

Professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte:

**Untersuchungen zur Bedeutung von Lehr-Lern-Laboren in den
Bereichen Elektrotechnik und Bildung für nachhaltige Entwicklung.**

Von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der Carl von
Ossietzky Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades und Titels eines
Doktors der Philosophie (Dr. phil.)

von Herrn Dani Hamade

geboren am 23.07.1998 in Diepholz

Gutachter:

Prof. Dr. Peter Röben

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Weitere Gutachter:

Prof. Dr. Tobias Wiemer

Universität Potsdam

Prof. Dr. Gudrun Massmann

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Tag der Disputation: 17.09.2026

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Innsbruck, 30.06.2026

Dani Hamade

Hinweis

Ein Teil der Dissertation wurde aus Gründen der sachlichen Notwendigkeit in überarbeiteter Form aus diesem Beitrag übernommen:

HAMADE, D. (2024). Entwicklung BNE-spezifischer, professioneller Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte am Beispiel des Wasserkreislaufs und der wassertechnischen Infrastruktur. In: PENNING, I., BINDER, M., FRIESE, M. (Hrsg.). *Teilhabe an gesellschaftlicher Transformation stärken. Der Beitrag der Arbeitsbezogenen und der Technischen Bildung*. Bielefeld: wbv. S. 71-82.

Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertation untersucht die professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte in den Themenbereichen Elektrotechnik und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der Technikunterricht stellt Lehrkräfte in beiden Bereichen vor besondere Anforderungen, da technische Inhalte unterschiedlich fachlich durchdrungen, didaktisch transformiert, praktisch erfahrbar gemacht und zugleich in ihren gesellschaftlichen, ökologischen und ethischen Bezügen reflektiert werden müssen. Vor diesem Hintergrund werden die Elektrotechnik und BNE als zwei kontrastierende, aber miteinander verbundene Professionalisierungsfelder betrachtet. Die Elektrotechnik steht für fachliche Abstraktion, praktische Fehleranfälligkeit und fachdidaktische Reduktion, während die BNE durch normative Offenheit, Mehrperspektivität und Anforderungen an Urteils- und Gestaltungskompetenz geprägt ist.

Lehr-Lern-Labore werden in dieser Verbindung als Professionalisierungsräume untersucht, in denen fachliche Klärung, didaktische Planung, praktische Erprobung und Reflexion miteinander verschränkt werden. Empirisch folgt die Arbeit einem mehrteiligen Untersuchungsdesign. In der quantitativen Teilstudie zur Elektrotechnik ($N = 84$) werden elektrotechnisches Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Selbstwirksamkeit und motivationale Orientierungen erhoben. Ergänzend werden qualitative Interviews zur vertieften Rekonstruktion elektrotechnikbezogener Deutungen und Professionalisierungserfahrungen ausgewertet ($N = 20$). Der BNE-Schwerpunkt ist demgegenüber qualitativ-explorativ angelegt ($N = 11$). Hier wird ein Lehr-Lern-Labor-Seminar zu BNE im Kontext des Wasserkreislaufs und der wassertechnischen Infrastruktur entwickelt, erprobt und rekonstruktiv untersucht. Das Ziel ist es zu analysieren, wie angehende Lehrkräfte BNE verstehen, welche Zielhorizonte und Herausforderungen sie beschreiben und inwiefern ein LLL-Seminar dazu beitragen kann, BNE als Gegenstand technischer Bildung konkretisierbar zu machen.

Die Ergebnisse zeigen, dass elektrotechnikbezogene professionelle Handlungskompetenz eng mit dem Zusammenspiel der dazugehörigen Facetten verbunden ist. Studierende mit elektrotechnikbezogener Lehr-Lern-Labor-Erfahrung weisen in mehreren Bereichen höhere Ausprägungen auf.

Die qualitativen Befunde verdeutlichen dabei, dass die Elektrotechnik zugleich aber mit Unsicherheit, Abstraktion und Fehleranfälligkeit verbunden ist. Lehr-Lern-Labor-Erfahrungen tragen dazu bei, diese Distanz zu reduzieren und Elektrotechnik als planbaren und unterrichtlich bearbeitbaren Gegenstand zu reflektieren. Für die BNE zeigt sich ein anders gelagertes Professionalisierungsproblem. Die Studierenden erkennen die hohe Relevanz von Nachhaltigkeit für den Technikunterricht an, verfügen jedoch nicht durchgängig über ein gesichertes Konzeptverständnis.

Lehr-Lern-Labore sind in dieser Arbeit nicht als lineare Wirkfaktoren professioneller Kompetenzentwicklung zu verstehen. Ihr Beitrag liegt vielmehr darin, fachliche, didaktische und reflexive Unsicherheiten in konkreten Handlungssituationen erfahrbar und bearbeitbar zu machen. Für die Elektrotechnik betrifft dies vor allem die Bearbeitung fachlicher Abstraktion, während es bei der BNE vor allem die Strukturierung normativer Offenheit und mehrperspektivischer Technikbewertung tangiert. Damit leisten Lehr-Lern-Labore einen Beitrag zur doppelten Professionalisierung angehender Techniklehrkräfte und eröffnen Räume, in denen Technik nicht nur verstanden, sondern unterrichtlich gestaltet werden kann.

Abstract

This dissertation investigates the professional competence of prospective technology teachers in the fields of electrical engineering and Education for Sustainable Development (ESD). Technology education places specific demands on teachers in both areas, as technical content must be understood in disciplinary terms, transformed pedagogically, made accessible through practical experience and, at the same time, reflected upon in relation to its social, ecological and ethical implications. Against this background, electrical engineering and ESD are considered as two contrasting yet interconnected fields of professionalisation. Electrical engineering is characterised by conceptual abstraction, practical susceptibility to errors and the need for reduction, whereas ESD is shaped by normative openness, multi-perspectivity and demands relating to judgement and design-competence.

In this context, teaching laboratories are examined as spaces of professionalisation in which content clarification, pedagogical planning, practical enactment and reflection are interlinked. Empirically, the dissertation follows a multi-part research design. In the quantitative sub-study on electrical engineering ($N = 84$), electrical engineering content knowledge, pedagogical content knowledge, self-efficacy and motivational orientations are assessed. In addition, qualitative interviews are analysed in order to reconstruct prospective teachers' interpretations of electrical engineering and their professional experiences in greater depth ($N = 20$). By contrast, the ESD component is designed as a qualitative-exploratory study ($N = 11$). In this part of the dissertation, a teaching laboratory seminar on ESD in the context of the water-cycle and water-related technical infrastructure is developed, implemented and examined reconstructively. The aim is to analyse how prospective teachers understand ESD, which aims and challenges they describe, and to what extent a teaching-laboratory seminar can help to make ESD more concrete as a subject of technology education.

The findings show that professional competence in electrical engineering is closely linked to the interplay of its related facets. Students with experience of electrical engineering related teaching laboratories show higher levels in several areas. At the same time, the qualitative findings indicate that electrical engineering remains associated with uncertainty, abstraction and susceptibility to errors.

Experiences in teaching laboratories help to reduce this distance and enable students to reflect on electrical engineering as a topic that can be planned and made manageable for teaching. For ESD, a differently structured professionalisation challenge becomes visible. The students recognise the high relevance of sustainability for technology education, but do not consistently demonstrate a secure conceptual understanding.

In this dissertation, teaching laboratories are not understood as linear causal factors in the development of professional competence. Rather, their contribution lies in making subject-specific, pedagogical and reflexive uncertainties can be experienced and managed in concrete teaching situations. In electrical engineering, this primarily concerns the handling of conceptual abstraction, whereas in ESD it concerns the structuring of normative openness and multi-perspective technology assessment. Teaching laboratories thus contribute to the “double professionalisation” of prospective technology teachers and open up spaces in which technology can not only be understood, but also pedagogically shaped in teaching.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung	I
Zusammenfassung	II
Abstract.....	IV
Inhaltsverzeichnis	VI
Verzeichnis der Abkürzungen	IX
Tabellenverzeichnis	X
Abbildungsverzeichnis	XII
1 Einleitung.....	1
2 Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften	8
2.1 Lehrkräfteprofessionalität.....	9
2.1.1 Strukturtheoretische Sichtweise auf die Lehrkräfteprofessionalität.....	10
2.1.2 Persönlichkeits-Paradigma: Die Persönlichkeit als Schlüssel zu einer guten Lehrkraft?	15
2.1.3 Das Prozess-Produkt-Paradigma: Der Unterrichtsprozess und das Ergebnis von Unterricht als Prädiktor für Lehrkräfteprofessionalität	21
2.1.4 Das Experten-Paradigma: Wissen als zentrales Element von Lehrkräfteprofessionalität	23
2.2 Kompetenztheoretische Sichtweise auf die Lehrkräfteprofessionalität.....	33
2.3 Modell professioneller Handlungskompetenz	38
2.3.1 Professionswissen.....	41
2.3.2 Professionelle Überzeugungen (Beliefs) und Werthaltungen	45
2.3.3 Motivationale Orientierungen	49
2.4 Theoriesynthese und domänenspezifische Fokussierung professioneller Handlungskompetenz	56
2.5 Stand der Forschung: Technikspezifische professionelle Handlungskompetenz	59
2.5.1 Technikspezifisches Fachwissen im Kontext allgemeiner technischer Bildung	59
2.5.2 Modellierung technikdidaktischen Wissens.....	65
2.5.3 Professionsbezogene Überzeugungen von angehenden Techniklehrkräften	69
2.6 BNE spezifische professionelle Handlungskompetenz	71
2.6.1 BNE-spezifisches Professionswissen von Lehrkräften	74
2.6.2 Nachhaltige Entwicklung und Technik	79
2.6.3 Synthese: Technische Bildung für nachhaltige Entwicklung.....	92
2.7 Fachwissen für die Elektrotechnik: Curricularer Rahmen und Stand der Forschung	98
3 Beschreibung der Interventionen im Lehr-Lern-Labor	105
3.1 Lehr-Lern-Labore als Ort der Professionalisierung.....	105
3.2 Intervention zur BNE im Kontext des Wasserkreislaufs und der wassertechnischen Infrastruktur	109
3.3 Kurs zu den Grundlagen der Elektrotechnik.....	120
	VI

