige Dokumentationen abgegeben. Dies kann unter Umständen mit dem zu hoch empfundenen Workload und falschen Priorisierungen zusammenhängen. Wie in den Jahren zuvor wird die Bewertung der Dokumentation stärker gewichtet als das Projekt. Grundsätzlich zeigt sich, dass Gruppen, die sich stärker an die Vorgaben gehalten haben, auch bessere Blogs erstellten.

Insgesamt konnten alle zusätzlichen Leitideen des Lehrkonzeptes in der letzten Iteration umgesetzt werden.

### 3.2.7 Abschließende Diskussion

In diesem Kapitel wurde die Erfahrung aus insgesamt viereinhalb Jahren Smart-Environments in der Hochschullehre zusammengetragen. Insgesamt hat sich der methodische Forschungsansatz des Design-Based-Research in der Praxis bewährt. So konnte die Lehrveranstaltung inkrementell durch die Anpassung der Inhalte und Prüfungsleistung verbessert und genauer auf die Lerngruppen zugeschnitten werden. Dieses iterative Vorgehen ermöglichte es, erste Inhalte und Prüfungsleistungen mit Studierenden in einem Masterstudiengang der Informatik zu erproben, bevor das Lehrkonzept in der Studieneingangsphase pilotiert wurde. Die zuvor gesammelten Erfahrungen waren vor allem bei der Auswahl der Lehrinhalte, Methoden und Prüfungen wertvoll. Zusätzlich wurde bedingt durch die Coronapandemie mit verschiedenen Formaten experimentiert: das Konzept funktioniert sowohl vor Ort, als auch hybrid. Zwar war auch das reine Onlineformat möglich, jedoch ist dieses nicht optimal, da die Unterstützung bei den technischen Übungen schwieriger war als erwartet und ein deutlicher Verwaltungsaufwand für die Lehrenden bei der Vorbereitung der Hardwareausgabe entstanden ist. Trotz der Herausforderungen, die die Umstrukturierungen durch die Umstellung auf Online-Lehre mit sich gebracht hat, führten diese Umstände letztlich zu dem positiven Ergebnis, dass zahlreiche Selbstlernvideos zu den technischen Inhalten und interaktive Übungsaufgaben entstanden sind, die die Lehre in Präsenz und Hybrid maßgeblich unterstützt haben und andernfalls wahrscheinlich nie in solch einem Umfang erstellt worden wären.

Im Laufe der Zeit haben sich einzelne Inhalte, Werkzeuge und Hardwarekomponenten in der Lehre gut nutzbar herausgestellt (z. B. Blynk, Node-RED, MQTT, TinkderCAD Circuits) und andere nicht (z. B. OpenSCAD). Es ist sinnvoll, Smart-Environments ganzheitlich zu lehren, wenn ein Lernziel darin besteht, selbst eine technische Lösung in diesem Kontext zu entwickeln. Dazu zählen Kenntnisse zur Hardware und Programmierung, Erfahrung mit der

Kommunikation in Netzwerken und die Mensch-Maschinen Interaktion. Hilfreich sind dabei das Arduino Framework, der ESP8266, Blynk, MQTT und Node-RED. Lötübungen, Server-Client Anwendungen, ausgiebige Übungen zu CAD und digitaler Fertigung tragen weniger als erwartet zum Projekterfolg bei und können daher vernachlässigt werden. Insgesamt ist die Entwicklung der studentischen Projekte über die Jahre beeindruckend. Dies kann evtl. auf die inkrementelle Verbesserung des Lehrkonzeptes zurückgeführt werden und der damit verbundenen und zielgerichteteren Vorbereitung auf die Projektphase. Bisher wurden die studentischen Projekte nur für eine interne Evaluation der Lehrinhalte verwendet, aber selbst nie beforscht (wie z. B. von Mäenpää et al. 2017 oder Hynninen und Knutas, 2022). Eine genauere und systematische Untersuchung der Projekte kann zu einem besseren Verständnis der erworbenen Kompetenzen seitens der Lernenden verwendet werden, um die vermittelten Inhalte und verwendeten Methoden genauer zu evaluieren.

Das E-Portfolio hat sich über die Jahre als Prüfungsformat bewährt. Als Plattform wurde dabei WordPress verwendet, da dies in der Lernmanagementsoftware der Universität integriert ist. Während des gesamten Lehrbetriebs gab es keine Leistungsprobleme. Technische Probleme mit der Plattform konnten schnell und unkompliziert von den Admins behoben werden. Solange die Blogs schnell geladen und bearbeitet werden können und der Support ebenfalls schnell und effektiv arbeitet, ist WordPress eine geeignete Plattform für das E-Portfolio.

Das gesamte Lehrkonzept steht und fällt mit der Motivation und technischen Affinität der Lehrperson. Es werden viele Kompetenzen und Fähigkeiten benötigt, um die Lehrveranstaltungen im vorgestellten Umfang durchführen zu können und es erfordert ebenfalls viel Engagement und Betreuung. Außerdem konnten die besonderen Strukturen der Universität Oldenburg genutzt werden, da die Lehrveranstaltung in ein bestehendes Modul eingegliedert wurde, welches zum einen nicht an jeder Universität angeboten wird und zum anderen nicht über den Zeitraum von zwei Semestern durchgeführt wird. Dies sind zwei Erfolgsvoraussetzungen für dieses Konzept, da es zum einen möglich ist, die Lehrveranstaltung allen Studierenden in der Eingangsphase der Informatikstudiengänge anzubieten und zum anderen genug Zeit bleibt, um neben technischen Inhalten, auch die überfachliche Qualifikation explizit als Lehrgegenstand aufzugreifen, ohne dabei die wichtige Projektphase kürzen oder gar streichen zu müssen. Um das Lehrkonzept weiterzuführen und an anderen Universitäten zu implementieren, ist es daher wichtig, dass sämtliches Material geteilt wird und allgemeine Leitlinien, die die Erfahrungen aus den letzten Jahren knapp zusammenfassen, entwickelt werden.

Trotz stetiger Anpassung der Inhalte und des Prüfungsumfanges, wurde in jedem Jahr der Workload von einigen Studierenden als zu hoch empfunden. Eine mögliche Lösung könnte die Erhöhung der Gruppengrößen sein, um den Workload pro Kopf zum Ende des Semesters zu reduzieren.

Außerdem sind weitere Untersuchungen mit qualitativen Forschungsmethoden – wie zum Beispiel der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (1994) oder Kuckartz (2016) denkbar, um die Wirkung der Lehrveranstaltung auf das Selbstkonzept der Lernenden zu untersuchen. Neben den Übungsaufgaben für das E-Portfolio wurden in letzten beiden Veranstaltungen regelmäßig Einträge zur Selbstreflexion in Form eines Lerntagebuchs gefordert. Die folgenden exemplarischen Blogbeiträge, die zum Ende der Projektphasen entstanden sind, können als

weitere Datengrundlage verwendet werden und geben eine Antwort auf die Frage, was die Studierenden nach einem Jahr in der Lehrveranstaltung „Soft Skills und Technische Kompetenz“ für die weitere akademische Vita mitnehmen:

*„Ich denke die Veranstaltung hat mich in der Einstellung bestärkt vieles Erreichen zu können, auch wenn ich mir es noch nicht ganz zutraue. Mich in neue Bibliotheken einzuarbeiten ist während des Semesterprojektes fast zur Routine geworden. Dies wird mir im Allgemeinen in Hinblick auf Programmierung sehr nützen. Vor einem halben Jahr habe ich noch nicht gedacht, dass ich schon so bald dazu in der Lage sein würde eine Wetterstation zu bauen und anspruchsvollere Projekte angehen zu können.“*

In diesem Beitrag geht – auch wenn die Person es nicht explizit benennt – eindeutig eine Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit Technik hervor und ebenfalls die Selbsteinschätzung, dass das bisher Erreichte noch vor einem halben Jahr persönlich nicht denkbar gewesen wäre. Mit dieser Veranstaltung wurden daher bereits in der Studieneingangsphase eigene Potentiale von den Teilnehmenden erkannt, die sonst deutlich später im Studium oder gar nicht entdeckt worden wären.

*„Nach einem spannenden Jahr Studium und “Soft Skills & Technische Kompetenz” nehme ich eine ganze Menge Stärken und Kompetenzen mit auf meinen weiteren Weg. Vor allem das selbständige Einarbeiten in neue Themengebiete und das Meistern technischer Aufgabenstellungen haben mich in meinen Fähigkeiten und meinem Selbstbewusstsein gestärkt. Ich habe gelernt, trotz Schwierigkeiten am Ball zu bleiben und dass sich Fleiß auszahlt. Gerade für meinen akademischen Werdegang ist diese Erkenntnis von großem Vorteil. Nach diesem Modul fühle ich mich in der Lage, auch große Herausforderungen motiviert anzugehen und eigenständig eine Lösung für Probleme zu finden.“*

Dies ist ein weiterer Beitrag, in dem Fähigkeiten, Selbstbewusstsein und Resilienz in Folge der Einarbeitung neuer Themengebiete (konkret Smart-Environments) und des Bewältigens technischer Aufgabenstellungen gestärkt wurden. In einem letzten Beitrag werden nicht nur die fachlichen Inhalte, sondern auch die Prüfungsform dargestellt.

*„Mein Selbstvertrauen im Bezug auf die technischen Aspekte habe ich weitgehend verbessert. Der Umgang mit dem Lötkolben [...] viel mir am Anfang sehr schwer, da ich noch nicht viel Erfahrungen damit hatte. Heutzutage traue ich mich auch an komplexere Sachen ran, wie z. B. das Verlöten eines Monitors einer Playstation oder auch seit neustem an Handys. Durch unsere Projekte habe ich viel Zeit damit verbracht 3D Modelle zu erstellen. Im Laufe des Semesters habe ich mir sogar einen eigenen 3D Drucker zugelegt; dieser ist nun auch im Dauerbetrieb, da ich jeden Tag immer andere Sachen drucke (Größtenteils sind dies auch Modelle die ich erstellt habe).“*

Auch in diesem Beitrag werden die neu erworbenen technischen Kompetenzen betont und das Selbstvertrauen, sich an neue Herausforderungen zu wagen. Zusätzlich konnte die Person durch die Lehrveranstaltung ein neues Hobby für sich entdecken.

*„Ich habe viel von SoftSkills mitgenommen. Ich muss sagen, ich hatte erstmal nicht viel erwartet, da ich vorher gehört hatte, dass es sich um ein einfaches Modul handelt. Als wir dann anfangen, verschiedene technische Kompetenzen (alles von Löten bis NodeRed und Arduino) kennenzulernen, war ich total beeindruckt. Es war überhaupt kein einfaches Modul, aber ich denke, mein interessantestes Modul. Wir konnten aus den Fähigkeiten, die wir erlernt hatten, tatsächlich Produkte herstellen und reale Anwendungen für sie sehen. In den anderen Modulen haben wir viel gelernt und Übungsblätter gemacht und dann eine Klausur geschrieben, aber das war's (mehr oder weniger). Nachdem ich Softskills abgeschlossen habe, mache ich mir keine Sorgen mehr darüber, Projekte aufzubauen und neue Fähigkeiten einzusetzen, um große und coole Ergebnisse zu erzielen. Ich fühle mich auch mit Konzepten, die ich vorher nicht kannte, viel wohler und ich denke, dass ich diese Konzepte während meines Studiums definitiv weiter verwenden werde (nicht nur Dinge wie 3D-Druck, NodeRED usw., sondern auch Dinge wie Konfliktmanagement). Ich denke, es ist wichtig, dass wir schon früh im Studium Projekte machen und 'bauen', weil es Interesse und Neugier weckt und uns zeigt, dass es einen Grund gibt, warum wir das lernen, was wir lernen.“*

Neben den fachlichen Inhalten wurde vor allem das Prüfungsformat hervorgehoben. Während – wie es soweit in der Studieneingangsphase üblich ist – summativ mit Klausuren geprüft wird, werden in dieser Lehrveranstaltung unter anderem die Entwicklung eines Artefaktes (bezeichnet als Produkte) und praktische Übungen (bezeichnet als reale Anwendung) im Rahmen eines formativen E-Portfolios als Leistungsnachweis herangezogen.

Die exemplarische Untersuchung von nur vier Blogbeiträgen zeigt, dass sich auch bei einer qualitativen Untersuchung Änderungen in Aspekten der motivationalen und kognitiven Perspektive (und inklusive ihrer Teildimensionen, wie Kompetenz oder Selbstwirksamkeitserwartung) des technischen Selbstkonzepts feststellen lassen und zusätzlich – neben dem selbst empfundenen Kompetenzerleben – auch die Relevanz der Lehrinhalte für die spätere akademische Laufbahn seitens der Studierenden erkennbar wurde. In den folgenden Kapiteln wird hingegen ein quantitativer Ansatz zur Untersuchung des technischen Selbstkonzepts und der weiteren akademischen Laufbahn beschrieben. In Zukunft könnte eine Mischung beider Ansätze eine genauere Triangulierung der Wirkung zulassen.

### 3.3 Die Untersuchung des technischen Selbstkonzepts von Studierenden

In diesem Abschnitt wird auf Grundlage der letzten beiden Iterationen des Lehrkonzeptes *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* untersucht, inwiefern sich das technische Selbstkonzept der Studierenden nach der Lehrveranstaltung verändert hat. Zunächst wird das methodische Vorgehen und im Anschluss die Auswertung beschrieben. Statistisch signifikante Ergebnisse werden in einer anschließenden Zusammenfassung dargestellt und diskutiert.

<b>Forschungsfrage</b>	Welchen Einfluss hat eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Hochschullehre auf das Selbstkonzept der Studierenden im Umgang mit Technik?
<b>Unterforschungsfragen</b>	Inwiefern hat sich das technische Selbstkonzept in seiner konativen, motivationalen und kognitiven Perspektive nach einer Lehrveranstaltung im Kontext Smart-Environments verändert? Inwiefern unterscheiden sich die Veränderungen (sofern zuvor feststellbar) zwischen Studierenden der Studieneingangsphase und Studierenden aus höheren Semestern? Welche Unterschiede in der Veränderung des Selbstkonzepts sind zwischen den männlichen und weiblichen Teilnehmenden der Lehrveranstaltung beobachtbar?
<b>Methode</b>	Datenerhebung im Prä-Post-Test Studiendesign mit anschließender Varianzanalyse und t-Tests
<b>Ziel</b>	Die positive Wirkung von <i>Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments</i> auf das technische Selbstkonzept empirisch belegen.

#### 3.3.1 Methodisches Vorgehen

Die Untersuchung der Wirkung der in Abschnitt 3.2.5 und 3.2.6 beschriebenen Lehrkonzepte auf das Selbstkonzept der Studierenden wird mit Hilfe eines Prä-Post-Test-Studiendesigns quantitativ untersucht. Dabei werden zwei Experimentalgruppen jeweils zu Beginn des Wintersemesters und zum Ende des Sommersemesters befragt, sodass die gesamte Intervention über einen Zeitraum von zwei Semestern verläuft. Zusätzlich wird eine Kontrollgruppe untersucht, die im Wintersemester 2021/2022 eine andere Lehrveranstaltung ohne Bezug zu Smart-Environments belegt hat. Um bei der Studie Reliabilität und Validität zu gewährleisten, wurde die Wahl eines bereits validierten Fragebogens für die Messung des technischen

Selbstkonzepts der Entwicklung eines eigenen Fragebogens vorgezogen (siehe Janneck et al. 2012). Der Fragebogen zeichnet sich unter anderen durch eine umfangreiche qualitative und quantitative Erhebung, gute psychometrische Kennwerte und Skalen mit guten Reliabilitätskoeffizienten aus, die dafür verwendet werden können, um ggf. Defizite im technischen Selbstkonzept aufzuzeigen. Der Fragebogen wurde mit dem Ziel entwickelt, ein geschlechtersensitives Instrument zu erschaffen, welches das technische Selbstkonzept von Frauen und Männern differenziert (Janneck et al. 2012). Aus diesem Grund ist dieses Instrument vor allem für die Klärung der Forschungsfrage F2.3 (siehe 2.4.1) interessant. Wie in 2.1.3 zum technischen Selbstkonzept dargestellt, erfasst der Fragebogen dieselben drei Dimensionen – den konativen, motivationalen und kognitiven Technikbezug.

Der konative Technikbezug „beschreibt praktische, konkrete technikbezogene Handlungen, sowohl in der Gegenwart, als auch in der Vergangenheit, wobei hier die tatsächlichen Handlungserfahrungen im Vordergrund stehen und nicht die Handlungsabsicht (Janneck et al. 2012, S. 292). Die konative Perspektive wird mittels drei Items abgefragt (siehe Tabelle 3.11). Dabei wird nicht nur die Vergangenheit (siehe Schlüssel KonErf1), sondern auch die Gegenwart berücksichtigt (siehe Schlüssel KonErf3).

*Tabelle 3.11: Skala: Selbstkonzept (Konativ). Fünfstufige Likert-Skala: trifft nicht zu (1), trifft wenig zu (2), trifft etwas zu (3), trifft zu (4), trifft völlig zu (5) (siehe Janneck et al. 2012, S. 298)*

Skalen	Schlüssel	Items
Konativ Erfahrung	KonErf1	Ich habe schon frühzeitig praktische Erfahrungen im Umgang mit Technik gesammelt (z. B. technisches Spielzeug, Basteln, Reparieren)
	KonErf2	(-) Ich habe mich in der Kindheit und Jugend wenig mit Technik beschäftigt
	KonErf3	In meiner Freizeit beschäftige ich mich viel mit Technik (z.B . Basteln, Reparaturen, Hobbies mit Technikbezug)

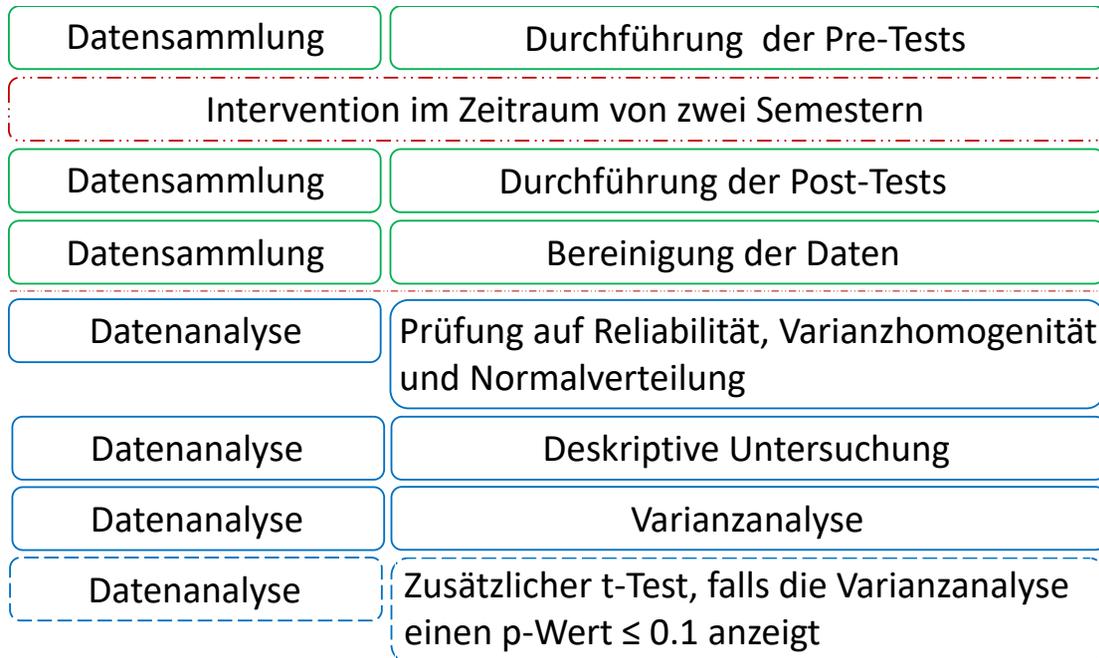
Die motivationale Perspektive setzt sich aus einem affektiven und einem intentionalen Teil zusammen. Der affektive Teil beinhaltet Emotionen, wie zum Beispiel Faszination für Technik, Technikangst oder Gleichgültigkeit. Der intentionale Teil beschreibt Motive, wie zum Beispiel das Verstehen und Gestalten von technischen Systemen. Die einzelnen Items sind in Tabelle 3.12 dargestellt (siehe Janneck et al. 2012, S. 293).

Die dritte untersuchte Perspektive des Selbstkonzepts ist der kognitive Technikbezug. Dieser umfasst die Selbsteinschätzung der Kompetenz im Umgang mit Technik, die Selbstwirksamkeitserwartung, interne und externe Attribution in Bezug auf Technik, Strategien und die Einstellung zu technischen Entwicklungen (siehe Janneck et al. 2012, S. 293). Die einzelnen Items sind in Tabelle 3.13 dargestellt.

Die Studie wurde in drei Schritten durchgeführt, die in Abbildung 3.37 dargestellt sind. Diese setzen sich aus Datensammlung, Durchführung der Intervention und Datenanalyse zusammen.

*Tabelle 3.12: Skala: Selbstkonzept (Motivational). Fünfstufige Likert-Skala: trifft nicht zu (1), trifft wenig zu (2), trifft etwas zu (3), trifft zu (4), trifft völlig zu (5) (siehe Janneck et al. 2012, S. 298)*

Skalen	Schlüssel	Items
Affekt	MotAff1 MotAff2	Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik Technik fasziniert mich
Verstehen	MotVer1 MotVer2	Wenn ein technisches Gerät nicht funktioniert, möchte ich verstehen, woran es liegt Ich will verstehen, wie technische Geräte funktionieren
Gestalten	MotGes1 MotGes2	Ich beschäftige mich mit Technik, weil ich damit etwas gestalten kann Ich finde es interessant, mit Technik etwas zu erschaffen
Technikangst	MotTAn1 MotTAn2 MotTAn3	Im Umgang mit technischen Geräten habe ich Angst, etwas falsch zu machen Im Umgang mit technischen Geräten befürchte ich, etwas kaputt zu machen Ich habe Hemmungen im Umgang mit Technik
Anwenden	MotAnw1 MotAnw2	Technik ist für mich nur ein Mittel zum Zweck Technik muss funktionieren, technische Details interessieren mich dabei nicht



*Abbildung 3.37: Methodisches Vorgehen bei der Untersuchung des technischen Selbstkonzepts*

*Tabelle 3.13: Skala: Selbstkonzept (Kognitiv). Fünfstufige Likert-Skala: trifft nicht zu (1), trifft wenig zu (2), trifft etwas zu (3), trifft zu (4), trifft völlig zu (5) (siehe Janneck et al. 2012, S. 299)*

<b>Skalen</b>	<b>Schlüssel</b>	<b>Items</b>
Kompetenz	KogKom1	Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik
	KogKom2	Technik fasziniert mich
Selbstwirksamkeitserwartung	KogSel1	Technischen Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich immer auf meine technischen Fertigkeiten verlassen kann
	KogSel2	Ich fühle mich den meisten technikbezogenen Anforderungen gewachsen
	KogSel3	Wenn ich mit technischen Problemen konfrontiert bin, finde ich Mittel und Wege, sie zu lösen
	KogSel4	Wenn ich mich bemühe, gelingt mir in der Regel die Lösung technischer Probleme
Attribution (internal)	KogAtI1	Wenn ein technisches Gerät nicht richtig funktioniert, liegt es in der Regel daran, dass ich etwas falsch gemacht habe
	KogAtI2	Wenn technische Probleme auftreten, liegt die Ursache in der Regel bei mir selbst
Attribution (external)	KogAtE1	(-) Die Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich
	KogAtE2	(-) Ich habe keine Kontrolle über technische Probleme, die auftreten
Strategien	KogStr1	Ich habe keine Scheu davor, neue technische Geräte einfach auszuprobieren
	KogStr2	Ein neues technisches Gerät (z. B . Handy) probiere ich meist erst einmal intuitiv aus
Technikbild	KogTec1	Ich bin der Meinung, dass die positiven Auswirkungen technologischer Entwicklungen überwiegen
	KogTec2	(-) Den derzeitigen technischen Entwicklungen stehe ich kritisch gegenüber
	KogTec3	Technische Entwicklungen sind wichtig für den gesellschaftlichen Fortschritt

Die Prä-Tests wurden mit insgesamt drei verschiedenen Gruppen durchgeführt. Die Experimentalgruppe A, die nach dem Lehrkonzept aus 3.2.5 unterrichtet wurde (Wintersemester 20/21), und die Experimentalgruppe B, die nach Lehrkonzept aus 3.2.6 unterrichtet wurde (Wintersemester 21/22), erhielten die Prä-Tests jeweils vor der ersten Lehreinheit mit Technikbezug. Die Kontrollgruppe erhielt den Prä-Test zu Semesterbeginn (Wintersemester 21/22). Die Experimentalgruppen erhielten jeweils eine Intervention im Zeitraum von zwei Semestern, während die Kontrollgruppe eine Veranstaltung ohne technischen Bezug für ein Semester besucht hat. Die Post-Tests wurden jeweils zum Ende der Lehrveranstaltung durchgeführt. Im letzten Schritt der Datensammlung wurden die Daten für die darauffolgende Analyse bereinigt. Neben den oben dargestellten Items wurden auch demografische Variablen, wie das Alter, Geschlecht, Studiengang und aktuelles Semester, der drei Gruppen erhoben. Zur eindeutigen und datenschutzkonformen Zuordnung der Prä- und Posttests, wurde zusätzlich ein persönlicher Code erstellt. Dabei sind insgesamt 221 Prä-Post Datensätze aus abgeschlossenen Umfragen entstanden. 14 dieser Datensätze mussten aufgrund von Tippfehlern oder Unachtsamkeit der Ausfüllenden manuell korrigiert und zugeordnet werden. Im Fragebogen wird zur Generierung des persönlichen Codes u. a. der letzte Buchstabe der Augen- und Haarfarbe abgefragt. Bei der Durchsicht der Daten konnte festgestellt werden, dass sich in genau 14 Datensätzen die persönlichen Codes nur an den letzten beiden Stellen unterschieden, während beispielsweise das Geschlecht, der Studiengang und das Alter zusammen passten.

Ein anschauliches und repräsentatives Beispiel ist der Code ASK3nn (Prä-Test) und ASK3bb (Post-Test). Es ist davon auszugehen, dass die Person die Fragen im Prä-Test korrekt beantwortet hat und den letzten Buchstaben der Augenfarbe angegeben hat, während im Post-Test jeweils der erste Buchstabe angegeben wurde. In solchen Fällen wurden die Prä- und Postdaten zusammengefügt, obwohl der persönliche Code nicht identisch ist.

Außerdem wurden beim Geschlecht händische Änderungen vorgenommen. Falls das Geschlecht in einem Test nicht angegeben wurde, aber in der anderen Untersuchung schon, dann wird das angegebene Geschlecht untersucht. Da divers nur in zwei Fällen angegeben wurde, aber nur entweder im Pre- oder im Post-Test, wurde die zuvor binäre Geschlechterzuweisung für die Untersuchung übernommen. Sofern kein Geschlecht im Prä- und Posttest angegeben wurde, wird die Datenreihe nicht weiter untersucht. Außerdem werden für die Analyse nur vollständig ausgefüllte Fragebögen berücksichtigt. Bei 87 Datenreihen fehlen ein bis zu drei Angaben und bei sieben weiteren fehlen bis zu sechs Angaben. Von den insgesamt 221 Datenreihen bleiben daher nur noch 127 Datenreihen übrig.

Im nächsten Schritt erfolgt die Datenanalyse mit der Software SPSS<sup>68</sup> in der Version 27. Die aus der Untersuchung entstandene Syntax (welche auch für die Vorbereitung und Voruntersuchung verwendet wurde) befindet sich im Anhang. Zunächst wird für die bevorstehende Varianzanalyse geprüft, inwiefern sich die Daten für eine solche Untersuchung eignen. Dafür wurden die Konstrukte in der Prä- und Postuntersuchung mit Hilfe von Cronbach's Alpha auf Reliabilität untersucht. Zusätzlich werden die Varianzhomogenität und die Normalverteilung unter Berücksichtigung der Schiefe und Kurtosis der Verteilung überprüft. Im Anschluss folgen eine deskriptive Analyse und die Varianzanalyse.

<sup>68</sup> <https://www.ibm.com/de-de/spss>, letzter Aufruf: 05.12.2022

Im ersten Schritt werden mittels einer ANOVA mit Messwiederholung ausgewählte Interaktionseffekte untersucht. Die ausgewählten Terme sind so gestaltet, dass diese bei der Untersuchung der Forschungsfrage hilfreich sind. Dazu zählen der Hauptterm PrePost und die Interaktionsterme PrePost\*Gruppe, PrePost\*Gruppe\*Geschlecht und PrePost\*Gruppe\*Erstsemester. Sollte dabei in einem Interaktionsterm in den Teilkomponenten des technischen Selbstkonzepts mindestens ein Trend sichtbar sein mit einem Signifikanzniveau  $\leq 0.1$ , dann wird zusätzlich ein t-Test durchgeführt – andernfalls wird davon ausgegangen, dass es keinen beobachtbaren Interaktionseffekt gibt. Da nur die letzten beiden Schritte der in Abbildung 3.37 dargestellten Datenanalyse zur Bearbeitung der Forschungsfragen relevant sind, werden die ersten Schritte der Datenanalyse noch in diesem Kapitel dargestellt. Die Ergebnisse der Untersuchung folgen im nächsten Kapitel.

Zunächst wird die Reliabilitätsuntersuchung beschrieben. Die Berechnung von Cronbach's Alpha ergab im Prä-Test für die konative Dimension einen Wert von 0,823 und im Post-Test einen Wert von 0,741. Es ist daher davon auszugehen, dass diese Fragen allesamt dasselbe Konstrukt erfassen und daher in der Erfassung des Konstrukts konsistent sind. Die Ergebnisse der Auswertung für die motivationale Perspektive, inklusive der Subskalen Affekt, Verstehen, Gestalten, Technikangst und Anwenden, sind in der Tabelle 3.14 dargestellt. Da die letzten beiden Items (MotAnw1 und MotAnw2) negativ mit dem Konstrukt skalieren, wurden diese für die Untersuchung umskaliert. Da kein Wert unter 0,6 ist, kann auch hier davon ausgegangen werden, dass nicht nur die Subkonstrukte, sondern auch das Gesamtkonstrukt Motivationaler Technikbezug mit den Items zuverlässig erfasst werden.

*Tabelle 3.14: Cronbach's Alpha für die motivationale Perspektive und der dazugehörigen Subskalen*

<b>Skalen</b>	<b>Prä-Test</b>	<b>Post-Test</b>
Affekt	0,76	0,8
Verstehen	0,8	0,72
Gestalten	0,8	0,85
Technikangst	0,85	0,88
Anwenden	0,64	0,7
Motivational gesamt	0,74	0,65

Analog dazu werden die Ergebnisse für die kognitive Perspektive und den Subskalen Kompetenz, Selbstwirksamkeitserwartung, interne und externe Attribution, Strategien und Technikbild in der Tabelle 3.15 dargestellt. Bis auf die Attribution (external) und die Strategien korrelieren alle Items mit dem Konstrukt des kognitiven technischen Selbstkonzepts. Mit einem Wert von 0,86 im Prä- und einem Wert von 0,78 im Post-Test, ist davon auszugehen, dass die konative Perspektive mit diesen Fragen zuverlässig erfasst wird.

In Vorbereitung auf die ANOVA wird zusätzlich geprüft, inwiefern die Daten aus dem Prä- und Post-Test normalverteilt sind. Dabei wurden die Schiefe und Kurtosis der Verteilung betrachtet. Die Ergebnisse der Auswertung befinden sich in Tabelle 3.16. Bis auf den Post-Test zur motivationalen Perspektive, sind alle Mittelwerte leicht linksschief, jedoch alle im Bereich

*Tabelle 3.15: Cronbach's Alpha für die kognitive Perspektive und der dazugehörigen Subskalen*

<b>Skalen</b>	<b>Prä-Test</b>	<b>Post-Test</b>
Kompetenz	0,86	0,78
Selbstwirksamkeitserwartung	0,88	0,88
Interne Attribution	0,83	0,83
Externe Attribution	0,4	0,41
Strategien	0,297	0,46
Technikbild	0,65	0,63
Kognitiv gesamt	0,812	0,78

[-1;1]. Bei der Untersuchung der Kurtosis zeigt sich, dass die Post-Tests zur konativen und motivationalen Perspektive einen positiven Wert aufweisen. Da sich jedoch alle Werte im Bereich [-2;2] befinden und die Schiefe ebenfalls innerhalb der Grenzen [-1;1] liegt, darf eine Normalverteilung angenommen werden. Damit ist die Voruntersuchung erfolgreich abgeschlossen.

*Tabelle 3.16: Untersuchung auf Normalverteilung der Daten*

<b>Skalen</b>	<b>Schiefe</b>	<b>Kurtosis</b>
Konativ Pre	-0,146	-0,968
Konativ Post	-0,025	0,575
Motivational Pre	-0,129	-0,436
Motivational Post	0,754	1,579
Kognitiv Pre	-0,254	-0,113
Kognitiv Post	-0,288	-0,484

Die Zusammensetzung der 127 vollständigen Datenreihen ist in den folgenden Kreuztabellen dargestellt. Das mittlere Alter der Kohorten beträgt 21,9 Jahre mit einer Standardabweichung von 3. Die jüngsten Personen in der Erhebung sind 18 und die ältesten 34 Jahre alt. Da u. a. der Unterschied zwischen männlich und weiblich untersucht wird, befindet sich in der Tabelle 3.17 eine Übersicht über die Größe und Aufteilung der drei untersuchten Kohorten. Der Anteil der Studentinnen ist für den Studiengang Informatik mit etwa 20 % typisch. Die Experimentalgruppe 21 (Modul Soft Skills und Technische Kompetenz im Sommersemester 2021 abgeschlossen) und die Kontrollgruppe 22 (Modul Informatik und Gesellschaft im Jahr 2022 abgeschlossen) sind mit 32 Studierenden gleich groß. Die Experimentalgruppe 22 (Modul Soft Skills und Technische Kompetenz im Sommersemester 2022 abgeschlossen) ist mit insgesamt 63 Studierenden die größte Gruppe.

In der Kreuztabelle 3.18 ist die Verteilung der Studienbeginnerinnen und -beginner in Abhängigkeit zur Kohorte dargestellt.

Tabelle 3.17: Kreuztabelle zu den Zwischensubjektfaktoren Kohorte und Geschlecht

		Kohorte			Gesamt
		Experimental 21	Experimental 22	Kontroll 22	
Geschlecht	Männlich	24	55	28	107
	Weiblich	8	8	4	20
Gesamt		32	63	32	127

Tabelle 3.18: Kreuztabelle zu den Zwischensubjektfaktoren Kohorte und Studienbeginn

		Kohorte			Gesamt
		Experimental 21	Experimental 22	Kontroll 22	
Erstsemester	Ja	16	49	0	62
	Nein	16	14	32	65
Gesamt		32	63	32	127

### 3.3.2 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Untersuchung zum technischen Selbstkonzept von Informatikstudierenden vorgestellt. Dabei werden die Ergebnisse nach demselben Schema präsentiert. Zunächst werden in Tabellen die Ergebnisse der Varianzanalyse für die drei Teilkomponenten (und deren Subkonstrukte) in Abhängigkeit von den Faktoren PrePost-Untersuchung, Gruppe, Geschlecht, Erstsemester und der Interaktion der Terme PrePost\*Gruppe\*Geschlecht und PrePost\*Gruppe\*Erstsemester dargestellt. Die einzelnen Faktoren sind – so wie die Teilkomponenten des Selbstkonzepts – ebenfalls unterteilt.

Der Faktor Gruppe unterscheidet zwischen Experimentalgruppe 21, Experimentalgruppe 22 und Kontrollgruppe. Der Faktor Geschlecht differenziert zwischen männlich und weiblich. Der Faktor Erstsemester unterscheidet zwischen Studierenden aus der Studieneingangsphase und höheren Semestern.

Statistisch signifikante Ergebnisse (\*\*) ( $p < 0.05$ ) oder potentielle Trends (\*) ( $p \leq 0.1$ ) sind zur besseren Lesbarkeit hervorgehoben und werden in einem anschließenden paarweisen Vergleich mittels t-Tests genauer untersucht. Die Darstellung dieser Auswertung erfolgt in Tabellenform und zusätzliche Abbildungen visualisieren die Veränderungen. Im anschließenden Teil 3.3.3 werden die Ergebnisse interpretiert und diskutiert.

In Tabelle 3.19 ist die ANOVA zur konativen Perspektive des Selbstkonzepts dargestellt. Die Tabelle zeigt die untersuchte Komponente, die untersuchten Innersubjekteffekte, den F-Wert, die Freiheitsgrade df und das Signifikanzniveau p.

Insgesamt sind keine statistisch signifikanten Effekte in den Interaktionstermen feststellbar [(PrePost\*Gruppe:  $F_{1,121} = 0,45$ ;  $p = 0,640$ ), (PrePost\*Gruppe\*Erstsemester:  $F_{1,91} = 0,37$ ;  $p = 0,834$ ), (PrePost\*Gruppe\*Geschlecht:  $F_{2,121} = 0,18$ ;  $p = 0,834$ )]. Da es jedoch im Hauptterm PrePost womöglich einen Trend gibt (PrePost:  $F_{1,121} = 2,87$ ;  $p = 0,093$ ) werden –

Tabelle 3.19: Tests der Innersubjekteffekte: Konative Perspektive

Komponente	Term	F	df	p
Erfahrung	PrePost	2,87	1, 121	<b>0,093*</b>
	PrePost*Gruppe	0,45	2, 121	0,640
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,37	1, 91	0,545
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,18	2, 121	0,834

um zu untersuchen, wie dieser Effekt gelagert sein könnte – zusätzlich paarweise Vergleiche durchgeführt, die in Tabelle 3.20 dargestellt sind. Die Tabelle setzt sich aus den möglichen Faktoren Gruppe, Geschlecht und Erstsemester, M-Diff (die Differenz der Mittelwerte aus dem Post und Prä-Test), dem Standardfehler und dem Signifikanzniveau zusammen. Ein M-Diff Wert größer als Null bedeutet, dass der Mittelwert im Vergleich zum Prä-Test gestiegen ist. In der Kohorte Kontrollgruppe gibt es keine Studierenden aus dem ersten Semester. Aus diesem Grund wird die Kontrollgruppe für die t-Tests mit dem Faktor Erstsemester nicht berücksichtigt. Faktoren, die nicht untersucht werden, sind in der Tabelle mit einem X (= don't care) gekennzeichnet. Statistisch signifikante Änderungen sind optisch hervorgehoben.

Tabelle 3.20: Paarweiser Vergleich Pre Post – Konativ/Erfahrung

Kohorte	Geschlecht	Erstsemester	M-Diff (Post-Pre)	Std-Fehler	Sig
Exp21	X	X	-0,17	0,15	0,279
		ja	-0,15	0,2	0,456
		nein	-0,19	0,2	0,338
	Männlich	X	-0,17	0,15	0,279
	Weiblich	X	-0,17	0,27	0,531
Exp22	X	<b>X</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,14</b>	<b>0,054*</b>
		<b>ja</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,11</b>	<b>0,035**</b>
		<b>nein</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,21</b>	<b>0,018**</b>
	Männlich	<b>X</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,10</b>	<b>0,003**</b>
	Weiblich	X	-0,25	0,27	0,348
Kon22	X	X	-0,048	0,201	0,813
		ja	–	–	–
		nein	–	–	–
	Männlich	X	0,071	0,142	0,616
	Weiblich	X	-0,167	0,375	0,658

Mit Ausnahme der Studenten aus der Kontrollgruppe ist der Mittelwert bei allen anderen Gruppen gesunken. Für die Experimentalgruppe 22 sind die Änderungen – bis auf die Studentinnen – signifikant. Dieser Effekt betrifft also sowohl Erst- als auch höhere Semester. Außerdem ist der Effekt bei den Männern stärker ausgeprägt als bei den Frauen. Weder die Kontrollgruppe, noch die Experimentalgruppe 21 zeigen einen solchen Interaktionseffekt.

Als nächstes wird mit der ANOVA die motivationale Perspektive (siehe Tabelle 3.21) mit dem Hauptterm PrePost und ausgewählten Interaktionstermen untersucht. Für das Gesamt-

konstrukt Motivationaler Technikbezug (PrePost:  $F_{1,121} = 2,864$ ;  $p = 0,093$ ) ist zwar keine statistisch signifikante Änderung, aber ein Trend zu sehen. Weitere Trends sind in den Konstrukten Affekt (PrePost\*Gruppe\*Geschlecht:  $F_{2,121} = 2,371$ ;  $p = 0,098$ ) und Technikangst (PrePost\*Gruppe\*Erstsemester:  $F_{2,121} = 2,867$ ;  $p = 0,094$ ) beobachtbar. Zusätzlich ist eine statistisch signifikante Änderung im Hauptterm (PrePost:  $F_{1,121} = 9,567$ ;  $p = 0,002$ ) beim Konstrukt Technikangst sichtbar. Daher werden drei weitere Post-Hoc Analysen durchgeführt.

*Tabelle 3.21: Tests der Innersubjekteffekte: Motivationale Perspektive*

Komponente	Term	F	df	p
Gesamt	PrePost	2,864	1, 121	<b>0,093*</b>
	PrePost*Gruppe	0,42	2,121	0,959
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	2,348	1, 91	0,129
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,241	2,121	0,786
Affekt	PrePost	0,008	1, 121	0,930
	PrePost*Gruppe	1,232	2, 121	0,295
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,023	1, 91	0,881
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	2,371	2, 121	<b>0,098*</b>
Verstehen	PrePost	0,248	1, 121	0,619
	PrePost*Gruppe	0,697	2, 121	0,5
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,099	1, 91	0,754
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,213	2, 121	0,808
Gestalten	PrePost	0,192	1, 121	0,662
	PrePost*Gruppe	0,148	2, 121	0,862
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,130	1, 91	0,719
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,469	2, 121	0,627
Technikangst	PrePost	9,567	1, 121	<b>0,002**</b>
	PrePost*Gruppe	0,332	2, 121	0,718
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	2,867	1, 91	<b>0,094*</b>
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	1,287	2, 121	0,280
Anwenden	PrePost	1	1, 121	0,319
	PrePost*Gruppe	0,175	2, 121	0,840
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,590	1, 91	0,444
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,196	2, 121	0,822

In der Tabelle 3.22 ist der paarweise Vergleich zum motivationalen Technikkonzept dargestellt. Obwohl die ANOVA auf einen Trend hingewiesen hat, können keine signifikanten Änderungen – weder im Hauptterm, noch in den Interaktionstermen – festgestellt werden. Insgesamt hat der Mittelwert in nahezu allen Kohorten minimal abgenommen. Da sich das Signifikanzniveau der Vergleiche im Intervall  $[0,11;0,892]$  befindet und auch nicht argumentiert werden darf, dass es sich hierbei um einen Trend handelt, haben sich durch die Intervention keine statistisch messbaren Änderungen in der motivationalen Perspektive des Selbstkonzepts herausgestellt.

Tabelle 3.22: Paarweiser Vergleich Pre Post – Motivational/Gesamt

Kohorte	Geschlecht	Erstsemester	M-Diff (Post-Pre)	Std-Fehler	Sig
Exp21	X	X	-0,098	0,077	0,205
		ja	0,057	0,101	0,178
		nein	0,057	0,101	0,573
	Männlich	X	0,19	0,077	0,807
	Weiblich	X	-0,216	0,134	0,110
Exp22	X	X	- 0,087	0,072	0,226
		ja	-0,030	0,057	0,607
		nein	-0,030	0,057	0,254
	Männlich	X	-0,038	0,051	0,458
	Weiblich	X	-0,136	0,134	0,311
Kon22	X	X	0,062	0,101	0,543
		ja	-	-	-
		nein	-	-	-
	Männlich	X	-0,010	0,072	0,892
	Weiblich	X	-0,114	0,189	0,550

Als nächstes werden die paarweisen Vergleiche zur affektiven Dimension in der Tabelle 3.23 untersucht. Insgesamt sind keine statistisch signifikanten Änderungen feststellbar – weder das Hochschulsemester noch die Lehrveranstaltung, noch das Geschlecht haben einen sichtbaren Einfluss. Es gibt jedoch Anzeigen für zwei geschlechtsspezifische Trends in den beiden Experimentalgruppen. Während der affektive Teil der motivationalen Perspektive (Faszination und Spaß an Technik) bei den Studenten aus der Experimentalgruppe 21 gesunken ist, bleibt dieser bei den Studentinnen in derselben Veranstaltung unverändert. Im Kontrast dazu hat sich der Mittelwert bei den Studentinnen in der Experimentalgruppe 22 von allen Vergleichsgruppen verändert und ist um 0,3 gestiegen.

Die letzte Untersuchung (siehe Tabelle 3.24) umfasst die Änderungen im Konstrukt Technikangst. In beiden Experimentalgruppen sind statistisch signifikante Unterschiede feststellbar, die zudem nicht in der Kontrollgruppe auftreten. In der Experimentalgruppe 21 sind zwischen den untersuchten Geschlechtern gegenteilige Effekte aufgetreten. Während die Technikangst – also Hemmungen im Umgang mit technischen Artefakten und die Angst, etwas falsch oder kaputt zu machen – bei den Studentinnen statistisch signifikant um 0,75 gesunken ist, stieg die Technikangst bei den Mitstudenten leicht an. Zwar ist die Änderung nicht signifikant, aber mit einem p-Wert unter 0,1, ist dennoch ein Trend sichtbar. Dieser Trend ist jedoch nur in der Experimentalgruppe 21 bei den Männern sichtbar. In der Experimentalgruppe 22 bleibt dieser Wert bei den Studenten nahezu unverändert. Die Studentinnen hingegen zeigen erneut einen statistisch signifikant gesunkenen Wert, der leicht stärker ausgeprägt ist, als bei der Gruppe aus dem Jahr zuvor. Der Faktor Erstsemester zeigt keinen Einfluss auf die Technikangst.

Zuletzt werden die Innersubjekteffekte mittels einer ANOVA für die kognitive Dimension untersucht (siehe Tabelle 3.25). Weder im Gesamtkonstrukt, noch in den Teilaspekten der

Tabelle 3.23: Paarweiser Vergleich Pre Post – Motivational/Affekt

Kohorte	Geschlecht	Erstsemester	M-Diff (Post-Pre)	Std-Fehler	Sig
Exp21	X	X	-0,09	0,110	0,394
		ja	-0,13	0,15	0,400
		nein	-0,16	0,15	0,294
	Männlich	<b>X</b>	<b>-0,9</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09*</b>
	Weiblich	X	0,0	0,19	1,0
Exp22	X	X	-0,13	0,1	0,207
		ja	-0,01	0,09	0,904
		nein	0	0,16	1,000
	Männlich	X	-0,06	0,07	0,453
	<b>Weiblich</b>	<b>X</b>	<b>0,31</b>	<b>0,19</b>	<b>0,102*</b>
Kon22	X	X	-0,05	0,14	0,710
		ja	–	–	–
		nein	–	–	–
	Männlich	X	0,14	0,10	0,162
	Weiblich	X	-0,20	0,27	0,354

Tabelle 3.24: Paarweiser Vergleich Pre Post – Motivational/Technikangst

Kohorte	Geschlecht	Erstsemester	M-Diff (Post-Pre)	Std-Fehler	Sig
Exp21	X	X	-0,229	0,116	0,170
		ja	-0,229	0,221	0,303
		nein	0,292	0,221	0,191
	Männlich	<b>X</b>	<b>0,292</b>	<b>0,166</b>	<b>0,081*</b>
	<b>Weiblich</b>	<b>X</b>	<b>-0,75</b>	<b>0,287</b>	<b>0,010**</b>
Exp22	X	<b>X</b>	<b>-0,414</b>	<b>0,154</b>	<b>0,008**</b>
		ja	-0,061	0,126	0,629
		nein	-0,238	0,237	0,317
	Männlich	X	0,006	0,110	0,956
	<b>Weiblich</b>	<b>X</b>	<b>-0,833</b>	<b>0,287</b>	<b>0,004**</b>
Kon22	X	X	-0,327	0,217	0,134
		ja	–	–	–
		nein	–	–	–
	Männlich	X	-0,238	0,154	0,124
	Weiblich	X	-0,417	0,406	0,307

kognitiven Perspektive des Selbstkonzepts sind statistisch signifikante Änderungen und Trends feststellbar. Aus diesem Grund werden keine weiteren paarweisen Vergleiche durchgeführt.