4	Fragestellungen und Hypothesen	124
4.1	Untersuchung professioneller Handlungskompetenz zur Elektrotechnik im LLL	125
4.2	BNE-spezifische professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte	131
5	Methodischer Teil	135
5.1	Untersuchungsdesign	135
5.2	Stichproben der verschiedenen Studien	140
5.3	Überblick zu den Erhebungsverfahren	141
6	Quantitative Teilstudie: Elektrotechnikspezifische professionelle Handlungskompetenz	144
6.1	Fragebogen zum elektrotechnischen Fachwissen	144
6.2	Entwicklung und Validierung der Vignetten zum fachdidaktischen Wissen	146
6.3	Fragen zur motivationalen Orientierung und zur Selbstwirksamkeitswahrnehmung	157
6.4	Ergebnisse der quantitativen Teilstudie zur Elektrotechnik	158
6.4.1	Stichprobe und Datenbasis	158
6.4.2	Übersicht der zentralen Skalen, Summenwerte und Normalverteilungen	162
6.4.3	Fachdidaktisches Wissen: Auswertung der Vignetten	168
6.4.4	Elektrotechnisches Fachwissen	171
6.4.5	Elektrotechnikbezogene Selbstwirksamkeit	174
6.4.6	Enthusiasmus und motivationale Orientierungen gegenüber Elektrotechnik	175
6.4.7	Einschätzungen zum Lehr-Lern-Labor	177
6.4.8	Gruppenvergleiche	179
6.4.9	Zusammenhangsanalysen zwischen den erhobenen Konstrukten	191
6.5	Hypothesenübersicht und Zwischenfazit der quantitativen Teilstudie zur Elektrotechnik	196
7	Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte	200
7.1	Interviewleitfäden zur Elektrotechnik	200
7.2	Interviewleitfaden BNE und Begleitbefragung	205
7.3	Durchführung der Interviews	208
7.3.1	Transkription	209
7.4	Auswertungsverfahren	210
7.5	Gütekriterien	212
7.6	Ergebnisse der qualitativen Vertiefungsstudie zur Elektrotechnik	214
7.6.1	Elektrotechnik als relevanter, aber ambivalent besetzter Technikbereich	217
7.6.2	Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Technikbereichen	221
7.6.3	Fachwissen und Theorie als notwendige Grundlage und zugleich als Hürde	224
7.6.4	Praxis, fachpraktische Fertigkeiten und Produktorientierung	227

7.6.5 Fachdidaktische Deutungen und Unterrichtsplanung	229
7.6.6 Selbstwirksamkeit und Handlungssicherheit	231
7.6.7 Motivation und Enthusiasmus gegenüber Elektrotechnik.....	233
7.6.8 Lehr-Lern-Labor-Erfahrung als Transformation von Distanz und Bearbeitbarkeit	236
7.6.9 Zwischenfazit Elektrotechnik.....	238
7.7 Ergebnisse der qualitativen Teilstudie zur BNE.....	239
7.7.1 Verständnis von BNE	241
7.7.2 Zielhorizonte von BNE	245
7.7.3 Technik und nachhaltige Entwicklung: Technik als ambivalentes Gestaltungsfeld.....	248
7.7.4 BNE im Technikunterricht	251
7.7.5 Lehrkraftrolle	254
7.7.6 Didaktische Herausforderungen	256
7.7.7 BNE bezogene Erfahrungen im Studium und im LLL	259
7.7.8 Ergebnisse der ergänzenden Befragung	262
7.8 Zwischenfazit BNE.....	269
8 Diskussion.....	272
8.1 Elektrotechnikbezogene Professionalisierung	273
8.2 Fachdidaktisches Wissen	276
8.3 Selbstwirksamkeit.....	277
8.4 Motivation und Enthusiasmus	278
8.5 BNE-spezifische Professionalisierung.....	280
8.6 BNE im Technikunterricht	283
8.7 LLL als Räume doppelter Professionalisierung	284
8.8 Implikationen für die Lehrkräftebildung im Fach Technik	285
8.9 Methodische Reflexion und Limitationen	287
8.10 Gesamtfazit	288
Literaturverzeichnis	290
9 Anhang.....	307
9.1 Fragebogen Elektrotechnik.....	307
9.2 Kodiermanual / Bewertungsmatrix zum fachdidaktischen Wissen auf Grundlage der Expertenurteile.....	331
9.3 Interviewleitfäden	337
9.3.1 Leitfäden Elektrotechnik	337
9.3.2 Leitfaden BNE.....	343
9.4 Fragebogen Zusatzbefragung BNE.....	346

Verzeichnis der Abkürzungen

BMBF	<i>Bundesministerium für Bildung und Forschung</i>
BMUV	<i>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.</i>
BNE	<i>Bildung für nachhaltige Entwicklung</i>
FFM	<i>Fünf-Faktoren-Modell.</i>
LLL.....	<i>Lehr-Lern-Labore</i>
LLLS.....	<i>Lehr-Lern-Labor-Seminar</i>
RIASEC.....	<i>Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprising und Conventional.</i>

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ablauf des Seminars zur Perspektive BNE und NE.....	118
Tabelle 2: Technischer Teil des Seminars zur Umsetzung verschiedener Anwendungen im Wasserkontext.	119
Tabelle 3: Inhaltliche Gestaltung des Theorieteils zu den Grundlagen der Elektronik.	121
Tabelle 4: Inhaltliche Aufschlüsselung des Fachwissensfragebogen zur Elektrotechnik	145
Tabelle 5: Vignetten zum fachdidaktischen Wissen im allgemeinbildenden Elektrotechnikunterricht	149
Tabelle 6: Beispiel für die Bewertungsmatrix zum fachdidaktischen Wissen.	152
Tabelle 7: Stichprobenzusammensetzung und soziodemografische Daten	159
Tabelle 8: Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test) der zentralen Skalen.....	163
Tabelle 9: Zusammenfassung der zentralen Summenscores zu den zentralen Konstrukten.....	168
Tabelle 10: Auswertung der Scores zum fachdidaktischen Wissen auf Vignettenebene.	169
Tabelle 11: Elektrotechnisches Fachwissen aufgeschlüsselt nach Anforderungsniveau.	171
Tabelle 12: Itembasierte Lösungsquoten im Fachwissen Elektrotechnik	173
Tabelle 13: Einschätzungen zur fachlich-praktischen Selbstwirksamkeit.	174
Tabelle 14: Auswertung der fachdidaktischen Selbstwirksamkeit im Kontext elektrotechnischer Anforderungen.....	175
Tabelle 15: Auswertung der motivationalen Orientierungen in Bezug auf die Elektrotechnik.....	176
Tabelle 16: Auswertung der Skalen zum Einfluss des LLL.....	178
Tabelle 17: Gruppenvergleich zwischen Studierenden mit LLL und Studierenden ohne LLL-Erfahrung.	180
Tabelle 18: Sensitivitätsvergleich Interventionsgruppe gegenüber allen anderen Studierenden.	180
Tabelle 19: Vierstufiger Gruppenvergleich mit Kruskal-Wallis Test nach gemachter Lernerfahrung in Bezug auf Elektrotechnik	182
Tabelle 20: Prüfung der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit der Modulbelegung. ..	186
Tabelle 21: Prüfung der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zur Berufsbiografie....	187
Tabelle 22: Prüfung der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zum Studium (Bachelor und Master).....	188
Tabelle 23: Vergleich der zentralen Konstrukte nach Studium (SoPäd).....	189
Tabelle 24: Vergleich der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zu gemachten schulpraktischen Erfahrungen im ASP.....	190
Tabelle 25: Vergleich der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zu gemachten schulpraktischen Erfahrungen im GHR 300.....	190
Tabelle 26: Rangkorrelationen zwischen den zentralen Konstrukten.	191
Tabelle 27: Zusammenhangsanalysen zwischen einzelnen Vignetten und dem Fachwissen.....	195
Tabelle 28: Hypothesenübersicht und Ergebnisse.....	196
Tabelle 29: Kategoriensystem mit deduktiv-induktiv generierten Kategorien zur Vertiefungsstudie der Elektrotechnik	216

Tabelle 30: Deduktiv-induktiv generiertes Kategoriensystem zur BNE.	240
Tabelle 31: Deskriptive Auswertung der Selbstwirksamkeit in Bezug auf die Umsetzung von BNE.	268
Tabelle 32: Deskriptive Auswertung zur motivationalen Orientierung gegenüber BNE	269

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Fünf-Faktoren-Modell und seine Facetten (Mayr 2014, S. 192)	16
Abbildung 2: Persönlichkeit als System nach MCCRAE & COSTA (MAYR, 2014, S. 195)	17
Abbildung 3: Allgemeine Interessen im RIASEC-Modell und bevorzugte Tätigkeitsfelder (MAYR, 2014, S. 200).....	19
Abbildung 4: Kompetenz als Kontinuum von Professioneller Kompetenz zu unterrichtlichen Zielkriterien (KRAUSS, 2020, S. 156)	34
Abbildung 5: Mediationsmodell professioneller Kompetenz mit professioneller Unterrichtswahrnehmung als Mediator zwischen Disposition und Performanz (BLÖMEKE et al., 2015, S. 312)	35
Abbildung 6: Das COACTIV-Modell professioneller Handlungskompetenz (BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 32).	39
Abbildung 7: Wirksamkeits- und Ergebniserwartungen der Selbstwirksamkeit (KRAPP & RYAN, 2002, S. 56).	49
Abbildung 8: Selbstwirksamkeitserwartungen und ihre beeinflussenden Quellen (BANDURA, 1977, S. 195).	51
Abbildung 9: Kategorien technischen Wissen in der technischen Allgemeinbildung (WIEMER, 2018, S. 149).....	61
Abbildung 10: Kompetenzstrukturmodell der Technikdidaktik (GORETH, 2017, S. 72).	65
Abbildung 11: Erweiterung des Strukturmodells nach Goreth durch Straub um die Konstruktionsaufgabe und die Leistungsbewertung (STRAUB, 2020, S. 222).	68
Abbildung 12: Modell BNE-spezifischer professioneller Handlungskompetenz (BERTSCHY et al. 2013, S. 5070).....	78
Abbildung 13: Modell zyklischen Lernens im Lehr-Lern-Labor (ROTH & PRIEMER, 2020, S. 8).....	106
Abbildung 14: Curriculum zur zeitlichen und inhaltlichen Implementierung von LLL im Lehramtsstudium (SMOOR & KOMOREK, 2017, S. 529)	108
Abbildung 15: Inhaltliche Aufschlüsselung für das LLL-Seminar zur wassertechnischen Infrastruktur.	117
Abbildung 16: Beispiel für entstandene Experimentiersetting (links: Experimentierbox mit einem Arduino, einem Relais für Pumpen, einem Feuchtigkeitssensor. Rechts: Experimenteller Aufbau zum Vergleich verschiedener Bewässerungstechniken.	120
Abbildung 17: Beispiel zu dem entstandenen Unterrichtsmaterial. In diesem LLL wurde ein USB-Ladegerät für das Fahrrad umgesetzt. Die Gruppen haben jeweils ein Bauteil fachlich und didaktisch erarbeitet. In dieser Station wurde die Funktionsprüfung als Sicherung eingebaut.	123
Abbildung 18: Beispielitem zum Fachwissen auf Schulniveau: Konkret geht es hier um die Berechnung des Vorwiderstandes einer LED.	146
Abbildung 19: Itemselektion nach Expert:innenbefragung durch Goreth (GORETH, 2017, S. 174).....	147
Abbildung 20: Beispiel zur Expertenbefragung in Anlehnung an Goreth (2017) und Straub (2020).	151

Abbildung 21: Expertenratings zur Verständlichkeit der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).	153
Abbildung 22: Expertenratings zur fachdidaktischen Relevanz der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).	154
Abbildung 23: Expertenratings zur Praxisnähe der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).	155
Abbildung 24: Expertenratings zur Authentizität der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).	156
Abbildung 25: Verteilung der Modulbelegungen innerhalb der Stichprobe.	160
Abbildung 26: Inhaltsbereiche des Technikstudiums, die im Schulpraktikum angewendet wurden.	161
Abbildung 27: Auswahlentscheidung für Inhalte im Praktikum.	162
Abbildung 28: Normalverteilung der Summe des fachdidaktischen Wissens.	164
Abbildung 29: Normalverteilungsprüfung der Skalen zum Fachwissen.	164
Abbildung 30: Normalverteilungsprüfung der Skalen zur Selbstwirksamkeit.	165
Abbildung 31: Normalverteilungsprüfung der Skalen zur Motivation.	165
Abbildung 32: Verteilung der zentralen Skalen- und Summenwerte in Prozent des jeweils möglichen Wertebereichs. Die Boxplots zeigen Median, IQR sowie Spannweite der Werte.	167
Abbildung 33: Lösungsquoten aufgeschlüsselt nach erreichten Punkten pro Vignette.	170
Abbildung 34: Itembezogene Übersicht zur Lösungsquote zum Fachwissen in der Elektrotechnik.	171
Abbildung 35: Boxplots zum Vergleich des fachdidaktischen Wissens in Bezug auf gemachte Lernerfahrung zur Elektrotechnik	183
Abbildung 36: Boxplots zum Vergleich des Fachwissens in Bezug auf gemachte Lernerfahrungen in der Elektrotechnik.	183
Abbildung 37: Boxplots zum Vergleich der Selbstwirksamkeit in Abhängigkeit der gemachten Lernerfahrung in der Elektrotechnik	184
Abbildung 38: Boxplots zum Vergleich des Enthusiasmus in Abhängigkeit der gemachten Lernerfahrung in der Elektrotechnik	184
Abbildung 39: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen.	191
Abbildung 40: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und Selbstwirksamkeit.	192
Abbildung 41: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und fachdidaktischem Wissen.	192
Abbildung 42: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Enthusiasmus und Selbstwirksamkeit.	193
Abbildung 43: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Enthusiasmus und fachdidaktischem Wissen	194
Abbildung 44: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und Enthusiasmus	194

Abbildung 45: Ablaufmodell zur qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (KUCKARTZ, 2018, S. 100).....	211
--	-----

1 Einleitung

“He who can, does. He who cannot, teaches.”

(SHAW, 1903, zit. nach SHULMAN, 1986, S. 4)

Die oft zitierte Zuspitzung Shaws verdichtet ein Missverständnis, das den Lehrkräfteberuf bis heute begleitet. Das Unterrichten erscheint darin nicht als eigenständige professionelle Tätigkeit, sondern als Ersatzhandlung für diejenigen, die fachlich nicht handeln können. Für den Technikunterricht greift diese Sichtweise in besonderer Weise zu kurz. Technische Bildung verlangt nicht nur fachliches Können, sondern die Fähigkeit, technische Gegenstände didaktisch zu transformieren, Lernprozesse zu strukturieren, praktische Tätigkeiten anzuleiten, Fehlvorstellungen zu erkennen und technische Entwicklungen in ihren gesellschaftlichen, ökologischen und ethischen Zusammenhängen reflektierbar zu machen. Wer Technik unterrichtet, muss daher nicht nur über Technik wissen oder Technik anwenden können, sondern dieses Wissen in pädagogisch verantwortbares, fachlich tragfähiges und didaktisch begründetes Handeln überführen (GORETH, 2017, S. 72).

Die Frage, wodurch sich dieses professionelle Lehrkräftehandeln theoretisch bestimmen und operationalisieren lässt, ist ein zentrales Thema der Professionalisierungsforschung. Für die empirische Erfassung professioneller Voraussetzungen von Lehrkräften hat sich insbesondere die kompetenztheoretische Perspektive als anschlussfähig erwiesen. In dieser Sichtweise wird professionelle Handlungskompetenz als facettenreiches Gefüge aus Professionswissen, professionellen Überzeugungen, motivationalen Orientierungen und selbstregulativen Fähigkeiten verstanden (BAUMERT & KUNTER, 2011). Damit rückt nicht allein das fachliche Wissen in den Vordergrund, sondern das Zusammenspiel kognitiver und nicht-kognitiver Dispositionen, welche Lehrkräfte dazu befähigen, die Anforderungen des Unterrichts professionell zu bewältigen. Empirische Arbeiten verdeutlichen dabei insbesondere die Bedeutung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen für die Qualität des Lehrerhandelns (KUNTER ET AL., 2011; KULGEMEYER ET AL., 2012).

Zugleich zeigen Arbeiten zu Überzeugungen, Motivation und Selbstwirksamkeit, dass professionelles Handeln nicht ausschließlich aus Wissen hervorgeht. Es hängt auch davon ab, wie Lehrkräfte ihre eigene Wirksamkeit einschätzen, welche Bedeutung sie einem Inhaltsbereich zuschreiben und mit welchen motivationalen Voraussetzungen sie unterrichtlichen Anforderungen begegnen (MAYR, 2014; OSER & BLÖMEKE, 2012; SAATHOFF, 2025).

Eine rein kompetenztheoretische Betrachtung reicht jedoch nicht aus, um die Komplexität pädagogischen Handelns vollständig zu erfassen. Strukturtheoretische Ansätze zeigen, dass Unterricht nicht standardisierbar ist und Lehrkräfte in Situationen handeln, die durch Ungewissheit, Widersprüchlichkeit und fallbezogene Anforderungen geprägt sind (OEVERMANN, 1996; HELSPER, 2014). Professionelles Handeln entsteht demnach nicht allein durch den Erwerb bestimmbarer Kompetenzfacetten, sondern auch durch die Fähigkeit, mit Antinomien und situativer Offenheit reflexiv umzugehen. Für die vorliegende Arbeit ist die Verbindung beider Ansätze zentral, weil das zentrale Erkenntnisinteresse in der Gestaltung von Professionalisierungsräumen für angehende Techniklehrkräfte liegt. Lehr-Lern-Labore scheinen hier nicht nur als Orte fachlicher und fachdidaktischer Kompetenzentwicklung von Vorteil sein zu können, sondern auch als Reflexionsräume, in denen angehende Lehrkräfte eigene Handlungserfahrungen in einem geschützten, theoriegeleiteten Setting bearbeiten können (SAATHOFF, 2025).