In diesem Abschnitt wurden die Ergebnisse dargestellt und beschrieben. Die Einordnung der signifikanten Ergebnisse und Trends, die Prüfung der Hypothesen und Beantwortung der Forschungsfragen erfolgen im nächsten Unterkapitel.

Tabelle 3.25: Tests der Innersubjekteffekte Kognitiv

<b>Komponente</b>	<b>Term</b>	<b>F</b>	<b>df</b>	<b>p</b>
Gesamt	PrePost	0,136	1, 121	0,713
	PrePost*Gruppe	0,489	2,121	0,614
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,072	1, 91	0,788
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	1,836	2,121	0,164
Kompetenz	PrePost	0,361	1, 121	0,549
	PrePost*Gruppe	0,501	2, 121	0,607
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,830	1, 91	0,365
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	1,1	2, 121	0,336
Selbstwirksamkeit	PrePost	0,955	1, 121	0,330
	PrePost*Gruppe	0,155	2, 121	0,856
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0	1, 91	0,999
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,155	2, 121	0,856
Attribution (int)	PrePost	1,261	1, 121	0,264
	PrePost*Gruppe	1,231	2, 121	0,296
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,181	1, 91	0,671
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	1,910	2, 121	0,152
Attribution (ext)	PrePost	1,419	1, 121	0,236
	PrePost*Gruppe	0,813	2, 121	0,446
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,881	1, 91	0,351
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,719	2, 121	0,489
Strategien	PrePost	0,590	1, 121	0,444
	PrePost*Gruppe	0,116	2, 121	0,890
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	2,550	1, 91	0,114
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,795	2, 121	0,454
Technikbild	PrePost	0,323	1, 121	0,571
	PrePost*Gruppe	0,562	2, 121	0,572
	PrePost*Gruppe*Erstsemester	0,003	1, 91	0,953
	PrePost*Gruppe*Geschlecht	0,068	2, 121	0,934

### 3.3.3 Zusammenfassung und Diskussion

In dieser Studie wurden die Änderungen im technischen Selbstkonzept von drei Gruppen in einem Prä-Post Studiendesign untersucht. Die beiden Experimentalgruppen haben in der Intervention die Lehrveranstaltungen aus Abschnitt 3.2.5 und 3.2.6 besucht, während die Kontrollgruppe die Lehrveranstaltung nicht belegt hat. Insgesamt sind in der Auswertung 127 vollständige Prä/Post Datensätze berücksichtigt worden, wovon 32 aus der Experimentalgruppe aus dem Jahr 2020/2021, 63 aus der Experimentalgruppe 2021/2022 und 32 aus der Kontrollgruppe stammen.

Nachdem die notwendigen Voraussetzungen für eine Untersuchung mittels ANOVA geprüft waren, wurden im Rahmen der Varianzanalyse die drei Teilperspektiven des Technischen Selbstkonzepts und ihre Subkonstrukte in Abhängigkeit zu den Intersubjektfaktoren PrePost-Untersuchung, Gruppe, Geschlecht und Erstsemester als auch die Interaktionsterme PrePost\*Gruppe, PrePost\*Gruppe\*Geschlecht und PrePost\*Gruppe\*Erstsemester untersucht. Statistisch signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ) und mögliche Trends ( $p \leq 0.1$ ) wurden zusätzlich einer PostHoc Untersuchung mit t-Tests unterzogen.

Da es im Hauptterm zur konativen Perspektive des technischen Selbstkonzepts Anzeichen für einen möglichen Trend gibt ( $F_{1,121} = 2,87$ ;  $p = 0,093$ ), wurde in einer PostHoc Analyse untersucht, wie dieser Term gelagert ist. Dabei konnte festgestellt werden, dass es statistisch signifikante Unterschiede bei den Studierenden der Kohorte 2021/2022 gibt. Dieser Effekt ist zudem unabhängig davon, ob sich die Studierenden in der Studieneingangsphase befinden oder nicht. Insgesamt schätzen die Studenten nach der Intervention ihre Vorerfahrung im Umgang mit Technik wie auch die Beschäftigung mit Technik in der Freizeit als statistisch signifikant geringer ein. Dieser Effekt ist weder in der Kontrollgruppe, noch in der vorherigen Experimentalgruppe beobachtbar. Zudem gibt es einen solchen Unterschied bei den Studentinnen derselben Gruppe nicht. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die in der Intervention gesammelten Erfahrungen, die Erinnerungen der Studenten zu ihrem früheren Umgang mit Technik verändert. Womöglich führte die intensive Auseinandersetzung mit Technik in der LV dazu, dass die eigene Kompetenz und der frühere Umgang mit Technik überschätzt wurden und nun durch die Intervention genauer eingeschätzt werden können.

Bei der Betrachtung der motivationalen Perspektive sind sowohl im Hauptterm, als auch in den Interaktionstermen PrePost\*Gruppe\*Geschlecht und PrePost\*Gruppe\*Erstsemester statistisch signifikante Unterschiede und Trends sichtbar. Die Unterschiede treten dabei im Gesamtkonstrukt ( $F_{1,121} = 2,864$ ;  $p = 0,093$ ) und den Teilkonstrukten Affekt ( $F_{2,121} = 2,867$ ;  $p = 0,094$ ) und Technikangst ( $F_{1,121} = 9,567$ ;  $p = 0,002$ ) auf. Konkret sind in der affektiven Perspektive (u. a. Spaß an Technik) zwei Trends messbar. Zum einen ist bei den männlichen Probanden der Experimentalgruppe 2020/2021 der Mittelwert auffallend stark (-0,9) gesunken. Dieser Effekt tritt bei den Studentinnen derselben Kohorte nicht auf. Zudem ist ein Anstieg des affektiven Teils des Selbstkonzepts bei den Studentinnen der Experimentalgruppe 2021/2022 als Trend beobachtbar. Bei den Studenten derselben Kohorte ist dieser Wert im Vergleich zu Pre/Post nahezu konstant geblieben. Die Kontrollgruppe blieb hingegen unverändert. Diese Ergebnisse können sich evtl. damit begründen lassen,

dass Männer und Frauen hinsichtlich ihres Umgangs mit Technik unterschiedlich sozialisiert wurden (siehe 2.4.2). Während die Studenten der Experimentalgruppe 2020/2021 bisher dachten, sie hätten viel Erfahrung mit Technik und dabei auch Spaß, sind die Studentinnen in ihren Vorerfahrungen reservierter. Da sich die Studierenden nach einem Jahr ausgiebig mit der Entwicklung technischer Artefakte beschäftigt haben, erfolgte nun eine genauere Selbsteinschätzung. Die Studenten der Experimentalgruppe des Wintersemesters mussten evtl. feststellen, dass ihnen die technische Kompetenz nicht wie angenommen zufällt und haben deswegen unter Umständen den Spaß daran verloren. Interessanterweise tritt dieser Effekt nicht in der zweiten Iteration des Lehrkonzeptes auf. Dort hat sich die affektive Perspektive nicht verändert bei den Studenten und ist bei den Studentinnen sogar gestiegen. Unter Umständen wird die Lehre als etwas besser wahrgenommen, sodass die Frauen sich bestärkter fühlen sich weiter mit Technik auseinandersetzen zu wollen.

Die stärksten Unterschiede aus dieser Studie sind in der Perspektive Technikangst zu erkennen: die Studentinnen beider Experimentalgruppen weisen statistisch signifikant weniger Angst im Umgang mit Technik auf. Dieser Effekt tritt nicht in der Kontrollgruppe auf und auch nicht bei den männlichen Probanden. Der Effekt ist bei der Experimentalgruppe 2020/2021 sogar gegenteilig: bei den Studenten ist der Trend im Anstieg der Angst im Umgang mit Technik sichtbar. Dies ist insofern interessant, da dieselbe Gruppe auch ein weniger Spaß in der Auseinandersetzung mit Technik hat. Auch hier kann vermutet werden, dass sich die Männer nach der Intervention genauer einschätzen. Da die Angst, etwas im Umgang mit Technik falsch oder kaputt zu machen, in beiden Experimentalgruppen für die Studentinnen statistisch signifikant gesunken ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Intervention in dieser Hinsicht erfolgreich war und einen positiven Beitrag zum Selbstkonzept geleistet hat.

Überraschend an diesen Ergebnissen ist die Tatsache, dass in der kognitiven Perspektive des Selbstkonzepts keine Änderungen messbar waren. Dies ist auf der einen Seite erfreulich, da das Lehrkonzept scheinbar keine Verschlechterung hervorgerufen hat, jedoch auch schade, da basierend auf den Erfahrungen und Lehrveranstaltungsevaluationen aus den Lehrveranstaltungen der vorherigen Jahre zumindest eine Steigerung der Kompetenz- und Selbstwirksamkeitserwartung vermutet wurde. Zusätzlich wurden gezielt Lehrinhalte vermittelt, die die Studierenden (auch in Gruppen) dazu befähigen sollen, technische Aufgaben und Probleme systematisch anzugehen und zu lösen. Dennoch war ein solcher Effekt nicht messbar. Sowohl die Wahl des validierten Messinstruments als auch ein Cronbachs Alpha von 0,81 in der Prä- und 0,78 in der Postuntersuchung, schränken die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers bei der Messung der (Sub)-Konstrukte ein, aber schließen die Möglichkeit nicht aus, dass das Instrument unter Umständen nicht sensibel genug gewesen ist, um die tatsächliche Veränderung zu erfassen. Womöglich waren aber auch die vermittelten Inhalte und Kompetenzen nicht effektiv genug, um eine Änderung des Selbstkonzepts zu bewirken. Zwar gibt es einzelne Belege, wie die Angaben der Studierenden in Abschnitt 3.2.7 beschrieben, dass die Intervention einen positiven Einfluss auf einzelne Individuen hatte, jedoch kann von einzelnen Personen nicht auf eine Kohorte geschlossen werden. Auch die verwandten Arbeiten deuteten auf einen möglichen Effekt hin. Unter Umständen hat auch der Zeitpunkt der zweiten Erhebung einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt: Der Fragebogen wurde unmittelbar vor den Abschluss-

vorträgen ausgeteilt und somit einen Tag vor Ende der Projektphase. So kann der Stress der vergangenen Tage dazu geführt haben, dass die Selbsteinschätzung zum Spaß im Umgang mit Technik, der Selbstwirksamkeitserwartung oder Attribution anders bewertet wurde, als wenn zwischen dem Abschluss des Projektes und der Erhebung mehr Zeit vergangen wäre. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die Intervention trotz des Erreichens der Lernziele nicht effektiv genug war, um das Selbstkonzept statistisch signifikant beeinflussen zu können. Unter Umständen ist das Konstrukt auch zeitlich zu stabil, um Änderungen nach einem Jahr feststellen zu können. Daher sollte untersucht werden, inwiefern sich Änderungen im Selbstkonzept der Experimentalgruppen und Kontrollgruppen zum Ende des Studiums ergeben haben.

Zusammenfassend lässt sich die Forschungsfrage 2, die den Einfluss der Orientierung des Lehrkonzeptes am Kontext Smart-Environments auf das Selbstkonzept der Studierenden untersucht, wie folgt beantworten: es sind statistisch signifikante Änderungen und Trends des technischen Selbstkonzepts beobachtbar. Diese treten jedoch nur in der konativen und motivationalen Perspektive des Selbstkonzepts auf und sind im Gesamtkonstrukt und der kognitiven nicht messbar. Dabei gibt es keinen messbaren Unterschied zwischen Studierenden, die die Veranstaltung in der Studieneingangsphase belegen und jenen, die sich in höheren Semestern befinden. Zwischen den Geschlechtern sind statistisch signifikante (und auch gegensätzliche) Effekte sichtbar. Dazu gehört die schlechtere Selbsteinschätzung in der vorherigen Erfahrung im Umgang mit Technik bei Studenten, als auch eine deutlich geringere Angst im Umgang mit Technik etwas kaputt oder falsch zu machen bei den Frauen. In der Kontrollgruppe ist keiner der zuvor beschriebenen Änderungen im Selbstkonzept messbar.

### 3.4 Die Untersuchung der weiteren akademischen Laufbahn der Studierenden

In der dritten und letzten Forschungsfrage wird untersucht, welche Wirkung das ganzjährige Lehrkonzept zum Kontext Smart-Environments mit Bezügen zum forschenden Lernen auf die weitere akademische Laufbahn der Studierenden und die Studienabbruchquoten hat. Dadurch sollen unter anderem Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Smart-Environments als Querschnittsthema in den Informatikstudiengängen möglich sein. In diesem Abschnitt wird daher zunächst das Vorgehen zur Datenerhebung und Auswertung beschrieben und anschließend die Ergebnisse dargestellt. Die Untersuchung schließt mit einer Zusammenfassung und Diskussion zum Vorgehen, den Ergebnissen und weiteren, möglichen Untersuchungen ab.

<b>Forschungsfrage</b>	Wie wirkt sich eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge auf die weitere akademische Laufbahn der Studierenden aus?
<b>Unterforschungsfragen</b>	Welchen Einfluss hat das Lehrangebot auf die Studienabbruchquote der Studierenden im Vergleich zu den Studierenden aus derselben Kohorte, die das Lernangebot nicht wahrgenommen haben? Inwiefern unterscheiden sich die akademischen Leistungen in Bezug auf Projekt-, Seminararbeiten und Lehrveranstaltungen mit fachlichem Bezug zum Kontext im Vergleich zu den Studierenden aus derselben Kohorte, die das Lernangebot nicht wahrgenommen haben?
<b>Methode</b>	Kohortenstudie mit anschließenden t-Tests und Chi-Quadrat-Tests.
<b>Ziel</b>	Die Wirksamkeit des Lehrkonzeptes auf die Studienabbruchquote belegen und empirisch darlegen, dass das forschende Lernen im Kontext Smart-Environments auch über die Lehrveranstaltung <i>Soft Skills und Technische Kompetenz</i> hinweg in weitere Module wirkt.

#### 3.4.1 Methodisches Vorgehen

Im Vergleich zu anderen Kohortenstudien in der Informatik (siehe zum Beispiel Xenos et al. 2002 oder Böttcher et al. 2020) in denen entweder mit Fragebögen oder Interviews Daten erhoben wurden, wird in dieser Untersuchung das akademische Controlling der Universität

Oldenburg<sup>69</sup> zur Datenerhebung genutzt. Das akademische Controlling sammelt und wertet hochschulstatistische Daten, unter anderem in den Bereichen Studium und Lehre, Forschung, Personal und Gleichstellung, aus. Zu den Daten aus dem Bereich Studium und Lehre gehören u. a. die Anzahl der Studierenden in den Studiengängen, Studienanfängerinnen und Anfänger, Dauer des Studiums bis zum Abschluss oder die Anzahl der Exmatrikulationen (und somit auch die Anzahl der Absolventinnen und Absolventen, als auch die Studienabbrecherinnen und -abbrecher), Übergangsquoten, aber auch die erreichten Noten in den einzelnen Modulen.

Insgesamt werden in dieser Studie zwei Kohorten untersucht, die in sich weiter unterteilt werden. Zum einen werden die Studierenden betrachtet, die im Wintersemester 2020/2021 ein Informatikstudium begonnen haben. Diese Gruppe wird unterteilt in Studierende, die die in 3.2.5 beschriebene Veranstaltung (*Soft Skills und Technische Kompetenz (kurz SK&TK)* im Modul pb085 – Soft Skills) bestanden haben und mit dem entwickelten Lehrkonzept unterrichtet wurden, und jenen Studierenden aus der Gruppe derselben Studienanfängerinnen und -anfänger, die die Veranstaltung nicht besucht haben.

In der Tabelle 3.26 sind die Größen der untersuchten Kohorten dargestellt. Zusätzlich ist in der Tabelle mit einem Sternchen (\*) gekennzeichnet, wie hoch der prozentuale Anteil der (Wirtschafts-)Informatikerinnen und Informatiker in der Lehrveranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz war, im Verhältnis zu allen Studierenden aus dem Fachbachelor Informatik und Wirtschaftsinformatik im Wintersemester 2020/2021. Der Anteil der Informatikstudierenden ist mit einem Anteil von 27 % (Wirtschaftsinformatik entspricht etwa 18 %) relativ gering, aber aufgrund der in Abschnitt 3.2.5.5 beschriebenen Diskussion aus organisatorischen Gründen nicht anders möglich.

*Tabelle 3.26: Zusammensetzung der Kohorte mit dem Studienbeginn Wintersemester 2020/2021*

Studienfach	mit SK&TK	ohne SK&TK	Gesamt
Informatik	25 (27 %*)	68	93
Wirtschaftsinformatik	12 (18 %*)	55	67
Gesamtergebnis	37	123	160

Die zweite Kohorte umfasst Studierende aus den Informatikstudiengängen mit dem Studienbeginn zum Wintersemester 2019/2020 (Gruppe C) – also genau ein Jahr zuvor. In dieser Gruppe wird zwischen den Studierenden unterschieden, die in der Veranstaltung *Soft Skills (kurz SK)*<sup>70</sup> (des Moduls pb085 – Soft Skills) erfolgreich belegt haben oder nicht. Diese Kohorte dient im weiteren Verlauf dieser Auswertung als Vergleichsgruppe, um argumentieren zu können, dass festgestellte Änderungen auf dem neuen Lehrkonzept im Modul pb085 beruhen und nicht allgemein auf eine Lehrveranstaltung zur Vermittlung von Soft Skills zurückzuführen sind. Die Zusammensetzung der Gruppe und der prozentuale Anteil der Kohorte, die an der Veranstaltung Soft Skills teilgenommen haben, sind in der Tabelle 3.27 dargestellt.

<sup>69</sup> <https://uol.de/planung-entwicklung/akademisches-controlling>, letzter Aufruf: 19.11.2022

<sup>70</sup> Diese Lehrveranstaltung wurde von einer anderen Lehrperson in den Jahren zuvor durchgeführt und beruht auf einem anderen Lehrkonzept

*Tabelle 3.27: Zusammensetzung der Kohorte mit dem Studienbeginn Wintersemester 2019/2020*

Studienfach	mit SK	ohne SK	Gesamt
Informatik	57 (42 %*)	77	134
Wirtschaftsinformatik	37 (41 %*)	54	91
Gesamtergebnis	94	131	225

Nach der einjährigen Intervention (siehe Kapitel 3.2.5) wird ein weiteres Jahr abgewartet, um zu beobachten, mit welchen Noten die Studierenden die darauffolgenden Lehrveranstaltungen bestehen. Diese Noten werden mit den Peers aus derselben Kohorte ohne Belegung von Soft Skills und Technische Kompetenz verglichen. Das akademische Controlling hat auf Anfrage diese Daten (Datenstand 05.12.2022) zur Verfügung gestellt. Aus Datenschutzgründen sind keine Veranstaltungen mit weniger als fünf Prüfungen gelistet und es können außerdem keine Noten einzelnen Personen zugeordnet werden.

1. Sem.	inf030 Programmierung, Datenstrukturen und Algorithmen		inf200 Grundlagen d. Technischen Informatik		mat950 Diskrete Strukturen		mat955 Lineare Algebra für Informatik		pb085 Soft Skills
2. Sem.	inf031 Objektorientierte Modellierung und Programmierung		inf201 Technische Informatik		inf400 Theoret. Inf.: Logik		mat960 Analysis für Informatik		
3. Sem.	inf005 Softwaretechnik I	inf004 Software -projekt		inf800 Pro- seminar	inf007 Informations- systeme I		inf401 Grundlagen d. Theoret. Inf.		inf xxx Wahl
4. Sem.	inf012 Betriebssysteme I			inf202 Praktikum Techn. Inf.	inf010 Rechner- netze		Wahlbereich Mathematik		
5. Sem.	Wahl Informatik, Kultur und Gesellschaft		inf xxx Wahl		inf xxx Wahl		inf xxx Wahl		PB-Wahl
6. Sem.	bam Bachelorabschlussmodul				inf801 Seminar	inf xxx Wahl		PB-Wahl	

*Abbildung 3.38: Exemplarischer Studienverlaufsplan Fachbachelor Informatik<sup>71</sup>.  
Stand 20.04.2022*

In den Abbildungen 3.38 und 3.39 sind empfohlene Studienverlaufspläne der Bachelorstudiengänge Informatik und Wirtschaftsinformatik an der Universität Oldenburg abgebildet. In beiden Fällen wird das Modul pb085 Soft Skills – also die Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz – in den ersten beiden Semestern unabhängig vom Studiengang empfohlen. Die aktuellen Lehrinhalte sind bereits in 3.2.5 und 3.2.6 beschrieben. Ebenfalls

<sup>71</sup><https://uol.de/bsc/informatik/studienstruktur-und-plan/studienverlaufsplan>, letzter Aufruf: 20.11.2022

unabhängig vom Studiengang werden die Module Softwaretechnik, Proseminar, Softwareprojekt, Informationssysteme und ein Mathematikmodul im dritten und vierten Semester vorgeschlagen. Fachspezifisch für den Informatikbachelorstudiengang sind Veranstaltungen, wie Betriebssysteme, Rechnernetze und das Praktikum Technische Informatik. Studierenden aus dem Studiengang Wirtschaftsinformatik werden hingegen Veranstaltungen, wie eBusiness, empfohlen.

1. Sem.	inf030 <b>Programmierung, Datenstrukturen und Algorithmen</b>		inf200 <b>Grundlagen d. Technischen Informatik</b>	mat950 <b>Diskrete Strukturen</b>	mat955 <b>Lineare Algebra für Informatik</b>	<b>Soft Skills PB- Wahl</b>
2. Sem.	inf031 <b>Objektorientierte Modellierung und Programmierung</b>		inf201 <b>Technische Informatik</b>	inf400 <b>Theoret. Inf.: Logik</b>	mat960 <b>Analysis für Informatik</b>	
3. Sem.	inf005 <b>Softwaretechnik I</b>	inf004 <b>Software -projekt</b>	inf800 <b>Pro- seminar</b>	inf007 <b>Informations- systeme I</b>	inf401 <b>Grundlagen d. Theoret. Inf.</b>	Wahlbereich <b>Mathematik</b>
4. Sem.	Wahlbereich Praktische Informatik		inf202 <b>Praktikum Techn. Inf.</b>	Wahlbereich Praktische Informatik	inf xxx <b>Wahl</b>	
5. Sem.	<b>Wahl Informatik, Kultur und Gesellschaft</b>	PB-Wahl	inf xxx <b>Wahl</b>	inf xxx <b>Wahl</b>	inf xxx <b>Wahl</b>	
6. Sem.	bam Bachelorabschlussmodul			inf801 <b>Seminar</b>	inf xxx <b>Wahl</b>	PB-Wahl

Abbildung 3.39: Exemplarischer Studienverlaufsplan Fachbachelor Wirtschaftsinformatik<sup>72</sup>. Stand 20.04.2022

Sofern Smart-Environments als Querschnittsthema wirkt, besteht die Möglichkeit, dass die Studierenden in Modulen, wie zum Beispiel Betriebssysteme, das Praktikum technische Informatik oder Rechnernetze bessere Leistungen erzielen, da diese Module Lerninhalte enthalten, die bereits zuvor praxisnah in Soft Skills und Technische Kompetenz vermittelt wurden. Da zudem Aspekte des forschenden Lernens in der Lehre berücksichtigt wurden, ist es ebenfalls plausibel, dass die Studierenden in Veranstaltungen, wie dem Proseminar, bessere Noten erzielen. Im Proseminar recherchieren die Studierenden in der Regel angeleitet zu einem Forschungsthema, sichten Literatur, bewerten die Quellen und stellen ihre Ergebnisse in einer Ausarbeitung und einem Referat dar. Sowohl die Ausarbeitung, als auch das Referat sollten nach wissenschaftlichen Standards aufgebaut sein. Des Weiteren könnte der Lehrkontext auch auf künftige Projektarbeiten, wie das Softwareprojekt wirken, da die Studierenden auf Themen wie Gruppenarbeit, Ideenfindung, Konfliktmanagement, Projektmanagement,

<sup>72</sup><https://uol.de/informatik/bsc/wirtschaftsinformatik/studienplan>, letzter Aufruf: 20.11.2022

Peer-Feedback und Projektarbeit aufgrund der Smart-Environments spezifischen Projekte im Team sensibilisiert sind und diese zum Teil auch praktisch erprobt haben. Im Softwareprojekt arbeiten die Studierenden in Oldenburg für ein Jahr in Gruppen von bis zu zwölf Personen an einer netzwerkfähigen und browserbasierten Softwarelösung. In der Regel handelt es sich um bekannte Brettspiele, die so aufbereitet werden, dass mehrere Personen gemeinsam online spielen können. Dabei durchleben die Studierenden einen ganzen Entwicklungszyklus von der Erhebung der Anforderungen, der Konzeption, der Umsetzung der Softwarearchitektur, dem Testen und Dokumentieren. Implementierung und Testen von Teil- und Gesamtlösungen, als auch der Dokumentation und Präsentation. Dies sind ebenfalls Inhalte, die im Kontext Smart-Environments (wenngleich in einem kleineren Maßstab) relevant sind und zuvor praxisnah geübt wurden. Unter Umständen strahlen die Aspekte des forschenden Lernens, durch das vermittelte systematische Vorgehen in der Problemfindung und Problemlösung, auch auf die Mathematikmodule aus. Daher werden einseitige Hypothesentests durchgeführt, mit der Alternativhypothese, dass die durchschnittliche Note der Gruppe, ohne Belegung der Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz niedriger ist als die der Peers, die die Veranstaltung erfolgreich belegt haben. Sofern Effekte durch die Lehrveranstaltung in anderen Modulen sichtbar sind, wird die Untersuchung zusätzlich mit der zweiten Kohorte aus dem Vorjahr wiederholt. Die Vergleichsgruppe wird gewählt, da in den Jahren zuvor das pb085 anders aufgebaut war und Soft Skills spezifische Inhalte anhand von Vorlesungen vermittelt und mit einer Klausur geprüft wurden. Der Vergleich mit der vorherigen Variante des Moduls Soft Skills soll ausschließen, dass die beobachteten Effekte allgemein durch die Vermittlung von Soft Skills entstehen.

In der Tabelle 3.28 befindet sich eine Übersicht der abgelegten Prüfungsleistungen vom Wintersemester 2021/2022 bis zum Sommersemester 2022 der oben beschriebenen Experimentalkohorte – also den Studienanfängerinnen und -anfängern der Informatikstudiengänge vom Wintersemester 2020/2021. Insgesamt wurden in dem Zeitraum 460 Prüfungen abgelegt, wovon 248 von Studierenden der Gruppe ohne Belegung der Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz geschrieben wurden. Die restlichen 212 Prüfungen stammen von Studierenden der Gruppe, die Soft Skills und Technische Kompetenz (SK&TK) belegt haben. Der vom akademischen Controlling zur Verfügung gestellte Datensatz erfasst den Studiengang, das Startsemester, die Unterscheidung, ob das Modul pb085 bestanden wurde, das Prüfungsdatum, das Prüfungssemester, den Modultext, den Modulkurztext und die Note. Da nicht in allen Modulen gleich viele Prüfungen abgelegt wurden, werden nur jene Module betrachtet, deren kleinste Stichprobe mindestens 20 % der größeren Stichprobe der abgelegten Prüfungen beträgt. Die vollständige Tabelle befindet sich im Anhang. Nach der Filterung werden somit elf Informatikmodule und zwei Mathematikmodule betrachtet. Zu jedem Modul wird die Durchschnittsnote und die Standardabweichung berechnet. Die deskriptive Statistik wurde mit dem Computerprogramm JASP<sup>73</sup> erstellt. Die Ergebnisse wurden im Anschluss mit SPSS geprüft. Selbiges Vorgehen gilt für die durchgeführten t-Tests.

<sup>73</sup> <https://jasp-stats.org/>, letzter Aufruf: 22.02.2023. JASP wurde für eine erste Analyse der Daten bevorzugt, da dieses Werkzeug im Gegensatz zu SPSS gerichtete t-Tests berechnen und zusätzlich deskriptive Statistiken mit Raincloud-Plots visualisieren kann.

*Tabelle 3.28: Notenübersicht der abgelegten Prüfungen in den Studiengängen Informatik und Wirtschaftsinformatik (WiSe21/22 bis SoSe22)*

Modul	$\Sigma$	ohne Belegung SK&TK			mit Belegung SK&TK		
		$\Sigma$	$\emptyset$ Note	$\sigma$	$\Sigma$	$\emptyset$ Note	$\sigma$
inf004 Softwareprojekt	59	29	1,8	0,83	30	1,9	1,11
inf005 Softwaretechnik I	71	37	3,9	1,27	34	4,2	1,11
inf007 Informationssysteme I	68	36	3,3	1,26	32	3,2	1,31
inf010 Rechnernetze I	34	18	3,3	1,5	16	2,7	1,5
inf012 Betriebssysteme I	25	16	3,8	1,61	9	3,1	1,41
inf016 Internet Technologien	24	16	2,4	1,10	8	2,4	1,21
inf031 Objektor. Programmierung	36	19	4,1	1,02	17	4,0	1,01
inf202 Praktikum Techn. Inform.	22	14	1,9	0,62	8	1,8	0,54
inf401 Grundl. Theor. Informatik	22	9	2,6	1,70	13	2,7	1,35
inf608 eBusiness	24	13	2,1	0,73	11	2,2	1,19
inf800 Proseminar Informatik	34	18	2,1	1,24	16	1,6	0,61
mat955 Lineare Algebra	16	7	4,0	1,43	9	3,3	1,59
mat990 Mathematik	25	16	3,8	1,43	9	3,7	1,48
Gesamt	460	248	3,04	1,46	212	2,93	1,46

In Modulen, wie Rechnernetze, Betriebssysteme, Lineare Algebra und dem Proseminar schneiden die Peers mit der Belegung Soft Skills und Technische Kompetenz durchschnittlich um mindestens zwei Notensprünge<sup>74</sup> besser ab. In anderen Modulen, wie dem Softwareprojekt, Internettechnologien, Grundlagen der theoretischen Informatik, eBusiness und Mathematik unterschieden sich die Noten um 0,1 Notenpunkte. Eine Ausnahme ist das Modul Softwaretechnik. Dort schneiden die Peers ohne Soft Skills mit einer Durchschnittsnote von 3,9 etwas besser ab. Insgesamt ist die Durchschnittsnote über alle untersuchten Module bei den Studierenden mit Belegung Soft Skills um 0,11 Notenpunkte bei vergleichbarer Standardabweichung besser. Um zu untersuchen, inwiefern diese Unterschiede statistisch signifikant sind, werden im kommenden Kapitel 3.4.2 t-Tests durchgeführt und zusätzlich Cohen's d zur Ermittlung der Effektstärke berechnet. Sofern statistisch signifikante oder zumindest Trends ( $p \leq 0,1$ ) in der Auswertung sichtbar sind, werden zusätzlich die Noten der Kohorte aus dem Vorjahr untersucht, um auszuschließen, dass die beobachteten Effekte allgemein Soft Skills spezifischen Inhalten zuzuordnen sind.

Die Übersicht der Noten der Kontrollgruppe aus dem Jahr zuvor befindet sich in Tabelle 3.29. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 637 Prüfungen abgelegt. Davon stammen 410 Prüfungen von Studierenden, die zuvor Soft Skills (SK) belegt haben. Im Vergleich zum Semester zuvor, sind die Peers mit Belegung Soft Skills in allen untersuchten Modulen schlechter als die

<sup>74</sup> 0,3 Notenpunkte

Mitstudierenden, die Soft Skills nicht belegt haben. Der durchschnittliche Unterschied liegt bei 0,31 – also einen gesamten Notensprung zwischen den Gruppen. Die Standardabweichung ist dabei mit 1,4 und 1,45 in einem vergleichbaren Bereich. Auch für diese Kohorte werden die Leistungen zwischen den beiden Gruppen mittels t-Tests miteinander verglichen. Um die Ergebnisse mit der Untersuchung der Experimentalkohorte vergleichbar zu gestalten, wird ebenfalls einseitig gerichtet die statistische Signifikanz untersucht mit der Alternativhypothese, dass die Studierenden dieser Kohorte ohne Belegung des Moduls Soft Skills schlechtere Noten haben.

*Tabelle 3.29: Notenübersicht der abgelegten Prüfungen in den Studiengängen Informatik und Wirtschaftsinformatik (WiSe20/21 bis SoSe21)*

Modul	$\Sigma$	ohne Belegung SK			mit Belegung SK		
		$\Sigma$	$\varnothing$ Note	$\sigma$	$\Sigma$	$\varnothing$ Note	$\sigma$
inf004 Softwareprojekt	75	25	1,5	0,85	50	1,6	1,06
inf005 Softwaretechnik I	105	35	3,966	1,110	70	4,339	0,938
inf007 Informationssysteme I	98	34	3,05	1,06	64	3,51	1,036
inf010 Rechnernetze I	48	13	2,638	1,537	35	2,937	1,179
inf012 Betriebssysteme I	40	12	3,593	1,365	28	3,764	1,151
inf016 Internet Technologien	23	8	1,788	0,622	15	1,860	0,702
inf031 Objektor. Programmierung	40	18	4,039	0,915	22	4,473	0,719
inf202 Praktikum Techn. Inform.	33	10	1,730	0,546	2	2,022	0,601
inf401 Grundl. Theor. Informatik	45	11	3,27	1,19	34	3,559	1,280
inf608 eBusiness	43	22	1,5	0,67	21	1,63	0,81
inf800 Proseminar Informatik	42	16	1,57	0,433	26	1,7	1,050
mat955 Lineare Algebra	-	-	-	-	-	-	-
mat990 Mathematik	45	23	3,35	1,25	22	3,95	0,199
Gesamt	637	227	2,791	1,4	410	3,1	1,45

Neben der Untersuchung der weiteren akademischen Leistung nach der einjährigen Intervention mit Soft Skills und Technische Kompetenz, wird zudem untersucht, inwiefern sich die Studienabbruchquoten zwischen den Studierenden in den beiden Kohorten unter Betrachtung der Gruppierungsvariable „Modul Soft Skills belegt“ unterscheidet. Auch diese Daten wurden vom akademischen Controlling auf Anfrage zur Verfügung gestellt. In der Tabelle 3.30 sind die Studienabbruchquoten in den Informatikstudiengängen für Studierende mit Studienbeginn zum Wintersemester 2020/2021 (Experimentalkohorte) nach vier Semestern dargestellt. Von den insgesamt 160 Studierenden haben nach vier Semestern 70 Personen das Studium abgebrochen. Dies entspricht 39,4 % der Gesamtpopulation. Von diesen 70 Personen, haben jedoch nur sieben Personen die Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz erfolgreich belegt. Das entspricht einer Abbruchquote von 4 %. Die Abbrecherquote bei den Studierenden aus dem Studiengang Wirtschaftsinformatik liegt sogar bei 0 %. Im Vergleich dazu haben 63 Studierende, die zuvor nicht die Lehrveranstaltung besucht haben, abgebrochen. Dies entspricht 39,3 %. Somit haben von den insgesamt 70 Personen nur 7 Studierende nach der Intervention abgebrochen. Dies entspricht 10 %.

*Tabelle 3.30: Abbruchquote in den Informatikstudiengängen der Experimentalkohorte (Teilnahme an Soft Skills und Technische Kompetenz) nach vier Semestern Studium*

Studienfach	Anzahl Studierender	darunter mit Belegung SK&TK	Anzahl Abbruch ohne Belegung SK&TK	Anzahl Abbruch mit Belegung SK&TK	Anzahl Abbruch gesamt
Informatik	93	25	38	7	45
W-Informatik	67	12	25	0	25
Gesamt	160	37	63	7	70

In der Tabelle 3.31 ist dieselbe Statistik wie zuvor für die Kontrollkohorte aufgestellt. Insgesamt ist die Kohorte mit insgesamt 225 Studierenden um 60 größer als die Vergleichsgruppe. Nach vier Semestern haben 72 Studierende das Studium abgebrochen. Dies entspricht mit 27,5 % einem vergleichsweise niedrigen Wert. In den Informatikstudiengängen – nicht nur in Oldenburg – sind Abbruchquoten um die 40 % nicht unüblich (siehe 2.1.1). Von den 72 Personen haben insgesamt 10 Personen zuvor das Modul Soft Skills belegt. Dies entspricht 13,8 % und ist somit im Verhältnis zur Vergleichsgruppe um 3,8 % höher. Im folgenden Abschnitt 3.4.2 wird mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests untersucht, inwiefern die zuvor beobachteten Abbruchquoten statistisch signifikant sein könnten, um so Rückschlüsse auf die Wirkung der Intervention schließen zu können.

*Tabelle 3.31: Abbruchquote in den Informatikstudiengängen der Kontrollkohorte (Teilnahme an Soft Skills) nach vier Semestern Studium*

Studienfach	Anzahl Studierender	darunter mit Belegung SK	Anzahl Abbruch ohne Belegung SK	Anzahl Abbruch mit Belegung SK	Anzahl Abbruch gesamt
Informatik	134	57	44	7	51
W-Informatik	91	37	18	3	21
Gesamt	225	94	62	10	72

### 3.4.2 Ergebnisse

In diesem Kapitel wird untersucht, inwiefern die Intervention Soft Skills und Technische Kompetenz eine Auswirkung auf die weiteren akademischen Leistungen der Studierenden hat. In der Tabelle 3.32 sind die Ergebnisse der durchgeführten t-Tests dargestellt. Neben dem Modul, dem t-Wert, dem Freiheitsgrad  $df$  und dem p-Wert, wird zusätzlich noch Cohen's  $d$  zur Ermittlung der Effektstärke mit angegeben. Werte unterhalb von 0,5 deuten auf einen leichten Effekt, Werte über 0,5 auf einen mittleren und Werte oberhalb von 0,8 auf einen starken Effekt hin. Im Modul Lineare Algebra erzielten die Studierenden mit Soft Skills und

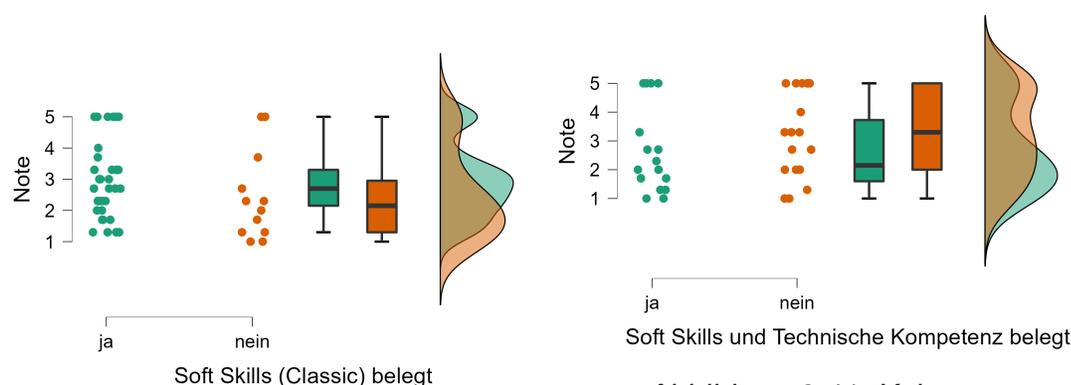
Technische Kompetenz insgesamt mit zwei Notensprüngen besser als ihre Peers und der Wert von Cohen's d mit 0,46 deutet auf einen mittelstarken Effekt hin.

*Tabelle 3.32: Ergebnisse der t-Tests: Vergleich zwischen den Modulnoten von Studierenden mit und ohne Belegung Soft Skills und Technische Kompetenz*

<b>Modul</b>	<b>t</b>	<b>df</b>	<b>p</b>	<b>Cohen's d</b>
inf004 Softwareprojekt	-0,4	57	0,653	-0,1
inf005 Softwaretechnik I	-1,07	69	0,856	-0,26
inf007 Informationssysteme I	0,246	66	0,403	0,060
inf010 Rechnernetze I	1,1	32	0,140	0,38
inf012 Betriebssysteme	1,02	23	0,159	0,42
inf016 Internettechnologien	0,025	22	0,490	0,01
inf031 Objektorientierte Programmierung	0,48	34	0,317	0,16
inf202 Praktikum Techn. Inf.	0,452	20	0,328	0,2
inf401 Grundl. Theor. Inf.	-0,19	20	0,575	0,08
inf608 eBusiness	-0,12	22	0,548	-0,05
inf800 Proseminar	1,45	32	0,079*	0,5
mat955 Lineare Algebra	0,91	14	0,188	0,46
mat990 Mathematik	0,2	23	0,843	0,417
<b>Gesamt</b>	<b>0,807</b>	<b>458</b>	<b>0,210</b>	<b>0,075</b>

Im Softwareprojekt widerlegen ein p-Wert von 0,653 und Cohen's d in Höhe von 0,1 einen Effekt der Intervention – trotz der vorherigen Projektarbeiten im Team und entsprechende Sensibilisierungen auf Gruppendynamik, Moderationsmethoden, Kreativmethoden, Projektmanagement oder Konfliktmanagement – auf diese Veranstaltung. Selbiges gilt für die Veranstaltung Objektorientierte Programmierung. Die gesammelte (Programmier-)Erfahrung in der System- und Softwareentwicklung im Bereich Smart-Environments strahlt demnach nicht in weitere Module mit einem Programmierhintergrund aus. Im Modul Internettechnologien, in dem die Webseitenentwicklung mit HTML5, CSS3, JS, und PHP vermittelt werden, sind ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen beobachtbar. Cohen's d deutet mit einer Effektstärke von 0,01 auf gar keinen Effekt hin. Interessant ist, dass im Praktikum Technische Informatik, trotz Überschneidung von einzelnen Fachinhalten ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede entstanden sind.

Da die Module Betriebssysteme, Rechnernetze, Lineare Algebra und Proseminar durch um zwei Notensprünge bessere Noten auffallen und die Hypothese formuliert wurde, dass die Studierenden im Modul Rechnernetze besser abschneiden, werden diese Veranstaltungen exemplarisch mit den Noten aus dem Vorjahr verglichen (der p-Wert deutet aber nicht auf einen statistisch signifikanten Effekt hin). Es besteht ein statistisch interessanter Gruppenunterschied mit  $t(32) = 1,45$ ;  $p = 0,079$ ;  $d = 0,5$  im Modul Proseminar. Auch Cohen's d deutet auf einen Effekt hin. In der Abbildung 3.41 ist daher die Verteilung der Noten mittels Raincloud Plots nach Allen et al. (2021) visualisiert.



**Abbildung 3.40: Kohorte (Kontrolle):**  
Verteilung der Noten im Modul inf010  
Rechnernetze (Prüfungsjahr 2021)

**Abbildung 3.41: Kohorte**  
(Experimental): Verteilung der Noten  
im Modul inf010 Rechnernetze  
(Prüfungsjahr 2022)

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass der Median der Note im Modul Rechnernetze in zwei Gruppen mit (orange) und ohne (grün) Belegung der Veranstaltung Soft Skills unterteilt ist. Mit den Antennen und den farbigen Boxen ist die Streuung visualisiert. Die Gruppe mit der Belegung Soft Skills und technische Kompetenz erzielte im Vergleich zu den Peers häufiger bessere Noten und seltener schlechtere Noten. Im Gegensatz zur Vergleichsgruppe ist niemand durchgefallen. Um auszuschließen, dass diese Effekte ggf. im Jahr zuvor allgemein durch die Vermittlung von Soft Skills<sup>75</sup> auftreten, wird die Verteilung der Noten aus dem Vorjahr untersucht. Eine Übersicht der dazugehörigen t-Tests befindet sich in der Tabelle 3.33. Wie in der Tabelle 3.29 erkennbar, schneiden die Studierenden mit der Belegung der vorherigen Soft Skills Veranstaltung in allen untersuchten Modulen schlechter ab. Die t-Tests belegen dies zudem statistisch.

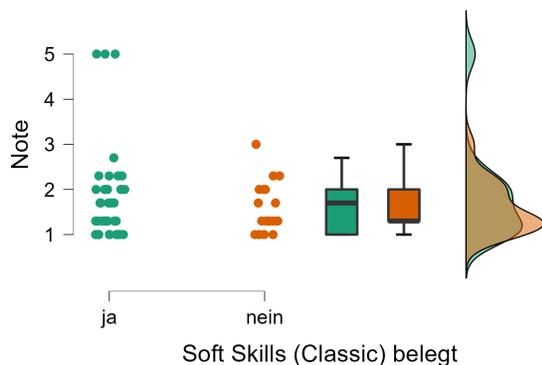
Fünf der 13 untersuchten Module (Softwaretechnik I, Informationssysteme, Objektorientierte Programmierung, Praktikum technische Informatik, Mathematik) weisen einen p-Wert von über 0,9 auf mit der Alternativhypothese, dass die Studierenden mit Belegung Soft Skills bessere Noten erzielen, als die Peers ohne Soft Skills. Durch eine Umformulierung der Alternativhypothese (und zwar, dass Studierende ohne Belegung Soft Skills bessere Noten schreiben), wäre der Unterschied in diesen vier Fällen sogar statistisch signifikant. Zum direkten Vergleich beider Kohorten im Modul inf800 Proseminar wird auf Abbildung 3.42 verwiesen. Dort ist die Verteilung der Noten aus dem Vorjahr dargestellt. Sowohl den Boxplots, als auch den Verteilungen ist zu entnehmen, dass beide Gruppen (Soft Skills belegt ja/nein) eine ähnliche Verteilung der Noten haben. Im Mittel hat die Soft Skills Gruppe minimal weniger gute Noten und in zwei Fällen das Proseminar nicht bestanden.

Da die Veranstaltungen Betriebssysteme und Rechnernetze – abseits der Signifikanzniveaus – durch im Mittel bessere Note abzeichnen, werden diese näher untersucht. In der Abbildung 3.41 ist die Verteilung der Noten in der Veranstaltung Rechnernetze der Experimentalgruppe im Prüfungsjahr 2022 dargestellt. An der Verteilung ist erkennbar, dass die Soft Skills und

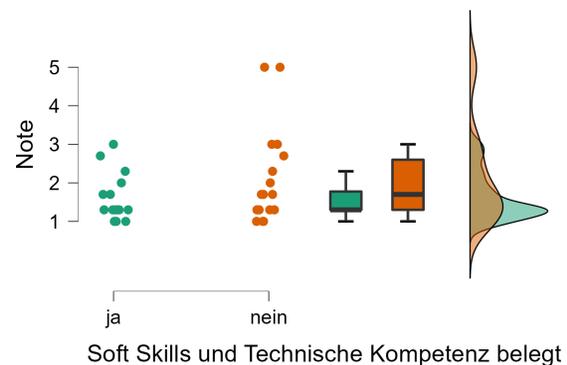
<sup>75</sup> Wissenschaftliches Arbeiten war ebenfalls ein Teil der Lehrveranstaltung

*Tabelle 3.33: Ergebnisse der t-Tests: Vergleich zwischen den Modulnoten von Studierenden mit und ohne Belegung Soft Skills*

Modul	t	df	p	Cohen's d
inf004 Softwareprojekt	-0,19	73	0,574	-0,05
inf005 Softwaretechnik 1	-1,81	103	0,963	-0,37
inf007 Informationssysteme I	-2,1	96	0,981	-0,44
inf010 Rechnernetze	-0,717	46	0,762	-0,233
inf012 Betriebssysteme	-0,431	38	0,666	-0,149
inf016 Internet Technologien	-0,245	21	0,596	-0,107
inf031 Objektor. Programmierung	-1,680	38	0,949	-0,534
inf202 Praktikum Tech. Inf.	-1,315	31	0,901	-0,498
inf401 Grundl. Theor. Inf.	-0,655	43	0,742	-0,227
inf608 eBusiness	-0,57	41	0,714	-0,174
inf800 Proseminar	-0,474	40	0,681	-0,151
mat955 Lineare Algebra	–	–	–	–
mat990 Mathematik	-1,825	43	0,963	-0,544
Gesamt	-2,689	635	0,996	-0,222



*Abbildung 3.42: Kohorte (Kontrolle): Verteilung der Noten im Modul inf800 Proseminar (Prüfungsjahr 2021)*



*Abbildung 3.43: Kohorte (Experimental): Verteilung der Noten im Modul inf800 Proseminar (Prüfungsjahr 2022)*

Technische Kompetenz-Gruppe häufiger bessere Noten und seltener schlechtere Noten erzielt haben. Außerdem ist die Streuung – erkennbar an den Quartilen Q1 und Q3 – in der Soft Skills Gruppe sichtlich geringer; ebenso wie der Median. Zum Vergleich wird auf Abbildung 3.40 mit den Noten der Kontrollgruppe im Prüfungsjahr 2021 verwiesen. Anhand der Raincloud Plots ist erkennbar, dass der Effekt der Kontrollgruppe im Jahr zuvor noch nicht beobachtbar war. Analog dazu verhält es sich im Modul Betriebssysteme (siehe Abbildung 3.44 und 3.45).