Während in Fächern wie Mathematik oder den Naturwissenschaften bereits umfangreiche empirische Forschungsprogramme zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften vorliegen, ist die technikdidaktische Professionalisierungsforschung bislang weniger ausgebaut. Zwar existieren erste grundlegende Arbeiten zur Modellierung technikdidaktischen Wissens und technikspezifischen Fachwissens, etwa bei GORETH (2017), STRAUB (2020) und WIEMER (2018), dennoch zeigt sich in der Technikdidaktik weiterhin ein Forschungsdesiderat hinsichtlich der empirischen Erfassung professioneller Handlungskompetenz (angehender) Techniklehrkräfte (ZINN, 2017). Dies betrifft insbesondere die Frage, wie fachliches Wissen, fachdidaktisches Wissen, Selbstwirksamkeit, Motivation und professionelle Deutungen in konkreten, technikbezogenen Inhaltsbereichen zusammenwirken.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Technikunterricht durch eine besondere Doppelstruktur gekennzeichnet ist. Einerseits ist Technik lebensweltlich präsent und technische Systeme prägen Alltag, Mobilität, Kommunikation, Energieversorgung, Produktion, Gesundheit und Infrastruktur. Andererseits sind viele technische Prozesse für Lernende nicht unmittelbar sichtbar oder intuitiv verständlich. Sie beruhen auf abstrakten Modellen, funktionalen Zusammenhängen, Systemstrukturen und Gestaltungsentscheidungen. Technische Bildung darf daher nicht auf praktisches Tun oder Produktorientierung reduziert werden. Sie muss Lernende dazu befähigen, technische Systeme zu verstehen, technische Problemlösungen zu entwickeln, Wirkungen und Folgen von Technik zu beurteilen und sich an gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen mündig zu beteiligen (RÖBEN, 2023b).

Vor diesem Hintergrund konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf zwei Inhaltsbereiche, die für die Professionalisierung angehender Techniklehrkräfte besonders relevant und zugleich herausfordernd erscheinen, nämlich die Elektrotechnik und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Beide Bereiche unterscheiden sich deutlich in ihrer fachlichen Struktur und didaktischen Bearbeitungslogik, verlangen aber gleichermaßen die Verbindung von fachlicher Klärung, didaktischer Transformation und reflexiver Handlungsfähigkeit.

Die Elektrotechnik und damit zusammenhängende Themen stellen fachlich anspruchsvolle und für viele angehende Techniklehrkräfte ambivalent besetzte Inhaltsbereiche dar (siehe z.B. SAATHOFF, 2025, weiter ausgeführt in Kapitel 2.5.3). Elektrische Prozesse sind häufig nicht direkt beobachtbar und erfordern Modellvorstellungen zu Strom, Spannung, Widerstand, Energieumwandlung und Schaltungslogik. Zugleich ist der Unterricht in Elektrotechnik stark durch praktische Anforderungen geprägt. Schaltungen müssen aufgebaut, Bauteile ausgewählt, Messungen durchgeführt, Fehler diagnostiziert und sicherheitsrelevante Aspekte berücksichtigt werden, was wiederum eng mit zugrundeliegendem Fachwissen verbunden ist. Dadurch entsteht eine doppelte Professionalisierungsanforderung, denn angehende Techniklehrkräfte benötigen einerseits tragfähiges elektrotechnisches Fachwissen, andererseits müssen sie über fachdidaktisches Wissen verfügen, um typische Lernschwierigkeiten, Fehlvorstellungen, geeignete Aufgabenstellungen, sinnvolle didaktische Reduktionen und produktive Unterstützungsformen zu erkennen.

In Anlehnung an SHULMANS Konzept des *pedagogical content knowledge* und dessen Weiterentwicklungen in der deutschsprachigen Kompetenzforschung wird fachdidaktisches Wissen damit als zentrale Vermittlungsinstanz zwischen Fachlichkeit und Unterrichtspraxis verstanden (SHULMAN, 1986; BAUMERT & KUNTER, 2011; GORETH, 2017; STRAUB, 2020).

Neben fachlichem und fachdidaktischem Wissen sind auch motivationale Orientierungen und die Selbstwirksamkeit für die elektrotechnikbezogene Professionalisierung bedeutsam. BANDURA (1977, 1997) beschreibt Selbstwirksamkeit als Überzeugung, Anforderungen durch eigenes Handeln bewältigen zu können. Für angehende Techniklehrkräfte ist diese Überzeugung gerade in einem als schwierig, abstrakt oder fehleranfällig wahrgenommenen Inhaltsbereich zentral. Wer sich selbst als fachlich unsicher erlebt, wird elektrotechnische Themen möglicherweise vermeiden, stark vereinfachen oder nur reproduktiv behandeln. Wer hingegen fachliche Anforderungen als bearbeitbar erlebt und über praktische Handlungserfahrung verfügt, kann eher Unterrichtssituationen gestalten, in denen Lernende selbst experimentieren, Fehler analysieren und technische Zusammenhänge aufbauen. Die Techniklehrkräftebildung muss daher nicht nur Wissen vermitteln, sondern auch Gelegenheiten schaffen, in denen Selbstwirksamkeit, Handlungssicherheit und fachbezogene Motivation entstehen können.

Der zweite Inhaltsbereich der Arbeit, Bildung für nachhaltige Entwicklung, stellt eine anders gelagerte, aber ebenso zentrale Herausforderung dar. BNE ist kein eng begrenztes Unterrichtsthema, sondern ein normativ, gesellschaftlich und fachlich komplexes Bildungsanliegen. Mit dem Konzept der Gestaltungskompetenz beschreibt DE HAAN (2008) die Fähigkeit, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden, nicht nachhaltige Entwicklungen zu erkennen, Zukunftsperspektiven einzubeziehen und Entscheidungen individuell, gemeinschaftlich und politisch mitzugestalten. Damit zielt BNE über reine Wissensvermittlung hinaus und verlangt den Umgang mit offenen, komplexen und wertbezogenen Problemstellungen. HOLFELDER (2016) hebt in diesem Zusammenhang hervor, dass Gestaltungskompetenz unterschiedliche Teilkompetenzen einschließt, etwa vorausschauendes Denken, interdisziplinäre Perspektivenübernahme, Kooperation und die Reflexion eigener Leitbilder.

Daraus ergibt sich die Aufgabe, die auch unmittelbar als Anforderung an die Lehrkräftebildung zu verstehen ist. Diese besteht darin, Lerngelegenheiten zu schaffen, in denen Nachhaltigkeit nicht moralisch verkürzt, sondern sachlich, mehrperspektivisch und handlungsorientiert bearbeitet werden kann.

Für den Technikunterricht besitzt BNE eine besondere Relevanz, weil Technik sowohl Teil von Nachhaltigkeitsproblemen als auch Teil möglicher Lösungsansätze ist. Technische Entwicklungen beeinflussen Ressourcenverbrauch, Energieversorgung, Mobilität, Wasserinfrastruktur, Konsum, Produktion und ökologische Belastungen. Zugleich eröffnen technische Innovationen Möglichkeiten zur effizienteren Nutzung von Ressourcen, zur Gestaltung nachhaltiger Infrastrukturen und zur gesellschaftlichen Transformation. Technik ist daher nicht eindeutig als Problem oder Lösung zu bestimmen, sondern als ambivalentes Gestaltungsfeld (GRUNWALD, 2025). Genau diese Ambivalenz macht BNE für die technische Bildung bedeutsam, denn Lernende sollen nicht nur technische Funktionen nachvollziehen, sondern technische Entwicklungen hinsichtlich ihrer Bedingungen, Wirkungen und Folgen beurteilen können.

Die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften ist für die Entfaltung dieser Aspekte im Unterricht von zentraler Bedeutung (HELLBERG-RODE ET AL., 2014; LIST ET AL., 2024). BERTSCHY ET AL. (2013) modellieren BNE-spezifische professionelle Handlungskompetenz als Zusammenspiel von Wissen, Motivation, Überzeugungen und Handlungsbereitschaft. Überträgt man dies auf angehende Techniklehrkräfte, bedeutet dies, dass sie nicht nur wissen müssen, was nachhaltige Entwicklung bedeutet, sondern auch erkennen müssen, wie BNE in technikbezogene Lernprozesse übersetzt werden kann. Sie müssen technische Sachverhalte mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Perspektiven verknüpfen, normative Fragen didaktisch verantwortungsvoll bearbeiten und Lernende zur begründeten Urteilsbildung anregen. Gerade hier zeigt sich, dass Professionalisierung nicht allein auf fachliche Sicherheit reduziert werden kann, sondern auch die Fähigkeit umfasst, mit Offenheit, Unsicherheit und kontroversen Deutungen produktiv umzugehen. Lehr-Lern-Labore bieten für die Anforderungen beider Bereiche einen vielversprechenden Professionalisierungsraum. Sie verbinden universitäre Theorie mit schulnaher Praxis und ermöglichen es angehenden Lehrkräften, Lernumgebungen nicht nur theoretisch zu planen, sondern mit Lernenden zu erproben und anschließend zu reflektieren.

ROTH und PRIEMER (2020) beschreiben Lehr-Lern-Labore als Orte, an denen träges didaktisches Wissen durch die Verbindung von Theorie und Praxis bearbeitbar werden kann. BRÜNING ET AL. (2020) verweisen auf das Potenzial von Lehr-Lern-Laboren zur Förderung professioneller Handlungskompetenz, während DOHRMANN und NORDMEIER (2015) sowie ROTH und PRIEMER (2020) die Komplexitätsreduktion als zentrales Merkmal hervorheben. Im Unterschied zum regulären Schulpraktikum ermöglichen Lehr-Lern-Labore eine fokussierte Auseinandersetzung mit spezifischen fachlichen und didaktischen Anforderungen.

Gleichzeitig bleibt die Interaktion mit realen Lernenden erhalten, sodass Professionalisierung nicht nur simuliert, sondern erfahrungsbezogen angebahnt werden kann. In dieser Funktion lassen sich Lehr-Lern-Labore sowohl kompetenztheoretisch als auch strukturtheoretisch begründen. Kompetenztheoretisch eröffnen sie Lerngelegenheiten zur Entwicklung von Fachwissen, fachdidaktischem Wissen, Selbstwirksamkeit und Motivation. Strukturtheoretisch fungieren sie als Reflexionsräume, in denen angehende Lehrkräfte pädagogische Unsicherheit, didaktische Entscheidungen und eigene Handlungserfahrungen systematisch bearbeiten können. Damit sind sie besonders anschlussfähig an HELSPERS Konzept der doppelten Professionalisierung und Studierende entwickeln erste Routinen im Umgang mit fachlichen und unterrichtlichen Anforderungen und reflektieren diese zugleich wissenschaftlich angeleitet. REHFELDT ET AL. (2020) verweisen entsprechend darauf, dass LLL-Seminare insbesondere selbstregulative Merkmale, domänenspezifische Selbstwirksamkeit und reflexive Kompetenzen fördern können.

Die vorliegende Dissertation setzt an dieser Schnittstelle an. Sie untersucht professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte in den Themenbereichen Elektrotechnik und BNE und fragt danach, wie fachliche, fachdidaktische, motivationale und reflexive Facetten in diesen Bereichen beschrieben, empirisch erfasst und im Kontext von Lehr-Lern-Laboren analysiert werden können. Dabei wird professionelle Handlungskompetenz nicht als allgemeine, fachunspezifische Größe verstanden, sondern als bereichsspezifisch auszuformulierendes Konstrukt. Elektrotechnik und BNE dienen hierbei als kontrastierende, aber miteinander verbundene Professionalisierungsfelder.

Die Elektrotechnik macht besonders deutlich, wie fachliche Abstraktion, praktische Fehleranfälligkeit und fachdidaktische Reduktion zusammenwirken. BNE zeigt, wie technische Bildung mit gesellschaftlicher Verantwortung, normativer Urteilsbildung und Zukunftsgestaltung verbunden ist. Dies erfordert gleichzeitig eine unterschiedliche empirische Bearbeitung beider Inhaltsbereiche. Die Elektrotechnik als fachlich-curricular stärker konturierter Inhaltsbereich ist eher für eine quantitative Erfassung zentraler Kompetenzfacetten zugänglich. Die BNE stellt demgegenüber ein offenes und didaktisch weniger eindeutig gerahmtes Bildungsanliegen dar, weshalb hier zunächst die Rekonstruktion von Vorstellungen, Zielhorizonten sowie wahrgenommenen Herausforderungen im Vordergrund steht. Die Arbeit versteht diese methodische Asymmetrie daher nicht als unterschiedliche Gewichtung der Themenbereiche, sondern als gegenstandsangemessene Ausdifferenzierung des Forschungszugriffs.

Im Zentrum steht darüber hinaus nicht die Annahme, dass LLL professionelle Handlungskompetenz linear oder kausal erzeugen. Vielmehr werden sie als Lern- und Reflexionsräume untersucht und rekonstruiert, in denen angehende Techniklehrkräfte fachliche Inhalte klären, didaktische Entscheidungen treffen, Handlungssicherheit aufbauen und eigene Deutungen professioneller Anforderungen entwickeln können. Damit wird der Blick auf jene Übergangszone gerichtet, in der universitäres Wissen, fachpraktische Erfahrung und unterrichtliches Handeln aufeinandertreffen. LLL werden dabei nicht als Orte verstanden, die diese Unsicherheit vollständig auflösen, sondern als Professionalisierungsräume, in denen Unsicherheit fachlich geklärt, didaktisch strukturiert, praktisch erprobt und reflexiv bearbeitet werden kann.

2 Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften

In diesem Abschnitt soll zunächst der Frage nachgegangen werden, welche Merkmale die Professionalität von Lehrkräften kennzeichnen, sodass eine Operationalisierung dieser für die hier vorliegende Untersuchung vorgenommen werden kann. Im Hinblick auf die Begriffswahl zur Beschreibung der berufsbezogenen Fähigkeiten und Fertigkeiten von Lehrkräften fehlt es in der Literatur häufig an Trennschärfe und es werden Begriffe wie „Qualifizierung“, Professionalität“, „Expertise“ oder „Kompetenz“ mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet (BAUMERT& KUNTER, 2011, S. 29). Doch woran genau wird diese „Professionalität“, die „Expertise“ von Lehrkräften festgemacht?

Für die Ergründung dieser Merkmale ist es zunächst notwendig, sich mit der Bedeutung und der Genese des Professionsverständnisses im Kontext der Lehrkräftebildung, auseinanderzusetzen. Im Anschluss an die Auseinandersetzung mit diesen zentralen Begriffen und Konzepten folgt eine Auseinandersetzung mit jenen Modellen, deren Bemühungen auf der Strukturierung der Merkmale der Professionalität von Lehrkräften liegen, sodass diese einer empirischen Überprüfung unterzogen werden können.

Im letzten Teil dieses Abschnitts wird sich mit Forschungsanstrengungen im deutschsprachigen Raum, welche auf den zuvor beschriebenen Modellierungen fußen, auseinandergesetzt. Für die Techniklehrkräfteausbildung liegen erste Ansätze zur Untersuchung des professionsbezogenen Wissens vor (GORETH, 2017; STRAUB, 2020), die adaptiert werden können, insgesamt zeigt sich in der Domäne allerdings ein Forschungsdesiderat (ZINN, 2017).

Ein weiteres zentrales Element dieser Untersuchung bilden die in die Lehramtsausbildung implementierten Lehr-Lern-Labore (LLL) und ihre Wirkung auf die Facetten der professionellen Handlungskompetenz, weshalb im Anschluss eine kurze theoretische Auseinandersetzung mit dem Begriff des LLL und eine Darlegung der Erkenntnisse zur Wirkung dieser im Zusammenhang zu der Lehrkräfteausbildung folgt. Die Beschreibung der in diesem Vorhaben durchgeführten Interventionen im LLL erfolgt in einem gesonderten Abschnitt (siehe Kapitel 3).

2.1 Lehrkräfteprofessionalität

Wie die Professionalität von Lehrkräften und die Genese dieser zu definieren ist, hängt davon ab, welches Verständnis von Professionalität zugrunde gelegt wird. Den Diskurs prägend sind der strukturtheoretische Ansatz, welcher auf OEVERMANN (1996) soziologischen Sichtweise auf das pädagogische Handeln als „quasi-therapeutische“ Handlung aufbaut, sowie der kompetenztheoretische Ansatz, bei welchem die Anstrengungen darauf liegen, professionelle Standards zu identifizieren. Zwei sich auf den ersten Eindruck im Grundsatz unterscheidende Theorien (BAUMERT & KUNTER, 2013, S. 277; TARDENT-KUSTER, 2019, S. 27 f.), welche jedoch die gemeinsame Annahme teilen „[...] *dass unterrichtliches Handeln nicht-standardisierbar und durch eine grundsätzliche Erfolgsunsicherheit gekennzeichnet ist.*“ (DERTINGER, 2023, S. 47).

Während die strukturtheoretische Sichtweise das pädagogische Handeln als einzelfallbezogen und nicht routinisierbar ansieht, konzentriert sich der kompetenztheoretische Ansatz auf klar definierte Kompetenzfacetten, welche den Unterricht als das Kerngeschäft von Lehrkräften betreffen und sieht in diesen Kompetenzen das Potential zur Entfaltung von Routinen als „Rüstzeug“ zur Bewältigung bzw. zur professionellen Handhabung dieser Unbestimmtheiten (IDEL ET AL., 2021, S. 40 f.; DERTINGER, 2023, S. 47).

„Der Beruf der Lehrerin oder des Lehrers bleibt schwierig – aber er ist [...] mit einem professionstheoretisch klar zu bezeichnenden Handlungsrepertoire zu bewältigen, und man kann lernen, die Arbeit besser oder schlechter zu machen und im Lichte von Kompetenzerwartungen und Standards über ihn zu sprechen, wie das ja auch geschieht (und zugleich auch vehement in seinem Sinn bestritten wird).“ (TENORTH, 2006, S. 584)“.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang weiterführend die Entwicklung der Untersuchungen zur Lehrkräfteprofessionalisierung, so lassen sich divergierende Akzentuierungen dahingehend festmachen, welche Kriterien eine „gute Lehrperson“ ausmachen und woran man den beruflichen Erfolg einer Lehrkraft misst.

Diese Akzentverschiebungen werden in Paradigmen unterteilt, was die unterschiedlichen Schwerpunkte hervorhebt (GRÄSEL & TREMPER, 2017 S. 2; BAUMERT & KUNTER, 2013, S. 277). Die Unterschiede liegen insbesondere darin, anhand welcher Prädiktoren die Lehrkräfteprofessionalität gemessen wird. Dennoch sind die Paradigmen nicht als Bruch zu verstehen, sondern als eine Folge historisch aufeinander aufbauender Theorieansätze, die auch Überschneidungen aufweisen respektive in Teilen komplementär sind (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 242). Diese Unterschiede und Gemeinsamkeiten in den jeweiligen theoretischen Auslegungen werden in den nächsten Abschnitten näher beleuchtet, sodass die für das hier vorliegende Untersuchungsvorhaben zentralen Aspekte zur Professionalität extrahiert und überführt werden können.

2.1.1 Strukturtheoretische Sichtweise auf die Lehrkräfteprofessionalität

Der strukturtheoretische Bestimmungsansatz beruht im Zusammenhang zur Lehrkräfteprofessionalität auf OEVERMANN'S (1996) Theorie zum professionellen Handeln pädagogischen Personals (BAUMERT & KUNTER 2013, S. 278). Die Theorie OEVERMANN'S beschreibt hierbei eine soziologische Perspektive auf die pädagogische Professionalität, in welcher zentrale Funktionen pädagogischen Handelns in der, wie er es bezeichnet, „[...] Amalgamierung von Wissens- und Normenvermittlung“ (OEVERMANN, 1996, S. 145) liegen „[...] wozu die Vermittlung vor allem von Erfahrungswissen, Traditionswissen, Kulturtechniken, Praktiken etc. gehört [...]“ (OEVERMANN, 1996, S. 144). Die Beschränkung auf die Wissens- und Normenvermittlung allein reicht aus strukturtheoretischer Sicht allerdings nicht aus, um die pädagogische Professionalität zu konstituieren.