Zudem soll im Rahmen dieser Forschungsfrage auch untersucht werden, inwiefern die Intervention einen Einfluss auf die Studienabbruchquote hat. Die folgende Tabelle 3.34 greift die Daten aus den Tabellen 3.30 und 3.31 auf und stellt diese gegenüber. Von den 37 Studie-

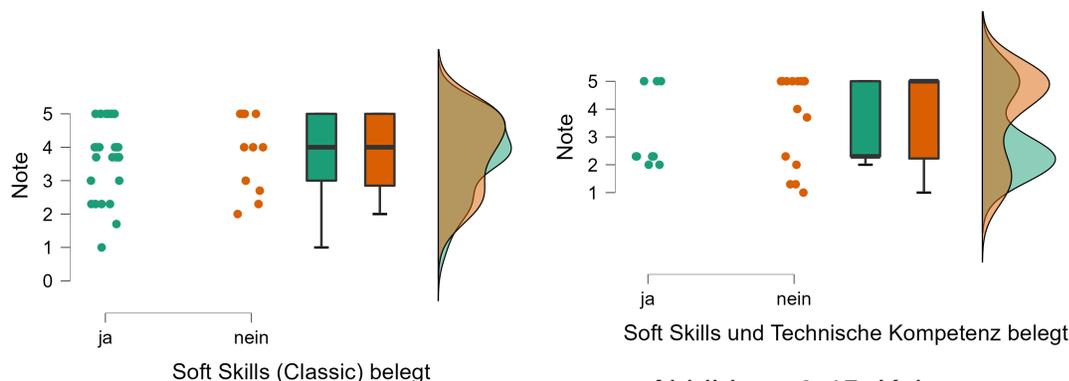


Abbildung 3.44: Kohorte (Kontrolle): Verteilung der Noten im Modul inf012 Betriebssysteme (Prüfungsjahr 2021)

Abbildung 3.45: Kohorte (Experimental): Verteilung der Noten im Modul inf012 Betriebssysteme (Prüfungsjahr 2022)

renden, die im Wintersemester 2020/2021 das (Wirtschafts-)Informatikstudium begonnen und erfolgreich an *Soft Skills und Technische Kompetenz* teilgenommen haben, haben bis zum vierten Semester sieben Personen das Studium abgebrochen. Im Vergleich dazu steht die Kontrollgruppe. Diese Studierenden haben im Wintersemester 2019/2020 das (Wirtschafts-)Informatikstudium begonnen und die Lehrveranstaltung *Soft Skills* bestanden. Von diesen 94 Personen, haben bis zum vierten Semester 10 abgebrochen.

Tabelle 3.34: Vergleich der Abbruchquoten zwischen der Kontroll- und Experimentalgruppe

Studium abgebrochen	Soft Skills		Total
	Classic	und Tech. Komp.	
nein	84	30	114
ja	10	7	17
Total	94	37	131

Sofern das Lehrkonzept eine Wirkung auf die Abbruchquote hat, dann sollte ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Variablen Studienabbruch und Teilnahme am Lehrkonzept bestehen. Das Ergebnis des dazugehörigen der Chi-Quadrat-Tests in der Tabelle 3.35 dargestellt.

Tabelle 3.35: Untersuchung mittels Chi-Quadrat Tests, inwiefern sich die beiden Kohorten in ihren Abbruchquoten unterscheiden.

	Wert	df	p
X <sup>2</sup>	1,612	1	0,204
N	131		

Das Verhältnis zwischen den Variablen *Studium abgebrochen* und *Soft Skills belegt* (*Classic vs. Technische Kompetenz*) ist statistisch nicht signifikant ( $\chi^2(1, N = 131) = 1,61, p = 0,2$ ). Es gibt daher keinen beobachtbaren Unterschied in der Abbruchquote in Abhängigkeit, welche der Soft Skills Lehrveranstaltung erfolgreich besucht wurde.

Das Vorgehen und die Ergebnisse aus diesem Kapitel werden im folgenden Abschnitt 3.4.3 kurz zusammengefasst und diskutiert.

### 3.4.3 Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert. Das Ziel dieser Studie war es festzustellen, inwiefern die Pilotierung des Lehrkonzeptes Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments auf den weiteren akademischen Verlauf der Studierenden wirkt. Um dies zu untersuchen, wurden die Noten der Studierenden ein Jahr nach Abschluss der Intervention untersucht und mit den Peers derselben Kohorte, die nicht an der Intervention teilgenommen haben, verglichen. Das akademische Controlling hat die Daten für sämtliche Untersuchungen anonymisiert bereitgestellt. Die untersuchten Rohdaten und die Auswertungen befinden sich im Anhang. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden zudem die Noten der Studierenden aus dem Jahr zuvor betrachtet. Mit Hilfe von t-Tests und Cohen's d wurden die Unterschiede statistisch untersucht und interessante Fälle zusätzlich mit Raincloud Plots visualisiert. Dabei wurde festgestellt, dass keine Veränderung in den meisten Modulen beobachtbar ist. Auch in Veranstaltungen, wie dem Softwareprojekt oder Internettechnologien, in denen fachliche Parallelen zu finden sind, sind keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen messbar, da sich die Noten allesamt in einem ähnlichen Bereich befinden. Im Modul Rechnernetze sind die Unterschiede zwar nicht statistisch signifikant, jedoch weisen die p-Werte um 0,1 und die Raincloud-Plots auf einen möglichen Trend hin. Solche Trends sind in der Vergleichsgruppe aus dem Jahr zuvor nicht messbar. Der größte Unterschied ist im Modul Proseminar sichtbar. Dort weichen die Noten von Studierenden, die an der Intervention teilgenommen haben ( $M = 1,6, SD = 0,59$ ), im Schnitt um zwei Notensprünge von den Peers ohne Intervention ab ( $M = 2,1, SD = 1,24$ );  $t(32) = 1,45, p = 0,079$ . Zusätzlich bestärken die Raincloudplots, als auch Cohen's d in Höhe von 0,5 den positiven Effekt der Intervention. Darüber hinaus ist kein ähnlicher Effekt in der Kohorte aus dem Jahr zuvor messbar, obwohl ebenfalls Inhalte zum wissenschaftlichen Arbeiten vermittelt wurden. Dennoch sollten die Untersuchungen mit einer größeren Experimentalgruppe zum Ende des Sommersemesters 2023 wiederholt werden, um aussagekräftigere Ergebnisse zu erzielen.

Darüber hinaus wurde untersucht, ob sich die Teilnahme am Lehrkonzept positiv auf die Studienabbruchquote auswirkt. So wurde mit einem Chi-Quadrat Test untersucht, inwiefern sich die Studienabbruchquoten zwischen Studierenden, die *Soft Skills und Technische Kompetenz im WiSe 2021* oder *Soft Skills im WiSe 2020* belegt haben unterscheiden. Dabei wurde festgestellt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Variablen in Bezug auf die Studienabbruchquote gibt,  $\chi^2(1, N = 131) = 1,612, p = 0,204$ .

Alles in allem gibt es erste Indizien, dass sich Aspekte des forschenden Lernens im Kontext Smart-Environments, positiv auf die weitere akademische Laufbahn der Studierenden auswirken und mit dem zuvor in Kapitel 3.2.6 beschriebenen Lehrkonzept auch bereits in der Studieneingangsphase sinnvoll integriert werden kann. Dies erlaubt die Schlussfolgerung, dass die Umstrukturierung der Lehrveranstaltung mit Aspekten zum forschenden Lernen, dem Querschnittsthema Smart-Environments, dem regelmäßigen Schreiben, dem regelmäßigen Feedback und ggf. die Projektdokumentation, tatsächlich auch in andere Veranstaltungen wirken kann und sich positiv in den Noten widerspiegelt. Dennoch sind die Ergebnisse und auch das Vorgehen an dieser Stelle diskutabel.

So bleibt beispielsweise offen, weshalb kein messbarer Unterschied zwischen den Gruppen in Modulen zum Programmieren oder Projektarbeiten feststellbar war, obwohl die gewählten Vorlesungs- und Übungsinhalte der Intervention die Studierenden doch genau auf solche Veranstaltungen vorbereiten sollte. Methoden des Projektmanagements, Moderation, Konfliktmanagement oder Kommunikation sind zweifelsfrei ein essentieller Bestandteil solcher Gruppenprojekte. Eine mögliche Erklärung kann in der Gruppengröße liegen. Während typische Gruppengrößen im Software-Projekt um die 12 Studierenden umfassen, wurden das Miniprojekt im Wintersemester zu zweit und das Semesterprojekt im Sommer in Vierergruppen durchgeführt. Die GI empfiehlt jedoch für Projektarbeiten in den Bachelorstudiengänge mindestens eine Gruppenstärke von 8 bis 15 Personen, um – je nach Konzept und Ziel der Lehrveranstaltung – die Studierenden zur Projektorganisation und möglichen Abstimmungsbedarf zu erzwingen (Zukunft, 2016). Es besteht daher die Möglichkeit, dass die gewählte Projektgruppengröße und die damit gesammelten Erfahrungen sich nicht auf größere Gruppen übertragen lassen, da in größeren Gruppen auch andere Gruppendynamiken entstehen. Eine weitere Erklärung konnte auch in der Stichprobengröße liegen. Dies ist insofern plausibel, da jeweils nur ein kleiner Teil der Gruppe zuvor an der Intervention teilgenommen hat und dieser Teil trotz der vorherigen Gruppenarbeiten und der vermittelten Soft Skills selbst keinen nennenswerten Unterschied in der Gruppe leisten konnte. Andere Qualifikationen, wie z. B. Programmiererfahrungen mit den entsprechenden Frameworks, könnten einen stärkeren Einfluss gehabt haben. Dies könnte auch erklären, weshalb die zuvor gesammelte Programmiererfahrung im Kontext Smart-Environments mit einem Schwerpunkt auf Embedded Software keinen statistisch signifikanten Unterschied in den Noten anderer Module mit einem Programmierhintergrund beobachtbar macht: die gesammelten Erfahrungen und Kompetenzen lassen sich nicht so wie geplant auf andere Module in diesem Bereich übertragen.

Die besseren Studienleistungen im Proseminar und Rechnernetze wurden angenommen und es ist erfreulich, dass entsprechende Indizien auch statisch belegt werden konnten. Das Lehren am Kontext scheint in der Tat Wissen zu vernetzen und sich positiv auf das Lernen auszuwirken. Ebenfalls interessant ist, dass in der vorherigen Veranstaltung Soft Skills (nicht Soft Skills und Technische Kompetenz) auch das wissenschaftliche Schreiben und Präsentieren Lehrinhalte waren – dennoch sind die Noten im Proseminar nicht besser als die der Peers. Dies kann ein weiterer Beleg dafür sein, dass das Lehren am Kontext und regelmäßige Schreiben einen positiven Effekt haben. Interessant wäre an dieser Stelle noch die Untersuchung, ob die Bachelorarbeiten im Schnitt ebenfalls besser ausfallen und in welchen Bereichen die Ab-

schlussarbeiten geschrieben werden. Ebenfalls interessant wäre eine Anschlussuntersuchung, um zu überprüfen, wie viele der Studierenden, die an der Intervention teilgenommen haben, nach der Bachelorarbeit noch ein Masterstudium und eine Promotion anstreben.

Interessant – wenn auch nicht statistisch signifikant – sind die besseren Noten im Modul Algebra. Evtl. ist das strukturierte Problemlösen und systematische Denken durch die Intervention auch für Mathematikmodule vorteilhaft. Dies ist aber aufgrund der dünnen Datenlage nur eine vage Hypothese. Dies sollte in weiteren Studien und größeren Kohorten untersucht werden. Eine erneute Untersuchung mit der Kohorte, die nach dem Lehrkonzept in 3.2.6 unterrichtet wurde, konnte in diesem Promotionsvorhaben nicht mehr durchgeführt werden, da die Ergebnisse und Effekte frühestens zu Beginn des Wintersemesters 2023/2024 untersuchbar wären. Grundsätzlich scheint diese Methodik geeignet zur Untersuchung der weiteren Laufbahn. Außerdem sollte beachtet werden, dass die Datengrundlage mit 37 von 160 Studierenden einer Kohorte nicht optimal ist. Die Ergebnisse dieser Auswertung sollten daher als Indiz für einen möglichen Zusammenhang zum Studienerfolg zu verstehen sein.

Zudem wäre es noch interessant – analog zu 3.3 – zusätzlich geschlechtsspezifische Unterschiede zu untersuchen. Es konnte gezeigt werden, dass Studenten und Studentinnen unterschiedlich von der Lehrveranstaltung profitiert haben. Dementsprechend wäre es auch interessant zu sehen, inwiefern sich diese Unterschiede dann im weiteren Studienverlauf fortsetzen. Daher sollte dieses Studiendesign zum Ende des Sommersemesters 2023 wiederholt werden, da seit der in 3.2.6 beschriebenen Intervention ebenfalls ein Jahr vergangen ist.

Die Untersuchung der Studienabbruchquote ist methodisch leider misslungen. Die erste Durchsicht und Auswertung der Daten erweckten einen vielversprechenden Eindruck. In der Tabelle 3.36 ist in einer Vierfeldertafel die Belegung der Veranstaltung *Soft Skills und Technische Kompetenz* und die Anzahl der Studierenden, die ihr Studium abgebrochen haben, gegenübergestellt. Von 37 Studierenden, die Soft Skills belegt haben, haben insgesamt sieben das Studium bis zum vierten Semester abgebrochen. Dem gegenüber stehen die Peers, die die Veranstaltung nicht besucht haben. Dies entspricht 123 Personen und von diesen Studierenden, haben 63 das Studium abgebrochen.

*Tabelle 3.36: Übersicht zum Studienabbruch mit Belegung Soft Skills und Technische Kompetenz bis zum vierten Semester*

Studium abgebrochen	SK&TK belegt (WiSe 20/21)		Total
	nein	ja	
nein	60	30	90
ja	63	7	70
Total	123	37	160

Um festzustellen, inwiefern ein statistischer Zusammenhang zwischen den in der Tabelle dargestellten 3.36 Variablen besteht, ist in der Tabelle 3.37 das Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests dargestellt. Das Verhältnis zwischen den Variablen *Studium abgebrochen* und *Soft Skills belegt (im Wintersemester 20/21)* ist statistisch signifikant ( $\chi^2(1, N = 160) = 12,06, p <$

0,001). Somit scheinen empirische Daten vorzuliegen, die auf einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Studierenden, die an der Intervention teilgenommen haben, und deren Mitstudierenden ohne Intervention, hindeuten. Es haben der Datenlage zur Folge statistisch signifikant weniger Studierende das Studium bis zum vierten Semester abgebrochen, sofern zuvor Soft Skills und Technische Kompetenz bestanden wurde.

*Tabelle 3.37: Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für die Experimentalgruppe*

	Wert	df	p
X <sup>2</sup>	12.059	1	< .001
N	160		

Um die Ergebnisse besser einordnen und validieren zu können, wurde der Test zusätzlich für die Kontrollgruppe wiederholt (also Studierenden, die das Studium ein Jahr zuvor begonnen und erfolgreich an der Veranstaltung Soft Skills teilgenommen haben). In der Tabelle 3.38 ist ebenfalls gegenübergestellt, wie sich die beiden Variablen verteilen. Von 94 Studierenden, die Soft Skills im Wintersemester 19/20 belegt haben, haben zehn das Studium abgebrochen. Von den anderen 123 Studierenden, die nicht Soft Skills belegt haben, haben 63 das Studium bis zum vierten Semester abgebrochen. Das Ergebnis des dazugehörigen Chi-Quadrat-Tests in der Tabelle 3.39 dargestellt.

*Tabelle 3.38: Übersicht zum Studienabbruch mit Belegung Soft Skills bis zum vierten Semester*

Studium abgebrochen	Soft Skills belegt (WiSe 19/20)		Total
	nein	ja	
nein	69	84	153
ja	62	10	72
Total	131	94	225

*Tabelle 3.39: Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für die Kontrollgruppe*

	Wert	df	p
X <sup>2</sup>	34.355	1	< .001
N	226		

Auch hier wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Variablen *Studium abgebrochen* und *Soft Skills belegt (im Wintersemester 19/20)* festgestellt ( $\chi^2(1, N = 226) = 34,36, p < 0,001$ ). Erst durch diese Untersuchung (die die Ergebnisse eigentlich validieren sollte) ist der methodische Fehler bei der Bearbeitung der Forschungsfrage aufgefallen:

Die Untersuchung der Studienabbruchquote ist von der Grundidee gut und dazu geeignet die Forschungsfrage zu beantworten. Leider war die Durchführung naiv, da die erhobenen Daten

und die Ergebnisse keine Aussagekraft haben. Die betrachteten Daten vergleichen Studierende einer Kohorte, die Soft Skills (und Technische Kompetenz) bestanden haben, mit denen, die das Modul entweder nicht belegt oder nicht bestanden haben. Da die Veranstaltungen erst nach dem zweiten Semester erfolgreich abgeschlossen werden können, wurde mit dieser Auswertung (ungewollt) die Anzahl der Studierenden, die zwischen dem dritten bis vierten Semester abgebrochen haben und mit denen verglichen, die zwischen dem ersten bis vierten Semester das Studium vorzeitig beendet haben. An der Universität Oldenburg brechen die meisten Studierenden ihr Informatikstudium nach den ersten beiden Semestern ab<sup>76</sup>. Daher ist es nicht verwunderlich, dass der Anteil der Studierenden, die erfolgreich Soft Skills (und Technische Kompetenz) belegt haben (und somit über das zweite Semester hinaus gekommen sind) und bis zum vierten Semester abgebrochen haben, weitaus niedriger ist, als der Anteil der Studierenden, die zusätzlich im ersten und zweiten Semester das Studium vorzeitig beendet haben. Insgesamt sind die Ergebnisse daher nicht brauchbar.

Jedoch ist die Methodik vielversprechend, da das akademische Controlling die Daten auf Anfrage zur Verfügung stellen kann, um eine ganze Kohorte auf einmal zu beforschen und es mit diesem Vorgehen grundsätzlich möglich ist die Forschungsfrage zu beantworten. In einem zweiten Versuch, müssten schon zu Beginn des Wintersemesters und mit der Einschreibung in das Modul Soft Skills und Technische Kompetenz das akademische Controlling gebeten werden, die Kohorte in zwei Gruppen einzuteilen (und nicht erst mit dem Bestehen des Moduls). Mit diesem Vorgehen kann dann gut nachvollzogen werden, inwiefern sich die Lehrveranstaltung tatsächlich auf die Studienabbruchquote auswirkt. Zusätzlich könnten auch geschlechtsspezifische Unterschiede beforscht werden.

Ein weiterer Faktor, der bei der Untersuchung der Studienabbruchquote berücksichtigt werden muss, ist die zum Zeitpunkt der Intervention andauernde Coronapandemie und die damit verbundenen Schutzmaßnahmen und Hygienekonzepte. Die Lehre fand im Wintersemester vollständig online statt und erst zum Sommersemester wurden erste Lockerungen im Hygienekonzept implementiert. Zur besseren Vergleichbarkeit mit der Kontrollkohorte sollte die Untersuchung daher erneut im *regulären* Lehrbetrieb durchgeführt werden.

---

<sup>76</sup> Entsprechende Daten befinden sich im digitalen Anhang

## 4 Abschließender Teil

Diese Dissertation wurde durch drei übergeordnete Forschungsfragen strukturiert, die zuvor auf Grundlage des theoretischen Teils motiviert wurden. Die erste Forschungsfrage umfasst die grundlegenden Fragestellungen, mit denen sich Lehrende bei der Vorbereitung von neuen Lehrinhalten befassen sollten: **Welche** konkreten Inhalte aus dem Kontext Smart-Environments sollen **wem**, **wo**, **wie** und **womit** angeboten, **welche Lernziele** und **Kompetenzen** sollen dabei vermittelt und wie können diese **geprüft** werden? Während sich die zweite Forschungsfrage auf den Einfluss des Lehrkonzeptes auf das technische Selbstkonzept der Studierenden fokussiert, wird mit der dritten übergeordneten Forschungsfrage der Einfluss auf die weitere Hochschulbiografie untersucht.

- F1 Wie können Smart-Environments spezifische Lerninhalte in das schon vorhandene Studiengangprofil (zum forschenden Lernen) der Informatikstudiengänge für Studierende – auch in der Studieneingangsphase – integriert werden?
- F2 Welchen Einfluss hat eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Hochschullehre auf das Selbstkonzept der Studierenden im Umgang mit Technik?
- F3 Wie wirkt sich eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge auf die weitere akademische Laufbahn der Studierenden aus?

In diesem abschließenden Kapitel werden daher – neben Empfehlungen zum Einsatz von Smart-Environments in der Hochschullehre – die übergeordneten Forschungsfragen zusammenfassend beantwortet. Die Arbeit schließt mit einem Fazit, als auch mit der Darstellung des geleisteten Beitrags zur Informatikdidaktik und einem Ausblick, ab.

### 4.1 Leitlinien zur Verwendung von Smart-Environments spezifischen Lerninhalten in der Hochschullehre

In diesem Abschnitt werden Leitlinien für den Einsatz von Smart-Environments in der Hochschullehre formuliert. Diese Leitlinien leiten sich unmittelbar aus den in den letzten vier-einhalb Jahren gewonnenen Erfahrungen der zuvor beschriebenen Seminare und Vorlesungen zu diesem Gebiet ab. Zur besseren Übersicht und Strukturierung sind die Leitlinien in mehrere Bereiche unterteilt. Diese Leitlinien sollen interessierte Lehrende dabei unterstützen, den Kontext Smart-Environments in eigenen Lehrveranstaltungen als Lehrgegenstand zu nutzen.

### **Die Wahl der Lernziele**

Wie in Kapitel 3.1 dargestellt, lassen sich diverse Kompetenzen mit Hilfe des Kontextes Smart-Environments in den meisten Informatikmodulen sinnstiftend und praxisnah vermitteln. Außerdem wurde im selbigen Kapitel dargestellt, dass Smart-Environments entweder ganzheitlich mit den drei Hauptperspektiven (Concept-of-Things, Connectivity, Cloud and Data, Human-Computer-Interaction) oder als Querschnittsthema mit ausgewählten Aspekten zur Wissensvermittlung genutzt werden können. Lehrende müssen sich je nach Lehrform und Lehrveranstaltung entscheiden, wie sie sich dem Kontext nähern möchten. Dies hängt von der eigenen (Vor-)Erfahrung und den Lerngruppen ab. Daher sollte vorab abgeschätzt werden, was die Lernenden vorweg schon können und was sie nach der Lehrveranstaltung können sollten. Da konkrete Vorerfahrungen für den größten Teil der Lernenden eine Ausnahme waren, empfiehlt es sich daher, Smart-Environments ganzheitlich zu vermitteln. Dies hat zwei wesentliche Vorteile: Die Lernenden lernen zum einen den Kontext in seiner Breite kennen, anstelle von nur ausgewählten Aspekten. Zum anderen können die Kenntnisse als Wissensgrundlage zur Erschließung neuer Inhalte in weitere Lehrveranstaltungen mitgenommen werden. Zur Formulierung der geplanten Lernziele eignen sich die Muster-ILOs (Intended Learning Outcomes) von Biggs und Tang (2003).

### **Die Wahl der Technologien**

Selbstverständlich stellt sich auch die Frage nach den Werkzeugen und Technologien. Grundsätzlich muss verinnerlicht werden, dass sich der Stand der Technik in einer stetigen Veränderung befindet. Dies betrifft sowohl die Hardware als auch die Software. Nur weil ein Framework in den Jahren zuvor mit der Hardware funktioniert hat, bedeutet dies nicht, dass es in den folgenden Jahren noch der Fall sein wird.

Es ist daher essentiell – sofern das Material über die nächsten Jahre verwendet werden soll – dass entweder Bibliotheken und Werkzeuge in ihrem zuletzt funktionierenden Zustand gespeichert werden oder zumindest die zuletzt bekannt funktionierenden Versionsnummern dokumentiert sind. Dies erspart mögliche Hürden bei der Einrichtung und stellt sicher, dass das Material auch längerfristig nutzbar ist und ein entsprechendes Lehrkonzept mit den Iterationen verfeinert werden kann. Wenn jedoch Wert auf die neusten Technologien und Updates in der Lehre gelegt wird, dann müssen diese mit genug Vorlaufzeit getestet werden, um entsprechende Änderungen im Lehrmaterial berücksichtigen zu können. Daher wird an dieser Stelle ein Mittelweg empfohlen, auf welchem lieber bewährte Hard- und Software eingesetzt werden sollen, um den eigenen Workload als auch mögliche Hürden bei der Einrichtung und Einarbeitung zu reduzieren; parallel dazu aber dennoch einen Blick in entsprechende Communities und Fachzeitschriften geworfen wird, um abzuwägen, welche technischen Neuerungen eine sinnvolle (auch zeitliche Investition) für die eigene Lehrveranstaltung sind. Primär sollte jedoch der Fokus auf Konzepten und Einstellungen als auf Bleeding-Edge-Technologie<sup>1</sup> liegen.

---

<sup>1</sup> Neuster Stand der Technik

Folgende Software hat sich in der Lehre bisher bewährt:

- Arduino Framework: viele Beispiele und Projekte. Außerdem werden viele Hardwareplattformen, Sensoren und Aktoren durch entsprechende Bibliotheken unterstützt
- Node-RED: ebenfalls viele Beispiele und niedrighschwelliger Einstieg zur Vernetzung von Hardware und Diensten
- IoT4School 2.0: siehe Fandrich, Casjens et al. (2022)
- Blynk: einfaches Framework zur Erstellung von Apps mit einer Verbindung zu Mikrocontrollern über ein Backend. Gute Dokumentation und viele Beispiele
- MQTT: M2M Kommunikationsprotokoll zur einfachen und schnellen Vernetzung von Hardware. Lässt sich gut mit Mikrocontrollern und Node-RED nutzen.

Auch wenn es verlockend ist – vor allem, wenn man sich als Lehrperson selbst für diesen Themenkomplex begeistert – den Lernenden eigens entwickelte und für den Lehrzweck zugeschnittene Hardware anbieten zu wollen (siehe Fandrich et al. 2020), ist dies nicht immer die optimale Lösung in der Lehre. Dieser Ansatz hat einige gravierende Nachteile hinsichtlich der Skalierung, da der Aufwand in der Vorbereitung deutlich höher ist als bei Off-the-Shelf-Hardware<sup>2</sup>. So müssen die einzelnen Teile bestellt, eingelagert, der Lagerbestand im Auge behalten, Bauteile zusammengelötet und ggf. die Firmware aufgespielt werden. Falls die Studierenden die Hardware vorbereiten, ist mit zusätzlichen Fehlerquellen und damit verbundenen Verzögerungen im Lehrablauf zu rechnen. Bisher hat sich jedes Entwicklungsboard auf Basis des ESP8266<sup>3</sup> bewährt. Entwicklungsboards mit dem ESP32 haben bisher keinen Mehrwert gebracht, jedoch viel Arbeit mit der Anpassung von den Beispielen aus dem Vorjahr.

Für Projektarbeiten haben sich zwei Konzepte bewährt: Zum einen funktioniert die Beschränkung auf ein festes System mit flexibel nutzbaren Shields (siehe 3.2.5). Der Vorteil dieses Vorgehens ist, dass es ein überschaubares System mit vielen Standardbauteilen ist, sodass die Einarbeitung für Lehrende überschaubarer wird, die Kompatibilität gewährleistet ist und zudem die Bestellungen im Voraus planbar sind. Der Nachteil besteht darin, dass sowohl die Bauform, als auch die Auswahl an Bauteilen eingeschränkt ist. Zum anderen kann man sich entscheiden, die Studierenden die Bauteile frei wählen lassen. Dabei besteht das Risiko, dass es Kompatibilitätsprobleme geben kann, die Lehrperson fachlich kompetenter und erfahrener sein muss, um die Machbarkeit des Projektes im Voraus bewerten zu können und dass die Studierenden von der Auswahl überfordert sein können. Es hat sich daher bewährt, viele Beispiele als Fallstudien anzubieten und die Bestellung mit den Studierenden abzustimmen. Außerdem kann die Hardware kaputtgehen oder defekt ankommen. Für diesen Fall müssen die Studierenden sensibilisiert sein und ein entsprechendes Risikomanagement sollte gefordert werden. Dazu gehört die doppelte Bestellung von Bauteilen, die das Projekt auf einen

<sup>2</sup> Hardware, die kommerziell erhältlich ist.

<sup>3</sup> Zum Beispiel Wemos D1 Mini oder NodeMCU

kritischen Pfad bringen könnten. In der Lehrpraxis bewährte sich eine vierwöchige Vorlaufzeit zur Bestellung der Komponenten. Die Gelder für die Projekte können aus Haushaltsmitteln, Studienqualitätsmitteln oder Drittmitteln beantragt werden. Die meisten Projekte kosten erfahrungsgemäß unter 50 €. Ausnahmen können jedoch bis zu 200 € betragen. Damit Projekte alle in einem Rahmen sind, ist es sinnvoll, zuvor Grenzen festzulegen. In jedem Fall sollte im Vorfeld geprüft werden, inwiefern die Universität Auslagen an Studierende erstattet.

Falls den Studierenden ein *Starterset* für Übungen angeboten werden soll, dann haben sich die folgenden Bauteile gewährt: Wemos D1 Mini, Steckbrett, WS2812B LED-Streifen, 5 mm LEDs, Widerstände, Drähte und Taster. In den Übungen können die Studierenden lernen Schaltpläne zu lesen und auf dem Steckbrett nachzubauen. Der LED-Streifen eignet sich gut, um das Arduino Framework kennen zu lernen. So lassen sich gut das Deklarieren von Variablen, Bedienungen und Schleifen visualisieren lassen. Zwar ist Hardware grundsätzlich wirksamer, jedoch skaliert ein virtuelles Steckbrett inklusive Simulation mit TinkerCAD Circuits besser und wird ebenfalls gut von den Studierenden angenommen.

### **Die Wahl der Lehr- und Lernmethoden**

Prinzipiell sollte bei der Wahl der Methoden darauf geachtet werden, dass neue Konzepte immer an einem konkreten Beispiel innerhalb des Kontextes vermittelt werden. Dieses Beispiel sollte dabei auch als Grundlage für weitere führende Aufgaben sein (siehe 2.1.2) und entweder gemeinsam mit den Studierenden oder in Gruppen erarbeitet werden. Neben greifbaren Beispielen und Hand-On-Erfahrungen sollten zusätzlich weitere Lehrmaterialien, z. B. Videos und Musterlösungen zur Verfügung gestellt werden, um den Studierenden die Möglichkeit zu bieten, die Inhalte auch selbstständig zu Hause nachzuarbeiten und um weitere Beispiele für die Projektphase zu bieten. Ebenfalls sollten Muster für Projekte und Dokumentationen zur Verfügung gestellt werden. So gelingt auch eine interdisziplinäre Lehrveranstaltung – sowohl für Novizinnen und Novizen – als auch fachfremde Personen.

### **Die Wahl der Lehrinhalte**

Bevor die genauen Inhalte für die Lehrveranstaltung zusammengestellt werden, sollte man sich als Lehrperson fragen, was das Ziel des Kurses ist, welche Vorkenntnisse die Studierenden haben und was vermittelt werden muss, um diese Lernziele zu erreichen. Sollen beispielsweise zum Ende des Kurses technische Artefakte und Gruppen entwickelt werden, muss bei Studienanfängerinnen und -anfänger davon ausgegangen werden, dass diese zum einen kaum fachliche Grundlagen zur Planung und Konstruktion solcher Systeme haben und zum anderen womöglich auch nicht wissen, wie man effektiv im Team arbeitet. Unter dieser Prämisse sollte die Lehrveranstaltung geplant werden (und so wurden die Inhalte auch für Soft Skills und Technische Kompetenz geplant). Ein anderes Beispiel sind Studierende im Masterstudium. Bei diesen Lerngruppen kann davon ausgegangen werden, dass die notwendigen Soft Skills zur Realisierung solcher Projekte im Team entwickelt sind und dass auf soliden Grundkenntnissen in der Programmierung, Datenbanken und Netzwerken aufgebaut

werden kann. Beispiele für konkrete Lehrinhalte sind in den Kapiteln 3.2.3, 3.2.4, 3.2.5 und 3.2.6 aufgelistet.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass weiterführende technische Kompetenzen, wie zum Beispiel das Lötten und digitale Fertigung für die Projektarbeit, nicht verbindlich für alle Studierenden angeboten werden müssen, um erfolgreich Projekte zu entwickeln. Praxisnahe Selbstlernbausteine, Vorlagen, Beispiele und Videos reichen aus.

### **Die Wahl der Lehrräume**

Je nach Größe der Lerngruppe ist eine andere Ausstattung notwendig. Zu Beginn der Konzeption wurde das Lehrformat als Seminar mit einer kleinen Lerngruppe durchgeführt. In diesem Fall hat es gereicht, über einen einzigen 3D-Drucker zu verfügen und technische Arbeiten konnten unmittelbar im Labor oder Seminarraum durchgeführt werden. Sobald das Lehrkonzept skaliert wird, ist es nicht mehr möglich, zu jedem Veranstaltungstermin sämtliche Geräte und Werkzeuge zu transportieren. In diesem Fall muss ein fester Raum für die Projektzeit geblockt oder zumindest die gemeinsame Nutzung mit anderen Lehrenden abgestimmt werden. Beides hat in der Vergangenheit gut funktioniert, wobei ein permanenter Makerspace die beste Alternative ist. Der Makerspace sollte über die übliche Ausstattung verfügen: Lötstationen mit Zubehör, Akkuschauber, Sägen, Zangen, Pinzetten, diverse Schraubendreher, elektrische Kleinteile<sup>4</sup>, Ersatzteile, Litzen, Multimeter, Heißklebepistole, Sekundenkleber, Oszilloskop, Lasercutter mit verschiedenen Werkstoffen und mehrere 3D-Drucker. In der Vergangenheit ist in den Projektphasen, in denen die Studierenden zwar eine Einführung vor Ort erhalten und im Anschluss selbst die 3D-Drucker bedient haben, eine ungewöhnlich hohe Ausfallquote der Geräte aufgetreten. Vor allem zum Ende der Projektphase ist es wichtig, dass mehrere Drucker zur Verfügung stehen, falls kurzfristig technische Probleme auftreten. Allgemein hat sich auch gezeigt, dass der Makerspace zum Ende der Projektphase häufiger frequentiert wird. Ein WiFi Router zum Testen der Projekte vor Ort ist ebenfalls eine sinnvolle Ergänzung im Makerspace, da es nicht trivial ist, WiFi-fähige Mikrocontroller mit dem Eduroam-Netz der Universität zu verbinden. Derselbe Router sollte ebenfalls für die praktischen Übungen vor Ort und Abschlusspräsentationen zur Verfügung stehen.

### **Das richtige Prüfungsformat**

Das E-Portfolio hat sich als prozessorientiertes, formatives Prüfungsformat neben der Projektarbeit zur Entwicklung der technischen Artefakte bewährt. Für Projektarbeiten haben sich Gruppen bis maximal fünf Personen bisher gute Resultate erzielt. Für die weitere Skalierung können die Gruppengrößen auch größer gefasst werden.

Die Artefakte selbst können nach der Prüfung auch als Multiplikatoren bei Hochschulinformationstagen verwendet werden, um die studentischen Projekte zu präsentieren. Dabei sollte in der Prüfungsleistung gefordert werden, dass die Projektgruppen ein entsprechendes Handbuch zur Inbetriebnahme, bekannten Fehlern, Workarounds und Konfiguration verfassen. Änder-

---

<sup>4</sup> aktive und passive Bauteile

falls verstauben die Artefakte in einem Regal und können nur umständlich mit Detailwissen wieder in Betrieb genommen werden.

Die Dokumentation der Artefakte kann unterschiedlich gestaltet sein. Im Prinzip erreichen Hausarbeiten, Poster und Web-Blogs dasselbe Ziel, jedoch haben Poster und Blogs eine bessere Außenwirkung. Insgesamt sind die Studierenden der Projektdokumentation mit Blogs offen gestimmt. Hin und wieder gibt es Rückfragen zum Zitierstil und dem Umfang der Dokumentation. Diese Anliegen sollten vor der Projektphase adressiert und zusätzlich Best-Practice-Beispiele als Vorlage angeführt werden. Die Benotung der Artefakte ist nicht immer einfach. Für eine erfahrene Person sind viele der Projekte an einem Wochenende realisierbar. Jedoch ist dies für viele Studierende die erste praktische Arbeit und schriftliche Ausarbeitung. Dies sollte, neben der persönlichen Entwicklung, bei der Bewertung berücksichtigt werden.

Für den Prüfungstag sollte in jedem Fall eine „Erste-Hilfe-Station“ für die Projekte mit Lötkolben, Klebern und zusätzlicher Litze aufgebaut werden. In der Vergangenheit sind beim Transport immer wieder Projekte beschädigt worden. Studierende sollten auf mögliche Transportschäden am Präsentationstermin hingewiesen werden und ein Video zur Demonstration ausgewählter Funktionen vorbereiten. So kann sichergestellt werden, dass auch ein defektes Artefakt in einem angemessenen Rahmen präsentiert werden kann.

### **Die richtige Einstellung**

Um die Lehrinhalte authentisch und motiviert transportieren zu können, sollte man selbst ein Interesse für Smart-Environments haben oder zumindest entwickeln wollen. Dazu gehört auch, dass sämtliche Hardware noch vor Semesterbeginn selbst ausprobiert wurde. Konkrete Projekterfahrungen sind ebenfalls hilfreich. Idealerweise wurden schon selbst viele der Fehler gemacht, die die Studierenden machen könnten. Dies beschleunigt die Fehlersuche und ermöglicht es den Studierenden gezielt Hilfestellung zu leisten. Außerdem sollte man sich vor Augen führen, dass das für viele Studierende der erste Bezug zu Smart-Environments ist und technische Probleme durch Hardware, Software und Netzwerke auftreten können. Dies erschwert die Fehlersuche im Vergleich zum gewöhnlichen Debuggen von Software am Bildschirm. Dementsprechend sollte man auch bei Problemen erreichbar und verständnisvoll sein und die Studierenden in diesem Lernprozess aktiv begleiten. Aktives Begleiten bedeutet in diesem Fall nicht, dass man selbst die Probleme der Studierenden löst, sondern Hilfe zur Selbsthilfe bietet und nur in kritischen Situationen, in denen das Projekt zu scheitern droht, interveniert. Neben offenen Sprechstunden sollte die Lehrperson selbst auch regelmäßig den Makerspace betreuen und sich für die Projekte interessieren.

Trotz aller Bemühungen und Leidenschaft für das Thema muss als Lehrperson (leider) akzeptiert werden, dass es nie möglich sein wird – vor allem nicht bei Lehrveranstaltungen mit über 100 Personen – allen Studierenden in ihren Erwartungen an die Lehre und an die Lehrperson gerecht zu werden.

## Infrastruktur

Die technischen Übungen und Projekte wurden bisher immer von selbst erstellten und/oder selbst gehosteten Backends unterstützt. Dazu zählen ein eigener Blynk-Server, über 40 Node-RED Instanzen, eine eigene REST-API mit reduziertem Funktionsumfang und ein MQTT-Broker. Da solche Backends mit dem Internet verbunden sind und damit grundsätzlich ein Risiko für das Netzwerk der Universität sind, ist das Aufsetzen und die Wartung eine verantwortungsvolle Aufgabe und sollte daher von der Lehrperson selbst durchgeführt werden können. Im Lehralltag bewährte sich eine Mischung aus Portainer<sup>5</sup> zur Verwaltung entsprechender Docker<sup>6</sup>-Images und Watchtower<sup>7</sup> zur automatischen Aktualisierung der Anwendungen. Sollte sich die Lehrperson nicht kompetent genug fühlen, eine solche Infrastruktur aufzusetzen und zu pflegen, müssen andere Alternativen, wie z. B. kommerzielle Anbieter, in Anspruch genommen werden.

## Hilfskräfte

Das vorgestellte Lehrkonzept ist nicht skalierbar ohne die Unterstützung von Tutorinnen und Tutoren. Dies gilt für die Betreuung, die Sichtung der Blogs, das Formulieren von Feedback und die Wartung der Maschinen. Da das Lehrkonzept viele fachliche Kompetenzen erfordert, die nicht alle von nur einer Hilfskraft beherrscht werden können, hat es sich in der Praxis bewährt, die Tutorinnen und Tutoren in individuelle Tätigkeitsbereiche aufzuteilen, die dem eigenen Profil und den Fähigkeiten am besten entsprechen. So haben beispielsweise die technisch erfahreneren Hilfskräfte die Betreuung des Makerspaces und die Wartung der Maschinen übernommen, während die Personen mit einem fachdidaktischen Hintergrund die Sichtung der Portfolios und das Feedback übernommen haben. Für eine solche Arbeitsteilung ist der regelmäßige, wöchentliche Dialog mit dem Team und eine Übersicht der geleisteten Stunden wichtig, um den Workload gleichmäßig bis zum Ende des Semesters für alle zu verteilen.

## Evaluation und Verbesserung

Nach jeder Iteration des Lehrkonzeptes sollten die studentischen Projekte geprüft werden und ein kritischer Blick in den entwickelten Lehrplan geworfen werden. Dabei sollte man sich als Lehrperson fragen, ob die Inhalte und Methoden zielführend waren, um solche Projekte zu realisieren. Mögliche Fragen sind: Wären sämtliche Projekte auch ohne Inhalt X möglich gewesen oder hätte der zusätzliche Inhalt Y die Entwicklung an manchen Stellen erleichtert? Wenn beispielsweise ausgiebig an der Kommunikation über eine REST API geübt wurde, keine Gruppe aber mit REST zum Datenaustausch gearbeitet hat, kann man reflektieren, inwiefern diese Übungen sinnvoll waren. Eventuell waren das Lehrmaterial und die Übungen zu schwer und konnten das Konzept nicht vermitteln oder die anderen vorgestellten Alternativen waren besser für die Realisierung der Projekte geeignet. Die Entscheidung über solche

<sup>5</sup> <https://www.portainer.io/>, letzter Zugriff: 06.09.2023

<sup>6</sup> <https://www.docker.com/>, letzter Zugriff: 06.09.2023

<sup>7</sup> <https://containrrr.dev/watchtower/>, letzter Zugriff: 06.09.2023

Anpassungen hängen dabei auch immer mit den Lernzielen zusammen. In dem Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* war die Fertigung eines Prototyps ein Lernziel. Ob die Artefakte letztlich über MQTT, REST, das Blynk-Backend oder Byte für Byte Daten austauschen, ist in diesem Fall nebensächlich. Für weitere Feinabstimmungen sollte auch zum Ende des Semesters das Feedback der Lernenden abgefragt werden, um so das Lehrkonzept in kleinen Schritten zu verbessern.

## 4.2 Zusammenfassende Beantwortung der Forschungsfragen

Nach insgesamt viereinhalb Jahren Lehre mit Smart-Environments mit inkrementellen Erweiterungen, Fragebogen- und Kohortenstudien werden nun die zentralen Ergebnisse dieser Dissertation kurz zusammengefasst.

### **F1: Wie können sich Smart-Environments spezifische Lerninhalte in das schon vorhandene Studiengangprofil (zum forschenden Lernen) der Informatikstudiengänge für Studierende – auch in der Studieneingangsphase – integrieren lassen?**

Smart-Environments – als konkretes und greifbares Anwendungsbeispiel des Internets der Dinge – bezeichnet einen Bereich in der physischen Welt, welcher mit Sensoren, Aktoren und integrierten Computern ausgestattet ist, um den Nutzerinnen und Nutzern Dienste anzubieten, die den Komfort, die Lebensqualität oder die wahrgenommene Sicherheit steigern (siehe 2.2.1). Dies bietet einen interessanten und vielseitigen Kontext für die Informatiklehre, da anhand dieses aktuellen Themenkomplexes diverse informatische Konzepte sinnstiftend vermittelt und das Wissen aus anderen Gebieten vernetzt werden können. Zur Nutzung des Kontextes wurde daher zunächst geprüft, ob sich dieser auch als mögliches Querschnittsthema im Informatikstudium eignet, um Studierenden einen Einblick in die Vielfalt dieses Faches zu geben, Wissen zu vernetzen und damit die kognitive Belastung beim Erlernen neuer Inhalte zu reduzieren, da erste Schemata bereits konstruiert wurden.

Deshalb wurden die Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik zum Curriculum für Bachelor- und Masterprogrammen im Studienfach Informatik als mögliche Blaupause eines Studiengangs verwendet, um – nach einer fachlichen Klärung der Dimensionen von Smart-Environments – zu prüfen, inwiefern die in den Empfehlungen dargestellten Kompetenzen sämtlicher Inhaltsbereiche auch Bezüge zum Lehrkontext aufweisen. Dabei konnte gezeigt werden, dass sich vor allem Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs-, Projektmanagement- und technologische Kompetenzen am Beispiel von Smart-Environments sinnstiftend am Kontext vermitteln lassen. Dies umfasst Module, wie z. B. IT-Sicherheit, Rechnernetze und verteilte Systeme, Mensch-Computer-Interaktion, Programmiersprachen und -methodik, Software-Engineering und Modellierung. Somit hat der Kontext grundsätzlich das Potential informatische Inhalte sinnstiftend in mehreren Lehrveranstaltungen immer wieder als roter Faden aufgegriffen zu werden, um entweder abstrakte Konzepte greifbar zu machen oder um an bestehendes Wissen anzuknüpfen.

Ein weiteres Ziel dieser Dissertation ist die überfachliche Qualifikation der Studierenden. Um dies zu erreichen, wurde das Modell des forschenden Lernens verwendet, in welchem

Smart-Environments als Kontext genutzt wurde. Im Rahmen eines konstruktivistischen und handlungsorientierten Lehransatzes zur technisch-entwickelnden Forschung und Gestaltung konstruierten die Studierenden in Gruppen technische Artefakte zur Lösung von selbst gewählten Problemstellungen im Alltag und dokumentierten diese in E-Portfolios. Dieses Prüfungsformat hat sich in der Praxis als Good-Practice herausgestellt, da sich diese Prüfungsform gut mit den Lernzielen und Inhalten der Lehrveranstaltungen vereinbaren lässt. Zusätzliche Übungs- und Reflexionsaufgaben mit regelmäßigem Feedback ergänzen das Portfolio zu einem formativen Leistungsnachweis.

Um dieses Lehrkonzept in der Universität Oldenburg zu implementieren, wurde es in der Studieneingangsphase im Modul *pb085 – Soft Skills* mit dem Veranstaltungstitel *Soft Skills und Technische Kompetenz* eingegliedert. Dieses Modul bietet sich für eine solch technisch-informatische Lehrveranstaltung im Zusammenhang mit dem forschenden Lernen aus mehreren Gründen an: zum einen handelt es sich bereits um eine etablierte Lehrveranstaltung, die sämtlichen Studierenden der Informatikstudiengänge in den ersten beiden Semestern im Studienverlaufsplan empfohlen wird. Zum anderen reiht sich das Lehrkonzept fast nahtlos in die bisherige Lehrveranstaltung zu Soft Skills ein, da die überfachliche Qualifikation der Studierenden mit der Vermittlung von spezifischen Soft Skills, die in der Forschung und Entwicklung notwendig sind, ohnehin ein übergeordnetes Ziel des forschenden Lernens ist. Mit dem Konzept *Smart-Environments im Kontext forschender Lehre* werden die Inhalte zum forschenden Lernen nur expliziter durch technische Kompetenzen ergänzt und die zuvor nur theoretisch vermittelten Soft Skills in einem Gruppenprojekt und Übungen – abseits von Vorlesungen und Klausur – in einem technischen Kontext im Feld erprobt und reflektiert. Zuletzt bietet die zweisemestrige Veranstaltung den Vorteil genügend fachliche und überfachliche Inhalte zu vermitteln und den Studierenden zusätzlich dazu noch eine mehrwöchige Projektphase zu ermöglichen. Gängige Kritikpunkte, wie dass zu wenig Zeit für das forschende Lernen zum Studienbeginn bleibt, dass es nicht in die Strukturen der Studieneingangsphase passt oder das Format aufgrund fehlender Vorerfahrung und Soft Skills nicht funktioniert, können durch die erfolgreiche Umsetzung des Lehrkonzeptes entkräftet werden.

In der Praxis hat sich die ganzheitliche Vermittlung von Smart-Environments bewährt, da ein übergeordnetes Lernziel die Entwicklung eines eignen technischen Artefaktes war. Dazu gehören Kompetenzen im Umgang mit Hardware, der hardwarenahen Systementwicklung, Kommunikationsprotokollen und ausgewählten Aspekten von Mensch-Maschinen Interaktion. Neue Inhalte und Konzepte sollten dabei immer am Kontext und mit funktionalen Beispielen eingeführt und geübt werden. Zusätzliche Kompetenzen zur digitalen Fertigung und essentiellen Soft Skills<sup>8</sup> runden das Lehrangebot ab.

---

<sup>8</sup> dazu zählen Zeit- und Selbstmanagement, Konfliktmanagement, Rhetorik, wissenschaftliches Schreiben, Formulierung von Peerfeedback, Präsentieren, Einsatz von Kreativmethoden zur Ideenfindung und Problemlösung, Projektmanagement, Kommunikation und der Arbeit in Gruppen

## **F2: Welchen Einfluss hat eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Hochschullehre auf das Selbstkonzept der Studierenden im Umgang mit Technik?**

Das Selbstkonzept umfasst die Einstellung und Sichtweise einer Person zu sich selbst und gilt in der Literatur als sich selbsterfüllende Prophezeiung (siehe 2.1.3). Da ein technisch-informatischer Lehransatz entwickelt wurde, soll die Wirkung auf das technische Selbstkonzept im Umgang mit Technik untersucht werden. Um die Wirkung des Lehrkonzeptes *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* empirisch belegen zu können, wurde ein Prä-Post-Test Studiendesign mit zwei Experimental- und einer Kontrollgruppe im Zeitraum von insgesamt zwei Jahren mittels eines validierten Fragebogens zur Untersuchung des technischen Selbstkonzepts gewählt. Nach Bereinigung der 221 Datensätzen, sind 127 Datenreihen für die Varianzanalyse übrig geblieben. Dabei wurden der Hauptterm PrePost und die Interaktionsterme PrePost\*Gruppe<sup>9</sup>, PrePost\*Gruppe\*Geschlecht und PrePost\*Gruppe\*Erstsemester<sup>10</sup> untersucht. Sofern die ANOVA mögliche Trends<sup>11</sup> anzeigt hat, wurden PostHoc zusätzliche t-Tests durchgeführt.

Dabei konnten statistisch signifikante Änderungen in Subskalen der konativen und motivationalen Perspektive des Selbstkonzepts festgestellt werden. So konnte bei den Männern in der Experimentalgruppe, die nach dem Lehrkonzept in 3.2.6 unterrichtet wurde, eine statistisch signifikante Reduzierung in der konativen Subskala Erfahrung gemessen werden. Dieses Konstrukt umfasst u. a. die kindliche Erfahrung im Umgang mit Technik. Nach der Intervention scheinen die Studenten sich anders an ihre vergangene Erfahrung mit Technik zu erinnern. Dies könnte mit einer besseren Einschätzung von Technik nach der Intervention zusammenhängen. Bei den Frauen derselben Experimentalgruppe ist dieser Effekt nicht aufgetreten.

Eine interessante Wechselwirkung konnte in der motivationalen Dimension des technischen Selbstkonzepts beobachtet werden. In beiden Experimentalgruppen hat die Technikangst<sup>12</sup> der Frauen statistisch signifikant abgenommen. Dies könnte eventuell auf die Sozialisierung vieler Frauen im Umgang mit Technik zurückzuführen sein, da diese sich oft weniger zutrauen als Männer und als Kinder weniger bestärkt wurden (siehe 2.4.2). Das technisch-informatische Lehrkonzept und die praktische Erfahrung konnten in dieser Hinsicht ihr Vertrauen in die eigene Kompetenz stärken und mögliche Hemmung abbauen. Interessanterweise ist in einer Experimentalgruppe der Trend zu beobachten, dass die Technikangst bei den Männern zugenommen hat. Mögliche Gründe konnten in der zu hohen Einschätzung der eigenen Kompetenz vor der Intervention liegen und der Erfahrung, dass Technik bei falschem oder unvorsichtigem Umgang auch kaputtgehen kann. Ein weiterer Trend konnte in der Subskala Affekt, die den Spaß und Faszination in der Auseinandersetzung mit Technik beschreibt, beobachtet werden. So hat dieselbe männliche Experimentalgruppe, die einen Trend in der gestiegenen Technikangst aufgezeigt hat, ebenfalls einen Trend zu weniger Spaß im Umgang mit Technik. Dieser Effekt tritt in der Experimentalgruppe, die mit dem überarbeiteten Lehrkonzept unterrichtet

<sup>9</sup> Als Gruppe werden hier die Experimentalgruppen und Kontrollgruppe unterschieden

<sup>10</sup> Hier wurde untersucht, ob sich die Studierenden in der Studieneingangsphase befanden

<sup>11</sup>  $p \leq 0,1$

<sup>12</sup> Angst etwas falsch oder kaputtzumachen und Hemmungen im Umgang mit Technik

wurde, nicht mehr auf. Auch hier könnte die Erklärung im Selbstbild vor der Intervention liegen und der Realisierung, dass technische Kompetenz erarbeitet werden muss. Die Frauen derselben Experimentalgruppe zeigen diesen Effekt nicht auf, während die Frauen aus der darauffolgenden Experimentalgruppe in genau diesem Teilkonstrukt einen Aufwärtstrend aufzeigen. Das Lehrkonzept und der praktische Umgang mit Technik haben womöglich das Interesse in diesem Gebiet gesteigert.

Eine Wirkung auf die kognitive Perspektive, die die Subskalen, wie Selbstwirksamkeitserwartung, Attributionen und die Kompetenzeinschätzung enthält, konnte (wider Erwarten) nicht festgestellt werden. Ebenfalls waren keine Unterschiede zwischen Studierenden in der Studieneingangsphase und höheren Semestern feststellbar.

### **F3: Wie wirkt sich eine Orientierung am Kontext Smart-Environments in der Studieneingangsphase der Informatikstudiengänge auf die weitere akademische Laufbahn der Studierenden aus?**

Da zuvor argumentiert wurde, dass die Vernetzung von Inhalten und das Lehren am Kontext sich positiv auf das Lernen auswirken, sollte in dieser Studie untersucht werden, inwiefern sich *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* auf die späteren akademischen Leistungen in Bezug auf Projekt- und Seminararbeiten und inhaltlich verwandten Modulen der Studierenden auswirkt, die an dieser Intervention teilgenommen haben, im Vergleich zu den Peers, die das Lernangebot nicht wahrgenommen haben. Um dies festzustellen, wurden zwei Kohortenstudien durchgeführt: eine Experimentalkohorte umfasste alle 160 Studierenden der Informatikstudiengänge, die ihr Studium im Wintersemester 2020/2021 begonnen haben. Die Kontrollkohorte umfasste alle 225 Studienanfängerinnen und -anfänger der Informatikstudiengänge vom Wintersemester 2019/2020. Studierende beider Gruppen haben am Modul pb085 teilgenommen. Während die Experimentalkohorte 37 Studierende enthielt, die mit dem Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* unterrichtet wurden, um so neben der überfachlichen Qualifikation auch explizite Bezüge zum forschenden Lernen und technischer Kompetenz hatten, war dies nicht der Fall für die Studierenden der Kontrollgruppe. Diese 94 Studierenden hatten lediglich Vorlesungen, Übungen und eine Klausur zu ausgewählten Soft Skills Themen.

Um mögliche Effekte auf den weiteren Verlauf des Studiums zu erfassen, wurden genau ein Jahr nach der erfolgreichen Teilnahme am Modul pb085 insgesamt 1.097 Noteneintragungen der beiden Kohorten aus 13 Modulen miteinander verglichen. Die Daten wurden vom akademischen Controlling anonymisiert und zur Verfügung gestellt. Im Modul Softwareprojekt ist kein Unterschied zwischen den Studierenden, die an der technischen Intervention teilgenommen haben, zu erkennen. Methoden des Projektmanagements, Moderation, Konfliktmanagement oder Kommunikation sind zweifelsfrei ein essentieller Bestandteil solcher Gruppenprojekte. Eine mögliche Erklärung kann in der Gruppengröße liegen. Während typische Gruppengrößen im Software-Projekt um die 12 Studierenden umfassen, wurden das Miniprojekt im Wintersemester zu zweit und das Semesterprojekt im Sommer in Vierergruppen durchgeführt. Es besteht daher die Möglichkeit, dass die gewählte Projektgruppengröße und die damit gesammelten Erfahrungen sich nicht auf größere Gruppen übertragen lassen, da in größeren

Gruppen andere Gruppendynamiken entstehen. Eine weitere Erklärung könnte auch in der Stichprobengröße liegen. So klingt es ebenfalls plausibel, da jeweils nur ein kleiner Teil der Gruppe zuvor an der Intervention teilgenommen hat, dieser kleine Teil trotz der vorherigen Gruppenarbeit und den vermittelten Soft Skills selbst keinen nennenswerten Unterschied in der Gruppe leisten konnte und andere Qualifikationen, wie z. B. Programmiererfahrungen mit den entsprechenden Frameworks, einen stärkeren Einfluss gehabt haben. Selbiges gilt für die Veranstaltung Objektorientierte Programmierung. Die gesammelte (Programmier-)Erfahrung in der System- und Softwareentwicklung im Bereich Smart-Environments strahlt scheinbar nicht in weitere Module mit einem Programmierhintergrund aus. Im Modul Internettechnologien, in dem die Webseitenentwicklung mit HTML5, CSS3, JS, und PHP vermittelt werden, sind ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen beobachtbar.

Im Proseminar konnte ein positiver Trend ( $t(32) = 1,45$ ;  $p = 0,079$ ;  $d = 0,5$ ) beobachtet werden: so schnitten die Studierenden der Experimentalgruppe, die an der Intervention teilgenommen haben, durchschnittlich deutlich besser (zwei Notensprünge) das Modul ab. Dieser Effekt trat nicht in der Kontrollkohorte auf, die im Rahmen der Vorlesung Soft Skills ebenfalls Inhalte zum wissenschaftlichen Schreiben vermittelt bekommen haben. In den Modulen Rechnernetze, Betriebssysteme und Lineare Algebra sind ebenfalls erste Indizien für die Wirksamkeit des Querschnittthemas zu erkennen. So schnitten die Studierenden, die an der Intervention teilgenommen haben im Schnitt ebenfalls mit zwei Notensprüngen besser ab. Solche Unterschiede sind in der Kontrollgruppe nicht aufgetreten. Insgesamt scheint das Lehrkonzept – wie erwartet – in anderen Veranstaltungen zu wirken. Jedoch sollte die Untersuchung mit noch größeren Testgruppen wiederholt werden, um statistisch signifikante Belege zu sammeln.

Ebenfalls wurde die Studienabbruchquote untersucht. So wurde vermutet, dass das Vermitteln von Inhalten am praktischen Kontext in Verbindung mit einem konstruktivistischen Ansatz die Motivation und Identifikation mit dem Studium erhöht und sich deshalb ebenfalls auf die Abbruchquote auswirkt. Um dies zu untersuchen, hat das akademische Controlling entsprechende Daten aufbereitet. So wurde untersucht, wie viele Studierende bis zum vierten Semester das Studium abgebrochen haben, die zuvor am Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* erfolgreich teilgenommen haben. Mit dem Chi-Quadrat Test konnte gezeigt werden, dass zwischen den Variablen *Teilnahme am Lehrkonzept* und *Studienabbruch* ein statistisch signifikanter Zusammenhang zu bestehen scheint. Leider wurde bei der Datenerhebung ein methodischer Fehler begangen, sodass keine Aussage über die tatsächliche Wirksamkeit auf die Abbruchquote getroffen werden darf. So hat das akademische Controlling nur jene Studierende erfasst, die das Modul pb085 bestanden haben. Da es sich um eine Veranstaltung, die über zwei Semester verläuft, handelt und die meisten Studierenden in den ersten beiden Semestern abbrechen, wurden nur die Studierenden betrachtet, die ohnehin schon die ersten beiden (kritischen) Semester überstanden haben. Dennoch eignet sich die Methodik gut zur Überprüfung der Hypothese. In einer neuen Erhebung sollte die Kohorte daher schon zu Beginn des ersten Semesters in Experimental- (Teilnahme am Lehrkonzept) und Kontrollgruppe (keine Teilnahme) eingeteilt werden. So können die Unterschiede in den Abbruchquoten schon ab dem zweiten Semester zuverlässig

überwacht und verglichen werden. Zusätzlich wäre es interessant zu untersuchen, in welchen Bereichen die Experimentalgruppe ihre Abschlussarbeiten schreibt. Aufgrund der Ausrichtung auf das forschende Lernen und besseren Noten im Proseminar könnte ebenfalls untersucht werden, inwiefern die Experimentalgruppe auch besser in der Bachelorarbeit abschneidet und eher ein Masterstudium beginnt.

### 4.3 Beitrag und Ausblick

Im Folgenden wird der Beitrag dieser Dissertation kurz dargestellt, ein kurzes Fazit formuliert und anschließend ein Ausblick auf weitere Forschungstätigkeiten gegeben.

Viele Lehrende nutzen das fachliche Potential des Internets-der-Dinge und bieten ebenfalls Lehrveranstaltungen, die die Studierenden dazu befähigen selbst technische Artefakte in diesem Kontext zu entwickeln. Aufgrund der Greifbarkeit und Anwendbarkeit werden in solchen Projekten oft Lösungen aus dem Kontext Smart-Environments dokumentiert. Leider fällt die Evaluation solcher Kurse – auch wenn es sich um langjährig erprobte Formate handelt – oft nur kurz oder anekdotisch aus. Es ist nachvollziehbar, dass die Studierenden Spaß im Kurs hatten, stolz auf ihre Werke sind und sich selbstbewusster im Umgang mit Technik fühlen. Doch bisher hat niemand beschrieben, wie im Kontext Smart-Environments zum einen in großen Lerngruppen, wie zum Beispiel potentiell einem ganzen Studienjahrgang, gelehrt werden kann und zum anderen die Wirkung eines solchen Lehrkonzeptes umfassend untersucht. Diese Dissertation leistet einen Beitrag zu beidem: So wurden fachliche und überfachliche Inhalte in einem langjährigen und inkrementellen Prozess ausgearbeitet und in der Praxis erprobt, um so eine Lehrveranstaltung zu etablieren, die allen Studierenden der Informatikstudiengängen an der Universität Oldenburg im Studienverlaufsplan angeboten wird. Eine weitere Besonderheit des Lehrkonzeptes ist, dass die Grundidee und der Aufbau der Lehre auch nach meiner Zeit an der Universität fortgeführt werden. Diese Dissertation ist daher nicht nur ein Beitrag für die Informatikdidaktik und Hochschullehre, sondern auch für alle Studierenden, die seit dem Wintersemester 2020/2021 ein Informatikstudium begonnen haben. Außerdem wurden umfassende Untersuchungen auf die tatsächliche Wirkung einer solchen Lehrveranstaltung durchgeführt. Statt anekdotischer Beiträge oder selbst erdachten Fragenkatalogen wurde mit einem validierten Fragebogen und einer ANOVA mit Messwiederholung untersucht, wie sich das Selbstkonzept der Studierenden verändert und welche geschlechtsspezifischen Unterschiede beobachtbar sind. Des Weiteren wurden zwei Kohortenstudien durchgeführt, die Trends aufzeigen, dass Studierende auch über die Lehrveranstaltung hinweg von dem Lehrkonzept profitieren und bessere Noten als ihre Peers im Proseminar oder fachlich verwandten Gebieten erzielen. Die Untersuchung der Studienabbruchquote ist methodisch leider misslungen, kann jedoch mit den zuvor beschriebenen Anpassungen problemlos wiederholt werden und aussagekräftige Ergebnisse liefern. Die Untersuchung sollte daher eher als methodischer Beitrag und Proof-of-Concept gelesen werden.

Eine weitere Lücke in der informatischen Hochschullehre ist das Fehlen von Konzepten zum forschenden Lernen in der Studieneingangsphase. Die Vorzüge dieser Lehrform liegen auf der Hand, jedoch wird diese leider nicht genutzt. Auch hier leistet diese Dissertation einen

entscheiden Beitrag und zeigt, dass forschendes Lernen in der Informatik auch schon ab dem ersten Semester möglich ist und sich positiv auf Teile des Selbstbildes (vor allem bei Frauen) und die weitere Laufbahn auswirken kann.

Damit kann auch zur nächsten Lücke übergeleitet werden: die Verknüpfung von forschendem Lernen am Kontext Smart-Environments in einem ganzheitlichen Lehrkonzept, welches nicht nur fachliche, sondern auch überfachliche Kompetenzen so vermittelt, sodass selbst Studierende in der Eingangsphase beeindruckende Artefakte entwickeln können, ist in der Konzeption ein Novum und bisher unerforscht. Angeleitet vom Constructive Alignment und dem Konstruktivismus wurden Lernziele, Lernaktivitäten und Prüfungsformen aufeinander abgestimmt. Dabei wurde das in der Informatik unterrepräsentierte<sup>13</sup> E-Portfolio als formativer Leistungsnachweis über die Jahre erprobt und als in der Praxis bewährtes Prüfungsformat bestätigt. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal in der Informatik – neben der Etablierung dieser Prüfungsform in der Studieneingangsphase – ist die Mischung, in welcher das Portfolio verwendet wurde. So ist es nicht nur ein Ort, an dem das Abschlussprojekt dokumentiert und der Entwicklungsprozess reflektiert wird, sondern auch ein Ort zur persönlichen Entwicklung durch regelmäßige Übungen zur prozessorientierten Prüfung und durch das dazugehörige Feedback seitens der Lehrpersonen und ein Ort zur Selbstreflexion durch ebenfalls regelmäßige Lerntagebücher. Da bisher niemand ein solches Lehrkonzept vorgestellt hat, wurden zusätzlich Leitlinien zur Verwendung von Smart-Environments spezifischen Lerninhalten formuliert, um anderen Lehrenden, die ebenfalls diesen Kontext nutzen möchten, den Einstieg zu erleichtern. Als weiterer Beitrag werden alle Lehrmaterialien zur freien Verwendung geteilt (siehe digitaler Anhang). Dazu gehören Vorlesungs- und Tutoriumsfolien, Tafelbilder, Übungsaufgaben, Erwartungshorizonte, Selbstlernvideos, interaktive H5P Aufgaben, Quellcodes, Schaltpläne, 3D-Modelle und die Links zu ausgewählten studentischen Blogs als Best-Practice Beispiel für den Einsatz von E-Portfolios als formative Prüfungsform.

Als abschließendes Fazit nach viereinhalb Jahren Hochschullehre in diesem Feld, in denen über 200 Studierende in einem technischen Kontext unterrichtet wurden, und sowohl inhaltlichen als auch methodischen Beiträgen, kann daher festgehalten werden, dass ..

- .. Smart-Environments ein geeignetes Querschnittsthema und sinnstiftender Kontext in der Hochschullehre Informatik sind.
- .. forschendes Lernen in der Informatik auch ab der Studieneingangsphase für **alle** Studierenden möglich ist.
- .. das entwickelte Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* positive Effekte auf die Entwicklung des technischen Selbstkonzepts (vor allem für Frauen) zeigt und es empirische Hinweise zur Annahme gibt, dass sich das Lehrkonzept auch positiv auf die weitere akademische Laufbahn hinweg auswirkt.
- .. E-Portfolios in der Informatik ebenfalls ab dem ersten Semester als formativer Leistungsnachweis funktionieren.

---

<sup>13</sup> Vor allem in der Studieneingangsphase

Trotz der Beiträge kann diese Dissertation als Ausgangspunkt für weitere Forschung gelesen werden. Das Lehrkonzept *Forschend Lernen im Kontext Smart-Environments* vereint viele methodische und lernpsychologische Konzepte – IniK, Cognitive Load Theory, forschendes Lernen, Constructive Alignment, Konstruktivismus, prozessorientierte und formative Prüfungen – in einer einzigen Lehrveranstaltung. An der Stelle sollte jedoch gefragt werden, inwiefern die Lehrveranstaltung auch mit weniger Umfang noch einen Beitrag zur Qualifikation der Studierenden leisten kann. So wird das Lehrkonzept nicht nur einfach zu adaptieren, sondern es lässt sich ebenfalls feststellen, welche Konzepte mindestens nötig sind, um eine ähnliche Wirkung zu erzielen. Zur weiteren Verbreitung sollten das Konzept und Lehrmaterial ebenfalls auf Englisch zugänglich sein; es gab bereits erste Anfragen zu weiteren Details der Lehrveranstaltung – abseits der vorerst ersten Publikation (Fandrich, Pancratz et al. 2022) – aus dem angloamerikanischen Raum. Außerdem können noch weitere Anpassungen an der Lehrveranstaltung vorgenommen werden, wie zum Beispiel der Gruppengröße oder Projektorganisation. Des Weiteren wäre es interessant zu erfahren, welche Änderungen in den Projekten feststellbar sind, wenn es in der Veranstaltung keine Noten mehr gibt, sondern nur die Bescheinigung, dass bestanden wurde. Die Auswirkung auf die Projekte und Evaluation wäre dann ein interessanter Forschungsgegenstand. Außerdem sollte die Hardwareplattform in überschaubaren Abständen aktualisiert werden, um die Kluft zwischen State-of-the-Art Technik und Lehre nicht zu weit auseinanderklaffen zu lassen. Aktuell gibt es jedoch noch keinen berechtigten Grund zum Wechsel.

Zudem sollten weitere Untersuchungen zum Selbstkonzept durchgeführt werden. Letztlich ist eine Kontrollgruppe für ein solches Studiendesign nicht notwendig und es können auch andere Datenquellen berücksichtigt werden (siehe letzter Absatz in 3.2.7). Eine Mischung aus qualitativer und quantitativer Forschung lässt möglicherweise eine genauere Triangulierung der Wirkung auf das Selbstkonzept zu. Zusätzlich sollten die Studien zur weiteren akademischen Laufbahn mit größeren Gruppen wiederholt werden und auch einen längeren Zeitraum einschließen. So wäre es ebenfalls interessant zu erfahren, inwiefern das Lehrkonzept evtl. auch mit einem anschließenden Masterstudium oder der Wahl von technischen Abschlussarbeiten korreliert. Beides war im Rahmen dieses Vorhabens aufgrund der Projektlaufzeit zeitlich nicht mehr realisierbar. Selbiges gilt für die Untersuchung der Studienabbruchquote. Diese Kohortenstudie sollte ebenfalls mit den zuvor vorgeschlagenen Änderungen wiederholt werden.

Als letzter Ausblick könnte geprüft werden, inwiefern sich das Lehrkonzept um den aktuellen und relevanten Themenkomplex der künstlichen Intelligenz (KI) erweitert werden kann. Wie auch Smart-Environments, kann auch KI als sinnstiftender Kontext im Unterricht verwendet werden (Pancratz et al. 2023). Da die Funktionsweise von Smart-Environments ebenfalls zu einem bestimmten Umfang als smart oder künstlich intelligent bezeichnet werden kann, könnte daher geprüft werden, wie sich diese beiden Kontexte sinnvoll miteinander zu einem neuen Lehrkonzept verbinden lassen. Erstes Material mit einzelnen Bezügen zu Smart-Environments haben wir bereits veröffentlicht (Diethelm et al. 2021).



## Abbildungen

2.1	Schaubild zu den Forschungsformen nach Mie $\ddot{g}$ (2020) . . . . .	10
2.2	Übersicht der Herausforderungen beim forschenden Lernen aus Sicht von Studierenden, Lehrenden und Hochschulkoordination nach Preiß und Lübcke (2020) . . . . .	14
2.3	Das Züricher Modell als Referenzrahmen für Etappen im Forschungsprozess nach Treppe und Hildbrand (2012) . . . . .	15
2.4	Taxonomie der E-Portfolios nach Baumgartner et al. (2009) . . . . .	17
2.5	Hierarchisches Netzwerkmodell des Selbstkonzeptes nach Vincent und Janneck (2012) . . . . .	24
2.6	Modell des technischen Selbstkonzeptes nach Vincent und Janneck (2012) .	26
3.1	Übersicht möglicher Schichten und Dimensionen des Lehrkontextes Internet-of-Things nach Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018) . . . . .	59
3.2	Abdeckung der Inhaltsbereiche der formalen, algorithmischen und mathematischen Kompetenzen nach Zukunft (2016) mit möglichen Lehrinhalten im Kontext Smart-Environments . . . . .	64
3.3	Überschneidungen der „Analyse-, Entwurfs-, Realisierungs- und Projektmanagement-Kompetenzen“ nach Zukunft (2016) mit möglichen Lehrinhalten im Kontext Smart-Environments . . . . .	68
3.4	Überschneidungen der technologischen Kompetenzen nach Zukunft (2016) mit möglichen Lehrinhalten im Kontext Smart-Environments . . . . .	72
3.5	Inkrementelle Entwicklung des Lehrkonzeptes im Rahmen des Design-Based-Researchs . . . . .	82
3.6	Projekte aus dem Wintersemester 2017/2018. Links: Calliope-Bot. Rechts: WiFi RGB LED Treiber . . . . .	90
3.7	Feuchtigkeitsüberwachungssysteme für Pflanzen . . . . .	91
3.8	Gießkanne mit Füllstandsüberwachung . . . . .	92
3.9	Tafelbild zur Übersicht von IoT-Funktstandards . . . . .	96
3.10	Tafelbild zur Einführung in die Elektrotechnik . . . . .	98
3.11	Screenshot von einem Webbrowser: das smarte pH-Meter sendet eine Titrationskurve in Echtzeit an das verbundene Endgerät . . . . .	103
3.12	Einhausung zum Projekt Smarte Steckdose . . . . .	103
3.13	Animation auf der LED-Matrix . . . . .	104
3.14	Links: PCB des Fütterungsautomaten. Rechts: Unbestückte PCB des Bewässerungssystems . . . . .	105
3.15	Smarter Katzenfütterungsautomat und Smartes (Miniatur) Garagentor als Proof-of-Concept . . . . .	106
3.16	Drei Abschlussprojekte aus dem Wintersemester 2019/2020 . . . . .	113

3.17	Screenshot aus dem Online-Selbstlernbaustein zum Lötten. <sup>14</sup> . . . . .	123
3.18	Schaltung aus der Online-Übung. Diese dient ebenfalls zur Vorbereitung der kommenden Aufgaben. . . . .	124
3.19	Makerspace, der für die Studierenden eingerichtet wurde. Es stehen diverse 3D-Drucker, ein Lasercutter und die üblichen Werkzeuge zur Verfügung. . .	127
3.20	Auswahl von Projekten zum Ende des Wintersemesters: Wetterphänomene mit Licht darstellen <sup>15</sup> . . . . .	128
3.21	Auswahl von Miniprojekten der Studierenden von der Warteliste . . . . .	129
3.22	Umfangreicheres Mini-Projekt, welches mittels Lasercutter und mSLA Drucker gefertigt wurde . . . . .	130
3.23	Studentischer (defekter) Mikrocontroller: zu viel Lötzinn an den falschen Stellen . . . . .	131
3.24	Projekte von links nach rechts: Luftqualitätsmessung, Smarter Briefkasten, UniClock <sup>16</sup> . . . . .	133
3.25	Schaltung zum Nachstecken auf einem virtuellen Steckbrett . . . . .	140
3.26	Vollständige Hardware der Wetterlampe: Basisplatine, Mikrocontroller-Board Wemos D1 mini, OLED-Display, LED-Streifen und ein gedruckter Lampenschirm auf einem Acrylglasstab . . . . .	141
3.27	Smart-Environments im Uni-Alltag (blau): Die Studierenden identifizieren in Alltagsprobleme (gelb) und benennen mögliche Lösungen (violett) . . . . .	145
3.28	Angelehnt am morphologischen Kasten werden technische Lösungen zu priorisierten Anforderungen gegeneinander abgewogen . . . . .	146
3.29	Drei Lösungen von Studierenden bei der Spaghetti-Challenge . . . . .	147
3.30	Übersicht einiger Platinen aus dem IoT4School-Kit. Von links oben nach rechts unten: Wetterstation, Bewegungsmelder, Taster, Klatscherkennung, RGB-Controller, Modul ESP-12E (Fandrich et al. 2020) . . . . .	148
3.31	Softwarebeispiel zum Schalten eines LED-Streifen . . . . .	149
3.32	Übersicht der von IoT4School 2.0 unterstützen, kommerziell erhältlichen Shields . . . . .	149
3.33	Die Initialisierung des Smart-Buttons in BIPES . . . . .	150
3.34	Beispielanwendung in BIPES ohne die Nutzung von Node-RED . . . . .	151
3.35	Auswahl abgeschlossener Projekte im Sommer 2022 . . . . .	154
3.36	Übersicht der gefertigten 3D-Modelle und Vorbereitung des Versands . . .	157
3.37	Methodisches Vorgehen bei der Untersuchung des technischen Selbstkonzepts	164
3.38	Exemplarischer Studienverlaufsplan Fachbachelor Informatik . . . . .	180
3.39	Exemplarischer Studienverlaufsplan Fachbachelor Wirtschaftsinformatik . .	181
3.40	Kohorte (Kontrolle): Verteilung der Noten im Modul inf010 Rechnernetze (Prüfungsjahr 2021) . . . . .	187
3.41	Kohorte (Experimental): Verteilung der Noten im Modul inf010 Rechnernetze (Prüfungsjahr 2022) . . . . .	187

---

3.42 Kohorte (Kontrolle): Verteilung der Noten im Modul inf800 Proseminar (Prüfungsjahr 2021) . . . . .	188
3.43 Kohorte (Experimental): Verteilung der Noten im Modul inf800 Proseminar (Prüfungsjahr 2022) . . . . .	188
3.44 Kohorte (Kontrolle): Verteilung der Noten im Modul inf012 Betriebssysteme (Prüfungsjahr 2021) . . . . .	189
3.45 Kohorte (Experimental): Verteilung der Noten im Modul inf012 Betriebssysteme (Prüfungsjahr 2022) . . . . .	189



## Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht der Forschungsfragen . . . . .	54
3.1	Spezialisierungen im Kontext Internet-of-Things nach Burd, Barker, Divitini, Perez et al. (2018) . . . . .	61
3.2	Inhalte der Veranstaltung <i>Lehren und Lernen im Lernlabor Informatik am Beispiel von FabLabs</i> (WiSe17/18) . . . . .	86
3.3	Inhalte der Veranstaltung <i>Lehren und Lernen im Lernlabor Informatik</i> (SoSe18) . . . . .	88
3.4	Inhalte der Veranstaltung <i>Internet of Things und Smart-Home im Informatikunterricht</i> (WiSe18/19) . . . . .	97
3.5	Inhalte der Veranstaltung <i>Internet of Things und Smart-Home im Informatikunterricht</i> (SoSe19) . . . . .	100
3.6	WiSe 19/20 – Inhalte der Veranstaltung <i>Physical Computing und Digital Fabrication im Informatikunterricht</i> . . . . .	112
3.7	WiSe 20/21 – Inhalte der Veranstaltung <i>Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 1</i> . . . . .	121
3.8	SoSe 21 – Inhalte der Veranstaltung <i>Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 2</i> . . . . .	126
3.9	WiSe 21/22 – Inhalte der Veranstaltung <i>Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 1</i> . . . . .	139
3.10	SoSe 22 – Inhalte der Veranstaltung <i>Soft Skills und Technische Kompetenz Teil 2</i> . . . . .	143
3.11	Skala: Selbstkonzept (Konativ) . . . . .	163
3.12	Skala: Selbstkonzept (Motivational) . . . . .	164
3.13	Skala: Selbstkonzept (Kognitiv) . . . . .	165
3.14	Cronbach's Alpha für die motivationale Perspektive und der dazugehörigen Subskalen . . . . .	167
3.15	Cronbach's Alpha für die kognitive Perspektive und der dazugehörigen Subskalen . . . . .	168
3.16	Untersuchung auf Normalverteilung der Daten . . . . .	168
3.17	Kreuztabelle zu den Zwischensubjektfaktoren Kohorte und Geschlecht . . . . .	169
3.18	Kreuztabelle zu den Zwischensubjektfaktoren Kohorte und Studienbeginn . . . . .	169
3.19	Tests der Innersubjekteffekte: Konative Perspektive . . . . .	170
3.20	Paarweiser Vergleich Pre Post – Konativ/Erfahrung . . . . .	170
3.21	Tests der Innersubjekteffekte: Motivationale Perspektive . . . . .	171
3.22	Paarweiser Vergleich Pre Post – Motivational/Gesamt . . . . .	172
3.23	Paarweiser Vergleich Pre Post – Motivational/Affekt . . . . .	173
3.24	Paarweiser Vergleich Pre Post – Motivational/Technikangst . . . . .	173
3.25	Tests der Innersubjekteffekte Kognitiv . . . . .	174
3.26	Zusammensetzung Studienbeginn Wintersemester 2020/2021 . . . . .	179

---

3.27	Zusammensetzung Studienbeginn Wintersemester 2019/2020 . . . . .	180
3.28	Notenübersicht der abgelegten Prüfungen in den Studiengängen Informatik und Wirtschaftsinformatik (WiSe21/22 bis SoSe22) . . . . .	183
3.29	Notenübersicht der abgelegten Prüfungen in den Studiengängen Informatik und Wirtschaftsinformatik (WiSe20/21 bis SoSe21) . . . . .	184
3.30	Abbruchquote in den Informatikstudiengängen der Experimentalkohorte (Teilnahme an Soft Skills und Technische Kompetenz) nach vier Semestern Studium	185
3.31	Abbruchquote in den Informatikstudiengängen der Kontrollkohorte (Teilnahme an Soft Skills) nach vier Semestern Studium . . . . .	185
3.32	Ergebnisse der t-Tests: Vergleich zwischen den Modulnoten von Studierenden mit und ohne Belegung Soft Skills und Technische Kompetenz . . . . .	186
3.33	Ergebnisse der t-Tests: Vergleich zwischen den Modulnoten von Studierenden mit und ohne Belegung Soft Skills . . . . .	188
3.34	Vergleich der Abbruchquoten zwischen der Kontroll- und Experimentalgruppe	189
3.35	Untersuchung mittels Chi-Quadrat Tests, inwiefern sich die beiden Kohorten in ihren Abbruchquoten unterscheiden. . . . .	189
3.36	Übersicht zum Studienabbruch mit Belegung Soft Skills und Technische Kompetenz bis zum vierten Semester . . . . .	192
3.37	Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für die Experimentalgruppe . . . . .	193
3.38	Übersicht zum Studienabbruch mit Belegung Soft Skills bis zum vierten Semester . . . . .	193
3.39	Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests für die Kontrollgruppe . . . . .	193

## Literatur

- Abdallah, Raef, Xu, Lanyu und Shi, Weisong (2017). „Lessons and Experiences of a DIY Smart Home“. In: *Proceedings of the Workshop on Smart Internet of Things. SmartIoT '17*. San Jose, California: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3132479.3132488.
- Abernethy, Ken, Gabbert, Paula und Treu, Kevin (1998). „Inquiry-Based Computer Science Instruction: Some Initial Experiences“. In: *Proceedings of the 6th Annual Conference on the Teaching of Computing and the 3rd Annual Conference on Integrating Technology into Computer Science Education: Changing the Delivery of Computer Science Education. ITiCSE '98*. Dublin City Univ., Ireland: Association for Computing Machinery, S. 14–17. DOI: 10.1145/282991.283000.
- Adenstedt, Victoria (2016). „Erhebung des technischen Selbstkonzepts von Grundschulkindern“. In: *Journal of Technical Education (JOTED)* 4.2, S. 64–86. DOI: 10.48513/joted.v4i2.79.
- Allen, Micah, Poggiali, Davide, Whitaker, Kirstie, Marshall, Tom Rhys, Langen, Jordy van und Kievit, Rogier A. (2021). „Raincloud plots: a multi-platform tool for robust data visualization“. In: *Wellcome Open Research* 4.63. DOI: 10.12688/wellcomeopenres.15191.2.
- Anderson, Lorin W. und Krathwohl, David R., Hrsg. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Englisch. 2. Aufl. New York: Allyn & Bacon.
- Anewalt, Karen und Polack-Wahl, Jennifer (2011). „Work in progress — Computer science e-portfolios: Perspectives from upper and lower division students“. In: *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)*. Rapid City, SD, USA, S4B-1-S4B-3. DOI: 10.1109/FIE.2011.6142992.
- Apedoe, Xornam S., Reynolds, Birdy, Ellefson, Michelle R. und Schunn, Christian D. (2008). „Bringing Engineering Design into High School Science Classrooms: The Heating/Cooling Unit“. In: *Journal of Science Education and Technology* 17.5, S. 454–465. DOI: 10.1007/s10956-008-9114-6.
- Apra, Carmela (2008). „Task-Oriented Coaching for Teaching Instructional Planning: A Design-Based Research Approach“. In: *Proceedings of the 8th International Conference on International Conference for the Learning Sciences - Volume 1. ICLS'08*. Utrecht, The Netherlands: International Society of the Learning Sciences, S. 43–51. DOI: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1599812.1599817>.
- Arenas, Maribel Garcia, Castillo, Pedro A., Vega, Francisco Fernandez de und Merelo, Juan J. (2012). „Using Student Conferences to Increase Participation in the Classroom: A Case Study“. In: *IEEE Transactions on Education* 55.4, S. 580–581. DOI: 10.1109/TE.2012.2188030.

- Artino, Anthony R. (2012). „Academic self-efficacy: from educational theory to instructional practice“. In: *Perspectives on Medical Education* 1.2, S. 76–85. DOI: 10.1007/s40037-012-0012-5.
- Aßmann, Sandra, Steffens, Yannic, Engemann, Mario und Blome, Andrea (2020). „ABC: ABseits des Curriculums – Non-formales und informelles Lernen ab dem 1. Semester forschend erfassen“. In: *Forschendes Lernen an Universitäten: Prinzipien, Methoden, Best-Practices an der Ruhr-Universität Bochum*. Hrsg. von Jürgen Straub, Sandra Plontke, Paul Sebastian Ruppel, Birgit Frey, Flora Mehrabi und Judith Ricken. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 127–135. DOI: 10.1007/978-3-658-30828-5\_9.
- Bačić, Iva, Rodenhauser, Annika, Kuhfuss, Bernd und Colombi Ciacchi, Lucio (2020). „Forschendes Lernen im Masterstudiengang Systems Engineering – Bausteine erhalten, Bausteine zusammensetzen, Ergebnisse reflektieren“. In: *Forschendes Lernen als Studiengangsprofil: Zum Lehrprofil einer Universität*. Hrsg. von Thomas Hoffmeister, Henning Koch und Peter Tremp. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 285–300. DOI: 10.1007/978-3-658-28825-9\_20.
- Bandura, Albert (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.
- Barkmin, Mike und Brinda, Torsten (2018). „Exploring and Evaluating Computing Systems for Use in Learning Scenarios by Creating an E-Portfolio: Course Design and First Experiences“. In: *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE '18. Potsdam, Germany: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3265757.3265792.
- Barnat, Miriam und Jänsch, Vanessa K. (2019). „Forschendes Lernen und Studienerfolg: Die Bedeutung epistemischer Neugier“. In: *Forschendes Lernen in der Studieneingangsphase: Empirische Befunde, Fallbeispiele und individuelle Perspektiven*. Hrsg. von Gabi Reinmann, Eileen Lübcke und Anna Heudorfer. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 93–109. DOI: 10.1007/978-3-658-25312-7\_6.
- Baumgartner, Peter (2012). „Eine Taxonomie für E-Portfolios“. In: *Forschungsbericht. Krems a.d. Donau: Department für Interaktive Medien und Bildungstechnologien, Donau-Universität Krems*.
- Baumgartner, Peter, Himpsl-Gutermann, Klaus und Zauchner, Sabine (2009). „Einsatz von E-Portfolios an (österreichischen) Hochschulen: Zusammenfassung - Teil I des BMWF-Abschlussberichts ‘E-Portfolio an Hochschulen’“. In: *GZ 51.700/0064-VII/10/2006. Forschungsbericht. Krems: Department für Interaktive Medien und Bildungstechnologien, Donau Universität Krems*.
- Bayrhuber, Horst, Bögeholz, Susanne und Elster, Doris (2007). „Biologie im Kontext. Ein Programm zur Kompetenzförderung durch Kontextorientierung im Biologieunterricht und zur Unterstützung von Lehrerprofessionalisierung“. In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 60.5, S. 282–286.

- Bennett, Judith (2016). „Bringing Science to Life“. In: *Teachers Creating Context-Based Learning Environments in Science*. Hrsg. von R. Taconis, P. den Brok und A. Pilot. Rotterdam: SensePublishers, S. 21–39. DOI: 10.1007/978-94-6300-684-2\_2.
- Berekovic, Mladen, Hedrich, Lars, Hochberger, Christian, Karl, Wolfgang, Kröger, Reinhold, Maehle, Erik, Marwedel, Peter, Schlichtmann, Ulf, Schmidtman, Uwe, Schneider, Klaus, Tavangarian, Djamshid, Waldschmidt, Klaus und Wehn, Norbert (Arbeitskreis Curriculum Technische Informatik) (2018). *Curriculum für Bachelor- und Masterstudiengänge Technische Informatik. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. und der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.
- Bhattacharya, Madhumita, Heinrich, Eva und Rayudu, Ramesh (2006). „Work In Progress: E-portfolios in Computer Science and Engineering Education“. In: *Proceedings. Frontiers in Education. 36th Annual Conference*, S. 11–12. DOI: 10.1109/FIE.2006.322533.
- Biggs, John und Tang, Catherine (2003). *Teaching for Quality Learning at University*. 3. Aufl. Maidenhead, UK: Open Univ Press.
- Bonorden, Leif (2021). „Forschendes Lernen im Bachelor-Seminar Software Engineering“. In: *Desel, J., Opel, S., Siegeris, J. (Hrsg.), 9. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik (HDI) 2021. FernUniversität in Hagen, Hagen*, S. 117–124.
- Böttcher, Axel, Thurner, Veronika und Häfner, Tanja (2020). „Applying Data Analysis to Identify Early Indicators for Potential Risk of Dropout in CS Students“. In: *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, S. 827–836. DOI: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125378.
- Boud, David und Feletti, Grahame (1998). „Changing Problem-based Learning. Introduction to the Second Edition“. In: *The Challenge of Problem-Based Learning*. Hrsg. von David Boud und Grahame Feletti. Stirling: Kogan Page London, S. 1–15.
- Burd, Barry, Barker, Lecia, Divitini, Monica, Guerra, Jorge Guerra, Perez, Felix Armando Fermin, Russell, Ingrid, Siever, Bill, Tudor, Liviana, McCarthy, Michael und Pollock, Ian (2018). „The Internet of Things in CS Education: Updating Curricula and Exploring Pedagogy“. In: *Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. ITiCSE 2018*. Larnaca, Cyprus: Association for Computing Machinery, S. 366–367. DOI: 10.1145/3197091.3205846.
- Burd, Barry, Barker, Lecia, Divitini, Monica, Perez, Felix Armando Fermin, Russell, Ingrid, Siever, Bill und Tudor, Liviana (2018). „Courses, Content, and Tools for Internet of Things in Computer Science Education“. In: *Proceedings of the 2017 ITiCSE Conference on Working Group Reports. ITiCSE-WGR '17*. Bologna, Italy: Association for Computing Machinery, S. 125–139. DOI: 10.1145/3174781.3174788.
- Burd, Barry, Barker, Lecia, Perez, Felix Armando Fermin, Russell, Ingrid, Siever, Bill, Tudor, Liviana, McCarthy, Michael und Pollock, Ian (2018). „The Internet of Things in Undergraduate Computer and Information Science Education: Exploring Curricula and Pedagogy“. In: *Proceedings Companion of the 23rd Annual ACM Conference on*

- Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE 2018 Companion. Larnaca, Cyprus: Association for Computing Machinery, S. 200–216. DOI: 10.1145/3293881.3295784.
- Carroll, Nicholas L., Markauskaite, Lina und Calvo, Rafael A. (2007). „E-Portfolios for Developing Transferable Skills in a Freshman Engineering Course“. In: *IEEE Transactions on Education* 50.4, S. 360–366. DOI: 10.1109/TE.2007.907554.
- Chytas, Christos, Diethelm, Ira und Tsilingiris, Alexandros (2018). „Learning programming through design: An analysis of parametric design projects in digital fabrication labs and an online makerspace“. In: *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, S. 1978–1987. DOI: 10.1109/EDUCON.2018.8363478.
- Clear, James (2018). *Atomic Habits: Tiny Changes, Remarkable Results : An Easy & Proven Way to Build Good Habits & Break Bad Ones*. New York, New York: Avery, an imprint of Penguin Random House.
- Cohn, Ruth C. (2018). *Von der Psychoanalyse zur themenzentrierten Interaktion: Von der Behandlung einzelner zu einer Pädagogik für alle*. Klett-Cotta.
- Cook, Diane J., Crandall, Aaron S., Thomas, Brian L. und Krishnan, Narayanan C. (2013). „CASAS: A Smart Home in a Box“. In: *Computer* 46.7, S. 62–69. DOI: 10.1109/MC.2012.328.
- Coutinho, Rodolfo W. L. (2020). „Machine Learning for Self-Adaptive Internet of Underwater Things“. In: *Proceedings of the 10th ACM Symposium on Design and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications*. DIVANet '20. Alicante, Spain: Association for Computing Machinery, S. 65–69. DOI: 10.1145/3416014.3424615.
- Dehne, Julian, Knoth, Alexander und Lucke, Ulrike (2019). „Studieneingangsphase stärken, forschend lernen und digitale Medien nutzen: Empirische Befunde, Fallbeispiele und individuelle Perspektiven“. In: *Forschendes Lernen in der Studieneingangsphase: Empirische Befunde, Fallbeispiele und individuelle Perspektiven*. Hrsg. von Gabi Reinmann, Eileen Lübcke und Anna Heudorfer. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 111–125. DOI: 10.1007/978-3-658-25312-7\_16.
- Di Fuccia, David-Samuel, Schellenbach-Zell, Judith und Ralle, Bernd (2007). „Chemie im Kontext. Entwicklung, Implementation und Transfer einer innovativen Unterrichtskonzeption.“ In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 60.5, S. 274–282.
- Diethelm, Ira, Borowski, Christian und Weber, Thomas (2010). „Identifying Relevant CS Contexts Using the Miracle Question“. In: *Proceedings of the 10th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. Koli Calling '10. Koli, Finland: Association for Computing Machinery, S. 74–75. DOI: 10.1145/1930464.1930477.
- Diethelm, Ira und Dörge, Christina (2011). „Zur Diskussion von Kontexten und Phänomenen in der Informatikdidaktik“. In: *Informatik in Bildung und Beruf – INFOS 2011 – 14*.