„Im Normalfall hat das pädagogische Handeln sich tatsächlich auf diese beiden Funktionen der Wissens- und Normenvermittlung beschränkt. Und genau in dieser Beschränkung wird auch eine Professionalisierungsbedürftigkeit noch nicht thematisiert.“ (OEVERMANN, 1996, S. 145).

OEVERMANN sieht neben der Wissens- und Normenvermittlung, die damit in Wechselwirkung stehende, dynamische Handlungspraxis zwischen Lehrkräften und Lernenden als zentrale Funktion pädagogischen Handelns an (OEVERMANN, 1996, S. 142; HELSPER, 2014, S. 216).

Die therapeutische Facette pädagogischer Praxis beschreibt er in Analogie zum Therapeuten-Patienten-Verhältnis als eine Art „[...] *prophylaktisches Handeln im Hinblick auf sein Potential der Weichenstellung der Biografie von Schülern* [...]“ (OEVERMANN, 1996, S. 149). Die gesamte Persönlichkeit des Lernenden und ihre Entwicklung durch die sozialisatorische Interaktion im Klassenzimmer rückt demnach in den Vordergrund (BAUMERT & KUNTER, 2013, S. 278; HELSPER, 2014, S. 219).

An dieser Stelle ergibt sich nach OEVERMANN'S Theorie ein Widerspruch, da Lehrkräfte mit der Aufgabe der Wissens- und Normenvermittlung zur Erfüllung der Ansprüche des Systems auf der einen und dem praktizieren lebensgeschichtlichen Fallverstehens auf der anderen Seite konfrontiert sind (ebd., S. 278). Das kann seiner Ansicht nach nur dann professionell erfolgen, wenn beides auf Freiwilligkeit beruht, sodass die Professionalität der Lehrtätigkeit mit der durch das System gegebenen Schulpflicht und dem damit einhergehenden, unfreiwilligen Bündnis zwischen Lehrkraft und Lernenden, eine Einschränkung erfährt (BAUMERT & KUNTER, 2013, S. 278 f.; OEVERMANN, 1996, S. 169).

Einer Standardisierung pädagogischer Praxis steht daneben auch das im Fallverstehen begründete Handeln einer Lehrkraft entgegen, wonach pädagogische Expertise weniger aus Routinen erwächst, sondern aus der Reflexion mit einem forschenden Habitus und der „Krise als Normalfall“ (OEVERMANN, 2008, S. 57; OEVERMANN, 2016, S. 112) - also die unvorhersehbaren Dynamiken im Praxisalltag einer Lehrkraft, die einer Praxis-Routine im Weg stehen - als Grundlage im Hinblick auf die pädagogische Praxis (TARDENT-KUSTER, 2019, S. 27; HELSPER, 2014, S. 221). Zur Verdeutlichung dieser Unbestimmtheit zieht OEVERMANN das Beispiel des ingenieurialen Handelns als Kontrast heran, bei welchem professionelles Handeln durch das Anwenden spezifischen Wissens sowie routinierter Gewissheiten gekennzeichnet ist (IDEL et al., 2021, S. 38).

Die mit dem strukturtheoretischen Bestimmungsansatz einhergehende Antinomie zwischen Diffusität und Spezifität (HELSPER, 2004, S. 303), die Fokussierung auf die sozialisatorische Interaktion sowie das Verständnis von Unterricht als „Prophylaxe“, führen schließlich dazu, dass keine Konkretisierung dahingehend erfolgt, welche spezifischen Anforderungen respektive Gelingensbedingungen sich dafür ergeben, dass eine Lehrkraft erfolgreichen Unterricht durchführen kann – insbesondere um die von ihm betonte Wissensvermittlung als Kernaufgabe der Lehrkraft.

Für eine fachdidaktische Perspektive bedarf es im mit dem strukturtheoretischen Bestimmungsansatz im Widerspruch stehenden Pflichtschulsystem jedoch weiterer Konkretisierung im Hinblick auf die Kriterien, die für den Professionalisierungsprozess notwendig sind. Hier steht die Klärung notwendiger Kompetenzen und der damit einhergehende, notwendige Wissenserwerb, welcher für die erfolgreiche Ausübung des Lehrerberufs notwendig ist, im Vordergrund. Diese sind auch für die Erreichung der in dieser Arbeit vorliegenden Zielsetzung zentral. Mit diesen Facetten befasst sich der im Kapitel 2.2 dargelegte kompetenztheoretische Bestimmungsansatz.

An dieser Stelle muss allerdings noch festgehalten werden, dass obgleich der strukturtheoretische Ansatz eine ablehnende Haltung gegenüber dem Pflichtschulsystem einnimmt und die Professionalität dadurch eingeschränkt sieht, die Theorie im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Arbeit nicht obsolet ist, zumal OEVERMANN entgegen aller Missverständnisse in den Deutungen seiner Theorie deutlich betont, dass die therapeutische Funktion um die der Wissensvermittlung gelagert ist (SCHEID, 2020, S. 8), dazu jedoch keine weiteren Ausführungen tätigt, welche für die fachdidaktische Professionalisierung unabdingbar sind.

Daher wird dieser Ansatz hier komplementär zum kompetenztheoretischen Ansatz gesehen, da in ihm dennoch wichtige Momente der Lehrkräfteprofessionalität beschrieben sind. Im Zusammenhang zum hier vorliegenden Vorhaben sind diese Momente insbesondere durch die von OEVERMANN beschriebene Handlungsfähigkeit in dynamischen Situationen sowie die reflexive Auseinandersetzung mit der eigenen Praxis (IDEL et al., 2021, S. 47) gegeben, welche im Kontext von Professionalisierungsprozessen im Allgemeinen (TILLMANN, 2014, S. 315), sowie während der Professionalisierung im LLL wichtige Funktionen einnehmen.

„Selbstregulative Merkmale und Kompetenzen, insbesondere domänenspezifische Lehrkräfte-Selbstwirksamkeit und reflexive Kompetenzen, scheint das LLLS-Konzept fördern zu können, Ursache hierfür kann die Reflexion erlebter Praxis in LLS sein.“

(REHFELDT et al., 2020, S. 149)

Deutlich wird dies, schaut man sich die Weiterentwicklung OEVERMANNs Ausführungen zum strukturtheoretischen Ansatz von HELSPER (2014) an. HELSPER geht von der Annahme aus, dass Lehrkräfte in ihrem professionellen Handeln strukturell bedingt in unauflösbare Widerspruchsverhältnisse eingebunden sind, die er als pädagogische Antinomien bezeichnet (HELSPER, 2014, S. 229 f.). Diese Antinomien bilden den konstitutiven Rahmen pädagogischer Praxis und bestimmen die Handlungslogik professioneller Lehrtätigkeit.

Die „Näheantinomie“ beschreibt dabei das Spannungsfeld zwischen der Aufrechterhaltung professioneller Distanz und der gleichzeitigen Ermöglichung persönlicher Nähe (IDEL et al., 2021, S. 25 ff.). Die „Differenzierungsantinomie“ verweist auf die Notwendigkeit, individuelle Bezugsnahmen auf einzelne Lernende und deren spezifische Lernbiografien mit den universalistischen Anforderungen schulischer Leistungs- und Gerechtigkeitsnormen in Einklang zu bringen (ebd.). Mit der „Sachantinomie“ wird der Widerspruch zwischen der Vermittlung fachlich-systematischen Wissens und der Integration lebensweltlicher Wissensbestände der Lernenden thematisiert (ebd.). Die „Autonomieantinomie“ verdeutlicht die Spannung zwischen der Förderung selbstständigen Handelns und den institutionellen Fremdbestimmtheitsstrukturen der Schule (ebd.). Schließlich beschreibt die „Organisationsantinomie“ den Gegensatz zwischen der Orientierung an organisationalen Routinen und der Offenheit gegenüber unvorhersehbaren, nicht standardisierbaren Interaktionen im Unterricht (ebd.).

Aus dieser strukturellen Widersprüchlichkeit ergibt sich die Notwendigkeit einer „doppelten Professionalisierung“ (ebd.). Diese umfasst einerseits die Ausbildung eines routinierten Habitus, der auf kumulativem Erfahrungswissen basiert und sich ausschließlich in der schulpraktischen Tätigkeit entwickeln kann.

Andererseits bedarf es eines reflexiven Habitus, der im Rahmen wissenschaftlicher Ausbildung kultiviert wird und es ermöglicht, das eigene Handeln systematisch und theoretisch fundiert zu analysieren (ebd.). Professionelles Lehrerhandeln ist demnach durch die untrennbare Verschränkung von routinierter Handlungssicherheit und reflexiver Distanz gekennzeichnet. In diesem Verständnis kommt der universitären Lehrkräfteausbildung eine eigenständige Funktion zu, die nicht primär in der unmittelbaren Handlungsanleitung liegt, sondern in der Schaffung institutionalisierter Reflexionsräume zur konzeptionellen Verarbeitung beruflicher Erfahrungen (ebd.).