- GI-Fachtagung Informatik und Schule*. Hrsg. von Marco Thomas. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 67–76.
- Diethelm, Ira, Dörge, Christina, Mesaros, Ana-Maria und Dünnebier, Malte (2011). „Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht“. In: *Informatik in Bildung und Beruf – INFOS 2011 – 14. GI-Fachtagung Informatik und Schule*. Hrsg. von Marco Thomas. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 77–86.
- Diethelm, Ira, Engel, Sebastian und Fandrich, Anatolij (2017). „IT2School“. In: *LOG IN* 38.1, S. 73–80.
- Diethelm, Ira, Fandrich, Anatolij, Michaeli, Tilman, Pancratz, Nils, Romeike, Ralf und Seege-  
rer, Stefan (2021). „Gemeinsam KI entdecken!“ In: *INFOS 2021 – 19. GI-Fachtagung  
Informatik und Schule*, S. 339–339. DOI: 10.18420/INFOS2021\_W287.
- Diethelm, Ira, Koubek, Jochen und Witten, Helmut (2011). „IniK — Informatik im Kontext“. In: *LOG IN* 31.1, S. 97–104. DOI: 10.1007/BF03323736.
- Diethelm, Ira, Schneider, Nina, Matzner, Matthias, Brückmann, Maja und Zeising, Anja (2020). „Investigation of the informatics-based self-concept of primary school children“. In: *WiPSCE '20: Workshop in Primary and Secondary Computing Education, Virtual Event, Germany, October 28-30, 2020*. Hrsg. von Torsten Brinda und Michal Armoni. ACM, 13:1–13:6. DOI: 10.1145/3421590.3421601.
- Druga, Stefania, Williams, Randi, Breazeal, Cynthia und Resnick, Mitchel (2017). „Hey Google is It OK If I Eat You?": Initial Explorations in Child-Agent Interaction“. In: *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*. IDC '17. Stanford, California, USA: Association for Computing Machinery, S. 595–600. DOI: 10.1145/3078072.3084330.
- Duit, Reinders, Mikelskis-Seifert, Silke und Müller, Christoph T. (2005). „Physik im Kontext: Die Konzeption des Programms.“ In: *Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung*. Hrsg. von Anja Pitton. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 25; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Münster: Lit.
- Dürnberger, Hannah (2014). „Forschendes Lernen unter Einsatz digitaler Medien beim Verfassen der Bachelorarbeit: Potenziale für die Schlüsselkompetenzentwicklung“. Dissertation. Universität Augsburg.
- Dym, Clive L., Little, Patrick, Orwin, E. J. und Spjut, R. E. (2009). *Engineering Design: A Project-Based Introduction*. 3rd. New York: John Wiley & Sons.
- Estapa, Anne T. und Tank, Kristina M. (2017). „Supporting integrated STEM in the elementary classroom: a professional development approach centered on an engineering design challenge“. In: *IJ STEM Ed.* 4.1, S. 1–16. DOI: 10.1186/s40594-017-0058-3.
- Fandrich, Anatolij, Casjens, Guido, Pancratz, Nils und Diethelm, Ira (2022). „Work-in-Progress: The Development of a Smart-Environments Learning Kit for Computer Science

- Classes“. In: *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, S. 1785–1787. DOI: 10.1109/EDUCON52537.2022.9766729.
- Fandrich, Anatolij, Pancratz, Nils und Diethelm, Ira (2021). „E-Portfolios in der Informatik-Lehrkräftebildung: Studierende bloggen über Internet-of-Things Projekte“. In: *Desel, J., Opel, S., Siegeris, J. (Hrsg.), 9. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik (HDI) 2021. FernUniversität in Hagen, Hagen.*
- (2022). „Soft Skills and Technical Competence: Interdisciplinary Qualification of First-Year Computer Science Students“. In: *Proceedings of the 27th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education Vol. 2. ITiCSE '22*. Dublin, Ireland: Association for Computing Machinery, S. 637. DOI: 10.1145/3502717.3532146.
- Fandrich, Anatolij, Stuckenberg, Tobias und Diethelm, Ira (2020). „DIY Smart Home: The Development of an Exemplary Internet of Things Infrastructure for Computer Science Education“. In: *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. ITiCSE '20*. Trondheim, Norway: Association for Computing Machinery, S. 523–524. DOI: 10.1145/3341525.3393987.
- Fechner, Sabine (2009). *Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. Studien zum Physik- und Chemielernen. 95. Berlin: Logos.
- Filipp, Sigrun-Heide und Brandstädter, Jochen (1975). „Beziehungen zwischen situationsspezifischer Selbstwahrnehmung und generellem Selbstbild“. In: *Psychologische Beiträge* 17, S. 406–417.
- Freigang, Sirkka, Schlenker, Lars und Köhler, Thomas (2018). „A conceptual framework for designing smart learning environments“. In: *Smart Learning Environments* 5.1, S. 27. DOI: 10.1186/s40561-018-0076-8.
- Giannakos, Michail N., Aalberg, Trond, Divitini, Monica, Jaccheri, Letizia, Mikalef, Patrick, Pappas, Ilias O. und Sindre, Guttorm (2017). „Identifying dropout factors in information technology education: A case study“. In: *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, S. 1187–1194. DOI: 10.1109/EDUCON.2017.7942999.
- Gordon, Neil und Brayshaw, Mike (2008). „Inquiry based Learning in Computer Science teaching in Higher Education“. In: *ITALICS Innovations in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences*. DOI: 10.11120/ital.2008.07010022.
- Griffioen, Harm und Doerr, Christian (2020). „Examining Mirai’s Battle over the Internet of Things“. In: *Proceedings of the 2020 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. CCS '20*. Virtual Event, USA: Association for Computing Machinery, S. 743–756. DOI: 10.1145/3372297.3417277.
- Große, Cornelia S., Jungmann, Lisa und Drechsler, Rolf (2015). „Benefits of Illustrations and Videos for Technical Documentations“. In: *Comput. Hum. Behav.* 45.C, S. 109–120. DOI: 10.1016/j.chb.2014.11.095.

- Guzdial, Mark (2010). „Does Contextualized Computing Education Help?“ In: *ACM Inroads* 1.4, S. 4–6. DOI: 10.1145/1869746.1869747.
- (2015). „What’s the Best Way to Teach Computer Science to Beginners?“ In: *Commun. ACM* 58.2, S. 12–13. DOI: 10.1145/2714488.
- Guzdial, Mark und Tew, Allison Elliott (2006). „Imagineering Inauthentic Legitimate Peripheral Participation: An Instructional Design Approach for Motivating Computing Education“. In: *Proceedings of the Second International Workshop on Computing Education Research*. ICER ’06. Canterbury, United Kingdom: Association for Computing Machinery, S. 51–58. DOI: 10.1145/1151588.1151597.
- Haan, Geert de (2015). „Educating Creative Technology for the Internet of Things - Research and Practice-Oriented Approaches Compared“. In: *Proceedings of the Multimedia, Interaction, Design and Innovation*. MIDI ’15. Warsaw, Poland: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/2814464.2814469.
- Haberstroh, Susanne und Petersen, Maren (2020). „Publikationsformate im Forschenden Lernen“. In: *Forschendes Lernen : Theorie, Empirie, Praxis*. Hrsg. von Carmen Wulf, Susanne Haberstroh und Maren Petersen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 290–297. DOI: 10.1007/978-3-658-31489-7\_25.
- Habig, Sebastian (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren*. Studien zum Physik- und Chemielernen. 223. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Häcker, Thomas (2006). „Wurzeln der Portfolioarbeit - Woraus das Konzept erwachsen ist“. In: *Das Handbuch Portfolioarbeit - Konzepte, Anregungen, Erfahrungen aus Schule und Lehrerbildung*.
- (2011). „Portfolioarbeit - ein Konzept zur Wiedergewinnung der Leistungsbeurteilung für die pädagogische Aufgabe der Schule.“ In: *Diagnose und Beurteilung von Schülerleistungen. Grundlagen und Reformansätze*. Hrsg. von Werner Sacher und Felix Winter. Professionswissen für Lehrerinnen und Lehrer. 4. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren, S. 217–230.
- Hamerski, Paul C., Silvia, Devin und Caballero, Marcos D. (2022). „Exploring Self-Efficacy in Data Science“. In: *Proceedings of the 27th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education Vol. 2*. ITiCSE ’22. Dublin, Ireland: Association for Computing Machinery, S. 633–634. DOI: 10.1145/3502717.3532131.
- Hannover, Bettina (1997). *Das dynamische Selbst: die Kontextabhängigkeit selbstbezogenen Wissens*. Aus dem Programm Huber: Psychologie-Forschung. Huber.
- Haselmeier, Kathrin, Humbert, Ludger, Killich, Klaus und Müller, Dorothee (2019). „Interesse an Informatik und Informatikselbstkonzept zu Beginn der Sekundarstufe I des Gymnasiums“. In: *Informatik für alle*. PISSN: 1617-5468. Dortmund, Germany: Gesellschaft für Informatik, S. 99–108. DOI: 10.18420/infos2019-b6.

- Hellmich, Frank, Hrsg. (2011). *Selbstkonzepte im Grundschulalter. Modelle, empirische Ergebnisse, pädagogische Konsequenzen*. Schulpädagogik. Stuttgart: Kohlhammer, 280 S.
- Hesenius, Marc und Herzberg, Dominikus (2013). „Forschung mit Master-Studierenden im Software Engineering“. In: *Tagungsband des 13. Workshops Software Engineering im Unterricht der Hochschulen 2013, Aachen, 28. Feb. - 1. März 2013*. Hrsg. von Andreas Spillner und Horst Lichter. Bd. 956. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 115–116.
- Heublein, Ulrich, Ebert, Julia, Hutzsch, Christopher, Isleib, Sören, König, Richard, Richter, Johanna und Woisch, Andreas (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. Forum Hochschule. 2017,01. Hannover.
- Heublein, Ulrich, Hutzsch, Christopher, Schreiber, Jochen, Sommer, Dieter und Besuch, Georg (2010). *Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08*. Forum Hochschule. 2010, 2. Hannover: HIS.
- Hildebrandt, Claudia (2017). *Mit dem Glauben Berge versetzen . . . . Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. PISSN: 1617-5468. Oldenburg, Germany: Gesellschaft für Informatik, S. 137–146.
- Hildebrandt, Claudia und Diethelm, Ira (2012). „The School Experiment InTech: How to Influence Interest, Self-Concept of Ability in Informatics and Vocational Orientation“. In: *Proceedings of the 7th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE '12. Hamburg, Germany: Association for Computing Machinery, S. 30–39. DOI: 10.1145/2481449.2481458.
- Householder, Daniel L. und Hailey, Christine E. (2012). „Incorporating engineering design challenges into STEM courses“. In: *NCETE*, S. 1–67.
- Huber, Ludwig (2004). „Forschendes Lernen. 10 Thesen zum Verhältnis von Forschung und Lehre aus der Perspektive des Studiums“. In: *Die Hochschule : Journal für Wissenschaft und Bildung* 13.2, S. 29–49. DOI: <https://doi.org/10.25656/01:16475>.
- (2009). „Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist“. In: *Ludwig Huber, Julia Hellmer, Friederike Schneider (Hg.): Forschendes Lernen im Studium - Aktuelle Konzepte und Erfahrungen*.
- (2013). „Die weitere Entwicklung des Forschenden Lernens. Interessante Versuchsdringliche Aufgaben“. In: *Forschendes Lernen als Profilvermerkmal einer Universität: Beispiele aus der Universität Bremen*. Bd. 16.
- Hubwieser, Peter (2007). *Didaktik der Informatik: Grundlagen, Konzepte, Beispiele*. 3. Aufl. eXamen.press. Berlin und Heidelberg: Springer.

- Humbert, Ludger (2006). *Didaktik der Informatik: Mit praxiserprobtem Unterrichtsmaterial*. 2., überarb. und erw. Aufl. Leitfäden der Informatik. Wiesbaden: B.G. Teubner Verlag.
- Hynninen, Timo und Knutas, Antti (2022). „How Well Do Students Understand the All-Encompassing, Ubiquitous, and Interconnected Nature of IoT? Evaluating Student Capstone Projects“. In: *Proceedings of the 53rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1. SIGCSE 2022*. Providence, RI, USA: Association for Computing Machinery, S. 244–250. DOI: 10.1145/3478431.3499349.
- Jakoblew, Marcel, Keil, Reinhard und Winkelkemper, Felix (2014). „Forschendes Lernen durch semantisches Positionieren“. In: *Proceedings der HDI 2014*. Hrsg. von Peter Forbrig und Johannes Magenheim. Universität Rostock, S. 74–84.
- Jammes, Francois (2016). „Internet of Things in Energy Efficiency: The Internet of Things (Ubiquity Symposium)“. In: *Ubiquity 2016*. DOI: 10.1145/2822887.
- Jank, Werner und Meyer, Hilbert (2002). *Didaktische Modelle*. 6. Aufl. Berlin: Cornelsen.
- Janneck, Monique, Vincent, Sylvie und Othersen, Ina (2012). „Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zum Technikbezogenen Selbstkonzept (TSK): Eine gendersensitive Studie“. In: *Gruppenn. Organisationsberat.* 43.3, S. 289–310. DOI: 10.1007/s11612-012-0184-9.
- Jiang, Li, Liu, Da-You und Yang, Bo (2004). „Smart home research“. In: *Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.04EX826)*. Bd. 2, 659–663 vol.2. DOI: 10.1109/ICMLC.2004.1382266.
- Jones, Leo (2007). *The student-centered classroom*. Bd. 32. Cambridge University Press Cambridge.
- Junior, Andouglas Gonçalves Da Silva, Gonçalves, Luiz Marcos Garcia, De Paula Caurin, Glauco A., Tamanaka, Gustavo Teruo Bernardino, Hernandez, André Carmona und Aroca, Rafael Vidal (2020). „BIPES: Block Based Integrated Platform for Embedded Systems“. In: *IEEE Access* 8, S. 197955–197968. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3035083.
- Justice, Christopher, Rice, James, Warry, Wayne, Inglis, Sue, Miller, Stefania und Sammon, Sheila (2007). „Inquiry in Higher Education: Reflections and Directions on Course Design and Teaching Methods“. In: *Innovative Higher Education* 31.4, S. 201–214. DOI: 10.1007/s10755-006-9021-9.
- Kallia, Maria und Sentance, Sue (2018). „Are Boys More Confident than Girls? The Role of Calibration and Students’ Self-Efficacy in Programming Tasks and Computer Science“. In: *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. WiPSCE ’18*. Potsdam, Germany: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3265757.3265773.
- Karale, Ashwin (2021). „The Challenges of IoT Addressing Security, Ethics, Privacy, and Laws“. In: *Internet of Things* 15, S. 100420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2021.100420>.

- Kastl, Petra und Romeike, Ralf (2014). „Towards Agile Practices in CS Secondary Education with a Design Based Research Approach“. In: *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE '14. Berlin, Germany: Association for Computing Machinery, S. 130–131. DOI: 10.1145/2670757.2670776.
- Katterfeldt, Eva-Sophie und Dittert, Nadine (2018). „Co-Designing Smart Home Maker Workshops with Girls“. In: *Proceedings of the Conference on Creativity and Making in Education*. FabLearn Europe'18. Trondheim, Norway: Association for Computing Machinery, S. 100–101. DOI: 10.1145/3213818.3213833.
- Kempf, Florian, Schulz, Sandra und Pinkwart, Niels (2020). „Effects of Robotics Courses on Student's Attitude, Motivation, Self-Concept and Self-Efficacy: An Empirical Study“. In: *Proceedings of the 15th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE '20. Virtual Event, Germany: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3421590.3421608.
- Khan, Nazish Zaman und Luxton-Reilly, Andrew (2016). „Is Computing for Social Good the Solution to Closing the Gender Gap in Computer Science?“. In: *Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference*. ACSW '16. Canberra, Australia: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/2843043.2843069.
- Kinnunen, Päivi und Malmi, Lauri (2006). „Why Students Drop out CS1 Course?“. In: *Proceedings of the Second International Workshop on Computing Education Research*. ICER '06. Canterbury, United Kingdom: Association for Computing Machinery, S. 97–108. DOI: 10.1145/1151588.1151604.
- Kirschner, Paul A., Sweller, John und Clark, Richard E. (2006). „Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching“. In: *Educational Psychologist* 41.2, S. 75–86. DOI: 10.1207/s15326985ep4102\_1.
- Klafki, Wolfgang (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. 6., neu ausgestattete Aufl. Beltz-Bibliothek. Weinheim u.a.: Beltz, S. 327.
- Knoth, Alexander, Lucke, Ulrike und Zifonun, Dariuš (2015). „Lehre im Format der Forschung: ein interdisziplinäres Seminarkonzept“. ger. In: *Digitale Medien und Interdisziplinarität*, S. 217–227. DOI: <https://doi.org/10.25656/01:11356>.
- Koch, Stefan (2005). „Berufliches Selbstkonzept und eigenverantwortliche Leistung“. In: *Gruppendynamik und Organisationsberatung* 36.2, S. 157–174. DOI: 10.1007/s11612-005-0121-2.
- Kokotsaki, Dimitra, Menzies, Victoria und Wiggins, Andy (2016). „Project-based learning: A review of the literature“. In: *Improving schools* 19.3, S. 267–277. DOI: 10.1177/136548021665973.

- Koubek, Jochen, Schulte, Carsten, Schulze, Peter und Witten, Helmut (2009). „Informatik im Kontext (IniK) – Ein integratives Unterrichtskonzept für den Informatikunterricht“. In: *Zukunft braucht Herkunft – 25 Jahre »INFOS – Informatik und Schule«*. Hrsg. von Bernhard Koerber. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 268–279.
- Kuckartz, Udo (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 3., überarbeitete Auflage. Grundlagentexte Methoden. Literaturverzeichnis: Seite 231 - 237. Weinheim ; Basel: Beltz Juventa.
- Kurkovsky, Stan und Williams, Chad (2017). „Raspberry Pi as a Platform for the Internet of Things Projects: Experiences and Lessons“. In: *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE '17. Bologna, Italy: Association for Computing Machinery, S. 64–69. DOI: 10.1145/3059009.3059028.
- Leifheit, Luzia, Tsarava, Katerina, Moeller, Korbinian, Ostermann, Klaus, Golle, Jessika, Trautwein, Ulrich und Ninaus, Manuel (2019). „Development of a Questionnaire on Self-Concept, Motivational Beliefs, and Attitude Towards Programming“. In: *Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE'19. Glasgow, Scotland, UK: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3361721.3361730.
- Lewis, Arthur und Smith, David (1993). „Defining higher order thinking“. In: *Theory Into Practice* 32.3, S. 131–137. DOI: 10.1080/00405849309543588.
- Linck, Barbara, Ohrndorf, Laura, Schubert, Sigrid, Stechert, Peer, Magenheimer, Johannes, Nelles, Wolfgang, Neugebauer, Jonas und Schaper, Niclas (2013). „Competence model for informatics modelling and system comprehension“. In: *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, S. 85–93. DOI: 10.1109/EduCon.2013.6530090.
- Lübcke, Eileen und Heudorfer, Anna (2019). „Die Ziele forschenden Lernens: Eine empirische Analyse im Rahmen der QPL-Begleitforschung“. In: *Forschendes Lernen in der Studieneingangsphase: Empirische Befunde, Fallbeispiele und individuelle Perspektiven*. Hrsg. von Gabi Reinmann, Eileen Lübcke und Anna Heudorfer. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 17–58. DOI: 10.1007/978-3-658-25312-7\_3.
- Lübcke, Eileen, Riedel, Uta und Simon, Siska (2019). „Technische Universität Hamburg: Das Interdisziplinäre Bachelor-Projekt – Forschendes Lernen im ersten Semester für Ingenieursstudierende“. In: *Forschendes Lernen in der Studieneingangsphase: Empirische Befunde, Fallbeispiele und individuelle Perspektiven*. Hrsg. von Gabi Reinmann, Eileen Lübcke und Anna Heudorfer. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 185–192. DOI: 10.1007/978-3-658-25312-7\_11.
- Luukkainen, Matti, Vihavainen, Arto und Vikberg, Thomas (2012). „Three Years of Design-Based Research to Reform a Software Engineering Curriculum“. In: *Proceedings of the 13th Annual Conference on Information Technology Education*. SIGITE '12. Calgary,

- Alberta, Canada: Association for Computing Machinery, S. 209–214. DOI: 10.1145/2380552.2380613.
- Macias, Jose A. (2012). „Enhancing Project-Based Learning in Software Engineering Lab Teaching Through an E-Portfolio Approach“. In: *IEEE Transactions on Education* 55.4, S. 502–507. DOI: 10.1109/TE.2012.2191787.
- Mäenpää, Hanna, Varjonen, Samu, Hellas, Arto, Tarkoma, Sasu und Männistö, Tomi (2017). „Assessing IOT Projects in University Education: A Framework for Problem-Based Learning“. In: *Proceedings of the 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering and Education Track. ICSE-SEET '17*. Buenos Aires, Argentina: IEEE Press, S. 37–46. DOI: 10.1109/ICSE-SEET.2017.6.
- Magenheim, Johannes, Nelles, Wolfgang, Rhode, Thomas, Schaper, Niclas, Schubert, Sigrid und Stechert, Peer (2010). „Competencies for informatics systems and modeling: Results of qualitative content analysis of expert interviews“. In: *IEEE EDUCON 2010 Conference*, S. 513–521. DOI: 10.1109/EDUCON.2010.5492535.
- Malczok, Manfred (2014). „Die Führungskraft als Sinnstifter?“ In: *Praxis der Wirtschaftspsychologie III. Themen und Fallbeispiele für Studium und Anwendung*. Hrsg. von Petra Mehlich, Thomas Brandenburg und Meinald Thielsch. 1. Aufl. Münster: MV-Wissenschaft.
- Mandl, Heinz und Krause, Ulrike-Marie (2001). *Lernkompetenz für die Wissensgesellschaft*. Bd. 145. Forschungsbericht / Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik. 145. München: Inst. für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik, Lehrstuhl Prof. Heinz Mandl.
- Mandl, Heinz und Reinmann-Rothmeier, Gabi (1998). „Auf dem Weg zu einer neuen Kultur des Lehrens und Lernens“. In: *Lernen mit Medien. Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen*. Hrsg. von Günter Dörr und Karl Ludwig Jüngst. PSYNDEX. DFK\_0245108. Weinheim, Germany: Juventa, S. 193–205.
- Marikyan, Davit, Papagiannidis, Savvas und Alamanos, Eleftherios (2019). „A systematic review of the smart home literature: A user perspective“. In: *Technological Forecasting and Social Change* 138.C, S. 139–154. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.0.
- Marsh, Herbert W, Byrne, Brian M und Shavelson, Richard J (1988). „A multifaceted academic self-concept: Its hierarchical structure and its relation to academic achievement“. In: *Journal of Educational Psychology* 80.3, S. 366–380. DOI: 10.1037/0022-0663.80.3.366.
- Mayring, Philipp (1994). „Qualitative Inhaltsanalyse“. In: *Texte verstehen : Konzepte, Methoden, Werkzeuge*. Hrsg. von Andreas Boehm, Andreas Mengel und Thomas Muhr. Bd. 14. Schriften zur Informationswissenschaft. Konstanz: UVK Univ.-Verl. Konstanz, S. 159–175.
- McGrath, Owen G. (2016). „Making a Makerspace: Designing User Services to Serve Designing Users“. In: *Proceedings of the 2016 ACM SIGUCCS Annual Conference*. SIGUCCS

- '16. Denver, Colorado, USA: Association for Computing Machinery, S. 95–98. DOI: 10.1145/2974927.2974949.
- Medley, M. Dee (2007). „Inquiry-Based Learning in CS1“. In: *Journal of Computing Sciences in Colleges*. Bd. 23. 2. Evansville, IN, USA: Consortium for Computing Sciences in Colleges, S. 209–215.
- Mieg, Harald A. (2020). „Eine Systematik der Forschungsformen und ihre Eignung für Forschendes Lernen“. In: *Forschendes Lernen : Theorie, Empirie, Praxis*. Hrsg. von Carmen Wulf, Susanne Haberstroh und Maren Petersen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 27–40. DOI: 10.1007/978-3-658-31489-7\_3.
- Modrow, Eckart (2010). „Informatik als technisches Fach“. In: *LOG IN* 30.1, S. 38–42. DOI: 10.1007/BF03323663.
- Möller, Jens und Trautwein, Ulrich (2009). „Selbstkonzept“. In: *Pädagogische Psychologie*. Hrsg. von Elke Wild und Jens Möller. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 179–203. DOI: 10.1007/978-3-540-88573-3\_8.
- Mummendey, Heinz Dieter (2006). *Psychologie des Selbst: Theorien, Methoden und Ergebnisse der Selbstkonzeptforschung*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Napierala, Stephan (2022). „Interessen von Schüler:innen zur digital geprägten Welt: Eine multiperspektivische Betrachtung mit einem Fokus auf datenbezogenen Inhalts- und Tätigkeitsbereichen“. Dissertation. DOI: 10.17185/dupublico/77256.
- Nicol, David, Thomson, Avriand und Caroline, Breslin (2014). „Rethinking feedback practices in higher education: a peer review perspective“. In: *Assessment & Evaluation in Higher Education* 39.1, S. 102–122. DOI: 10.1080/02602938.2013.795518.
- Nixon, P. A., Wagealla, W., English, C. und Terzis, S. (2004). „Security, Privacy and Trust Issues in Smart Environments“. In: *Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications*. John Wiley + Sons, Ltd. Kap. 11, S. 249–270. DOI: <https://doi.org/10.1002/047168659X.ch11>.
- Noé, Manfred (2012). *Praxisbuch Teamarbeit : Aufgaben, Prozesse, Methoden*. München: Hanser Verlag.
- Pancratz, Nils, Fandrich, Anatolij, Chytas, Christos, Daeglau, Mareike und Diethelm, Ira (2019). „Blöcke, Blumen, Mikrocontroller und das Internet of Things“. In: *Informatik für alle*. Hrsg. von Arno Pasternak. Bonn: Gesellschaft für Informatik, S. 295–304. DOI: 10.18420/infos2019-c15.
- Pancratz, Nils, Fandrich, Anatolij und Diethelm, Ira (2023). „Didaktische Strukturierung von Unterrichtsmaterialien zum Thema "Künstliche Intelligenz"“. In: *Bliesmer, K., Kormorek, M. (Hrsg.), Didaktische Rekonstruktion – fachdidaktischer Ansatz für aktuelle Bildungsaufgaben*, S. 84–96.

- Papert, Seymour (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. USA: Basic Books, Inc.
- Piaget, Jean (2003). *Meine Theorie der geistigen Entwicklung*. Hrsg. von Fatke Reinhard. Beltz-Taschenbuch. Beltz.
- Poslad, Stefan (2009). *Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*. 1st. Wiley Publishing.
- Preiß, Jennifer und Lübcke, Eileen (2020). „Herausforderungen im Kontext von forschendem Lernen - Ergebnisse einer empirischen Studie über die Perspektiven von Koordinierenden von Angeboten forschenden Lernens in der Studieneingangsphase“. In: *Working Paper der AG Forschendes Lernen in der dghd*. Hrsg. von Wolfgang Deicke, Susanne Haberstroh, Kerrin Riewerts, Janina Thiem und Susanne Wimmelmann.
- Prenzel, Manfred, Kramer, Klaudia und Drechsel, Barbara (2001). „Selbstbestimmt motiviertes und interessiertes Lernen in der kaufmännischen Erstausbildung — Ergebnisse eines Forschungsprojekts“. In: *Lehren und Lernen in der beruflichen Erstausbildung: Grundlagen einer modernen kaufmännischen Berufsqualifizierung*. Hrsg. von Klaus Beck und Volker Krumm. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 37–61. DOI: 10.1007/978-3-663-10645-6\_2.
- Przybylla, Mareen und Romeike, Ralf (2012). „My Interactive Garden – A Constructionist Approach to Creative Learning with Interactive Installations in Computing Education“. In: *Constructionism 2012: Theory, Practice and Impact*. Hrsg. von Chronis Kynigos, James E. Clayson und Nikoleta Yiannoutsou. The Educational Technology Lab, National und Kapodistrian University of Athens, Greece, S. 395–404.
- (2017). „The Nature of Physical Computing in Schools: Findings from Three Years of Practical Experience“. In: *Proceedings of the 17th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. Koli Calling '17. Koli, Finland: Association for Computing Machinery, S. 98–107. DOI: 10.1145/3141880.3141889.
- Reinhart, Gunther (2017). *Handbuch Industrie 4.0 : Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik*. Hanser eLibrary.
- Reinmann, Gabi (2005). „Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based-Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung“. In: *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung* 33.1, S. 52–69. DOI: 10.25656/01:5787.
- (2009). „Wie praktisch ist die Universität? Vom situierten zum forschenden Lernen mit digitalen Medien“. In: *Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen*. Hrsg. von Ludwig Huber, Julia Hellmer und Friederike Schneider, S. 36–52.
- (2017). „Prüfungen und Forschendes Lernen“. In: *Forschendes Lernen. Wie die Lehre in Universität und Fachhochschule erneuert werden kann*. Hrsg. von Harald A. Mieg und Judith Lehmann, S. 115–128.

- (2019). „Forschendes Lernen prüfen. Hochschuldidaktische Gedanken zu einer Theorie des Prüfens“. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 65.4, S. 608–626. DOI: 10.25656/01:23997.
- Resnick, Mitchel und Silverman, Brian (2005). „Some Reflections on Designing Construction Kits for Kids“. In: *Proceedings of the 2005 Conference on Interaction Design and Children*. IDC '05. Boulder, Colorado: Association for Computing Machinery, S. 117–122. DOI: 10.1145/1109540.1109556.
- Richardson, Michelle, Abraham, Charles und Bond, Rod (2012). „Psychological correlates of university students' academic performance: A systematic review and meta-analysis“. In: *Psychological Bulletin* 138.2, S. 353–387. DOI: 10.1037/a0026838.
- Riefling, Markus, Fandrich, Anatolij und Diethelm, Ira (2020). „IT2School – Gemeinsam IT entdecken“. In: *Digitalpakt – was nun? Ideen und Konzepte für zukunftsorientiertes Lernen*. Hrsg. von Anabel Ternès von Hattburg und Matthias Schäfer. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 293–300. DOI: 10.1007/978-3-658-25530-5\_33.
- Ritzhaupt, Albert Dieter und Singh, Oma (2006). „Student Perspectives of EPortfolios in Computing Education“. In: *Proceedings of the 44th Annual Southeast Regional Conference*. ACM-SE 44. Melbourne, Florida: Association for Computing Machinery, S. 152–157. DOI: 10.1145/1185448.1185483.
- Rode, Jennifer A., Weibert, Anne, Marshall, Andrea, Aal, Konstantin, Rekowski, Thomas von, El Mimouni, Houda und Booker, Jennifer (2015). „From Computational Thinking to Computational Making“. In: *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*. UbiComp '15. Osaka, Japan: Association for Computing Machinery, S. 239–250. DOI: 10.1145/2750858.2804261.
- Romeike, Ralf und Eichler, Klaus-Peter (2012). „Forschendes Lernen mit Apps für Smartphones und Tablets - Studentische Forschungspartnerschaften im Lehramtsstudium Informatik/Mathematik“. In: *DeLFI 2012: Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V.* Hrsg. von Jörg Desel, Jörg M. Haake und Christian Spannagel. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 279–290.
- Rueß, Julia, Gess, Christopher und Deicke, Wolfgang (2016). „Forschendes Lernen und forschungsbezogene Lehre - empirisch gestützte Systematisierung des Forschungsbezugs hochschulischer Lehre“. In: *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*. Jg.11/Nr. 2 Curriculare Aspekte von Schreib- und Forschungskompetenz. DOI: 10.3217/zfhe-11-02/02.
- Ryan, Richard M. (1993). „Agency and Organization: Intrinsic Motivation, Autonomy and the Self in Psychological Development“. In: *Nebraska Symposium on Motivation: Developmental Perspectives on Motivation*. Hrsg. von Janis Jacobs. Bd. 40. Lincoln, NE: University of Nebraska Press, S. 1–56.
- Safran, Christian (2008). „Blogging in Higher Education Programming Lectures: An Empirical Study“. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Entertainment*

- and Media in the Ubiquitous Era*. MindTrek '08. Tampere, Finland: Association for Computing Machinery, S. 131–135. DOI: 10.1145/1457199.1457228.
- Schmidt, Christian (2022). „Technikbezogenes Selbstkonzept und Übergänge in berufliche Bildung“. In: *Berufsbildung, Beruf und Arbeit im gesellschaftlichen Wandel : Zukünfte beruflicher Bildung im 21. Jahrhundert*. Hrsg. von Sandra Bohlinger, Gero Scheiermann und Christian Schmidt. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 93–105. DOI: 10.1007/978-3-658-37897-4\_7.
- Schnapp, Kai-Uwe und Heudorfer, Anna (2019). „Universität Hamburg: Forschendes Lernen mit Praxisbezug im „Projektbüro Angewandte Sozialforschung““. In: *Forschendes Lernen in der Studieneingangsphase: Empirische Befunde, Fallbeispiele und individuelle Perspektiven*. Hrsg. von Gabi Reinmann, Eileen Lübcke und Anna Heudorfer. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 233–247. DOI: 10.1007/978-3-658-25312-7\_15.
- Schreiber, Nico, Best, Alexander, Windt, Anna und Thomas, Marco (2022). „Forschendes Lernen zur informatischen Bildung im Sachunterricht: Evaluation eines Forschungsseminars für Sachunterrichtsstudierende und Sachunterrichtslehrkräfte am Beispiel des Inhaltsbereichs „Sprachen und Automaten““. In: *Herausforderung Lehrer\*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion* 5.1, S. 317–336. DOI: 10.11576/hlz-4887.
- Sentance, Sue, Waite, Jane, Hodges, Steve, MacLeod, Emily und Yeomans, Lucy (2017). „"Creating Cool Stuff": Pupils' Experience of the BBC micro:bit“. In: *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*. SIGCSE '17. Seattle, Washington, USA: Association for Computing Machinery, S. 531–536. DOI: 10.1145/3017680.3017749.
- Seraj, Mazyar (2020). „Impacts of Block-Based Programming on Young Learners' Programming Skills and Attitudes in the Context of Smart Environments“. In: *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE '20. Trondheim, Norway: Association for Computing Machinery, S. 569–570. DOI: 10.1145/3341525.3394000.
- Seraj, Mazyar, Große, Cornelia S., Autexier, Serge und Drechsler, Rolf (2019a). „Look What I Can Do: Acquisition of Programming Skills in the Context of Living Labs“. In: *Proceedings of the 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training*. ICSE-SEET '19. Montreal, Quebec, Canada: IEEE Press, S. 197–207. DOI: 10.1109/ICSE-SEET.2019.00029.
- (2019b). „Smart Homes Programming: Development and Evaluation of an Educational Programming Application for Young Learners“. In: *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children*. IDC '19. Boise, ID, USA: Association for Computing Machinery, S. 146–152. DOI: 10.1145/3311927.3323157.
- Seraj, Mazyar, Katterfeldt, Eva-Sophie, Autexier, Serge und Drechsler, Rolf (2020). „Impacts of Creating Smart Everyday Objects on Young Female Students' Programming Skills and

- Attitudes“. In: *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. SIGCSE '20. Portland, OR, USA: Association for Computing Machinery, S. 1234–1240. DOI: 10.1145/3328778.3366841.
- Silvis-Cividjian, Natalia (2019). „Teaching Internet of Things (IoT) Literacy: A Systems Engineering Approach“. In: *2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)*, S. 50–61. DOI: 10.1109/ICSE-SEET.2019.00014.
- Simon, Beth, Kinnunen, Päivi, Porter, Leo und Zazkis, Dov (2010). „Experience Report: CS1 for Majors with Media Computation“. In: *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE '10. Bilkent, Ankara, Turkey: Association for Computing Machinery, S. 214–218. DOI: 10.1145/1822090.1822151.
- Sloan, Robert H. und Troy, Patrick (2008). „CS 0.5: A Better Approach to Introductory Computer Science for Majors“. In: *Proceedings of the 39th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*. SIGCSE '08. Portland, OR, USA: Association for Computing Machinery, S. 271–275. DOI: 10.1145/1352135.1352230.
- Sonntag, Monika, Ruess, Julia, Ebert, Carola, Friederici, Kathrin, Schilow, Laura und Deicke, Wolfgang (2018). *Forschendes Lernen im Seminar. Ein Leitfaden für Lehrende, 2. überarbeitete Auflage*. Humbolt-Universität zu Berlin. DOI: 10.18452/22104.
- Souri, Alireza, Hussien, Aseel, Hoseyninezhad, Mahdi und Norouzi, Monire (2022). „A systematic review of IoT communication strategies for an efficient smart environment“. In: *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. Special Issue: Enabling Technologies for Future Mobile and Edge Networks and Enabling AI Technologies for Internet of Energy* 33.3. DOI: <https://doi.org/10.1002/ett.3736>.
- Steinhorst, Phil, Petersen, Andrew und Vahrenhold, Jan (2020). „Revisiting Self-Efficacy in Introductory Programming“. In: *Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*. ICER '20. Virtual Event, New Zealand: Association for Computing Machinery, S. 158–169. DOI: 10.1145/3372782.3406281.
- Strecker, Kerstin (2014). „Kontextbezogene Aufgaben“. In: *LOG IN* 34.1, S. 88–95. DOI: 10.1007/s40569-014-0012-6.
- Super, Donald E. (1953). „A theory of vocational development“. In: *American Psychologist* 8.5. PsycInfo Database Record (c) 2022 APA, all rights reserved, S. 185–190. DOI: 10.1037/h0056046.
- Sweller, J., Merriënboer, J.J.G. van und Paas, F. (2019). „Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later“. In: *Educational Psychology Review* 31, S. 261–292. DOI: 10.1007/s10648-019-09465-5.
- Tada, Kazuki, Takahashi, Shin und Shizuki, Buntarou (2016). „Smart Home Cards: Tangible Programming with Paper Cards“. In: *Proceedings of the 2016 ACM International Joint*

- Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*. UbiComp '16. Heidelberg, Germany: Association for Computing Machinery, S. 381–384. DOI: 10.1145/2968219.2971367.
- Tegen, Agnes, Davidsson, Paul und Persson, Jan A. (2019). „Interactive Machine Learning for the Internet of Things: A Case Study on Activity Detection“. In: *Proceedings of the 9th International Conference on the Internet of Things*. IoT 2019. Bilbao, Spain: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3365871.3365881.
- Teng, Chia-Chi und Lunt, Barry (2018). „IoT-Enabled Capstone“. In: *Proceedings of the 19th Annual SIG Conference on Information Technology Education*. SIGITE '18. Fort Lauderdale, Florida, USA: Association for Computing Machinery, S. 104–109. DOI: 10.1145/3241815.3241856.
- Tew, Allison Elliott, Fowler, Charles und Guzdial, Mark (2005). „Tracking an Innovation in Introductory CS Education from a Research University to a Two-Year College“. In: *Proceedings of the 36th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*. SIGCSE '05. St. Louis, Missouri, USA: Association for Computing Machinery, S. 416–420. DOI: 10.1145/1047344.1047481.
- Theodoropoulos, Anastasios, Leon, Prokopis, Antoniou, Angeliki und Lepouras, George (2018). „Computing in the Physical World Engages Students: Impact on Their Attitudes and Self-Efficacy towards Computer Science through Robotic Activities“. In: *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE '18. Potsdam, Germany: Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3265757.3265770.
- Tie, Ylona Chun, Birks, Melanie und Francis, Karen (2019). „Grounded theory research: A design framework for novice researchers“. In: *SAGE Open Medicine* 7. DOI: 10.1177/2050312118822927.
- Tremp, Peter und Hildbrand, Thomas (2012). „Forschungsorientiertes Studium - universitäre Lehre. Das SZürcher Framework für Verknüpfung von Lehre und Forschung.“ In: *Einführung in die Studiengangentwicklung*. Hrsg. von Tobina Brinker und Peter Tremp. Blickpunkt Hochschuldidaktik. 122. Bielefeld: Bertelsmann Verl., S. 101–116.
- Tur, Gemma und Marin, Victoria I. (2013). „Student Teachers' Attitude towards EPortfolios and Technology in Education“. In: *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*. TEEM '13. Salamanca, Spain: Association for Computing Machinery, S. 435–439. DOI: 10.1145/2536536.2536603.
- Tzafestas, Spyros G. (2018). „Ethics and Law in the Internet of Things World“. In: *Smart Cities* 1.1, S. 98–120. DOI: 10.3390/smartcities1010006.
- Van Merriënboer, Jeroen J. G. und Sweller, John (2005). „Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions“. In: *Educational Psychology Review* 17, S. 147–177. DOI: 10.1007/s10648-005-3951-0.

- Verzat, Caroline, Byrne, Janice und Fayolle, Alain (2009). „Tangling With Spaghetti: Pedagogical Lessons From Games“. In: *Academy of Management Learning & Education* 8.3, S. 356–369. DOI: 10.5465/amle.8.3.zqr356.
- Vincent, Sylvie und Janneck, Monique (2012). „Das Technikbezogene Selbstkonzept von Frauen und Männern in technischen Berufsfeldern: Modell und empirische Anwendung“. In: *Psychologie des Alltagshandelns* 5.1, S. 53–67.
- Vivian, Rebecca, Quille, Keith, McGill, Monica M., Falkner, Katrina, Sentance, Sue, Barksdale, Sarah, Busuttil, Leonard, Cole, Elizabeth, Liebe, Christine und Maiorana, Francesco (2020). „An International Pilot Study of K-12 Teachers’ Computer Science Self-Esteem“. In: *Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE ’20. Trondheim, Norway: Association for Computing Machinery, S. 117–123. DOI: 10.1145/3341525.3387418.
- Vorst, Helena van, Fechner, Sabine und Sumfleth, Elke (2018). „Unterscheidung von Kontexten für den Chemieunterricht“. German. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 24.1, S. 167–181. DOI: 10.1007/s40573-018-0081-z.
- Wiedenbeck, Susan (2005). „Factors Affecting the Success of Non-Majors in Learning to Program“. In: *Proceedings of the First International Workshop on Computing Education Research*. ICER ’05. Seattle, WA, USA: Association for Computing Machinery, S. 13–24. DOI: 10.1145/1089786.1089788.
- Winter, Felix (2004). *Leistungsbewertung. Eine neue Lernkultur braucht einen anderen Umgang mit den Schülerleistungen*. Grundlagen der Schulpädagogik. 49. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Xenos, Michalis, Pierrakeas, Christos und Pintelas, Panagiotis (2002). „A survey on student dropout rates and dropout causes concerning the students in the Course of Informatics of the Hellenic Open University“. In: *Computers & Education* 39.4, S. 361–377. DOI: 10.1016/S0360-1315(02)00072-6.
- Yilmaz, Ercan Nurcan (2011). „Education set design for smart home applications“. In: *Computer Applications in Engineering Education* 19.4, S. 631–638. DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.20360>.
- Zukunft, Olaf (2016). *Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen (Juli 2016)*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.



# Anhang



## A Hinweise zum (digitalen) Anhang

Der Anhang ist aufgrund des Umfangs aufgeteilt in einen gedruckten und einen digitalen Teil. Zum gedruckten Teil gehören eine Übersicht der Inhalte des Courseware-Kurses (siehe Kapitel 3.2.5 und 3.2.6), Lehrveranstaltungsevaluationen (siehe Kapitel 3.2.5 und 3.2.6), der Fragebogen zur Erhebung des technischen Selbstkonzepts (siehe Kapitel 3.3.1) und die dazugehörige SPSS-Syntaxdatei zur Auswertung (siehe Kapitel 3.3.2). Zusätzlich befinden sich Notenübersichten, Statistiken zum Studienabbruch (siehe 3.4) und eine weitere SPSS-Syntaxdatei, die zur Validierung der Ergebnisse genutzt wurde, im Anhang.

Der digitale Anhang umfasst (d.h. sämtliche Daten liegen ebenfalls in digitaler Form vor) und ergänzt den gedruckten Anhang. Der Link <https://t1p.de/nrmxu<sup>1</sup>> führt zum Cloud-Verzeichnis, in dem sich der digitale Anhang befindet. Zur besseren Übersicht ist eine Verzeichnisstruktur auf der nächsten Seite abgebildet. Jeder Eintrag verlinkt direkt zum entsprechenden Ordner. Querverweise zum Text erleichtern zudem die inhaltliche Einordnung der Daten.

Die Struktur des digitalen Anhangs ergibt sich aus den Forschungsfragen. Die erste Forschungsfrage befasste sich mit Smart-Environments als Lehrgegenstand. Bei der Entwicklung des Lehrkonzepts sind zahlreiche digitale Artefakte entstanden. Dazu gehören Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben, Musterlösungen, Erwartungshorizonte, Code-Beispiele, Videos und Zusatzmaterial (H5P-Übungsaufgaben und ein Courseware-Kurs zu den technischen Inhalten). Darüber hinaus sind die Lehrveranstaltungsevaluationen mit zusätzlichen Visualisierungen und die Übersicht der Inhaltsanalyse der Empfehlungen der GI zum Aufbau von Informatikstudiengängen zugänglich.

Der Ordner *Forschungsfrage 2* enthält sämtliche Daten zur Erhebung und Untersuchung des technischen Selbstkonzepts. Dazu zählt der Export der Limesurvey-Umfragen, die Datensätze (der persönliche Code wurde entfernt) aller Versuchsgruppen und die entsprechenden SPSS-Daten, die bei der Auswertung der Fragebögen entstanden sind.

Der Ordner *Forschungsfrage 3* ist unterteilt in die Unterordner *Forschungsfrage 3.1 - Abbruchquote* und *Forschungsfrage 3.2 - Noten*. In *Forschungsfrage 3.1 - Abbruchquote* befinden sich sämtliche Daten zum Studienabbruch, die vom akademischen Controlling bereitgestellt wurden. Analog dazu sind im Ordner *Forschungsfrage 3.2 - Noten* die einzelnen Noten der Studierenden der Kontroll- und Experimentalgruppen gespeichert. Die entsprechenden Einträge befinden sich in den Mappen *Modulübersicht 1\_EV* und *Modulübersicht 2\_EV*. Die Daten lassen sich u.a. nach Studiengang, Prüfungssemester, Belegung des Moduls Soft Skills (und Technische Kompetenz) und Note filtern.

---

<sup>1</sup> bzw. der nicht gekürzte Link <https://drive.google.com/drive/folders/1x-Qo7Cxs0ktV2uLRRvQeCL6JO0NfwEhd>. Sollte dieser Link (wider erwarten) nicht mehr gültig sein, kann das Material per Mail an [a.fandrich.92@protonmail.com](mailto:a.fandrich.92@protonmail.com) angefragt werden. Außerdem befinden sich die Daten auf der eingeklebten DVD auf der letzten Seite dieses Dokumentes.

<https://t1p.de/nrmxu>

- └─ Forschungsfrage 1 - Lehrgegenstand
  - └─ Kompetenzabgleich GI..... siehe Kapitel 3.1
  - └─ Lehrmaterial..... siehe Kapitel 3.2
    - └─ Iteration 1 - Erprobung..... siehe Kapitel 3.2.2
    - └─ Iteration 2 - Fokus IoT..... siehe Kapitel 3.2.3
    - └─ Iteration 3 - Neue Schwerpunkte..... siehe Kapitel 3.2.4
    - └─ Iteration 4 - Skalierung..... siehe Kapitel 3.2.5
    - └─ Iteration 5 - Finalisierung..... siehe Kapitel 3.2.6
  - └─ Zusatzmaterial
    - └─ Courseware-Kurse..... siehe Kapitel 3.2.5 und 3.2.6
    - └─ H5P-Selbstlernbaustein..... siehe Kapitel 3.2.5 und 3.2.6
    - └─ Lehrveranstaltungsevaluationen
      - └─ Iteration 4 - Skalierung..... siehe Kapitel 3.2.5
      - └─ Iteration 5 - Finalisierung..... siehe Kapitel 3.2.6
- └─ Forschungsfrage 2 - Selbstkonzept..... siehe Kapitel 3.3
  - └─ Fragebogen..... siehe Kapitel 3.3.1
  - └─ Anonymisierte Daten
    - └─ Skalierung Erhebung WiSe 20/21 - SoSe21
      - └─ Pre-Test
      - └─ Post-Test
    - └─ Finalisierung Erhebung WiSe 21/22 - SoSe22
      - └─ Pre-Test
      - └─ Post-Test
      - └─ Kontrollgruppe
        - └─ Pre-Test
        - └─ Post-Test
  - └─ Auswertung..... siehe Kapitel 3.3.2
- └─ Forschungsfrage 3 - Weitere Laufbahn..... siehe 3.4
  - └─ Forschungsfrage 3.1 - Abbruchquote
    - └─ Daten..... siehe Kapitel 3.4.1
    - └─ Auswertung..... siehe Kapitel 3.4.2
  - └─ Forschungsfrage 3.2 - Noten
    - └─ Daten..... siehe Kapitel 3.4.1
    - └─ Auswertung..... siehe Kapitel 3.4.2
      - └─ Soft Skills und Technische Kompetenz
      - └─ Soft Skills (Classic)



# B Forschungsfrage 1: Smart-Environments als Lehr- und Lerngegenstand

## B.1 Übersicht der (technischen) Inhalte des Courseware-Kurses

Courseware aus Soft Skills und Technische Kompetenz

### Inhaltsverzeichnis

<b>Soft Skills und Technische Kompetenz</b> .....	2
Elektrotechnik .....	3
Grundlagen der Elektrotechnik .....	4
Elektrotechnik II .....	5
Breadboard .....	6
Einführung Microcontroller .....	7
3D Modellierung .....	8
Einführung - Einführung in die 3D-Modellierung .....	9
TinkerCAD .....	10
BlocksCAD .....	11
Weiterführende Links .....	12
Mikrocontroller Programmierung .....	13
Teil 1 - Einrichtung der IDE - Einrichtung der IDE .....	14
Teil 2 - Arduino Basics .....	17
Teil 3 - Externe LED ansteuern .....	18
Teil 4 - Werte einlesen .....	21
Teil 5 - Funktionen .....	23
Teil 6 - LED Band ansteuern .....	24
Teil 7 - Display ansteuern .....	25
Teil 8 - Vorbereitung Winterprojekt - Vorbereitung .....	26
Teil 9 - Blynk - Blynk .....	27
Löten .....	28
Der sichere Umgang mit dem Lötkolben .....	29
Vorbereitung und Durchführung des Lötens .....	30
Häufige Fehler erkennen und beheben .....	31
Node-RED .....	32
NodeRED Tutorial - Node-RED Tutorial .....	33
PubSubClient installieren - PubSubClient .....	34
Beispiel - uC mit NodeRED verbinden .....	35
Datentransfer: Mikrocontroller zu Node-RED - Daten empfangen von uC .....	36
Datentransfer: Node-RED zu Mikrocontroller .....	37
Digitale Fertigung .....	38
Lasercutting .....	39
3D-Druck - Cura Tutorial .....	41
IoT4School 2.0 - Einführungsvideos - IoT4School 2.0 .....	42



## B.2 Lehrveranstaltungsevaluationen

### B.2.1 Wintersemester 2020/2021: Skalierung des Lehrkonzepts Teil 1

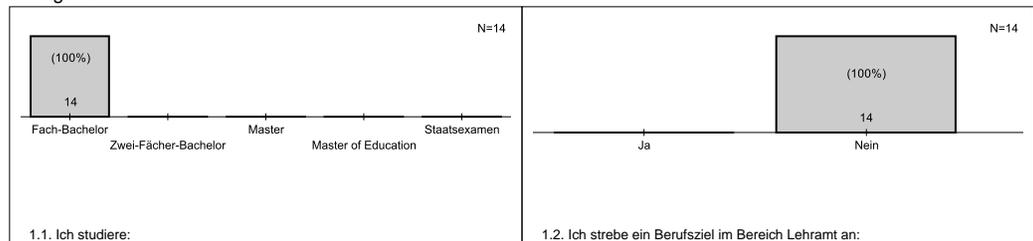
LVE WiSe 2020/21 FK II, Informatik, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

#### Auswertung zur Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz

Liebe Dozentin, lieber Dozent,  
 anbei erhalten Sie die Ergebnisse der Evaluation Ihrer Lehrveranstaltung.  
 Zu dieser Veranstaltung wurden 14 Bewertungen (bei 106 Teilnehmenden) abgegeben. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 13%.  
 Erläuterungen zu den Diagrammen befinden sich am Ende dieses Dokuments.  
 Mit freundlichen Grüßen,  
 Das Evaluationsteam

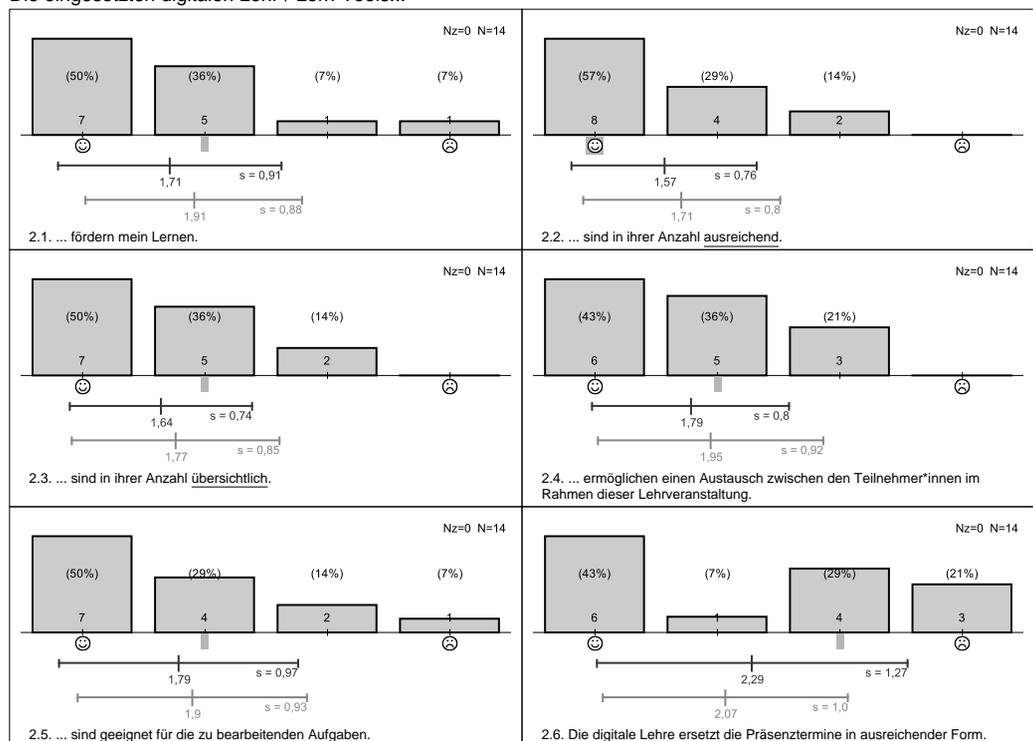
**Legende:** k. A. = keine Angabe  
**Hinweis:** Zur Gewährleistung der Anonymität vermeiden Sie bitte Formulierungen, die Rückschlüsse auf Sie oder andere Personen ermöglichen.

#### 1. Allgemein



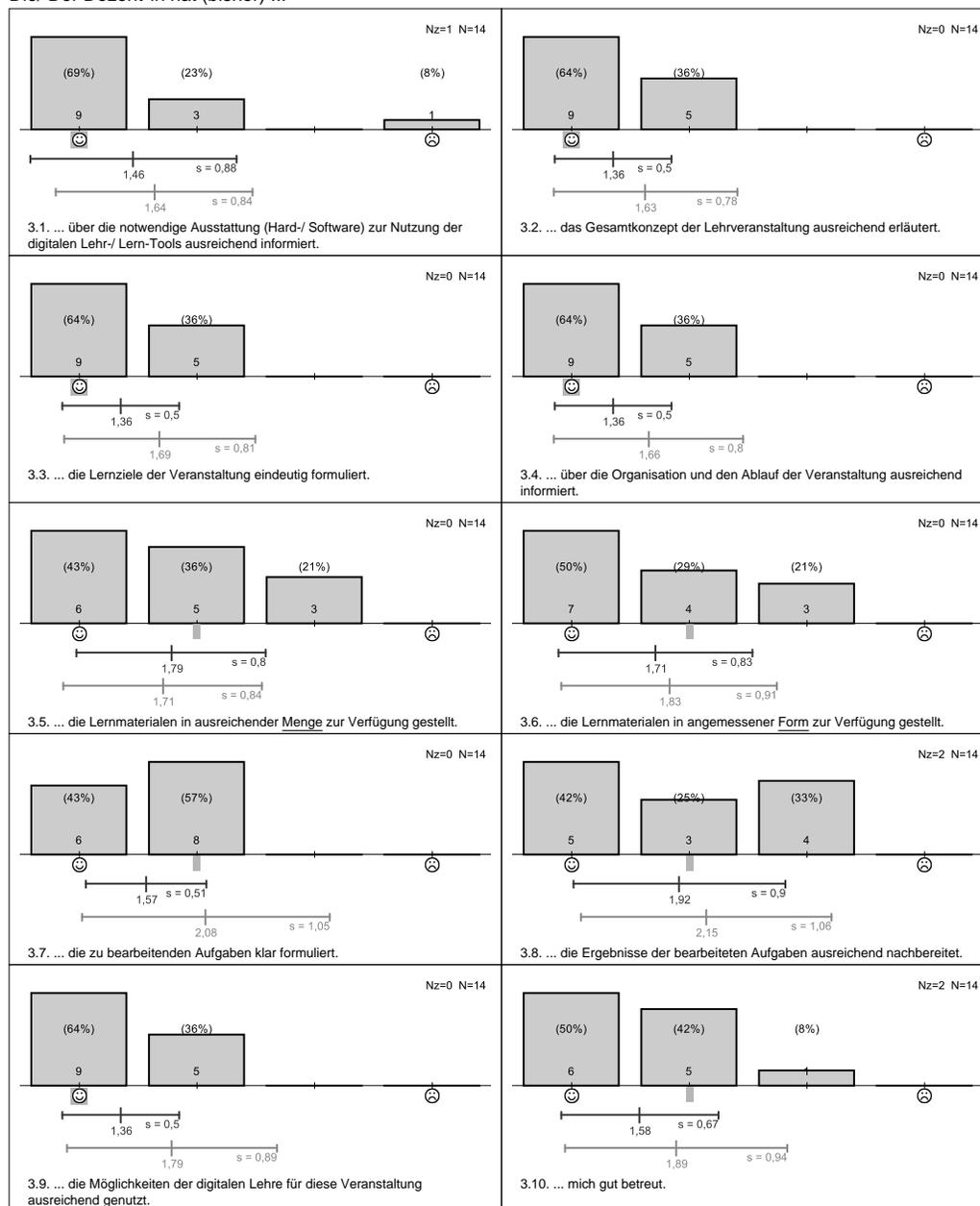
#### 2. Fragen zu dieser Veranstaltung

##### Die eingesetzten digitalen Lehr-/ Lern-Tools...

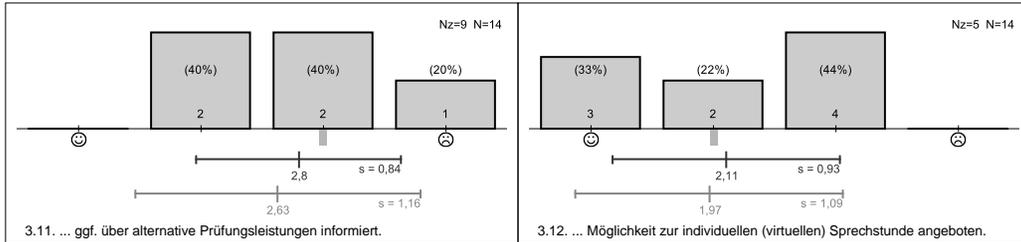


LVE WiSe 2020/21 FK II, Informatik, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

3. Feedback für den/die Dozent\*in Anatolij Fandrich  
Die/ Der Dozent\*in hat (bisher) ...

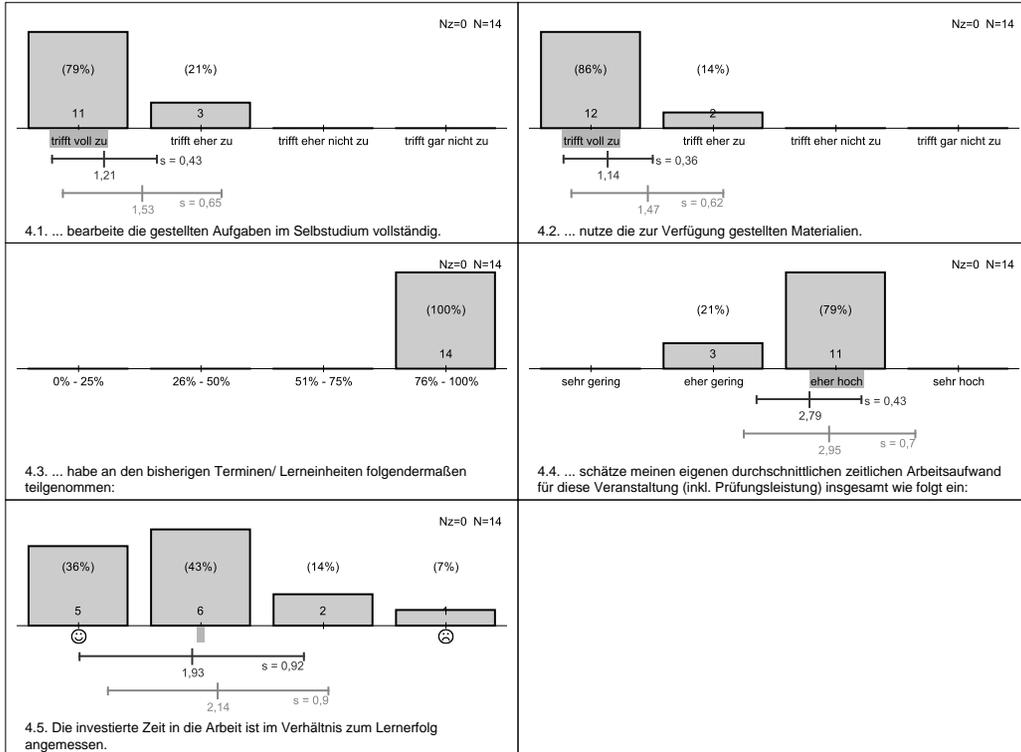


LVE WiSe 2020/21 FK II, Informatik, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

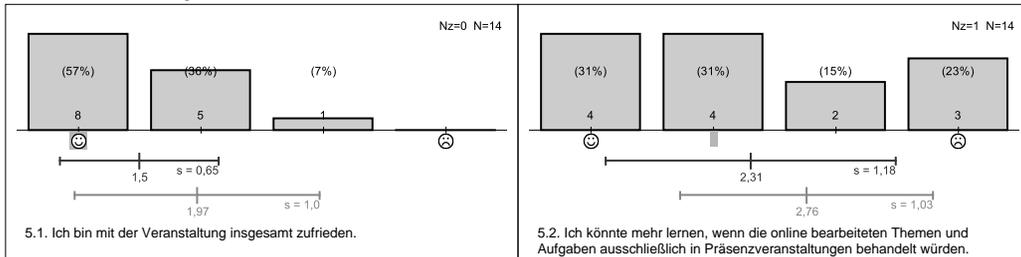


4. Fragen zum eigenen Lernen

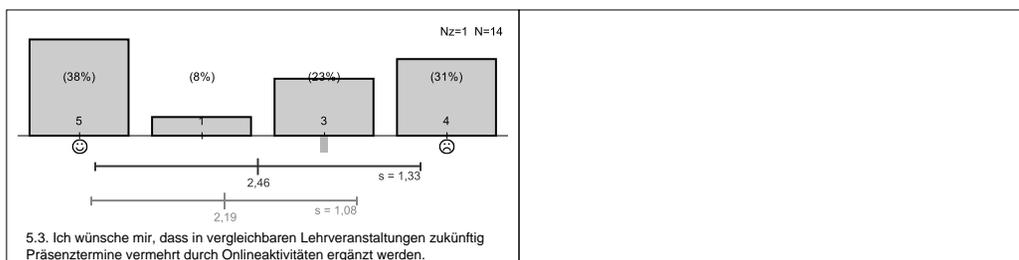
Ich...



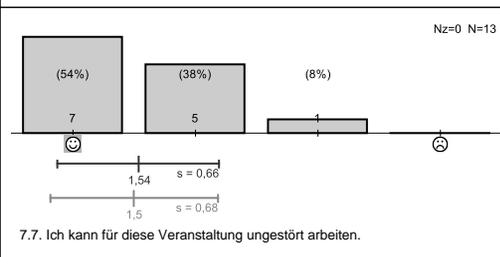
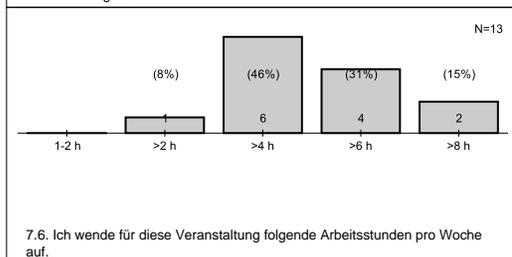
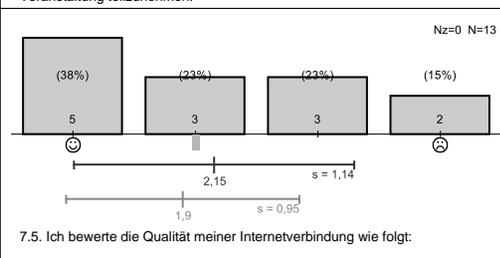
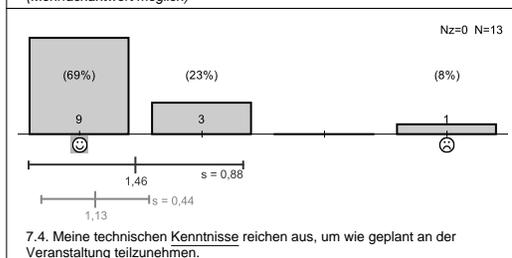
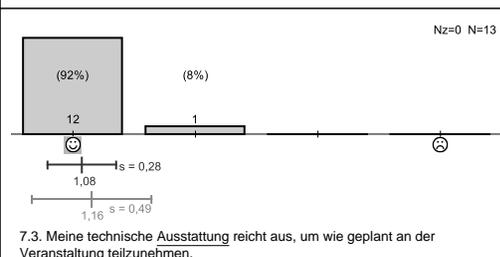
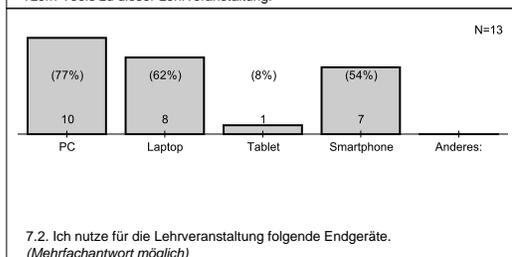
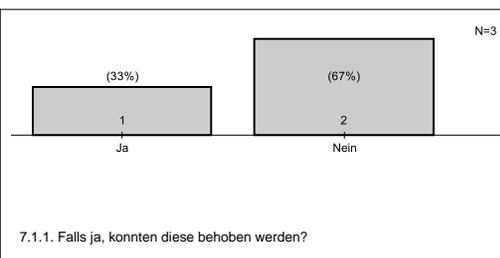
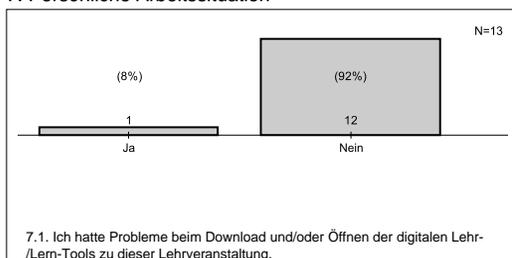
5. Gesamtbeurteilung



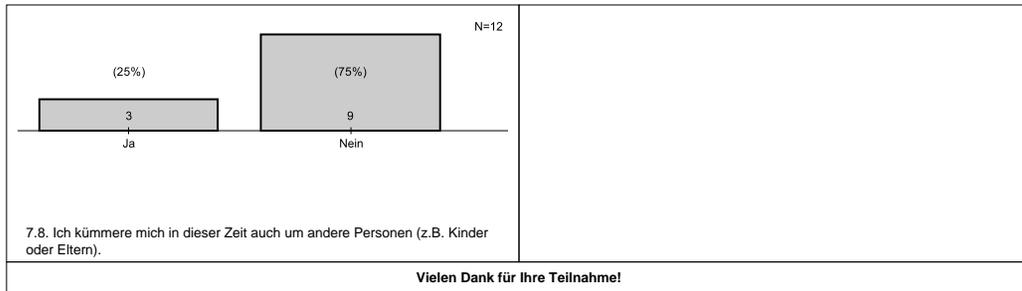
LVE WiSe 2020/21 FK II, Informatik, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)



7. Persönliche Arbeitssituation



LVE WiSe 2020/21 FK II, Informatik, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)



### Freitextkommentare

Die eingesetzten digitalen Lehr-/ Lern-Tools...

2.7. Folgende Tools haben sich für mich besonders bewährt:

- WordPress

### 6. Offene Fragen

6.1. Folgende Stärken hat das Arbeiten/Lernen mit den digitalen Lehr-/ Lern-Tools für mich in dieser Lehrveranstaltung.

- Arbeiten in ruhigem Umfeld zu mir passender Zeit, kann im Zweifel ohne Probleme einen Schritt (Löten) wiederholen, sollte ich mal Probleme haben. Unterlagen sind gut, Folien werden hochgeladen.
- Das courseware angebot fand ich sehr hilfreich
- Eigenes Zeitmanagement.
- Ich fand sie leider in diesem Modul nur hinderlich
- Mein eigenes Lernverhalten beobachten.
- Technikkompetenz, Lernbereitschaft für neue Systeme
- Ähnlich wie in anderen Veranstaltungen ist es sehr angenehm und stressfrei die Vorlesungen von Zuhause aus besuchen zu können.

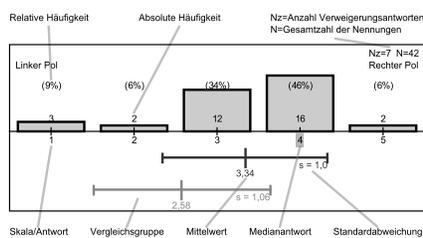
6.2. Verbessert werden könnte meiner Meinung nach Folgendes beim Arbeiten/ Lernen mit digitalen Lehr-/ Lern-Tools in dieser Veranstaltung:

- Bessere Aufgabenstellung. Einige Aufgaben waren sehr schwammig formuliert.
- Der praktische Teil der Veranstaltung, erstes mal Löten, erste Schaltungen stecken, wäre mit direkter Betreuung besser gewesen wurde aber, da es nicht anders ging in dieser Situation, online gut gelöst.
- die verwendung von wordpress zur abgabe der aufgaben finde ich nicht optimal, eine abgabe zumindest der programmieraufgaben als datei fände ich besser. Dass zum Teil Videos hochgeladen werden sollen um volle Punktzahl zu erreichen ist für mich ein großes Problem.
- ggf. verstärkte Einführung in die Programmierung, da viele im ersten Semester noch keine großen Kenntnisse haben
- Mehr Beispiele hochladen, damit die Aufgaben für die mit weniger Erfahrungen einfacher zu erledigen sind.
- Diejenigen mit weniger Erfahrung verbringen relativ viel Zeit damit, vieles zu googeln und sich selber Sachen erarbeiten, was einen wesentlicher höheren Zeitaufwand mit sich zieht als die anderen haben.

6.3. >Individuelle Frage der/des Dozent\*in<

- Allgemeines Feedback: Für mich hat der Arbeitsaufwand teilweise stark geschwankt. Die Aufgaben zur Vorbereitung auf das Semesterprojekt waren wesentlich zeitintensiver, als die anderen Aufgaben. Gegebenenfalls, wäre hier z.B. zwei Wochen Bearbeitungszeit schön gewesen, damit neben den anderen Übungzetteln (für mich in der Informatik) noch genügend Zeit bleibt die Aufgaben zu bearbeiten. Außerdem hätte es dann dazwischen noch ein Seminar gegeben, in dem man sich ggf. Tipps holen, oder Fragen loswerden kann.
- Ansonsten gefällt es mir sehr gut mit diesem Seminar eine Möglichkeit zu bekommen praktisch an einem Projekt zu arbeiten.
- Wäre es möglich den Programmieren Part in Zukunft ausführlicher zu gestalten? Ich denke, dass dieser Teil sehr oberflächlich erklärt wurde und in keinem Vergleich zu PDA steht. Besonders Leute, die davor noch nichts mit Programmieren am Hut hatten, inkl. mir, haben sich damit schwer getan. Das hat sich auch in den Übungen widerspiegelt.

### Legende





## B.2.2 Sommersemester 2021: Skalierung des Lehrkonzepts Teil 2

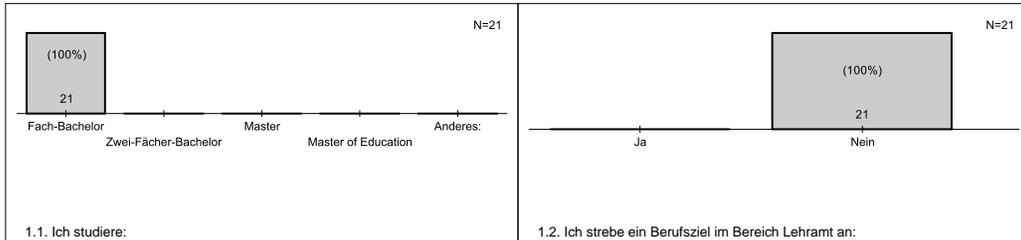
LVE SoSe 2021 Fk II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

### Auswertung zur Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz

Liebe Dozentin, lieber Dozent,  
 anbei erhalten Sie die Ergebnisse der Evaluation Ihrer Lehrveranstaltung.  
 Zu dieser Veranstaltung wurden 21 Bewertungen (bei 59 Teilnehmenden) abgegeben. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 36%.  
 Erläuterungen zu den Diagrammen befinden sich am Ende dieses Dokuments.  
 Mit freundlichen Grüßen,  
 Das Evaluationsteam

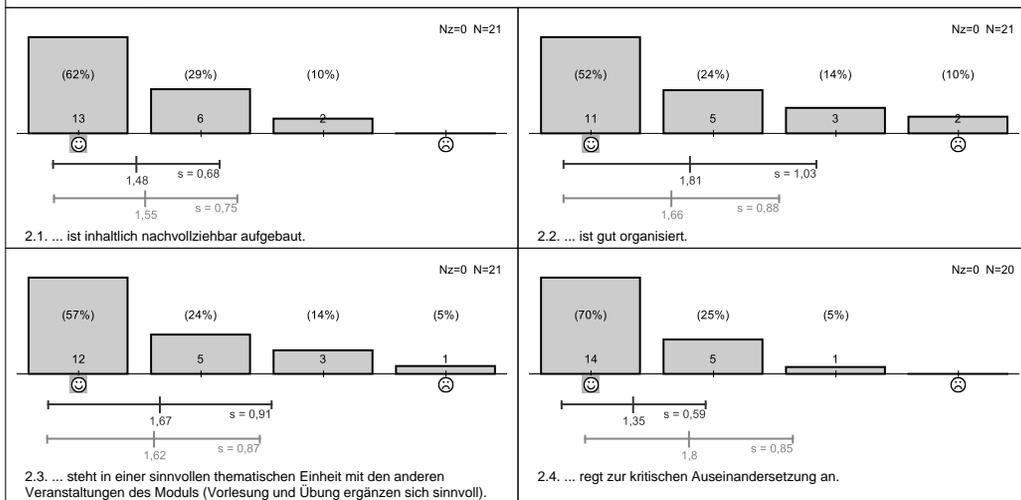
**Legende:** k. A. = keine Angabe  
**Hinweis:** Zur Gewährleistung der Anonymität vermeiden Sie bitte Formulierungen, die Rückschlüsse auf Sie oder andere Personen ermöglichen. Schreiben Sie bei papierbasierten Befragungen bitte in GROSSBUCHSTABEN.

#### 1. Studiensituation



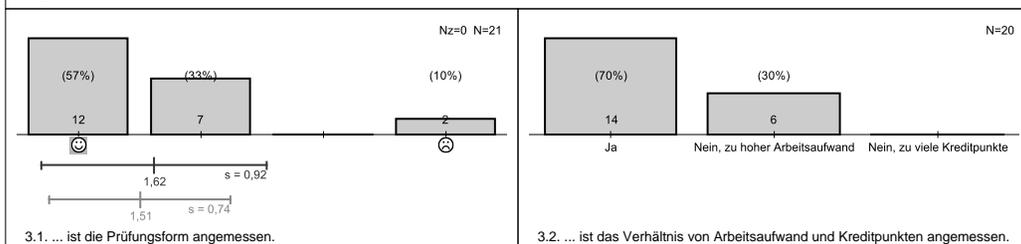
#### 2. Allgemeine Fragen

##### Die Lehrveranstaltung...



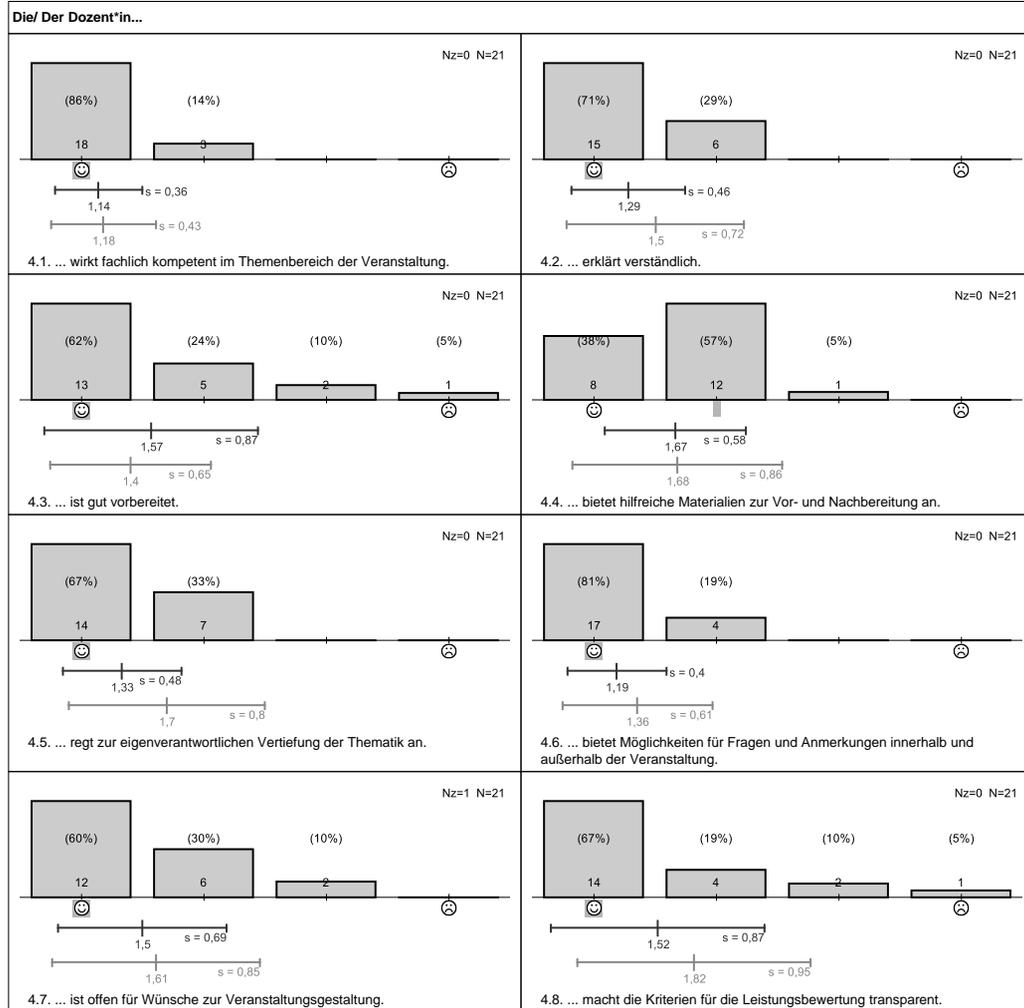
#### 3. Gesamtmodul

##### Bezogen auf das Gesamtmodul...

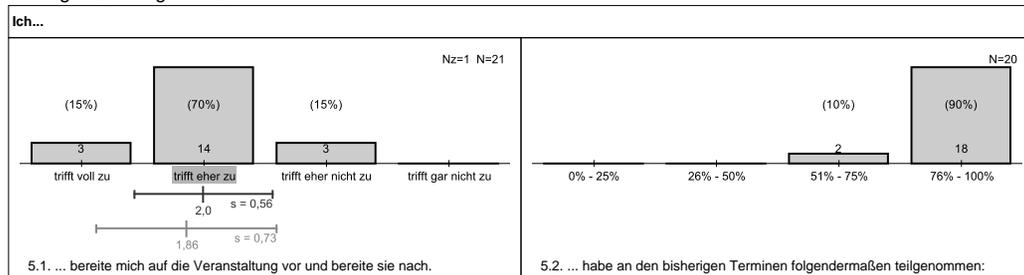


LVE SoSe 2021 Fk II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

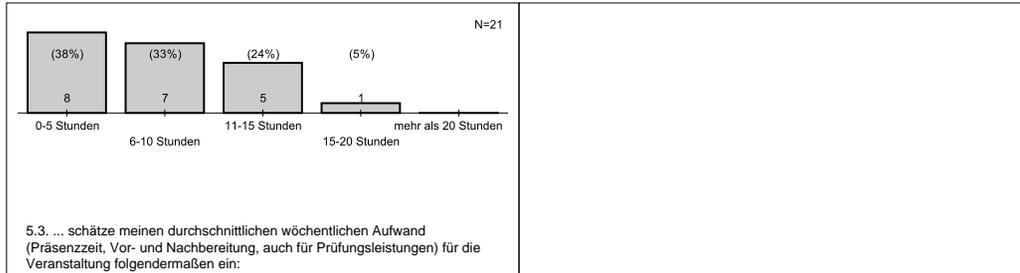
4. Fragen zur/zum Lehrenden Anatolij Fandrich



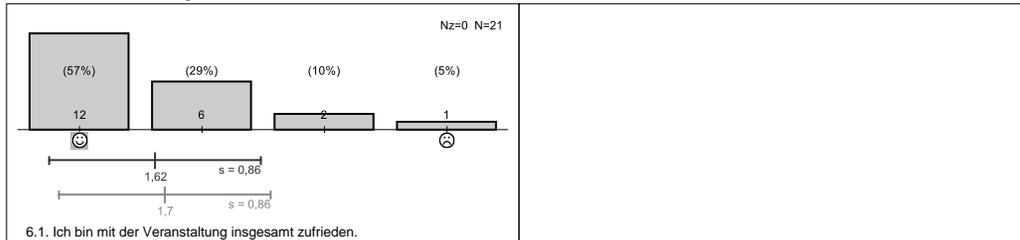
5. Fragen zum eigenen Lernen



LVE SoSe 2021 Fk II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)



## 6. Gesamtbeurteilung



## 7. Offene Fragen

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

## Freitextkommentare

## 4. Fragen zur/zum Lehrenden Anatolij Fandrich

## 4.9. Weitere Anmerkungen zur/ zum Lehrenden

- Ich finde die Idee des Moduls an sich sehr gut. Man lernt im ersten und zweiten Semester sehr trocken das Coden, hat aber kaum praktischen Bezug dazu. Klar ist das hier eine andere Entwicklungsumgebung bzw. Sprache, trotzdem gibt es da ja Parallelen. Mich hat die Bewertung der Übungszettel ein wenig gestört. Man bekommt einen neuen Inhalt vermittelt und soll diesen dann selbstständig anwenden, trotzdem, falls man damit Schwierigkeiten hat, fließt dieser Zettel dann in die Gesamtbewertung mit ein und nicht als Bonuspunkte. Ich denke, dass das viel an dem Online-Format lag und das diese Konzepte wesentlich besser in präsent greifen. Da ich schon im Wintersemester mit dem Modul angefangen habe, war der Aufwand in keiner Weise mit 6KP zu rechtfertigen. Für die Übungszettel habe ich mit meinem Gruppenpartner teilweise sehr lange gebraucht und die beiden Semesterprojekt sind auch ziemlich umfangreich. Vielleicht hätte ich eine andere Meinung dazu, hätte das Winterprojekt den Umfang wie das von den "Sommersemesterlern". Da ich die Evaluation im Wintersemester nicht ausgefüllt hatte, werde ich 5.x auf beide Semester beziehen.
- Positives: Der Lehrende lässt nach jeder Vorlesungsfolie/Thema Zeit für Fragen und beantwortet diese auch sehr gut.

## 7. Offene Fragen

## 7.1. Dies fand ich gut:

- - Interaktive Tutorien, wo in Gruppen gearbeitet wird und programmiert wird
- Praxisorientierte Prüfungsleistung
- Einblicke in die Mikrokontroller programmierung
- Besonders die praktische Arbeit mit den Mikrocontrollern und jeweiligen Schaltungen ist mir sehr positiv aufgefallen, da hier Programmierübungen und technisches Verständnis praxisnah miteinander verknüpft wurden. Ebenfalls wurde sämtliches Wissen sehr gut vermittelt und alle benötigten Informationen online zur Verfügung gestellt.
- Der Abwechslung zwischen "Softskills" und "technischen Kompetenzen" ist gut gelungen.
- Die Aufgaben und Beispiele waren gut durchdacht und an die Vorlesung angepasst. Sehr gut fand ich, dass die Aufgaben so gestellt waren, dass sie immer machbar waren. Wenn bestimmte Bibliotheken verwendet wurden, dann wurden auch Beispiele gezeigt wie diese zu verwenden sind, um diese Aufgaben zu bewältigen.
- Die Veranstaltung war sehr facettenreich und man hatte einen umfangreichen Einblick in sehr viele verschiedene Themen.
- Die Übungen sind sehr interessant gestaltet und regen sehr zum Nachbereiten an.
- Durch den Erwerb von Soft Skills und Technischen Kompetenzen wird man gut auf die kommenden Module in der Studienzeit vorbereitet.
- Eine sehr offene Veranstaltung, bei der Vorschläge angenommen werden und sogar erwünscht sind. Man fühlt sich immer in der Gestaltung der Veranstaltung einbezogen.
- Ich finde die Inhalte vom Modul passend gewählt und halte diese für sinnvoll für das weitere Studium, da sie wichtige Grundlagen vermitteln und auch die persönliche Entwicklung positiv beeinflussen.
- Mir gefällt der generelle Überblick über Themen, die ansonsten nicht in den ersten Semestern des Studiums behandelt werden. Damit kann man sich bereits orientieren, was überhaupt möglich ist.
- Mir hat sehr gefallen, dass viele verschiedene technische Inhalte in der Veranstaltung abgedeckt werden, welche sonst vermutlich je ein eigenes Modul benötigt hätten um sie alle kennen zu lernen.
- Nachdem was ich über vorherige Semester gehört habe, ist die Umgestaltung des Moduls sehr gut gelungen und es macht Spaß, auch praktisch etwas zu entwickeln.
- Rundum interessante Themen, gute Erklärungen (i.e. Übungen, Vorlesungen)
- Wie vorhin schon geschrieben bringt das Modul, jedenfalls für die Informatiker, ein bisschen Praxis in die Theorie. Des weiteren finde ich das mit den Projekten auch keine schlechte Idee, und man war stolz auf die Wetterstation.

## 7.2. Dies fand ich weniger gut und habe folgende Verbesserungsvorschläge:

LVE SoSe 2021 Fk II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

- -
- Bin persönlich eher Fan der alten Übungsform (Erklärung in der Übung, dann Bearbeitung als Übungszettel). Zeitgleich fand ich da den Zeitaufwand allerdings auch etwas zu hoch - vielleicht also eine Mischung finden?
- Das neue Übungssystem hat meiner Meinung nach ein paar Schwachstellen. Das Vorbereiten auf die Übungen ist in sofern schwierig, als das man sich komplett alleine auf ein völlig unbekanntes Thema vorbereiten muss und oftmals ohne Hilfe kaum bis garnicht weiter kommt. Ich würde es besser finden, wenn man am Ende der Übungen schonmal Tipps für das eigenständige Erarbeiten geben würde um es etwas zu vereinfachen. Das wäre eventuell ein guter mittelweg.
- Die Bearbeitung der Übungsaufgaben ist ein wenig überwältigend, wenn man sich noch nie mit APIs oder Node beschäftigt hat. Das wäre kein Problem, wenn die Bearbeitung der Übungsaufgaben keine Prüfungsleistung wäre. Alternativ könnten die Vorkenntnisse vielleicht am Ende der Übung für den nächsten Übungszettel vermittelt werden. Beim Übungsblatt 7 gab es bei einigen Personen das Problem, dass Node nicht erfolgreich installiert werden konnte. Mir ist klar, dass wir dann die Möglichkeit haben die Tutoren zu fragen. Trotzdem wird für ein 3KP Modul viel Einarbeitungszeit erwartet.
- Die Vorgaben zur Durchführung des Semesterprojekts war an einigen Stellen sehr mager verfasst, sodass man auf sich alleine gestellt war und teilweise nicht wusste wie man eine bestimmte Prüfungsleistung richtig zu bearbeiten hat. Als Beispiel der Stil und der Umfang der Dokumentation des Projekts im Blog.
- Ich denke Übungszettel sollten als Bonuspunkte angerechnet werden. Das Lehrkonzept sollte vielleicht nochmal ein wenig angepasst werden an die Online-Situation, in präsent denke ich jedoch, dass es ziemlich gut ist.
- Ich fand es gut, dass viele, auch private, Erlebnisse in die Vorlesung eingeflossen sind, allerdings sollte an manchen Stellen etwas mehr darauf geachtet werden, nicht das ganze Privatleben vor den Studenten offen zu legen und eine gewisse professionelle Distanz zu wahren.
- Ich finde, der Aufwand war bei Weitem viel zu hoch für 6 KP in 2 Semestern. Im ersten Wintersemester 2019 war der Aufwand nicht so hoch und man hat genau so viele KP bekommen. Was mir nicht gefallen hat, ist, dass der Termin für die Präsentation im Wintersemester so spät bekannt gegeben wurde und für das Semesterprojekt im SoSe auch sehr spät angekündigt wurde (erst am 05.07.2021). Während die Termine bei anderen Modulen schon sehr früh bekannt gegeben wurden.

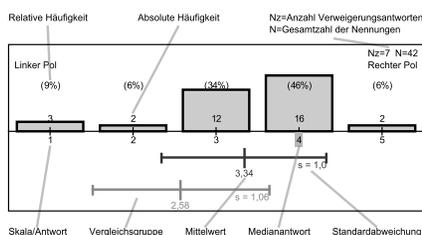
Die Übungszettel hatten einen sehr unterschiedlichen Zeitaufwand. Bei einigen hat man einen ganzen Tag gebraucht und bei anderen vielleicht 2 Stunden. Das hat mir überhaupt nicht gefallen und finde ich auch nicht gut verteilt.

- Ich würde mir wünschen, wenn man für das Semesterprojekt alternative Kommunikationsplattformen nutzen könnte, anstatt nur E-Mail Verkehr.
- In manchen Wochen war es unklar, ob es Aufgaben bzw. Übungszettel gibt.
- Mein einziger Kritikpunkt sind die wöchentlichen Lerntagebucheinträge mit Mindestwortvorgabe. Hier erschließt sich mir der Mehrwert nicht wirklich, nicht zuletzt, da der Inhalt der Einträge für die Bewertung irrelevant ist. Es wird somit lediglich Orthografie und Stil bewertet. Studierende mit Defiziten in diesen Bereichen werden diese jedoch durch einen 150-Wort-Bericht pro Woche nicht ausmerzen können, während die Aufgabe für Studierende ohne derartige Defizite schlichtweg überflüssig ist. Ebenfalls stehen guter Stil und Mindestwortvorgabe im Zielkonflikt. Bei einer Vorgabe tendieren Studierende beim Schreiben dazu, längere Sätze und Redundanzen zu bilden, um auf die Mindestanzahl der Wörter zu kommen. Verschachtelte Satzgefüge sind in der Regel allerdings kein guter Schreibstil. Mein Verbesserungsvorschlag wäre daher, künftig auf derartige Lerntagebucheinträge zu verzichten. In den Dokumentationen und Blogs gibt es genug Texte, an welchen auch Orthografie und Stil bewertet werden können.
- Was mir nicht wirklich gefallen hat war die Organisation für die Wartelistenteilnehmer. Du und auch die Tutoren habt einen wirklich guten Job mit den Inhalten und allem gemacht, aber als Wartelistenteilnehmer habe ich mich ein bisschen verloren in der Veranstaltung gefühlt. Einerseits, weil jegliche technische Inhalte die in eigenen Vorlesungen im Wintersemester behandelt wurden nur in sehr kurz zusammengefassten Videos im Courseware erklärt wurden. Andererseits, weil wir nun obwohl wir nichts dafür konnten, dass wir nicht gleich in die Veranstaltung gekommen sind, alle Inhalte selbst wiederholen mussten, zusätzlich Zusatzaufgaben in den Übungszetteln lösen mussten und zusätzlich dazu noch ein eigenes Mini-Projekt gestalten mussten. Ich glaube, dass einer oder zumindest zwei dieser Wiederholungspunkte bereits gereicht hätten, da wir ja nicht richtig "freiwillig" alle Inhalte aus 2 Semestern in einem wiederholen mussten und es uns nicht gerade Vorteile gebracht hat, in den vorangegangenen Veranstaltungen nicht teil haben zu können. Zuletzt fand ich es ein wenig schwierig, auch wenn ich hierfür vollstes Verständnis habe da dir Organisation für euch durch Corona sicher auch nicht leicht war, dass eine Veranstaltung über SoftSkills für die Wartelistenteilnehmer bis auf das Endprojekt nun komplett Einzelarbeit war, welche eigentlich nur technische Kompetenzen vermittelt hat. Dadurch war es doch eher schwer, seine eigenen Soft-Skills insbesondere bezogen auf Teamarbeit zu verbessern.

7.3. Optional: Individuelle Frage der/des Dozent\*in  
Bitte wiederholen Sie im untenstehenden Freitextfeld die Frage, bevor Sie Ihre Antwort eingeben.

Diese Frage wurde nicht beantwortet.

Legende





### B.2.3 Wintersemester 2021/2022: Finalisierung des Lehrkonzepts Teil 1

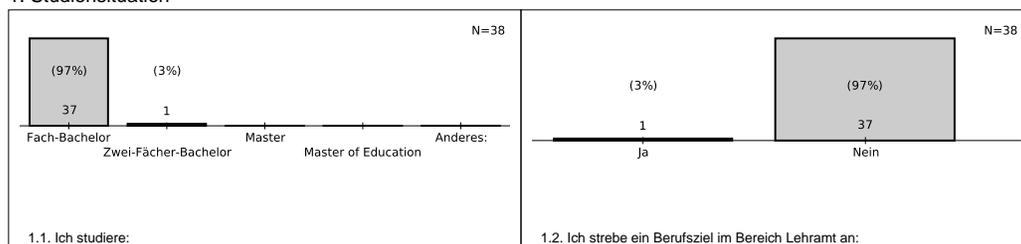
LVE WiSe 2021/22 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

#### Auswertung zur Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz

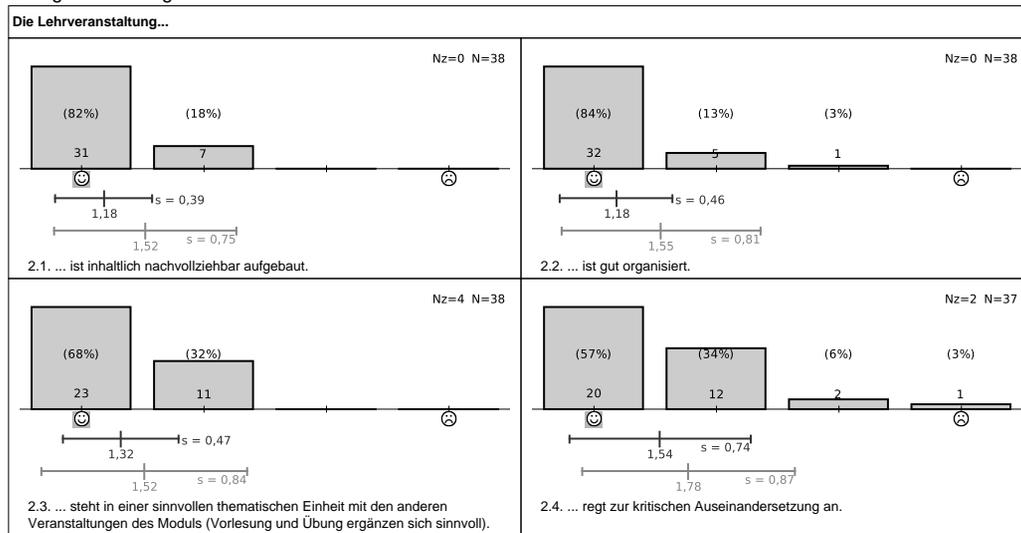
Liebe Dozentin, lieber Dozent,  
anbei erhalten Sie die Ergebnisse der Evaluation Ihrer Lehrveranstaltung.  
Zu dieser Veranstaltung wurden 38 Bewertungen (bei 131 Teilnehmenden) abgegeben. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 29%.  
Erläuterungen zu den Diagrammen befinden sich am Ende dieses Dokuments.  
Mit freundlichen Grüßen,  
Das Evaluationsteam

**Legende:** k. A. = keine Angabe  
**Hinweis:** Zur Gewährleistung der Anonymität vermeiden Sie bitte Formulierungen, die Rückschlüsse auf Sie oder andere Personen ermöglichen. Schreiben Sie bei papierbasierten Befragungen bitte in GROSSBUCHSTABEN.