Für die vorliegende Untersuchung zur Professionalisierung angehender Techniklehrkräfte im Lehr-Lern-Labor stellt HELSPERS Erweiterung einen zentralen theoretischen Bezugsrahmen dar. Die Rekonstruktion der pädagogischen Antinomien ermöglicht es, die inhärenten Spannungsfelder des Lehrerhandelns sichtbar zu machen und deren Bearbeitung in einem geschützten, praxisnahen Umfeld zu untersuchen. Das Konzept der doppelten Professionalisierung erweist sich dabei als besonders anschlussfähig, da das Lehr-Lern-Labor sowohl Gelegenheiten zur Erprobung und Einübung professioneller Routinen bietet als auch Räume für die systematische Reflexion dieser Erfahrungen eröffnet. Es fungiert damit als Schnittstelle zwischen universitärer Theorievermittlung und schulpraktischer Handlungskompetenz und leistet so einen Beitrag zur Integration beider „Habitusformen“ im Professionalisierungsprozess angehender Lehrkräfte (siehe hierzu im Kontext technikdidaktischer Forschung SAATHOFF, 2025; weiter ausgeführt in Kapitel 2.6.2). Die Reflexion erlebter Praxis im LLLS nimmt im qualitativen Teil der hier vorliegenden Untersuchung eine zentrale Rolle ein, nämlich dann, wenn es darum geht, dass die angehenden Lehrkräfte ihre Handlungen und die Interaktion mit den Lernenden sowie ihre eigene Rolle im unterrichtlichen Handeln im LLL reflektieren.

Der kompetenztheoretische Bestimmungsansatz professionellen Handelns von Lehrkräften stellt - anders als Oevermann im strukturtheoretischen Ansatz - die Analyse von Handlungsanforderungen und Handlungskompetenzen für das Vorbereiten, Inszenieren und Durchführen von Unterricht in der institutionellen, vorstrukturierten Pflichtschule als Kern der beruflichen Tätigkeit von Lehrkräften ins Zentrum der Diskussionen um die Lehrkräfteprofessionalität (BAUMERT & KUNTER, 2013, S. 287).

Für die vorliegende Arbeit bietet der kompetenztheoretische Ansatz eine komplementäre Perspektive zum strukturtheoretischen Ansatz. Er liefert ein differenziertes, operationalisierbares Modell zur Erfassung und Entwicklung fachlicher sowie fachdidaktischer Wissensbestände sowie nicht-kognitiver Merkmale, die im Lehr-Lern-Labor sowohl beobachtet als auch gezielt – und im Sinne der hier vorliegenden Zielsetzung – inhaltspezifisch gefördert werden können. Die kompetenztheoretische Sichtweise auf Lehrkräfteprofessionalität bildet somit ein zentrales Merkmal des hier vorliegenden Untersuchungsinteresses ab, weshalb die einzelnen Facetten sowie die prägenden Paradigmen dieses Ansatzes in den nachfolgenden Abschnitten näher beleuchtet werden. Die im strukturtheoretischen Ansatz formulierte Kritik unterstreicht dabei die Notwendigkeit, den Erwerb klar definierter Teilkompetenzen mit der Schaffung von Reflexionsräumen zu verbinden, um die Ausbildung eines wissenschaftlich fundierten, reflexiven Habitus zu unterstützen.

2.1.2 Persönlichkeits-Paradigma: Die Persönlichkeit als Schlüssel zu einer guten Lehrkraft?

Zu Beginn der verstärkten empirischen Untersuchungen guter schulbezogener Lehre standen mit dem „*Persönlichkeits-Paradigma*“ die Lehrkräftepersönlichkeit und ihre Auswirkungen auf den Lernerfolg im Vordergrund (KRAUSS, 2020, S. 154). Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen eher stabile Persönlichkeitseigenschaften wie genetische Merkmale, Charaktereigenschaften oder Tugenden von Lehrkräften sowie ihr Einfluss auf den Lernerfolg der Lernenden (GRÄSEL & TREMPER, 2017, S. 2). Die frühen Untersuchungen zur Lehrkräftepersönlichkeit stehen jedoch in der Kritik, da es sich bei den Ergebnissen um schwache, teilweise triviale Zusammenhänge handele und die damals angenommene Korrelation zwischen diesen relativ stabilen Dispositionen der Persönlichkeit und dem Lernerfolg der Lernenden fiel schwach aus (MAYR, 2014, S. 190; GRÄSEL & TREMPER, 2017, S. 2; KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 241; IDEL et al., 2021, S. 17).

Die Kritik wird deutlich, schaut man sich das Fazit von PAUSE (1970) in der deutschen Bearbeitung der Übersichtsarbeit amerikanischer Studien zu Untersuchungsergebnissen im Zusammenhang zur Lehrkräftepersönlichkeit aus dem angloamerikanischen Raum an:

„Wir haben zwar hinreichend erfahren, daß gute Lehrer eher freundlich, heiter, sympathisch oder tugendhaft als grausam, depressiv, unsympathisch oder amoralisch seien, bzw. sein sollten. Damit sind jedoch allenfalls Binsenweisheiten zum Ausdruck gebracht worden [...].“ (PAUSE, 1970, S. 1502).

All der Kritik zum Trotz, hat sich die Lehrkräftepersönlichkeit auch weiterhin als wichtiger Faktor im Hinblick auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler durchgesetzt (MAYR, 2014, S. 190). Der Schwerpunkt liegt allerdings weniger in der Befolgung von Tugendkatalogen, sondern auf der pragmatischen und evidenzbasierten Betrachtung der Persönlichkeit als Lernvoraussetzung, mit Facetten wie dem Interesse und der Selbstwirksamkeitserwartung im Zentrum für den Prozess der Professionalisierung (ebd., S. 191 ff.). Insbesondere mit der Entwicklung der Persönlichkeitspsychologie und der empirischen Verankerung über strukturierte Persönlichkeitsmodelle – den Big Five der Persönlichkeit und dem daraus abgeleiteten Fünf-Faktoren-Modell (siehe Abbildung 1) – in den 1980er Jahren erfolgte ein Paradigmenwechsel hin zu quantitativen, theoriegeleiteten Ansätzen (ebd., S. 192).

FAKTOR	FACETTEN
<i>Neurotizismus</i> (N – Neuroticism)	Ängstlichkeit / Reizbarkeit / Depression / Soziale Befangenheit / Impulsivität / Verletzlichkeit
<i>Extraversion</i> (E – Extraversion)	Herzlichkeit / Geselligkeit / Durchsetzungsfähigkeit / Aktivität / Erlebnis- hunger / Frohsinn
<i>Offenheit für Erfahrungen</i> (O – Openness to experience)	Offenheit für Fantasie / ... für Ästhetik / ... für Gefühle / ... für Handlungen / ... für Ideen / ... des Normen- und Wertesystems
<i>Verträglichkeit</i> (A – Agreeableness)	Vertrauen / Freimütigkeit / Altruismus / Entgegenkommen / Bescheiden- heit / Gutherzigkeit
<i>Gewissenhaftigkeit</i> (C – Conscientiousness)	Kompetenz / Ordnungsliebe / Pflichtbewusstsein / Leistungsstreben / Selbstdisziplin / Besonnenheit

Abbildung 1: Das Fünf-Faktoren-Modell und seine Facetten (Mayr 2014, S. 192)

Das Modell beschreibt Persönlichkeit entlang der Faktoren Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit, die als breit angelegte, relativ stabile Dispositionen verstanden werden (RAUTHMANN, 2017, S. 254 ff.). Das FFM geht zurück auf MCCRAE & COSTA, welche die Persönlichkeit in ihrem Modell nicht alleinig auf die fünf grundlegenden Faktoren (Basic tendencies) zurückführen, sondern als dynamisches Wirkungsgefüge mehrerer miteinander verbundener „Systemkomponenten“ ansehen (MCCRAE & COSTA, 1999).

Im Zentrum stehen die *basic tendencies*, die die fünf Faktoren umfassen. Diese grundlegenden Tendenzen gelten als relativ stabile, biologisch mitgeprägte Dispositionen, die über Situationen und Lebensphasen hinweg eine hohe zeitliche Konsistenz aufweisen. Als latente Persönlichkeitsmerkmale strukturieren sie Wahrnehmung, Erleben und Handeln, ohne dieses direkt oder deterministisch festzulegen. Ihre Wirkung entfaltet sich vielmehr indirekt über nachgelagerte Ebenen des Persönlichkeitssystems.

Eine zentrale Vermittlungsfunktion übernehmen dabei die *characteristic adaptations*, die in dem Persönlichkeitssystem als kontext- und erfahrungsabhängige Ausprägungen der Persönlichkeit ausgewiesen werden. Hierzu zählen unter anderem Gewohnheiten, Einstellungen, Interessen, Ziele, Motive sowie berufs- und lebensbereichsspezifische Kompetenzen. Im Unterschied zu den *basic tendencies* sind diese deutlich variabler und stärker durch Lernprozesse, soziale Erfahrungen und situative Anforderungen geprägt. Sie stellen jene Ebene dar, auf der sich die grundlegenden Persönlichkeitstendenzen an konkrete Lebens- und Handlungskontexte anpassen und in spezifischen Verhaltensdispositionen niederschlagen (MCCRAE & COSTA, 1999, S. 142 ff.; MAYR, 2014, S. 195 f.).