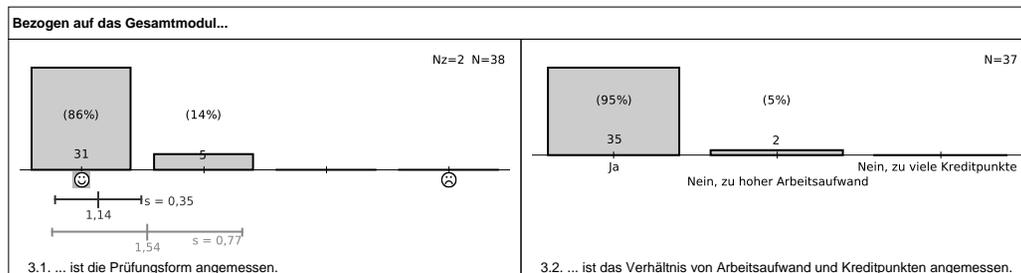
#### 1. Studiensituation



#### 2. Allgemeine Fragen

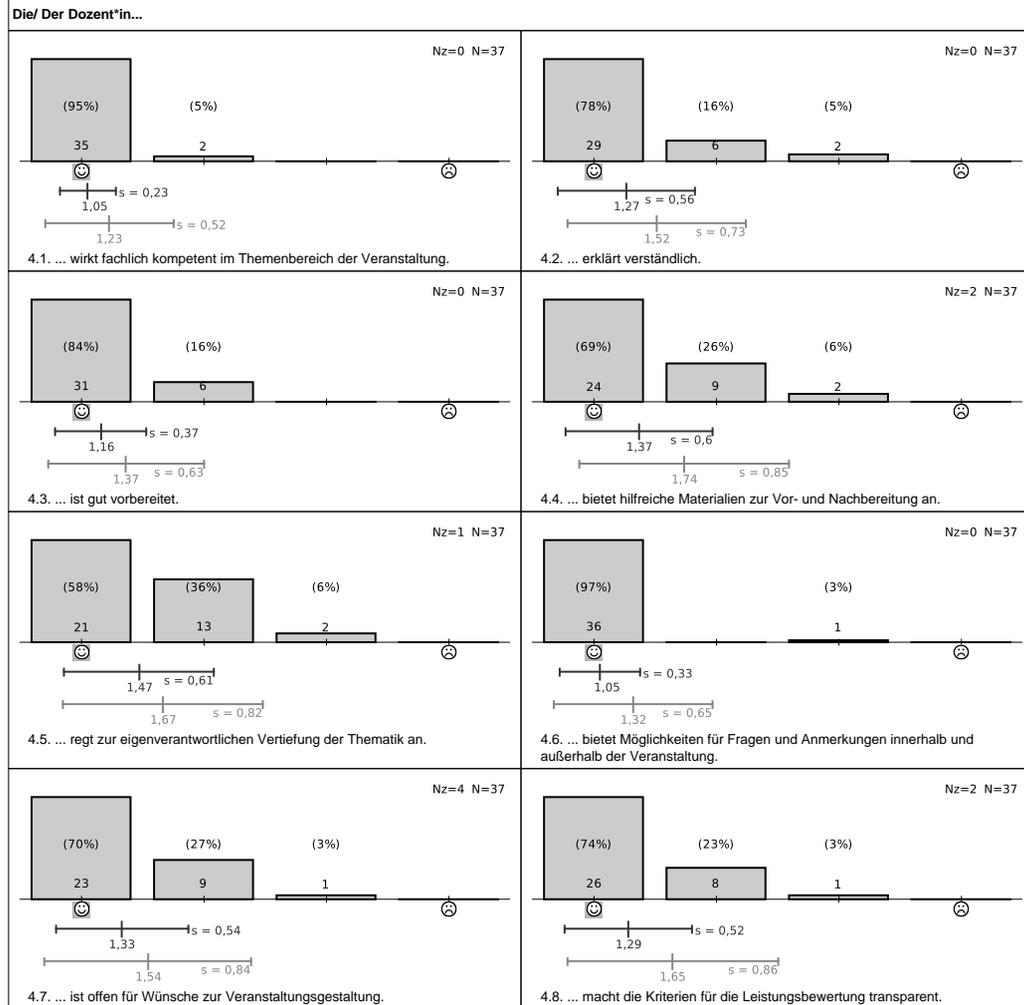


#### 3. Gesamtmodul

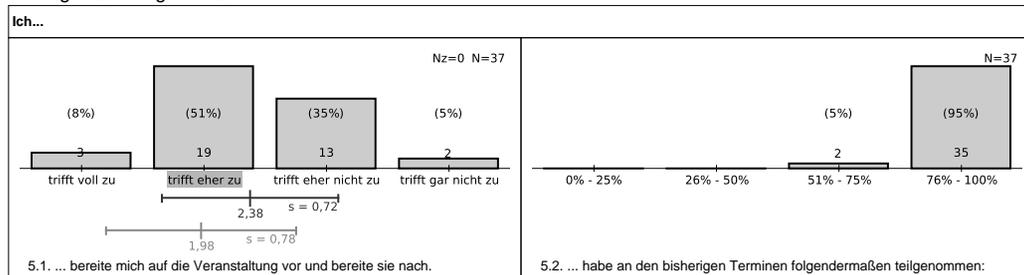


LVE WiSe 2021/22 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

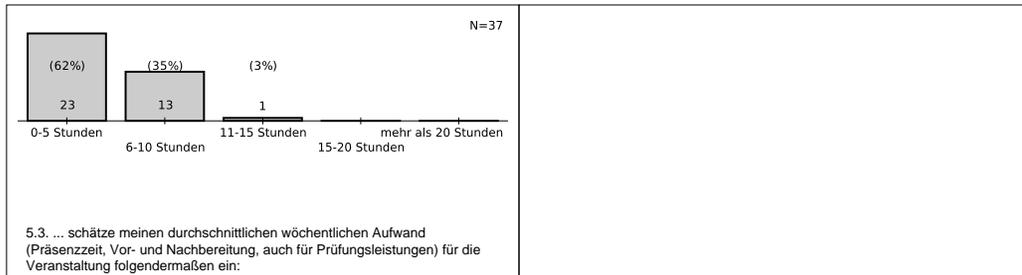
4. Fragen zur/zum Lehrenden Anatolij Fandrich



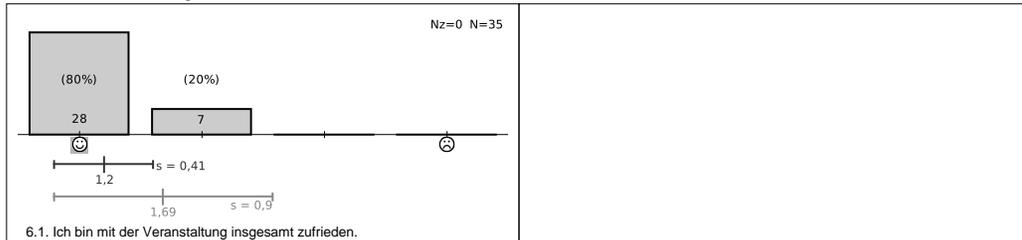
5. Fragen zum eigenen Lernen



LVE WiSe 2021/22 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)



6. Gesamtbeurteilung



7. Offene Fragen

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Freitextkommentare

4. Fragen zur/zum Lehrenden Anatolij Fandrich

4.9. Weitere Anmerkungen zur/ zum Lehrenden

- Der Stoff wird spannend und in gutem Tempo vorgetragen, trotzdem wird auf den Chat eingegangen, die Teilnehmer werden angeregt an der Diskussion teilzunehmen, unpassende Beiträge werden unmittelbar zurechtgewiesen
- Einer der kompetentesten Dozenten, die ich je hatte
- Hi Anatolij!  
Du hast es im ersten Meeting geschafft dich als Respektperson zu etablieren, aber auch als ein cooler Dozent, mit dem man auf einer Wellenlänge kommunizieren kann und dessen Veranstaltungen gerne besucht. Großes Danke nochmals für deine Bemühungen zur Organisation der Lötübung und die Bereitstellung und die Arbeit an den Wetterstationen. Auch ganz liebe Grüße an dein Team!
- Ich finde es schön, dass Anatolij recht "nah an den Studenten" ist. Im Gegensatz zu vielen Professoren, die sehr distanziert von den Studenten arbeiten und dann eben nur stumpf beibringen, ist es so einfacher, sich auf die Vorlesung zu konzentrieren und mitzumachen, man wird einfach direkter mitgenommen.
- Ich hoffe, dass du das in der Zukunft weiter so machst.  
Würde man Sterne Geben können wäre das 5 von 5 Sternen.

7. Offene Fragen

7.1. Dies fand ich gut:

- + Arbeiten mit Tinkercad um die Grundlagen zur Arbeit mit Platinen zu erlernen
- - Komplette neue Inhalte gelernt
- - Vorlesungen sind sehr interaktiv
- - Interessanter Kontrast zu anderen Modulen (Portfolio und interaktive Vorlesungen statt Prüfungen und Monologe vom Prof.)
- - Themen
- - Mikrocontroller
- - Übungen
- Anregende Vorlesung, Studis werden immer zum Mitreden eingeladen also kommt es zu sinnvollen Austausch zu den jeweiligen Themen.  
Obwohl wir unser Projekt nicht in Präsenz anfangen konnten wurde online alles verständlich erklärt und mit vielen hilfreichen Websites konnte man viel üben und Sachen wie Schaltkreise schnell nachvollziehen. Auch sonst sind die Themen der Vorlesung sehr hilfreich, im Bezug aufs Studium aber auch sonst für den Alltag (z.B. Themen wie Zeitmanagement o. Konfliktbewältigung).
- Behandelte Themen
- Das Winterprojekt der Wordpress blog
- Deine Bemühungen für uns das beste aus dem Winterprojekt unter Coronabedingungen rauszuholen.  
Die Tatsache, dass in dieser Veranstaltung viel über mich selber lernen konnte.
- Der Dozent weiß immer genau wovon er spricht und kann mit seinen Schülern sehr gut umgehen.
- Der logische Aufbau der Modulhalte. Alles baut aufeinander auf und ist gut nachvollziehbar.
- Die Arbeit mit WordPress  
bearbeitung von Aufgaben in der Vorlesung in kleinen Gruppen
- Die Gruppenarbeitsphasen waren gut und zeitlich sinnvoll aufgeteilt
- Die Interaktion mit den Studierenden.
- Es wurde immer auf Fragen eingegangen.  
Die Übungszettel sind gut mit dem Wissen aus der VL zu lösen.  
Die VL regt zum mitarbeiten an, dadurch das man ein Projekt parallel zur VL erstellt (Lampenschirm).
- Ich fand die kurze Einführung in die Elektrotechnik sehr interessant. Generell finde ich die Variation innerhalb der Vorlesungsthemen sehr angenehm und interessant.

LVE WiSe 2021/22 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

- Ich finde das Modul super.
- In der Veranstaltung werden teilweise technische Grundlagen gelehrt, die trotz ihrer Wichtigkeit nicht in den Standardveranstaltungen der Informatik behandelt werden. Auch wenn die Lötübung ausgefallen ist, finde ich es schön, dass einem auch echte technische Arbeit und nicht nur Theorie beigebracht wird oder zumindest werden sollte.
- Mir gefällt die Projektarbeit sehr gut.
- Verständliche Präsentation, klare Übersicht des Ablaufs, interessante Themen, Einbringen eigener Erfahrungen
- Vorlesungen sind immer gut strukturiert und man kann immer gut folgen. Das Tempo, in dem die Inhalte vorgestellt werden ist für mich perfekt. Dass trotz Corona alle 3D Modelle gedruckt und für uns hergestellt wurden, verdient auch besonderes Lob: danke dafür.

Die Vorlesungsfolien sind immer top und haben genau den richtigen Informationsgehalt.

7.2. Dies fand ich weniger gut und habe folgende Verbesserungsvorschläge:

- + Kurze Tutorials zur Modellierung mit BlocksCAD wären für den Einstieg hilfreich (ähnlich wie die Arduino-Tutorials)
- -Manchmal war der Stoff zu schnell durchgesprochen worden, vor allem wenn es sehr Informatik und Technik lastig wurde.
- Breakoutrooms mit zufälligen Gruppen ist oft ätzend, da viele bis dahin AFK sind und man oft alleine da sitzt. Und wenn mal jemand kommt gibt es keine Interaktion. Suboptimal.
- Das Modul ist sehr arbeitsintensiv für jmd., der die Thematik überhaupt nicht kennt.
- Die Breakout Sessions waren teilweise zu kurz.
- Die Ordnerstruktur in den Dateien ist etwas unübersichtlich.

Die Aufgaben während der Vorlesungszeit haben nicht immer gut funktioniert. Sei es aufgrund zu wenig Zeit oder man in Gruppen ist, in denen zu wenig Leute ein Mikrofon haben. Ich würde mich nicht darauf verlassen, dass jeder in die Vorlesung mit Mikrofon kommt. Zudem war die Zeit oft auch zu kurz, da in den Breakout räumen doch oft mehr über die Aufgaben diskutiert wurde als nötig. Bei zum Beispiel dem Online Tool zum Schaltbrett hätte sich meiner Meinung eher angeboten, die Aufgaben in dem ganzen Kurs zu lösen, in einem Tempo, in dem jeder die einzelnen Schritte nachmachen kann. (So wie bei dem 3D Modell)

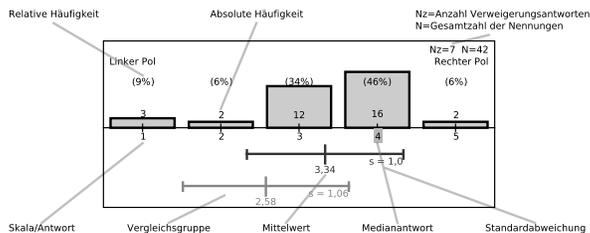
Inhaltlich hätte ich mir mehr in Richtung Kommunikation in einem Team im Hinblick auf produktiv planen und arbeiten und Präsentationen gewünscht. Konfliktlösung und Zeitmanagement sind zwar auch nett, haben mir persönlich aber eher weniger gebracht.

- Die Reflexionsaufgaben auf den Übungszetteln sind zwar grundsätzlich eine gute Idee und passen zur Vorlesung, sie sind aber zu oft Teil der Aufgaben. Alle 2 Wochen gab es mindestens eine Reflexionsaufgabe, teilweise mehr. Nach einiger Zeit gibt es einfach weniger Inhalte, die man aufschreiben kann, weil man entweder nichts geändert hat oder diese persönlichen Änderungen schon bei der letzten Reflexion dokumentiert hat. Es wäre meiner Meinung nach sinnvoll, ein oder zwei dieser Aufgaben zu streichen und evtl. eine weitere technische Aufgabe einfügt.
- Einen Verbesserungsvorschlag habe ich an das Modul, ich hoffe du wirst es in nächsten Semester noch mehr krachen lassen und dich immer weiterentwickeln. So das es auch den nächsten Semestern so viel Spaß macht wie dieses Semester.
- Ich bin kein Fan des Lerntagebuches, vielleicht könnte man da noch andere Themen anbieten über die man schreiben könnte. Während den Vorlesungen gibt es ein paar Kandidaten die den Chat ausreizen und dabei inhaltlich ablenken, es wäre schön wenn da noch stärker durchgegriffen wird.
- Kleinere Breakoutrooms bei Aufgaben haben oft nicht funktioniert, da viele kein Mikrofon hatten oder anschalten wollten. Somit hat man Aufgaben oft trotz Gruppe alleine bearbeitet bzw. Selbstgespräche geführt, bis es zur Besprechung kam. Hier wären vlt größere Gruppen sinnvoll, damit man eine höhere Chance hat jedenfalls eine andere "redewillige" Person in der Gruppe zu haben.

7.3. Optional: Individuelle Frage der/des Dozent\*in  
Bitte wiederholen Sie im untenstehenden Freitextfeld die Frage, bevor Sie Ihre Antwort eingeben.

Diese Frage wurde nicht beantwortet.

Legende





## B.2.4 Sommersemester 2022: Finalisierung des Lehrkonzepts Teil 2

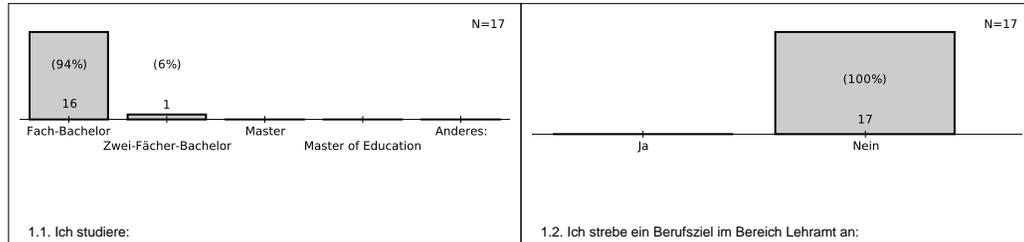
LVE SoSe 2022 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

### Auswertung zur Veranstaltung Soft Skills und Technische Kompetenz

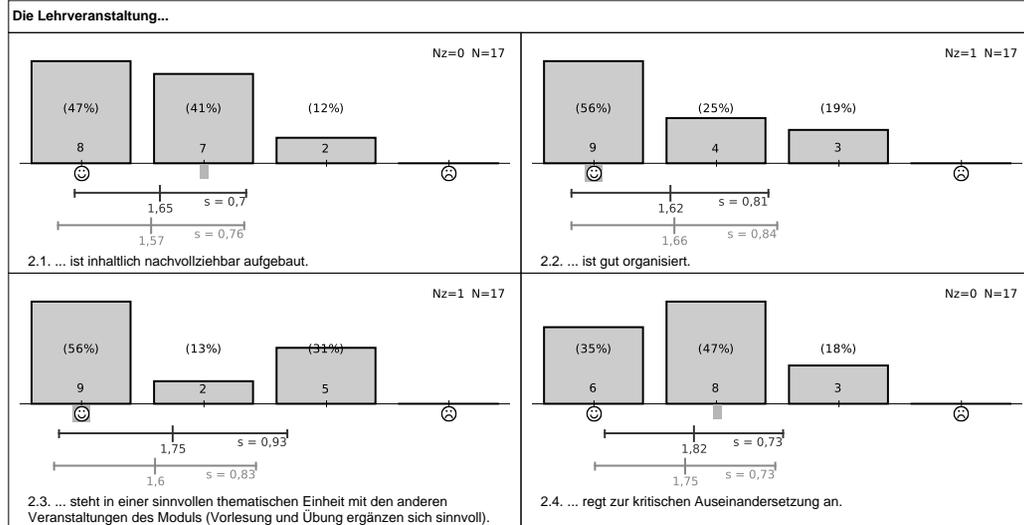
Liebe Dozentin, lieber Dozent,  
 anbei erhalten Sie die Ergebnisse der Evaluation Ihrer Lehrveranstaltung.  
 Zu dieser Veranstaltung wurden 17 Bewertungen (bei 121 Teilnehmenden) abgegeben. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 14%.  
 Erläuterungen zu den Diagrammen befinden sich am Ende dieses Dokuments.  
 Mit freundlichen Grüßen,  
 Das Evaluationsteam

**Legende:** k. A. = keine Angabe  
**Hinweis:** Zur Gewährleistung der Anonymität vermeiden Sie bitte Formulierungen, die Rückschlüsse auf Sie oder andere Personen ermöglichen. Schreiben Sie bei papierbasierten Befragungen bitte in GROSSBUCHSTABEN.

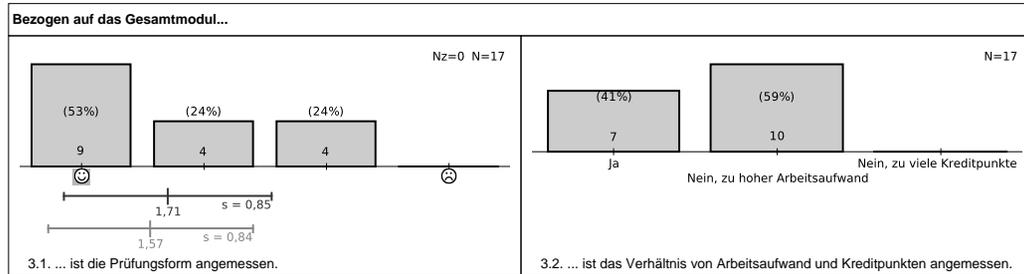
#### 1. Studiensituation



#### 2. Allgemeine Fragen

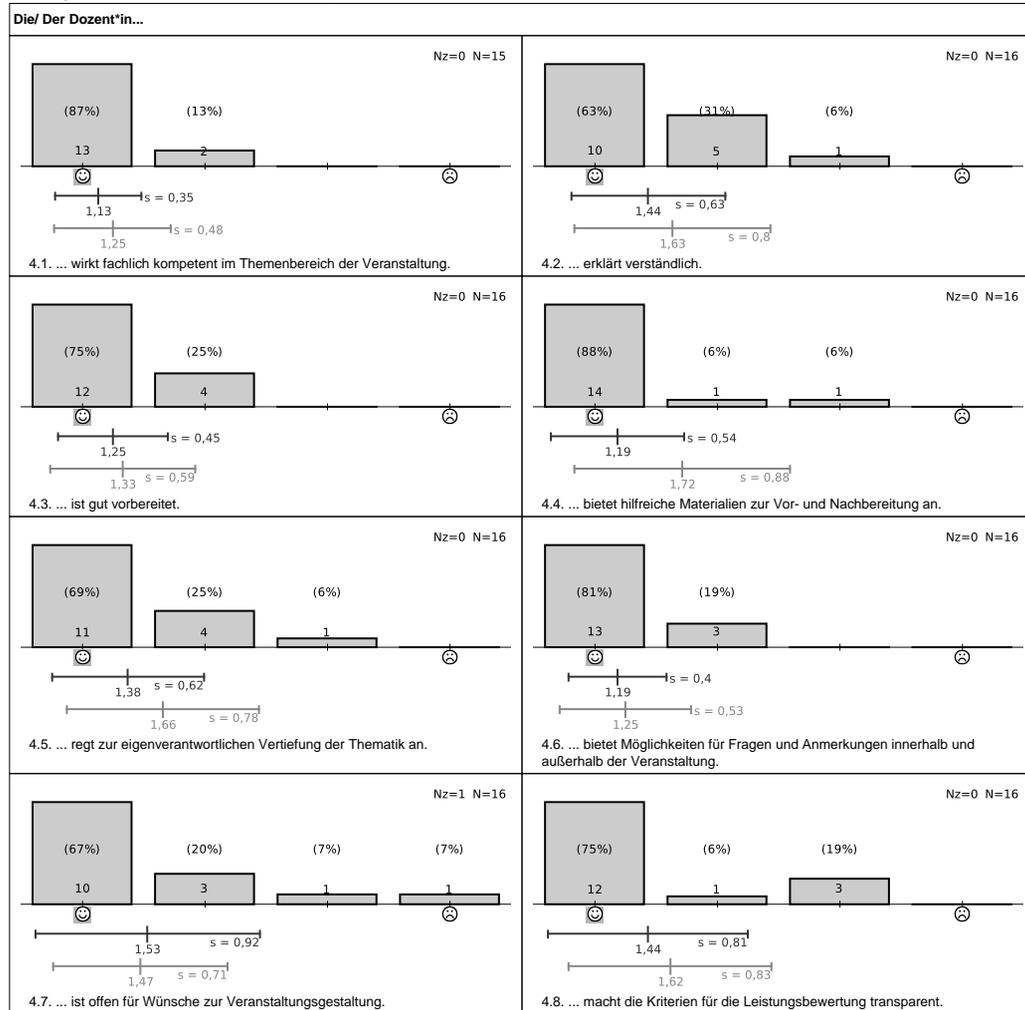


#### 3. Gesamtmodul

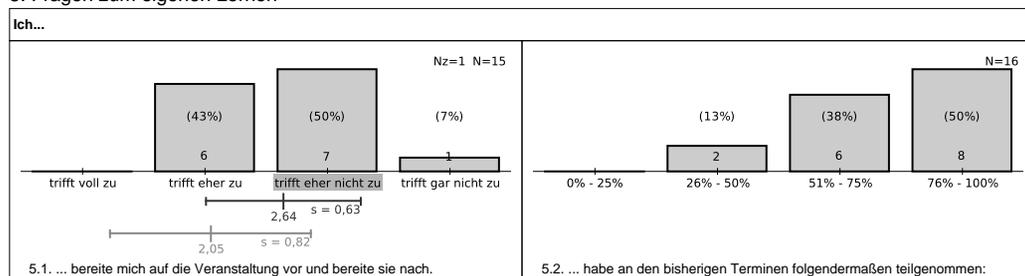


LVE SoSe 2022 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

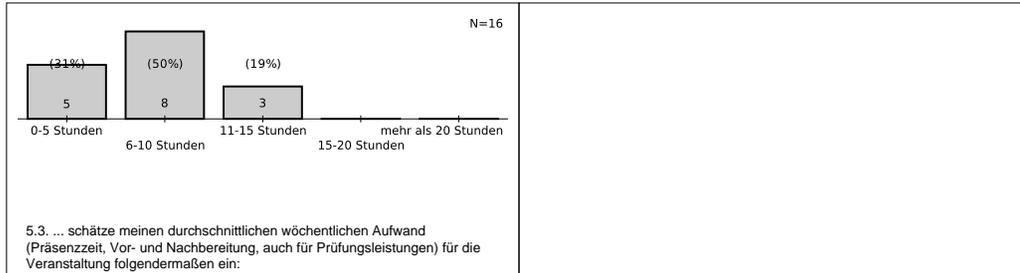
4. Fragen zur/zum Lehrenden Anatolij Fandrich



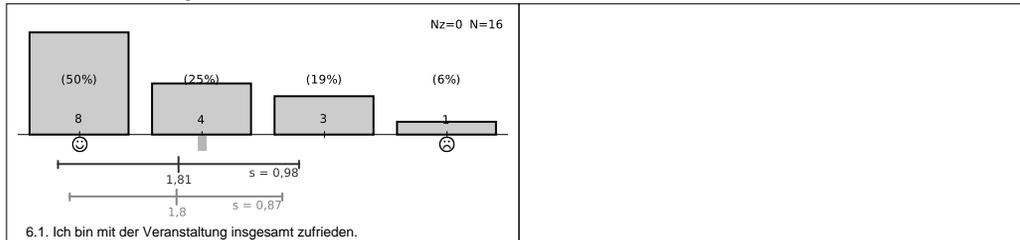
5. Fragen zum eigenen Lernen



LVE SoSe 2022 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)



## 6. Gesamtbeurteilung



## 7. Offene Fragen

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

## Freitextkommentare

## 4. Fragen zur/zum Lehrenden Anatolij Fandrich

## 4.9. Weitere Anmerkungen zur/ zum Lehrenden

- + Erreichbarkeit
- Klingt manchmal etwas monoton und gestresst in der VL
- + Greift den Studenten unter die Arme und gibt 100%, damit jede Gruppe ihr Ziel erreicht
- Arbeitsaufwand im SoSe ist meines Erachtens nach deutlich höher als im WiSe (aufgrund des Projekts).
- Macht einen tollen Job, keine Lehrveranstaltung ist besser und so strukturiert aufgebaut wie diese. Zudem werden viele Erklärungen und Tutorials übersichtlich und gut strukturiert im Studip der Veranstaltung gespeichert. Ein Traum.

## 7. Offene Fragen

## 7.1. Dies fand ich gut:

- Abwechslungsreiche Themen der Vorlesungen
- Interessante Experimente in den Vorlesungen / Übungen
- die Prüfungsleistungen sind keine Klausuren und lassen den Studenten viel Freiraum bei der Umsetzung
- die Inhalte des Moduls sind eine große Bereicherung für das Studium im Allgemeinen (Arbeitstechniken, Gruppenarbeit, Präsentationen usw.)
- persönlicher Umgang, angenehme Atmosphäre, sympathisches Auftreten
- individuelle Hilfestellung und Anregung
- Es gab vieles selber zutun und das Bewertungsmodell fördert eine Auseinandersetzung mit den Themen deutlich mehr, als ein einfaches Auswendiglernen für Klausuren.
- Ich fand den Dozenten sehr freundlich und kompetent. Er hat die Inhalte an sich verständlich erklärt auch wenn ich irgendwann nicht mehr so richtig mitkam.
- Möglichkeit auf Kreativität, gemeinsames Arbeiten, Aufbau eines eigenen Blogs
- Sehr spannende Vorlesungsinhalte. Schade, dass nicht alle Module so einen guten Ausgleich von Theorie und Praxis haben können.
- Vorlesungen waren informativ
- Projektarbeit macht Spaß

## 7.2. Dies fand ich weniger gut und habe folgende Verbesserungsvorschläge:

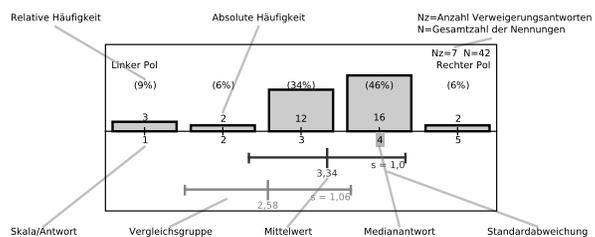
- 
- Eine Einführung in Git und Github wäre für Studenten, die noch keine Erfahrung im Umgang mit den Tools haben hilfreich gewesen (vielleicht könnte das in Zukunft als Vorlesung / Workshop angeboten werden)
- Workshops zu den Themen Lasercutting und 3D-Modellierung innerhalb der Veranstaltungszeit anbieten. Dadurch hätten auch Studenten die in der vorlesungsfreien Zeit verhindert sind die Möglichkeit an einem Workshop teilzunehmen.
- Als Informatikfremde Person fand ich das erste Semester schon sehr anspruchsvoll und im zweiten Semester bin ich überhaupt nicht mehr mitgekommen. Für mich beinhaltet das Modul einfach zu viele verschiedene Dinge um eine Sache richtig zu lernen. Hinzu kommt, dass ich zwei Semester für 6 kp schon sehr viel finde.
- Der nötige Papierkram für die Prüfung sind doch meiner Meinung nach etwas zu hoch angesetzt. Andere PB-Module gehen nur 1 Semester und dort bekommt man auch 6KP. Daher Aufwand etwas höher, dafür macht's aber auch sehr viel Spaß.
- Es ist zwar ein Modul, das mehr oder weniger zur Informatikfachschaft gehört, doch kommt aus den gestellten Modulinfos leider nicht heraus, wo die Schwerpunkte des Moduls liegen. Ohne Informatikvorwissen kaum in einem befriedigendem Umfang machbar. Sehr unausgeglichen zwischen "nichts zutun" und "viel zu viel auf einmal". Keinerlei Unterstützung zum Projekt von den Tutoren, Übungszettel wurden nicht kontrolliert und Bewertet, auf Nachfrage keine Antwort.
- Sehr viel Arbeit für 6KP. Ich würde es besser finden wenn man in dem Modul über ein ganzes Jahr das Gruppenprojekt macht, da man dann weniger Stress hat. Viele Kollegen von mir haben halbjährliche 6KP-Module besucht und nur die Hälfte der bisherigen Zeit für eine sehr gute Note investiert.

LVE SoSe 2022 FK II, Soft Skills und Technische Kompetenz (Anatolij Fandrich)

7.3. Optional: Individuelle Frage der/des Dozent\*in  
 Bitte wiederholen Sie im untenstehenden Freitextfeld die Frage, bevor Sie Ihre Antwort eingeben.

Diese Frage wurde nicht beantwortet.

**Legende**







## C Forschungsfrage 2: Veränderung des (Technischen) Selbstkonzepts

### C.1 Fragebogen zur Erhebung des Technischen Selbstkonzepts



**Herzlich Willkommen zur Veranstaltung "Soft Skills und Technische Kompetenz"!**

**Mein Name ist Anatolij Fandrich, ich bin Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Uni Oldenburg und in diesem Semester verantwortlich für das Modul. Im Folgenden möchte ich dir ein paar Fragen zu deinem Selbstkonzept im Umgang mit Technik stellen. Ziel der Umfrage ist es, die Veränderung der Einstellungen der Teilnehmenden in der Veranstaltung "Soft Skills und Technische Kompetenz" zu untersuchen. Dies ist die Pre-Untersuchung vor der Intervention. Die Daten werden mit den Ergebnissen der Umfrage im kommenden Sommersemester verglichen, um so u.A. Rückschlüsse auf die Wirksamkeit des Lehrveranstaltungs-Konzepts zu ziehen.**

**Die anonyme Beantwortung dieses Fragebogens nimmt ca. 15-20 Minuten in Anspruch und ist ohne die Nennung deines Namens möglich; auch eine Registrierung ist nicht nötig. Bitte lies dir die Fragen aufmerksam durch und beantworte sie wahrheitsgemäß. Selbstverständlich hat die Teilnahme an dieser Untersuchung und insbesondere die Beantwortung der einzelnen Teilfragen keinerlei Auswirkung auf die Bewertung deiner Prüfungsleistung. Im Folgenden findest du weitere Erklärungen bzgl. der datenschutzrechtlichen Vorgaben, mit denen du dich durch deine Teilnahme an dieser Befragung einverstanden erklärst.**

**Die Teilnahme an dieser Untersuchung erfolgt freiwillig; die übermittelten Daten werden vollkommen anonymisiert gespeichert. Nach dem abschließenden Fragebogen wird der zum Abgleich verwendete Pseudo-Code zum Ende des Sommersemesters 2022 in einen internen Code umgewandelt und die gespeicherten Daten zu den Pseudo-Codes werden gelöscht. Im Rahmen der daraus resultierenden Möglichkeiten haben die Teilnehmenden an dieser Untersuchung Anspruch auf Auskunft, Löschung, Widerruf usw. ihrer persönlichen Daten. Die erhobenen Daten sind ausreichend vor dem Zugriff Unbefugter geschützt. Wir behalten uns das Recht einer Veröffentlichung von Ergebnissen aus dieser und den in diesem Zusammenhang folgenden (Teil-)Untersuchungen vor; wir behalten uns außerdem das Recht vor, weitere Personen (bspw. Studierende, die eine studentische Arbeit über diese Untersuchung schreiben wollen) in den Auswertungsprozess einzubinden. Selbstverständlich werden die Daten zuvor vollkommen anonymisiert. Auskunft geben Anatolij Fandrich, Universität Oldenburg, Didaktik der Informatik, 26111 Oldenburg, anatolij.fandrich@uni-oldenburg.de**

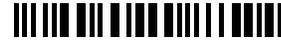
**Die Umfrage ist auf Grundlage des folgenden Fragebogens entstanden: Janneck, Monique, Vincent, Sylvie und Othersen, Ina (2012). „Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zum Technikbezogenen Selbstkonzept (TSK): Eine gendersensitive Studie“. In: Gruppendyn. Organisationsberat. 43.3, S. 289–310. DOI: 10.1007/s11612-012-0184-9.**

**Abschnitt A: Persönlicher Code**

Um spätere Fragebögen denselben Teilnehmenden zuordnen zu können, benötigen wir zunächst einen persönlichen Code, der aus der Beantwortung der folgenden Fragen generiert wird.

- A1. Bitte wähle den ersten Buchstaben des Vornamens deines Vaters  
(oder einer Person, die für dich einem Vater am nächsten kommt)  
aus. (z.B. Anton, Bernd, Hans-Peter usw.)**

A	<input type="checkbox"/>
B	<input type="checkbox"/>
C	<input type="checkbox"/>
D	<input type="checkbox"/>
E	<input type="checkbox"/>
F	<input type="checkbox"/>
G	<input type="checkbox"/>
H	<input type="checkbox"/>
I	<input type="checkbox"/>
J	<input type="checkbox"/>
K	<input type="checkbox"/>
L	<input type="checkbox"/>
M	<input type="checkbox"/>
N	<input type="checkbox"/>
O	<input type="checkbox"/>
P	<input type="checkbox"/>
Q	<input type="checkbox"/>
R	<input type="checkbox"/>
S	<input type="checkbox"/>
T	<input type="checkbox"/>
U	<input type="checkbox"/>
V	<input type="checkbox"/>
W	<input type="checkbox"/>
X	<input type="checkbox"/>
Y	<input type="checkbox"/>
Z	<input type="checkbox"/>

Ä Ö Ü ß 

**A2. Bitte wähle den ersten Buchstaben des Vornamens deiner Mutter (oder einer Person, die für dich einer Mutter am nächsten kommt) aus. (z.B. Aнна, Beate, Jutta, Maria, usw.)**

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W 



	X	<input type="checkbox"/>
	Y	<input type="checkbox"/>
	Z	<input type="checkbox"/>
	Ä	<input type="checkbox"/>
	Ö	<input type="checkbox"/>
	Ü	<input type="checkbox"/>
	ß	<input type="checkbox"/>

**A3. Bitte wähle den ersten Buchstaben deines Vornamens aus.**

	A	<input type="checkbox"/>
	B	<input type="checkbox"/>
	C	<input type="checkbox"/>
	D	<input type="checkbox"/>
	E	<input type="checkbox"/>
	F	<input type="checkbox"/>
	G	<input type="checkbox"/>
	H	<input type="checkbox"/>
	I	<input type="checkbox"/>
	J	<input type="checkbox"/>
	K	<input type="checkbox"/>
	L	<input type="checkbox"/>
	M	<input type="checkbox"/>
	N	<input type="checkbox"/>
	O	<input type="checkbox"/>
	P	<input type="checkbox"/>
	Q	<input type="checkbox"/>
	R	<input type="checkbox"/>
	S	<input type="checkbox"/>
	T	<input type="checkbox"/>
	U	<input type="checkbox"/>
	V	<input type="checkbox"/>



- W
- X
- Y
- Z
- Ä
- Ö
- Ü
- ß

**A4. Bitte wähle den Tag deines Geburtsdatums aus. (z.B. Geburtstag am 7. Januar = 07, am 12. Mai = 12, am 31. Oktober = 31)**

- 01
- 02
- 03
- 04
- 05
- 06
- 07
- 08
- 09
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20





	21	<input type="checkbox"/>
	22	<input type="checkbox"/>
	23	<input type="checkbox"/>
	24	<input type="checkbox"/>
	25	<input type="checkbox"/>
	26	<input type="checkbox"/>
	27	<input type="checkbox"/>
	28	<input type="checkbox"/>
	29	<input type="checkbox"/>
	30	<input type="checkbox"/>
	31	<input type="checkbox"/>

**A5. Bitte wähle den letzten Buchstaben deiner natürlichen Haarfarbe aus.  
(z.B. braun, Glatze, schwarz, usw.)**

	a	<input type="checkbox"/>
	b	<input type="checkbox"/>
	c	<input type="checkbox"/>
	d	<input type="checkbox"/>
	e	<input type="checkbox"/>
	f	<input type="checkbox"/>
	g	<input type="checkbox"/>
	h	<input type="checkbox"/>
	i	<input type="checkbox"/>
	j	<input type="checkbox"/>
	k	<input type="checkbox"/>
	l	<input type="checkbox"/>
	m	<input type="checkbox"/>
	n	<input type="checkbox"/>
	o	<input type="checkbox"/>
	p	<input type="checkbox"/>
	q	<input type="checkbox"/>

▼

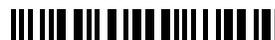


	r	<input type="checkbox"/>
	s	<input type="checkbox"/>
	t	<input type="checkbox"/>
	u	<input type="checkbox"/>
	v	<input type="checkbox"/>
	w	<input type="checkbox"/>
	x	<input type="checkbox"/>
	y	<input type="checkbox"/>
	z	<input type="checkbox"/>
	ä	<input type="checkbox"/>
	ö	<input type="checkbox"/>
	ü	<input type="checkbox"/>
	ß	<input type="checkbox"/>

A6. Bitte wähle den letzten Buchstaben deiner Augenfarbe aus. (z.B. braun, grün, grau, usw.)

	a	<input type="checkbox"/>
	b	<input type="checkbox"/>
	c	<input type="checkbox"/>
	d	<input type="checkbox"/>
	e	<input type="checkbox"/>
	f	<input type="checkbox"/>
	g	<input type="checkbox"/>
	h	<input type="checkbox"/>
	i	<input type="checkbox"/>
	j	<input type="checkbox"/>
	k	<input type="checkbox"/>
	l	<input type="checkbox"/>
	m	<input type="checkbox"/>
	n	<input type="checkbox"/>
	o	<input type="checkbox"/>

▼



	p	<input type="checkbox"/>
	q	<input type="checkbox"/>
	r	<input type="checkbox"/>
	s	<input type="checkbox"/>
	t	<input type="checkbox"/>
	u	<input type="checkbox"/>
	v	<input type="checkbox"/>
	w	<input type="checkbox"/>
	x	<input type="checkbox"/>
	y	<input type="checkbox"/>
	z	<input type="checkbox"/>
	ä	<input type="checkbox"/>
	ö	<input type="checkbox"/>
	ü	<input type="checkbox"/>
	ß	<input type="checkbox"/>

### Abschnitt B: Technikbezogenes Selbstkonzept

Das Selbstkonzept wird als eine Gesamtheit von Beschreibungen und Bewertungen des eigenen Verhaltens und Erlebens sowie persönlichen Eigenschaften verstanden. Es basiert sowohl auf Selbst- als auch auf Fremdbewertungen, die einer Person durch das Verhalten ihrer Interaktionspartner zurückgespiegelt werden. Mit den folgenden Items werden selbstkonzeptrelevante Dimensionen deines konativen, motivationalen und kognitiven Technikbezugs erfragt.

Bitte beantworte die Fragen, ohne lange darüber nachzudenken. Es gibt keine richtigen und falschen Antworten, allein deine Meinung zählt.

#### B1. Konativer Technikbezug

	trifft nicht zu	trifft wenig zu	trifft etwas zu	trifft überwiegen d zu	trifft völlig zu
Ich habe schon frühzeitig praktische Erfahrungen im Umgang mit Technik gesammelt (z.B. technisches Spielzeug, Basteln, Reparieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich in der Kindheit und Jugend wenig mit Technik beschäftigt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In meiner Freizeit beschäftige ich mich viel mit Technik (z.B. technisches Spielzeug, Basteln, Reparieren)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**B2. Motivationaler Technikbezug**

	trifft nicht zu	trifft wenig zu	trifft etwas zu	trifft überwiegend zu	trifft völlig zu
Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik	<input type="checkbox"/>				
Technik fasziniert mich	<input type="checkbox"/>				
Wenn ein technisches Gerät nicht funktioniert, möchte ich verstehen, woran es liegt	<input type="checkbox"/>				
Ich will verstehen, wie technische Geräte funktionieren	<input type="checkbox"/>				
Ich beschäftige mich mit Technik, weil ich damit etwas gestalten kann	<input type="checkbox"/>				
Ich finde es interessant, mit Technik etwas zu erschaffen	<input type="checkbox"/>				
Im Umgang mit technischen Geräten habe ich Angst, etwas falsch zu machen	<input type="checkbox"/>				
Im Umgang mit technischen Geräten befürchte ich, etwas kaputt zu machen	<input type="checkbox"/>				
Ich habe Hemmung im Umgang mit Technik	<input type="checkbox"/>				
Technik ist für mich nur ein Mittel zum Zweck	<input type="checkbox"/>				
Technik muss funktionieren - technische Details interessieren mich dabei nicht	<input type="checkbox"/>				

**B3. Kognitiver Technikbezug**

	trifft nicht zu	trifft wenig zu	trifft etwas zu	trifft überwiegend zu	trifft völlig zu
Ich halte mich im Umgang mit technischen Geräten für sehr kompetent	<input type="checkbox"/>				
Im Umgang mit Technik bin ich sicherer als der Durchschnitt	<input type="checkbox"/>				
Ich habe umfassende Technikenkenntnisse	<input type="checkbox"/>				
Technischen Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich immer auf meine technischen Fertigkeiten verlassen kann	<input type="checkbox"/>				
Ich fühle mich den meisten technikbezogenen Anforderungen gewachsen	<input type="checkbox"/>				
Wenn ich mit technischen Problemen konfrontiert bin, finde ich Mittel und Wege, sie zu lösen	<input type="checkbox"/>				
Wenn ich mich bemühe, gelingt mir in der Regel die Lösung technischer Probleme	<input type="checkbox"/>				
Wenn ein technisches Gerät nicht richtig funktioniert, liegt es in der Regel daran, dass ich etwas falsch gemacht habe	<input type="checkbox"/>				
Wenn technische Probleme auftreten, liegt die Ursache in der Regel bei mir selbst	<input type="checkbox"/>				
Die Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich	<input type="checkbox"/>				
Ich habe keine Kontrolle über technische Probleme, die auftreten	<input type="checkbox"/>				



	trifft nicht zu	trifft wenig zu	trifft etwas zu	trifft überwiegen d zu	trifft völlig zu
Ich habe keine Scheu davor, neue technische Geräte einfach auszuprobieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ein neues technisches Gerät ( z.B. Handy) probiere ich meist erst einmal intuitiv aus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin der Meinung, dass die positiven Auswirkungen technologischer Entwicklungen überwiegen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Den derzeitigen technischen Entwicklungen stehe ich kritisch gegenüber	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technische Entwicklungen sind wichtig für den gesellschaftlichen Fortschritt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Abschnitt C: Ethische Position in der Entwicklung von Informatiksystemen

Dieser Fragebogen1 erfasst deine ethische Position in der Entwicklung von Informatiksystemen. Bitte beantworte die Fragen, ohne lange darüber nachzudenken. Es gibt keine richtigen und falschen Antworten, allein deine Meinung zählt.

Unter einem Informatiksystem soll dabei in Anlehnung an die Definition der Gesellschaft für Informatik "ein aus Software und/oder Hardware bestehendes System, das Aufgaben in der Informationsverarbeitung oder -übertragung erfüllt"2 verstanden werden.

1: Die folgenden Fragen sind in Anlehnung an folgenden Fragebogen entstanden: Brandenburg, S., Schott, R. & Minge, M., (2018). Zur Erfassung der ethischen Position in der Softwareentwicklung. In: Dachsel, R. & Weber, G. (Hrsg.), Mensch und Computer 2018 - Workshopband. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.

2: Gesellschaft für Informatik e.V., (2006). Was ist Informatik? Unser Positionspapier

#### C1. **ACHTUNG:** andere Skala als bei den vorangegangenen Fragen!

	Ich stimme überhaupt nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	Ich weiß es nicht	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
Durch ethische Richtlinien sollte die Entwicklung von Informatiksystemen eingeschränkt werden können, wenn diese zu gefährlich für den Menschen sein könnten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es sollte ethische Rahmenbedingungen geben, die gesetzlich vorgeschrieben sind und in der Entwicklung von Informatiksystemen eingehalten werden müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es sollte staatliche Kontrollmechanismen zur Einhaltung ethischer Richtlinien bei der Entwicklung von Informatiksystemen geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es müssen keine verbindlichen Standards für die ethische Entwicklung von Informatiksystemen etabliert werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin der Meinung, dass Unternehmen, die Informatiksysteme entwickeln, Strafen für die Missachtung ethischer Rahmenbedingungen bekommen sollten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daten, die während der Nutzung von Informatiksystemen erhoben werden, sollten jederzeit von der Person, die diese Systeme nutzt, löschar sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daten, die während der Nutzung von Informatiksystemen erhoben werden, sollten jederzeit von der Person, die diese Systeme nutzt, einsehbar sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Ich stimme überhaupt nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	Ich weiß es nicht	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
Im Prozess der Entstehung von Informatiksystemen sollte der Datenschutz der Nutzerinnen und Nutzer bereits berücksichtigt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin der Meinung, dass Datenschutzbestimmungen von den Unternehmen, die Informatiksysteme entwickeln, eingehalten werden müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Rahmen der Entwicklung von Informatiksystemen sollten regelmäßige Schulungen zu ethischen Rahmenbedingungen durchgeführt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der Ausbildung von Entwicklerinnen und Entwicklern von Informatiksystemen sollte grundlegendes Wissen zu ethischen Rahmenbedingungen vermittelt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der Entwicklung von Informatiksystemen sollten umfassende Materialien, wie z.B. Bücher und Normen zur Orientierung an ethischen Rahmenbedingungen zur Verfügung stehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unternehmen, die Informatiksysteme entwickeln und bereitstellen, sollten darauf achten, ob ihre Produkte gesellschaftsfördernd eingesetzt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unternehmen, die Informatiksysteme entwickeln, sollten sich öfter damit befassen, in wieweit ihr Produkt dienlich für die Gesellschaft ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In Unternehmen, die Informatiksysteme entwickeln, sollte es spezielle Beauftragte für ethische Belange geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In Unternehmen, die Informatiksysteme entwickeln, sollten nicht alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter selbst für die Einhaltung ethischer Richtlinien verantwortlich sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In einem Unternehmen, das Informatiksysteme entwickelt, sollte es Mitarbeiterinnen bzw. Mitarbeiter geben, die ethische Aufgaben übernehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Abschnitt D: Fragen zur Person

Abschließend interessieren uns folgende Fragen zu deiner Person. Diese Fragen sind für uns wichtig, um differenzierte Aussagen treffen zu können.

**D1. Bitte gib dein Geschlecht an.**

Weiblich

Männlich

Divers

**D2. Wie viele Jahre bist du alt?**



## C.2 SPSS-Syntaxdatei: Untersuchung des Technischen Selbstkonzepts

```

1  ** Encoding: UTF-8.
2
3  DATASET ACTIVATE DataSet3.
4  RECODE KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf
5      KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
6      KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich
7      MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina
8      MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich
9      MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu
10     MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische
11     MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw
12     MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn
13     MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh
14     MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb
15     MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech
16     MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel
17     MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
18     KognitiverTechnikbezugIchhalteichimUmgangmittechnische
19     KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer
20     KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikkenntnisse
21     KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge
22     KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezug
23     KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf
24     KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde
25     KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtrichti
26     KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemeauftretenlie
27     KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein
28     KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch
29     KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni
30     KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand
31     KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven
32     KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung
33     KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungsindwichtigf
34     post_KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf
35     post_KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
36     post_KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich
37     post_MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina
38     post_MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich
39     post_MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu
40     post_MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische
41     post_MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw
42     post_MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn
43     post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh
44     post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb
45     post_MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech
46     post_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel
47     post_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
48     post_KognitiverTechnikbezugIchhalteichimUmgangmittechnische
49     post_KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer
50     post_KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikkenntnisse
51     post_KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge
52     post_KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezug
53     post_KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf
54     post_KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde
55     post_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtrichti
56     post_KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemeauftretenlie
57     post_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein
58     post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch
59     post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni
60     post_KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand
61     post_KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven
62     post_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung

```

```

63 post_KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungsindwichtigf
64 ("trifft nicht zu" = "1")
65 ("trifft wenig zu" = "2")
66 ("trifft etwas zu" = "3")
67 ("trifft überwiegend zu" = "4")
68 ("trifft völlig zu" = "5").
69 EXECUTE.
70
71 ALTER TYPE KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf
72 KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
73 KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich
74 MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina
75 MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich
76 MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu
77 MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische
78 MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw
79 MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn
80 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh
81 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb
82 MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech
83 MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel
84 MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
85 KognitiverTechnikbezugIchhalteichimUmgangmittechnische
86 KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer
87 KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikkenntnisse
88 KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge
89 KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog
90 KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf
91 KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde
92 KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtrichti
93 KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemeauftretenlie
94 KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein
95 KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch
96 KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni
97 KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand
98 KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven
99 KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung
100 KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungsindwichtigf
101 post_KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf
102 post_KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
103 post_KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich
104 post_MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina
105 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich
106 post_MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu
107 post_MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische
108 post_MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw
109 post_MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn
110 post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh
111 post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb
112 post_MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech
113 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel
114 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
115 post_KognitiverTechnikbezugIchhalteichimUmgangmittechnische
116 post_KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer
117 post_KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikkenntnisse
118 post_KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge
119 post_KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog
120 post_KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf
121 post_KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde
122 post_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtrichti
123 post_KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemeauftretenlie
124 post_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein
125 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch
126 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni
127 post_KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand
128 post_KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven

```

129 post\_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechischenEntwicklung  
 130 post\_KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungensindwichtig (f2).

131 **EXECUTE.**

134 **FREQUENCIES VARIABLES=** KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf

135 KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend  
 136 KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich  
 137 MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina  
 138 MotivationalerTechnikbezugTechnikfasiniertmich  
 139 MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu  
 140 MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische  
 141 MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw  
 142 MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn  
 143 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh  
 144 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb  
 145 MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech  
 146 MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel  
 147 MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni  
 148 KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmittechnische  
 149 KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer  
 150 KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikenntnisse  
 151 KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge  
 152 KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezug  
 153 KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf  
 154 KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde  
 155 KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti  
 156 KognitiverTechnikbezugWennntechnischeProblemeauftretenlie  
 157 KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein  
 158 KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch  
 159 KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni  
 160 KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand  
 161 KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven  
 162 KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechischenEntwicklung  
 163 KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungensindwichtig

164 **/ORDER=ANALYSIS.**

167 **FREQUENCIES VARIABLES=**

168 post\_KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf  
 169 post\_KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend  
 170 post\_KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich  
 171 post\_MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina  
 172 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikfasiniertmich  
 173 post\_MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti  
 174 post\_MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische  
 175 post\_MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw  
 176 post\_MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn  
 177 post\_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh  
 178 post\_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb  
 179 post\_MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech  
 180 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel  
 181 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni  
 182 post\_KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmittechnische  
 183 post\_KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer  
 184 post\_KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikenntnisse  
 185 post\_KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge  
 186 post\_KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezug  
 187 post\_KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf  
 188 post\_KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde  
 189 post\_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti  
 190 post\_KognitiverTechnikbezugWennntechnischeProblemeauftretenlie  
 191 post\_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein  
 192 post\_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch  
 193 post\_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni  
 194 post\_KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand

```
195 post_KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven
196 post_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung
197 post_KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungenindwichtig
198 /ORDER=ANALYSIS.
199
200 RECODE
201 KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
202 post_KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
203 KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung
204 post_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung
205 (1=5) (2=4) (3=3) (4=2) (5=1).
206 EXECUTE.
207
208 RECODE
209 KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
210 KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,
211 post_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
212 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,
213 (1=5) (2=4) (3=3) (4=2) (5=1).
214 EXECUTE.
215
216 COMPUTE Konativ_Pre=MEAN(KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf,
217 KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend,
218 KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich).
219 EXECUTE.
220
221 COMPUTE Konativ_Post=MEAN(post_KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf,
222 post_KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend,
223 post_KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich).
224 EXECUTE.
225
226
227
228 ** MOTIVATIONAL PRE .
229 COMPUTE Motivational_Pre=MEAN(MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,
230 MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich,
231 MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,
232 MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische,
233 MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,
234 MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn,
235 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,
236 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,
237 MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech,
238 MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,
239 MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni).
240 EXECUTE.
241
242 COMPUTE Motivational_Affekt_Pre=MEAN(MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,
243 MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich).
244 EXECUTE.
245
246 COMPUTE Motivational_Verstehen_Pre=MEAN(
247 MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,
248 MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische).
249 EXECUTE.
250
251 COMPUTE Motivational_Gestalten_Pre=MEAN(
252 MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,
253 MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn).
254 EXECUTE.
255
256 COMPUTE Motivational_Technikangst_Pre=MEAN(
257 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,
258 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,
259 MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech).
260 EXECUTE.
```

261  
262 **COMPUTE** Motivational\_Anwenden\_Pre=**MEAN**(  
263 MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,  
264 MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni).  
265 **EXECUTE**.  
266  
267  
268 **\*\* MOTIVATIONAL POST.**  
269 **COMPUTE** Motivational\_Post=**MEAN**(post\_MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,  
270 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich,  
271 post\_MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,  
272 post\_MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische,  
273 post\_MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,  
274 post\_MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn,  
275 post\_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,  
276 post\_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,  
277 post\_MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech,  
278 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,  
279 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni).  
280 **EXECUTE**.  
281  
282 **COMPUTE** Motivational\_Affekt\_Post=**MEAN**(post\_MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,  
283 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich).  
284 **EXECUTE**.  
285  
286 **COMPUTE** Motivational\_Verstehen\_Post=**MEAN**(  
287 post\_MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,  
288 post\_MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische).  
289 **EXECUTE**.  
290  
291 **COMPUTE** Motivational\_Gestalten\_Post=**MEAN**(  
292 post\_MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,  
293 post\_MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn).  
294 **EXECUTE**.  
295  
296 **COMPUTE** Motivational\_Technikangst\_Post=**MEAN**(  
297 post\_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,  
298 post\_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,  
299 post\_MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech).  
300 **EXECUTE**.  
301  
302 **COMPUTE** Motivational\_Anwenden\_Post=**MEAN**(  
303 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,  
304 post\_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni).  
305 **EXECUTE**.  
306  
307  
308 **\*\* Kognitiv PRE.**  
309 **COMPUTE** Kognitiv\_Pre=**MEAN**(KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmittechnische,  
310 KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikinichsicherer,  
311 KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikkenntnisse,  
312 KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,  
313 KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog,  
314 KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,  
315 KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde,  
316 KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtrichti,  
317 KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemeauftretenlie,  
318 KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,  
319 KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,  
320 KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni,  
321 KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand,  
322 KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdasdiepositiven,  
323 KognitiverTechnikbezugDenderzeitigetechnischenEntwicklung,  
324 KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungenindwichtig ).  
325 **EXECUTE**.  
326

```
327 COMPUTE Kognitiv_Kompetenz_Pre=MEAN(KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmitTechnische,
328   KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer,
329   KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikenkenntnisse).
330 EXECUTE.
331
332 COMPUTE Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Pre=MEAN(
333   KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,
334   KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog,
335   KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,
336   KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde).
337 EXECUTE.
338
339 COMPUTE Kognitiv_Attribution_int_Pre=MEAN(
340   KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti,
341   KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemeauftretenlie).
342 EXECUTE.
343
344 COMPUTE Kognitiv_Attribution_Ext_Pre=MEAN(
345   KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
346   KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch).
347 EXECUTE.
348
349 COMPUTE Kognitiv_Strategien_Pre=MEAN(
350   KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni,
351   KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand).
352 EXECUTE.
353
354 COMPUTE Kognitiv_Technikbild_Pre=MEAN(
355   KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven,
356   KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung,
357   KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungensindwichtigf).
358 EXECUTE.
359
360 ** Kognitiv POST.
361
362 COMPUTE Kognitiv_Post=MEAN(post_KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmitTechnische,
363   post_KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer,
364   post_KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikenkenntnisse,
365   post_KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,
366   post_KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog,
367   post_KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,
368   post_KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde,
369   post_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti,
370   post_KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemeauftretenlie,
371   post_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
372   post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,
373   post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni,
374   post_KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand,
375   post_KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven,
376   post_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung,
377   post_KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungensindwichtigf).
378 EXECUTE.
379
380 COMPUTE Kognitiv_Kompetenz_Post=MEAN(post_KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmitTechnische,
381   post_KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer,
382   post_KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikenkenntnisse).
383 EXECUTE.
384
385 COMPUTE Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Post=MEAN(
386   post_KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,
387   post_KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog,
388   post_KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,
389   post_KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde).
390 EXECUTE.
391
392 COMPUTE Kognitiv_Attribution_int_Post=MEAN(
```

```

393 post_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti,
394 post_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischeProblemeauftretenlie).
395 EXECUTE.
396
397 COMPUTE Kognitiv_Attribution_Ext_Post=MEAN(
398 post_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
399 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch).
400 EXECUTE.
401
402 COMPUTE Kognitiv_Strategien_Post=MEAN(
403 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni,
404 post_KognitiverTechnikbezugEinneustechnischesGerätz.B.Hand).
405 EXECUTE.
406
407 COMPUTE Kognitiv_Technikbild_Post=MEAN(
408 post_KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven,
409 post_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechischenEntwicklung,
410 post_KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungensindwichtigf).
411 EXECUTE.
412
413 ** Pre Post zählen.
414 COUNT complete_pre=Konativ_Pre Motivational_Pre Kognitiv_Pre(SYSMIS).
415 EXECUTE.
416
417 COUNT complete_post=Konativ_Post Motivational_Post Kognitiv_Post(SYSMIS).
418 EXECUTE.
419
420 FREQUENCIES VARIABLES=complete_pre complete_post
421 /ORDER=ANALYSIS.
422
423 COUNT complete_prepost=Konativ_Pre Motivational_Pre Kognitiv_Pre Konativ_Post Motivational_Post Kognitiv_Post(
424 SYSMIS).
425 EXECUTE.
426
427 FREQUENCIES VARIABLES=complete_prepost
428 /ORDER=ANALYSIS.
429
430 SORT CASES BY pre_Semester.
431 SPLIT FILE LAYERED BY pre_Semester.
432
433 RECODE complete_prepost (0=1) (ELSE=2) INTO complete_cats.
434 EXECUTE.
435
436 RECODE BittegebiedieAnzahlAnSemesternandiedubereitsindiesemS (1=1) (ELSE=0) INTO ersti.
437 EXECUTE.
438
439 FREQUENCIES VARIABLES=ersti
440 /ORDER=ANALYSIS.
441
442 T-TEST GROUPS=complete_cats(1 2)
443 /MISSING=ANALYSIS
444 /VARIABLES=Konativ_Pre Konativ_Post Motivational_Pre Motivational_Post Kognitiv_Pre Kognitiv_Post
445 /ES DISPLAY(TRUE)
446 /CRITERIA=CI(.95).
447
448 **Konativ.
449 RELIABILITY
450 /VARIABLES=KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf
451 KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
452 KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigeichmich
453 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
454 /MODEL=ALPHA
455 /SUMMARY=TOTAL.
456
457 RELIABILITY
458 /VARIABLES=post_KonativerTechnikbezugIchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf

```

```

458     post_KonativerTechnikbezugIchhabemichinderKindheitundJugend
459     post_KonativerTechnikbezugInmeinerFreizeitbeschäftigemich
460     /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
461     /MODEL=ALPHA
462     /SUMMARY=TOTAL.
463
464 COMPUTE r_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel=5-MotivationalerTechnikbezugTechnikistfü
    rmichnureinMittel.
465 COMPUTE r_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni=5-
    MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni.
466 Execute.
467
468
469 **Motivational.
470 RELIABILITY
471     /VARIABLES=MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,
472     MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich,
473     MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,
474     MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische,
475     MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,
476     MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn,
477     MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,
478     MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,
479     MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech,
480     r_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,
481     r_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
482     /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
483     /MODEL=ALPHA
484     /SUMMARY=TOTAL.
485
486 RELIABILITY
487     /VARIABLES=MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,
488     MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich
489     /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
490     /MODEL=ALPHA
491     /SUMMARY=TOTAL.
492
493 RELIABILITY
494     /VARIABLES=post_MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,
495     post_MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich
496     /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
497     /MODEL=ALPHA
498     /SUMMARY=TOTAL.
499
500 RELIABILITY
501     /VARIABLES=
502     MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,
503     MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische
504     /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
505     /MODEL=ALPHA
506     /SUMMARY=TOTAL.
507
508 RELIABILITY
509     /VARIABLES=
510     post_MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,
511     post_MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische
512     /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
513     /MODEL=ALPHA
514     /SUMMARY=TOTAL.
515
516 RELIABILITY
517     /VARIABLES=
518     MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,
519     MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn,
520     /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
521     /MODEL=ALPHA

```

```

522 /SUMMARY=TOTAL.
523
524 RELIABILITY
525 /VARIABLES=
526 post_MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,
527 post_MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn,
528 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
529 /MODEL=ALPHA
530 /SUMMARY=TOTAL.
531
532 RELIABILITY
533 /VARIABLES=
534 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,
535 MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,
536 MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech,
537 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
538 /MODEL=ALPHA
539 /SUMMARY=TOTAL.
540
541 RELIABILITY
542 /VARIABLES=
543 post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,
544 post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,
545 post_MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech,
546 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
547 /MODEL=ALPHA
548 /SUMMARY=TOTAL.
549
550 RELIABILITY
551 /VARIABLES=
552 MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,
553 MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
554 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
555 /MODEL=ALPHA
556 /SUMMARY=TOTAL.
557
558 RELIABILITY
559 /VARIABLES=
560 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,
561 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
562 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
563 /MODEL=ALPHA
564 /SUMMARY=TOTAL.
565
566
567 RELIABILITY
568 /VARIABLES=post_MotivationalerTechnikbezugIchhabegroßenSpaßanderAuseina,
569 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikfasziniertmich,
570 post_MotivationalerTechnikbezugWenneintechnischesGerätnichtfu,
571 post_MotivationalerTechnikbezugIchwillverstehenwietechnische,
572 post_MotivationalerTechnikbezugIchbeschäftigemichmitTechnikw,
573 post_MotivationalerTechnikbezugIchfindeesinteressantmitTechn,
574 post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenh,
575 post_MotivationalerTechnikbezugImUmgangmittechnischenGerätenb,
576 post_MotivationalerTechnikbezugIchhabeHemmungimUmgangmitTech,
577 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikistfürmichnureinMittel,
578 post_MotivationalerTechnikbezugTechnikmussfunktionierentechni
579 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
580 /MODEL=ALPHA
581 /SUMMARY=TOTAL.
582
583
584
585 **Kognitiv.
586 RELIABILITY
587 /VARIABLES=KognitiverTechnikbezugIchhalteichimUmgangmittechnische,

```

```

588   KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer,
589   KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikkenntnisse,
590   KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,
591   KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog,
592   KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,
593   KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde,
594   KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti,
595   KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemauftretenlie,
596   KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
597   KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,
598   KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni,
599   KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand,
600   KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven,
601   KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung,
602   KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungenindwichtig
603   /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
604   /MODEL=ALPHA
605   /SUMMARY=TOTAL.
606
607 RELIABILITY
608   /VARIABLES=KognitiverTechnikbezugIchhalteichimUmgangmittechnische,
609   KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer,
610   KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikkenntnisse
611   /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
612   /MODEL=ALPHA
613   /SUMMARY=TOTAL.
614
615 RELIABILITY
616   /VARIABLES=
617   KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,
618   KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezog,
619   KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,
620   KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegelingtmirinde
621   /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
622   /MODEL=ALPHA
623   /SUMMARY=TOTAL.
624
625 RELIABILITY
626   /VARIABLES=
627   KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti,
628   KognitiverTechnikbezugWenntechnischeProblemauftretenlie,
629   /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
630   /MODEL=ALPHA
631   /SUMMARY=TOTAL.
632
633 RELIABILITY
634   /VARIABLES=
635   KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
636   KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,
637   /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
638   /MODEL=ALPHA
639   /SUMMARY=TOTAL.
640
641 RELIABILITY
642   /VARIABLES=
643   KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechni,
644   KognitiverTechnikbezugEinneuestechnischesGerätz.B.Hand,
645   /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
646   /MODEL=ALPHA
647   /SUMMARY=TOTAL.
648
649 RELIABILITY
650   /VARIABLES=
651   KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven,
652   KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung,
653   KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungenindwichtig

```

```

654 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
655 /MODEL=ALPHA
656 /SUMMARY=TOTAL.
657
658
659 **Post.
660 RELIABILITY
661 /VARIABLES=post_KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmittechnische,
662 post_KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer,
663 post_KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikenkenntnisse
664 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
665 /MODEL=ALPHA
666 /SUMMARY=TOTAL.
667
668 RELIABILITY
669 /VARIABLES=
670 post_KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,
671 post_KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezug,
672 post_KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,
673 post_KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegingtmirinde
674 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
675 /MODEL=ALPHA
676 /SUMMARY=TOTAL.
677
678 RELIABILITY
679 /VARIABLES=
680 post_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätichrichti,
681 post_KognitiverTechnikbezugWentechnischeProblemeauftretenlie,
682 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
683 /MODEL=ALPHA
684 /SUMMARY=TOTAL.
685
686 RELIABILITY
687 /VARIABLES=
688 post_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
689 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,
690 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
691 /MODEL=ALPHA
692 /SUMMARY=TOTAL.
693
694 RELIABILITY
695 /VARIABLES=
696 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneuetechne,
697 post_KognitiverTechnikbezugEinneustechnischesGerätz.B.Hand,
698 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
699 /MODEL=ALPHA
700 /SUMMARY=TOTAL.
701
702 RELIABILITY
703 /VARIABLES=
704 post_KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven,
705 post_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigentechnischenEntwicklung,
706 post_KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungsindwichtigf
707 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
708 /MODEL=ALPHA
709 /SUMMARY=TOTAL.
710
711
712
713
714 RELIABILITY
715 /VARIABLES=post_KognitiverTechnikbezugIchhalteMichimUmgangmittechnische,
716 post_KognitiverTechnikbezugImUmgangmitTechnikbinichsicherer,
717 post_KognitiverTechnikbezugIchhabeumfassendeTechnikenkenntnisse,
718 post_KognitiverTechnikbezugTechnischenSchwierigkeitenseheichge,
719 post_KognitiverTechnikbezugIchfühlemichdenmeistentechnikbezug,

```

```

720 post_KognitiverTechnikbezugWennichmittechnischenProblemenkonf,
721 post_KognitiverTechnikbezugWennichmichbemühegeingtmirinde,
722 post_KognitiverTechnikbezugWenneintechnischesGerätlichrichti,
723 post_KognitiverTechnikbezugWentechnischeProblemeauftretenlie,
724 post_KognitiverTechnikbezugDieFunktionsweisevonTechnikerschein,
725 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineKontrolleübertechnisch,
726 post_KognitiverTechnikbezugIchhabekeineScheudavorneutechni,
727 post_KognitiverTechnikbezugEinneustechnischesGerätz.B.Hand,
728 post_KognitiverTechnikbezugIchbinderMeinungdassdiepositiven,
729 post_KognitiverTechnikbezugDenderzeitigetechnischenEntwicklung,
730 post_KognitiverTechnikbezugTechnischeEntwicklungenindwichtigf
731 /SCALE('ALL VARIABLES') ALL
732 /MODEL=ALPHA
733 /SUMMARY=TOTAL.
734
735
736 SPLIT FILE OFF.
737
738
739 **Normalverteilung prüfen.
740 EXAMINE VARIABLES=Konativ_Pre Konativ_Post Motivational_Pre Motivational_Post Kognitiv_Pre
741 Kognitiv_Post
742 /PLOT BOXPLOT HISTOGRAM NPLOT
743 /COMPARE GROUPS
744 /STATISTICS DESCRIPTIVES
745 /INTERVAL 95
746 /MISSING LISTWISE
747 /NOTOTAL.
748
749
750
751
752
753 **_____ FORSCHUNGSFRAGE 1 _____
754
755 **Konativ Tests ALLGEMEIN.
756 GLM Konativ_Pre Konativ_Post BY pre_Semester
757 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
758 /METHOD=SSTYPE(3)
759 /CRITERIA=ALPHA(.05)
760 /WSDESIGN=prepost
761 /DESIGN=pre_Semester.
762
763 GLM Konativ_Pre Konativ_Post BY pre_Semester
764 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
765 /METHOD=SSTYPE(3)
766 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
767 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
768 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
769 /CRITERIA=ALPHA(.05)
770 /WSDESIGN=prepost
771 /DESIGN=pre_Semester.
772
773
774 **Kognitiv Tests ALLGEMEIN.
775 GLM Kognitiv_Pre Kognitiv_Post BY pre_Semester
776 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
777 /METHOD=SSTYPE(3)
778 /CRITERIA=ALPHA(.05)
779 /WSDESIGN=prepost
780 /DESIGN=pre_Semester.
781 GLM Kognitiv_Pre Kognitiv_Post BY pre_Semester
782 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
783 /METHOD=SSTYPE(3)
784 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
785 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)

```

```

786 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
787 /CRITERIA=ALPHA(.05)
788 /WSDESIGN=prepost
789 /DESIGN=pre_Semester.
790
791 **Kognitiv Tests Subs.
792 GLM Kognitiv_Kompetenz_Pre Kognitiv_Kompetenz_Post BY pre_Semester
793 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
794 /METHOD=SSTYPE(3)
795 /CRITERIA=ALPHA(.05)
796 /WSDESIGN=prepost
797 /DESIGN=pre_Semester.
798 GLM Kognitiv_Kompetenz_Pre Kognitiv_Kompetenz_Post BY pre_Semester
799 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
800 /METHOD=SSTYPE(3)
801 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
802 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
803 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
804 /CRITERIA=ALPHA(.05)
805 /WSDESIGN=prepost
806 /DESIGN=pre_Semester.
807
808 GLM Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Pre Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Post BY pre_Semester
809 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
810 /METHOD=SSTYPE(3)
811 /CRITERIA=ALPHA(.05)
812 /WSDESIGN=prepost
813 /DESIGN=pre_Semester.
814 GLM Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Pre Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Post BY pre_Semester
815 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
816 /METHOD=SSTYPE(3)
817 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
818 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
819 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
820 /CRITERIA=ALPHA(.05)
821 /WSDESIGN=prepost
822 /DESIGN=pre_Semester.
823
824 GLM Kognitiv_Attribution_int_Pre Kognitiv_Attribution_int_Post BY pre_Semester
825 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
826 /METHOD=SSTYPE(3)
827 /CRITERIA=ALPHA(.05)
828 /WSDESIGN=prepost
829 /DESIGN=pre_Semester.
830 GLM Kognitiv_Attribution_int_Pre Kognitiv_Attribution_int_Post BY pre_Semester
831 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
832 /METHOD=SSTYPE(3)
833 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
834 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
835 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
836 /CRITERIA=ALPHA(.05)
837 /WSDESIGN=prepost
838 /DESIGN=pre_Semester.
839
840 GLM Kognitiv_Attribution_Ext_Pre Kognitiv_Attribution_Ext_Post BY pre_Semester
841 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
842 /METHOD=SSTYPE(3)
843 /CRITERIA=ALPHA(.05)
844 /WSDESIGN=prepost
845 /DESIGN=pre_Semester.
846 GLM Kognitiv_Attribution_Ext_Pre Kognitiv_Attribution_Ext_Post BY pre_Semester
847 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
848 /METHOD=SSTYPE(3)
849 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
850 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
851 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)

```

```

852 /CRITERIA=ALPHA(.05)
853 /WSDESIGN=prepost
854 /DESIGN=pre_Semester.
855
856 GLM Kognitiv_Strategien_Pre Kognitiv_Strategien_Post BY pre_Semester
857 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
858 /METHOD=SSTYPE(3)
859 /CRITERIA=ALPHA(.05)
860 /WSDESIGN=prepost
861 /DESIGN=pre_Semester.
862 GLM Kognitiv_Strategien_Pre Kognitiv_Strategien_Post BY pre_Semester
863 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
864 /METHOD=SSTYPE(3)
865 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
866 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
867 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
868 /CRITERIA=ALPHA(.05)
869 /WSDESIGN=prepost
870 /DESIGN=pre_Semester.
871
872 GLM Kognitiv_Strategien_Pre Kognitiv_Strategien_Post BY pre_Semester
873 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
874 /METHOD=SSTYPE(3)
875 /CRITERIA=ALPHA(.05)
876 /WSDESIGN=prepost
877 /DESIGN=pre_Semester.
878 GLM Kognitiv_Strategien_Pre Kognitiv_Strategien_Post BY pre_Semester
879 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
880 /METHOD=SSTYPE(3)
881 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
882 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
883 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
884 /CRITERIA=ALPHA(.05)
885 /WSDESIGN=prepost
886 /DESIGN=pre_Semester.
887
888 GLM Kognitiv_Technikbild_Pre Kognitiv_Technikbild_Post BY pre_Semester
889 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
890 /METHOD=SSTYPE(3)
891 /CRITERIA=ALPHA(.05)
892 /WSDESIGN=prepost
893 /DESIGN=pre_Semester.
894 GLM Kognitiv_Technikbild_Pre Kognitiv_Technikbild_Post BY pre_Semester
895 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
896 /METHOD=SSTYPE(3)
897 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
898 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
899 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
900 /CRITERIA=ALPHA(.05)
901 /WSDESIGN=prepost
902 /DESIGN=pre_Semester.
903
904 **Motivational Tests ALLGEMEIN.
905 GLM Motivational_Pre Motivational_Post BY pre_Semester
906 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
907 /METHOD=SSTYPE(3)
908 /CRITERIA=ALPHA(.05)
909 /WSDESIGN=prepost
910 /DESIGN=pre_Semester.
911 GLM Motivational_Pre Motivational_Post BY pre_Semester
912 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
913 /METHOD=SSTYPE(3)
914 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
915 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
916 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
917 /CRITERIA=ALPHA(.05)

```

```

918 /WSDESIGN=prepost
919 /DESIGN=pre_Semester.
920
921 **Motivational Tests SUB.
922 GLM Motivational_Affekt_Pre Motivational_Affekt_Post BY pre_Semester
923 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
924 /METHOD=SSTYPE(3)
925 /CRITERIA=ALPHA(.05)
926 /WSDESIGN=prepost
927 /DESIGN=pre_Semester.
928 GLM Motivational_Affekt_Pre Motivational_Affekt_Post BY pre_Semester
929 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
930 /METHOD=SSTYPE(3)
931 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
932 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
933 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
934 /CRITERIA=ALPHA(.05)
935 /WSDESIGN=prepost
936 /DESIGN=pre_Semester.
937
938 GLM Motivational_Verstehen_Pre Motivational_Verstehen_Post BY pre_Semester
939 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
940 /METHOD=SSTYPE(3)
941 /CRITERIA=ALPHA(.05)
942 /WSDESIGN=prepost
943 /DESIGN=pre_Semester.
944 GLM Motivational_Verstehen_Pre Motivational_Verstehen_Post BY pre_Semester
945 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
946 /METHOD=SSTYPE(3)
947 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
948 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
949 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
950 /CRITERIA=ALPHA(.05)
951 /WSDESIGN=prepost
952 /DESIGN=pre_Semester.
953
954 GLM Motivational_Gestalten_Pre Motivational_Gestalten_Post BY pre_Semester
955 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
956 /METHOD=SSTYPE(3)
957 /CRITERIA=ALPHA(.05)
958 /WSDESIGN=prepost
959 /DESIGN=pre_Semester.
960 GLM Motivational_Gestalten_Pre Motivational_Gestalten_Post BY pre_Semester
961 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
962 /METHOD=SSTYPE(3)
963 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
964 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
965 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
966 /CRITERIA=ALPHA(.05)
967 /WSDESIGN=prepost
968 /DESIGN=pre_Semester.
969
970 GLM Motivational_Technikangst_Pre Motivational_Technikangst_Post BY pre_Semester
971 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
972 /METHOD=SSTYPE(3)
973 /CRITERIA=ALPHA(.05)
974 /WSDESIGN=prepost
975 /DESIGN=pre_Semester.
976 GLM Motivational_Technikangst_Pre Motivational_Technikangst_Post BY pre_Semester
977 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
978 /METHOD=SSTYPE(3)
979 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
980 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
981 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
982 /CRITERIA=ALPHA(.05)
983 /WSDESIGN=prepost

```

```

984 /DESIGN=pre_Semester.
985
986 GLM Motivational_Anwenden_Pre Motivational_Anwenden_Post BY pre_Semester
987 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
988 /METHOD=SSTYPE(3)
989 /CRITERIA=ALPHA(.05)
990 /WSDESIGN=prepost
991 /DESIGN=pre_Semester.
992 GLM Motivational_Anwenden_Pre Motivational_Anwenden_Post BY pre_Semester
993 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
994 /METHOD=SSTYPE(3)
995 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
996 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
997 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
998 /CRITERIA=ALPHA(.05)
999 /WSDESIGN=prepost
1000 /DESIGN=pre_Semester.
1001 **_____FORSCHUNGSFRAGE 1 ENDE_____
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009 **_____FORSCHUNGSFRAGE 2 ANFANG_____
1010
1011 USE ALL.
1012 COMPUTE filter_$=(pre_Semester ~= 99).
1013 VARIABLE LABELS filter_$ 'pre_Semester ~= 99 (FILTER)'.
1014 VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
1015 FORMATS filter_$ (f1.0).
1016 FILTER BY filter_$.
1017 EXECUTE.
1018
1019 GLM Konativ_Pre Konativ_Post BY pre_Semester ersti
1020 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1021 /METHOD=SSTYPE(3)
1022 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1023 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1024 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1025 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1026 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1027 /WSDESIGN=prepost
1028 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1029
1030 **Motivational Tests
1031 GLM Motivational_Pre Motivational_Post BY pre_Semester ersti
1032 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1033 /METHOD=SSTYPE(3)
1034 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1035 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1036 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1037 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1038 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1039 /WSDESIGN=prepost
1040 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1041
1042 **Motivational Tests Sub.
1043 GLM Motivational_Affekt_Pre Motivational_Affekt_Post BY pre_Semester ersti
1044 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1045 /METHOD=SSTYPE(3)
1046 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1047 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1048 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1049 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1050 /CRITERIA=ALPHA(.05)

```

```

1050 /WSDESIGN=prepost
1051 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1052
1053 GLM Motivational_Verstehen_Pre Motivational_Verstehen_Post BY pre_Semester ersti
1054 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1055 /METHOD=SSTYPE(3)
1056 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1057 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1058 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1059 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1060 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1061 /WSDESIGN=prepost
1062 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1063
1064 GLM Motivational_Gestalten_Pre Motivational_Gestalten_Post BY pre_Semester ersti
1065 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1066 /METHOD=SSTYPE(3)
1067 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1068 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1069 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1070 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1071 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1072 /WSDESIGN=prepost
1073 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1074
1075 GLM Motivational_Technikangst_Pre Motivational_Technikangst_Post BY pre_Semester ersti
1076 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1077 /METHOD=SSTYPE(3)
1078 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1079 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1080 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1081 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1082 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1083 /WSDESIGN=prepost
1084 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1085
1086 GLM Motivational_Anwenden_Pre Motivational_Anwenden_Post BY pre_Semester ersti
1087 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1088 /METHOD=SSTYPE(3)
1089 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1090 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1091 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1092 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1093 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1094 /WSDESIGN=prepost
1095 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1096
1097
1098
1099 **Kognitiv Tests .
1100 GLM Kognitiv_Pre Kognitiv_Post BY pre_Semester ersti
1101 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1102 /METHOD=SSTYPE(3)
1103 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1104 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1105 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1106 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1107 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1108 /WSDESIGN=prepost
1109 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1110
1111 **Kognitiv Tests SUB .
1112 GLM Kognitiv_Kompetenz_Pre Kognitiv_Kompetenz_Post BY pre_Semester ersti
1113 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1114 /METHOD=SSTYPE(3)
1115 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

```

```

1116 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1117 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1118 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1119 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1120 /WSDESIGN=prepost
1121 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1122
1123 GLM Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Pre Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Post BY pre_Semester ersti
1124 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1125 /METHOD=SSTYPE(3)
1126 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1127 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1128 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1129 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1130 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1131 /WSDESIGN=prepost
1132 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1133
1134 GLM Kognitiv_Attribution_int_Pre Kognitiv_Attribution_int_Post BY pre_Semester ersti
1135 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1136 /METHOD=SSTYPE(3)
1137 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1138 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1139 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1140 /EMMEANS=TABLES(prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1141 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1142 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1143 /WSDESIGN=prepost
1144 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1145
1146 GLM Kognitiv_Attribution_Ext_Pre Kognitiv_Attribution_Ext_Post BY pre_Semester ersti
1147 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1148 /METHOD=SSTYPE(3)
1149 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1150 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1151 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1152 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1153 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1154 /WSDESIGN=prepost
1155 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1156
1157 GLM Kognitiv_Strategien_Pre Kognitiv_Strategien_Post BY pre_Semester ersti
1158 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1159 /METHOD=SSTYPE(3)
1160 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1161 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1162 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1163 /EMMEANS=TABLES(prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1164 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1165 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1166 /WSDESIGN=prepost
1167 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1168
1169 GLM Kognitiv_Technikbild_Pre Kognitiv_Technikbild_Post BY pre_Semester ersti
1170 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1171 /METHOD=SSTYPE(3)
1172 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1173 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1174 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1175 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*ersti) COMPARE(prepost)
1176 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1177 /WSDESIGN=prepost
1178 /DESIGN=pre_Semester ersti pre_Semester*ersti.
1179
1180
1181 USE ALL.

```

```

1182 EXECUTE.
1183
1184 **_____FORSCHUNGSFRAGE 2 ENDE_____
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192 **_____FORSCHUNGSFRAGE 3 ANFANG_____
1193
1194
1195
1196 GLM Konativ_Pre Konativ_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1197 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1198 /METHOD=SSTYPE(3)
1199 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1200 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1201 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1202 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1203 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1204 /WSDESIGN=prepost
1205 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1206
1207 **Forschungsfrage 3.1 .
1208
1209
1210
1211 **Motivational Tests .
1212 GLM Motivational_Pre Motivational_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1213 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1214 /METHOD=SSTYPE(3)
1215 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1216 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1217 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1218 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1219 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1220 /WSDESIGN=prepost
1221 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1222
1223 **Motivational Tests Sub.
1224 GLM Motivational_Affekt_Pre Motivational_Affekt_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1225 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1226 /METHOD=SSTYPE(3)
1227 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1228 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1229 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1230 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1231 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1232 /WSDESIGN=prepost
1233 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1234
1235 GLM Motivational_Verstehen_Pre Motivational_Verstehen_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1236 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1237 /METHOD=SSTYPE(3)
1238 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1239 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1240 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1241 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1242 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1243 /WSDESIGN=prepost
1244 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1245
1246 GLM Motivational_Gestalten_Pre Motivational_Gestalten_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1247 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial

```

```

1248 /METHOD=SSTYPE(3)
1249 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1250 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1251 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1252 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1253 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1254 /WSDESIGN=prepost
1255 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1256
1257 GLM Motivational_Technikangst_Pre Motivational_Technikangst_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1258 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1259 /METHOD=SSTYPE(3)
1260 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1261 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1262 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1263 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1264 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1265 /WSDESIGN=prepost
1266 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1267
1268 GLM Motivational_Anwenden_Pre Motivational_Anwenden_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1269 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1270 /METHOD=SSTYPE(3)
1271 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1272 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1273 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1274 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1275 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1276 /WSDESIGN=prepost
1277 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1278
1279
1280
1281 **Kognitiv Tests .
1282 GLM Kognitiv_Pre Kognitiv_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1283 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1284 /METHOD=SSTYPE(3)
1285 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1286 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1287 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1288 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1289 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1290 /WSDESIGN=prepost
1291 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1292
1293 **Kognitiv Tests SUB .
1294 GLM Kognitiv_Kompetenz_Pre Kognitiv_Kompetenz_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1295 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1296 /METHOD=SSTYPE(3)
1297 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1298 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1299 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1300 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1301 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1302 /WSDESIGN=prepost
1303 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1304
1305 GLM Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Pre Kognitiv_Selbstwirksamkeit_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1306 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1307 /METHOD=SSTYPE(3)
1308 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1309 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1310 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1311 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1312 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1313 /WSDESIGN=prepost

```

```

1314 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1315
1316 GLM Kognitiv_Attribution_int_Pre Kognitiv_Attribution_int_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1317 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1318 /METHOD=SSTYPE(3)
1319 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1320 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1321 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1322 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1323 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1324 /WSDESIGN=prepost
1325 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1326
1327 GLM Kognitiv_Attribution_Ext_Pre Kognitiv_Attribution_Ext_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1328 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1329 /METHOD=SSTYPE(3)
1330 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1331 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1332 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1333 /EMMEANS=TABLES(BittegebdeinGeschlechtan*prepost) COMPARE(prepost)
1334 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1335 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1336 /WSDESIGN=prepost
1337 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1338
1339 GLM Kognitiv_Strategien_Pre Kognitiv_Strategien_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1340 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1341 /METHOD=SSTYPE(3)
1342 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1343 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1344 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1345 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1346 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1347 /WSDESIGN=prepost
1348 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1349
1350 GLM Kognitiv_Technikbild_Pre Kognitiv_Technikbild_Post BY pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan
1351 /WSFACTOR=prepost 2 Polynomial
1352 /METHOD=SSTYPE(3)
1353 /PLOT=PROFILE(prepost prepost*pre_Semester) TYPE=LINE ERRORBAR=NO MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
1354 /EMMEANS=TABLES(prepost) COMPARE ADJ(BONFERRONI)
1355 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost) COMPARE(prepost)
1356 /EMMEANS=TABLES(pre_Semester*prepost*BittegebdeinGeschlechtan) COMPARE(prepost)
1357 /CRITERIA=ALPHA(.05)
1358 /WSDESIGN=prepost
1359 /DESIGN=pre_Semester BittegebdeinGeschlechtan pre_Semester*BittegebdeinGeschlechtan.
1360 **_____FORSCHUNGSFRAGE 3 ENDE_____
1361
1362
1363
1364
1365 **Mittelwerte pro Skala berechnen.
1366 SORT CASES BY complete_cats.
1367 SPLIT FILE LAYERED BY complete_cats.
1368
1369 DESCRIPTIVES VARIABLES=KonativerTechnikbezuglchhabeschonfrühzeitigpraktischeErf
1370 KonativerTechnikbezuglchhabemichinderKindheitundJugend
1371 KonativerTechnikbezuglneinerFreizeitbeschäftigeichmich
1372 /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.
1373
1374 SPLIT FILE off.
1375
1376 T-TEST PAIRS=Konativ_Pre Motivational_Pre Kognitiv_Pre WITH Konativ_Post Motivational_Post
1377 Kognitiv_Post (PAIRED)
1378 /ES DISPLAY(TRUE) STANDARDIZER(SD)
1379 /CRITERIA=CI(.9500)

```

```
1380 /MISSING=ANALYSIS.
1381
1382 CROSSTABS
1383 /TABLES=ersti BY pre_Semester
1384 /FORMAT=AVALUE TABLES
1385 /CELLS=COUNT
1386 /COUNT ROUND CELL.
1387
1388 CROSSTABS
1389 /TABLES=BittegebdeinGeschlechtan BY pre_Semester
1390 /FORMAT=AVALUE TABLES
1391 /CELLS=COUNT
1392 /COUNT ROUND CELL.
1393
1394 CROSSTABS
1395 /TABLES=BittewähleausderfolgendenListedeinenHauptStudienganga_A BY pre_Semester
1396 /FORMAT=AVALUE TABLES
1397 /CELLS=COUNT
1398 /COUNT ROUND CELL.
```





# D Forschungsfrage 3: Untersuchungen zur weiteren akademischen Laufbahn

## D.1 Notenübersicht

Modul	Anzahl abgelegter Prüfungen WiSe 21/22+SoSe 22	ohne Belegung Soft Skill im SoSe 21			mit Belegung Soft Skill im SoSe 21		
		$\Sigma$	$\emptyset$ Note	$\sigma$	$\Sigma$	$\emptyset$ Note	$\sigma$
inf004 Softwareprojekt	59	29	1.8	0.81	30	1.9	1.09
inf005 Softwaretechnik I	71	37	3.9	1.25	34	4.2	1.09
inf006 Softwaretechnik II	1	1	1.7	0.00			
inf007 Informationssysteme I	68	36	3.3	1.24	32	3.2	1.29
inf008 Informationssysteme II	6	5	2.9	0.46	1	2.3	0.00
inf010 Rechnernetze	34	18	3.3	1.46	16	2.7	1.47
inf012 Betriebssysteme I	25	16	3.8	1.56	9	3.1	1.32
inf021 Fortg. Java-Technologien	5	1	1.0	0.00	4	1.6	0.58
inf030 Prog./Datenstr./Algorithm	13	9	2.9	0.78	4	2.5	0.73
inf031 Objektor. Programmierung	36	19	4.1	0.99	17	4.0	0.98
inf108 Requirements-Engineering	1	1	1.0	0.00			
inf109 Informationssysteme III	1	1	5.0	0.00			
inf112 Mod. Programmtechnologien	1	1	1.0	0.00			
inf200 Grundlagen Technische Inf	4	3	2.7	0.47	1	3.0	0.00
inf201 Technische Informatik	4	4	3.7	1.40			
inf202 Praktikum Techn. Inform.	22	14	1.9	0.62	8	1.8	0.50
inf400 Theoret. Inf.: Logik	7	4	3.9	1.35	3	2.7	1.19
inf401 Grundl. Theor. Informatik	22	9	2.6	1.60	13	2.7	1.30
inf521 Medizinische Informatik	2	1	3.7	0.00	1	2.7	0.00
inf530 Künstliche Intelligenz	12	7	2.2	1.44	5	1.5	0.49
inf535 Comput. Intelligenz I	1	1	2.3	0.00			
inf537 Intelligent Systems	2	2	2.2	0.50			
inf538 Management	1	1	1.3	0.00			
inf540 Anwendungen der KI	1	1	2.3	0.00			
inf600 Wirtschaftsinformatik I	5	2	3.4	1.65	3	4.2	1.08
inf601 Wirtschaftsinformatik II	16	14	3.3	1.02	2	3.4	0.35
inf604 Business Intelligenz I	1	1	1.7	0.00			
inf607 Business Intelligenz II	2	2	1.2	0.15			
inf608 eBusiness	24	13	2.1	0.70	11	2.2	1.14
inf609 Geschäftsprozessmanag.	4	4	3.9	0.70			
inf652 Produktor. Wirtschaftsinf.	1	1	1.3	0.00			
inf654 Mobile Commerce	1	1	1.3	0.00			
inf657 Product Engineering	1	1	1.3	0.00			
inf693 Wirtschaftsinformatik IV	1	1	1.3	0.00			
inf700 Didaktik der Informatik I	2	2	3.7	1.35			
inf800 Proseminar Informatik	34	18	2.1	1.21	16	1.6	0.59
inf808 Aktuelle Themen	2	1	1.0	0.00	1	1.3	0.00
inf851 Informatik / Gesellschaft	1	1	5.0	0.00			
inf852 DV-Projektmanagement	4	2	2.7	0.35	2	3.5	1.50
inf853 Anwendungen I	1				1	2.3	0.00
mat030 Analysis II a	4	1	2.3	0.00	3	4.2	1.08
mat310 Statistik I	3	2	5.0	0.00	1	3.7	0.00
mat950 Mathematik DS	9	7	3.5	1.46	2	4.4	0.65
mat955 Lineare Algebra	16	7	4.0	1.32	9	3.3	1.50
mat960 Analysis	3	2	5.0	0.00	1	1.7	0.00
mat990 Mathematik	25	16	3.8	1.38	9	3.7	1.40
mat991 Mathe für Ökonomen II	2	2	5.0	0.00			
mat996 Numerik	12	5	3.5	1.27	7	4.1	1.10
mat997 Einführung Stochastik	5	2	2.5	1.50	3	3.8	1.74
pb036 Logik	6	4	3.3	1.44	2	3.0	2.00
pb085 Soft Skills	7	7	2.2	0.97			
pb221 Projektmanagement I	4	3	1.3	0.00	1	1.3	0.00
prx106 Berufs. Prakt. (6 KP)	1				1	2.0	0.00

## D.2 SPSS-Syntaxdatei: Untersuchung der Modulnoten

```
1  ** Encoding: UTF-8.
2  DATASET ACTIVATE DataSet1
3
4  SORT CASES BY SoftSkillbelegtSoSe21 Modulkurztext.
5  SPLIT FILE SEPARATE BY SoftSkillbelegtSoSe21 Modulkurztext.
6  DESCRIPTIVES VARIABLES=Note
7  /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.
8
9  SORT CASES BY SoftSkillbelegtSoSe21.
10 SPLIT FILE SEPARATE BY SoftSkillbelegtSoSe21.
11 DESCRIPTIVES VARIABLES=Note
12 /STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.
13
14 SORT CASES BY Modulkurztext.
15 SPLIT FILE SEPARATE BY Modulkurztext.
16 T-TEST GROUPS=SoftSkillbelegtSoSe21 ('0' '1')
17 /MISSING=ANALYSIS
18 /VARIABLES=Note
19 /ES DISPLAY(TRUE)
20 /CRITERIA=CI(.95).
```



## D.3 Weitere Statistiken zum Studienabbruch

Studienfach	Abschluss	Studienanfänger *innen im WiSe 19/20		darunter mit Belegung Soft Skills im WiSe 19/20		Abbrecher*innen gesamt (bis inkl. SoSe 2021)		Abbrecher*innen ohne Soft Skills (bis inkl. SoSe 2021)		Abbrecher*innen mit Soft Skills (bis inkl. SoSe 2021)	
		gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich
Informatik	Fach-Bachelor	134	19	57	4	51	12	44	11	7	1
Wirtschaftsinformatik	Fach-Bachelor	91	11	37	4	21	1	18	1	3	0

Studienfach	Abschluss	Studienanfänger *innen im WiSe 20/21		darunter mit Belegung Soft Skills im SoSe 21		Abbrecher*innen gesamt (bis inkl. SoSe 2021)		Abbrecher*innen ohne Soft Skills (bis inkl. SoSe 2021)		Abbrecher*innen mit Soft Skills (bis inkl. SoSe 2021)	
		gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich
Informatik	Fach-Bachelor	93	19	25	7	45	10	38	7	7	3
Wirtschaftsinformatik	Fach-Bachelor	67	12	12	2	25	6	25	6	0	0

Studienfach	Abschluss	Studienanfänger *innen im WiSe 20/21		darunter mit Belegung inf031 im SoSe 21		Abbrecher*innen gesamt (bis inkl. SoSe 2021)		Abbrecher*innen ohne inf031 (bis inkl. SoSe 2021)		Abbrecher*innen mit inf031 (bis inkl. SoSe 2021)	
		gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich	gesamt	darunter weiblich
Informatik	Fach-Bachelor	93	19	23	4	45	10	41	9	4	1
Wirtschaftsinformatik	Fach-Bachelor	67	12	15	1	25	6	23	6	2	0



# Versicherung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Oldenburg, den 3. März 2024

---