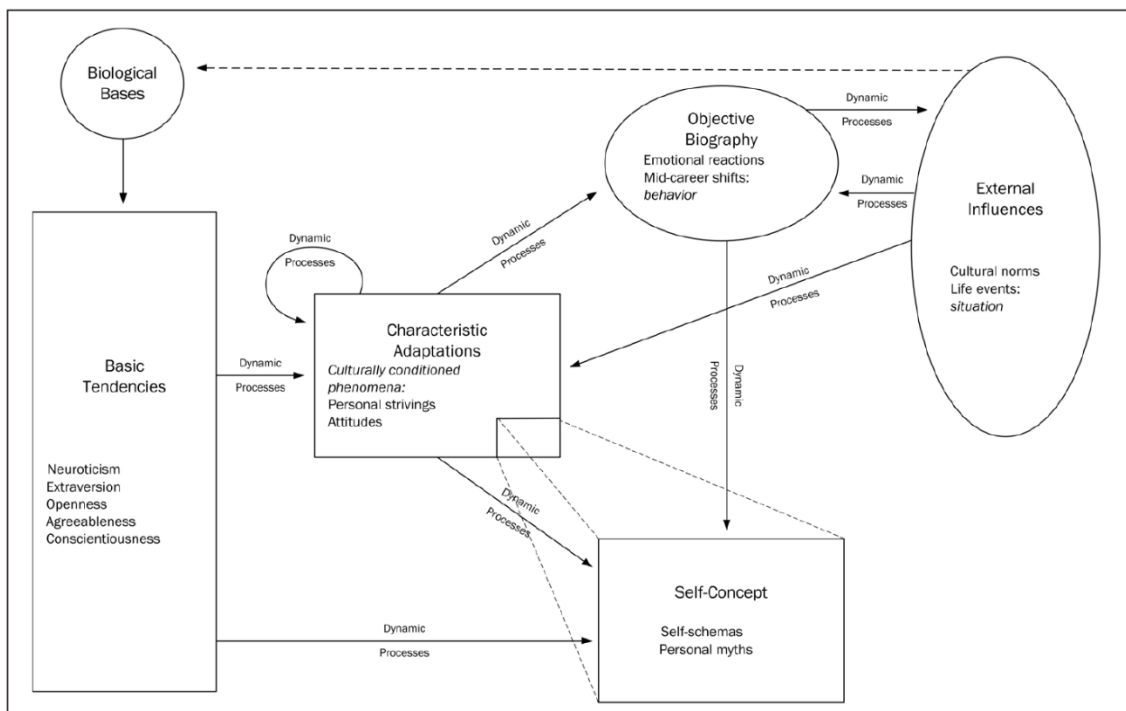


Abbildung 2: Persönlichkeit als System nach MCCRAE & COSTA (MAYR, 2014, S. 195)

Eng mit den *characteristic adaptions* verknüpft ist das Selbstkonzept, das in dem System als eigene Systemkomponente beinhaltet ist. Es umfasst Selbstbilder, Werte und persönliche Narrative, durch die Individuen ihre Erfahrungen interpretieren und ihr Handeln kohärent organisieren. Das Selbstkonzept vermittelt zwischen inneren Dispositionen und äußeren Anforderungen und trägt dazu bei, dass Persönlichkeit trotz situativer Variabilität als relativ stabil und konsistent erlebt wird. Die sichtbaren Ergebnisse dieses Zusammenspiels spiegeln sich in der objektiven Biografie wider, die konkrete Lebensentscheidungen, Handlungen und Entwicklungsverläufe umfasst.

Diese biografischen Ergebnisse entstehen nicht unmittelbar aus den *basic tendencies*, sondern aus dem Zusammenwirken der zuvor genannten Systemkomponenten. Zugleich wirken externe Einflüsse wie soziale, kulturelle und institutionelle Rahmenbedingungen auf alle Ebenen des Systems ein, indem sie Entwicklungsgelegenheiten eröffnen oder begrenzen und damit die Ausprägung von *characteristics adaptions* mitprägen (MCCRAE & COSTA, 1999, S. 142 ff.).

Für den Lehrkräfteberuf werden die Facetten der *basic tendencies* vor allem im Hinblick auf berufsrelevantes Erleben und allgemeines Handeln diskutiert. Extraversion steht dabei für soziale Aktivität, Durchsetzungsfähigkeit und Präsenz in Interaktionssituationen, während Neurotizismus – respektive umgekehrt emotionale Stabilität – insbesondere mit Stressanfälligkeit, Belastungserleben und emotionaler Regulation in Verbindung gebracht wird. Gewissenhaftigkeit beschreibt Sorgfalt, Zuverlässigkeit und Zielorientierung und wird vor allem im Zusammenhang mit Planung, Organisation und Arbeitseinsatz im Lehrberuf thematisiert. Verträglichkeit verweist auf kooperative, empathische und beziehungsorientierte Grundhaltungen im Umgang mit Lernenden, dem Kollegium sowie Eltern, während Offenheit für Erfahrungen die Bereitschaft zur intellektuellen Auseinandersetzung mit neuen Ideen, didaktischen Konzepten und reflexiven Lernprozessen beschreibt (MAYR, 2014, S. 206 ff.; MAYR et al., 2020, S. 142 f.; LIPOWSKY, 2014, S. 512; BROMME & HAAG, 2008, S. 812 ff.). Bei dem Fünf-Faktoren Modell handelt es sich also um ein interdependentes System, in dem grundlegende Persönlichkeitsdispositionen über vermittelnde Ebenen in konkretes Handeln übersetzt werden.

Gerade diese theoretische Trennung zwischen stabilen *basic tendencies* und veränderbaren, kontextsensitiven Anpassungsleistungen erklärt, warum das Modell einerseits geeignet ist, überdauernde Persönlichkeitsunterschiede zu beschreiben, andererseits jedoch für die Erklärung konkreten, situationsspezifischen Handelns auf ergänzende, berufsbezogene Konzepte angewiesen bleibt (MAYR et al., 2020, S. 145). Ergänzend zu den breit angelegten Persönlichkeitsfaktoren werden in dem Paradigma deshalb häufig stärker tätigkeitsbezogene Interessenmodelle herangezogen, vor allem das RIASEC-Modell (siehe Abbildung 3).

INTERESSENRICHTUNG	BEVORZUGTE TÄTIGKEITEN
<i>Praktisch-technische Orientierung</i> (R – Realistic)	Tätigkeiten, die Kraft, Koordination und Handgeschicklichkeit erfordern und zu sichtbaren Ergebnissen führen, z.B. zu technischen, handwerklichen oder landwirtschaftliche Produkten
<i>Intellektuell-forschende Orientierung</i> (I – Investigative)	Auseinandersetzung mit physischen, biologischen oder kulturellen Phänomenen mit Hilfe systematischer Beobachtung und Forschung
<i>Künstlerisch-sprachliche Orientierung</i> (A – Artistic)	offene, unstrukturierte Aktivitäten, die eine künstlerische Selbstdarstellung oder die Schaffung kreativer Produkte sprachlicher, bildnerischer oder musikalischer Art ermöglichen
<i>Soziale Orientierung</i> (S – Social)	Tätigkeiten, bei denen man sich mit anderen in Form von Unterrichten, Lehren, Ausbilden, Versorgen oder Pflegen befassen kann
<i>Unternehmerische Orientierung</i> (E – Enterprising)	Aktivitäten, die andere Personen beeinflussen, sie zu etwas bringen, sie führen und auch manipulieren
<i>Konventionelle Orientierung</i> (C – conventional)	strukturiertes und regelhaftes Umgehen mit Daten, z.B. Aufzeichnungen führen, Dokumentationen anlegen, mit Büromaschinen arbeiten, also ordnend-verwaltende Tätigkeiten ausführen

Abbildung 3: Allgemeine Interessen im RIASEC-Modell und bevorzugte Tätigkeitsfelder (MAYR, 2014, S. 200)

Das Modell fokussiert auf präferierte Arten von Tätigkeiten und Arbeitsumgebungen und differenziert sechs Interessenrichtungen: Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprising und Conventional (MAYR, 2014, S. 213 ff.; USSLEPP, et al., 2020, S. 1010). Interessen werden dabei als relativ stabile, jedoch kontextnähere Dispositionen verstanden, die insbesondere mit Bildungs- und Berufswahl, Engagement sowie langfristiger beruflicher Persistenz im Zusammenhang stehen. Für den Lehrkräfteberuf zeigt sich, dass vor allem soziale Interessen, etwa am Unterrichten, Unterstützen und Interagieren mit Schüler:innen, eine naheliegende Rolle spielen, während weitere Interessenprofile je nach individueller Ausrichtung und Tätigkeit variieren können (MAYR, 2014, S. 206 f.).

Zugleich verdeutlichen die Zusammenhänge zwischen RIASEC und den Big Five, dass Interessen zwar mit Persönlichkeitsmerkmalen korrespondieren, jedoch einen eigenständigen Erklärungsbeitrag leisten, indem sie die motivationalen Grundlagen beruflicher Entscheidungen und Engagements präziser abbilden. Für das Verständnis professioneller Entwicklung im Lehrberuf bedeutet dies, dass Interessen, ähnlich wie Persönlichkeitsmerkmale, vor allem als Ausgangsbedingungen wirken (ebd., S. 200). Damit ergänzt das RIASEC Modell die Big Five Perspektive sinnvoll, ohne deren grundlegende Einschränkung aufzuheben, und verweist zugleich auf die Bedeutung berufsbezogener, entwickelbarer motivationaler Orientierungen, die in kompetenztheoretischen Modellen weiter ausdifferenziert werden.

Diese Modelle ermöglichen eine systematische Untersuchung der Beziehung zwischen stabilen Persönlichkeitsdimensionen wie Neurotizismus, Extraversion und Gewissenhaftigkeit und berufsrelevantem Verhalten und Erleben (MAYR, 2014, S. 208f.). Gleichzeitig wird deutlich, dass sich neben diesen allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen zunehmend berufsbezogene Konstrukte herausdifferenzieren, etwa Selbstwirksamkeitserwartungen und spezifische Interessen, die enger an die Anforderungen der Lehrtätigkeit gebunden sind (ebd., S. 209), weiter ausgeführt in Kapitel 2.3.3). Die theoretischen Bezüge innerhalb des Ansatzes legen nahe, dass personale Dispositionen die Kompetenzentwicklung indirekt über Lernprozesse beeinflussen können. Diese Erkenntnis unterstreicht die Notwendigkeit, Professionalisierungsmaßnahmen so zu gestalten, dass sie individuelle Voraussetzungen der Studierenden mit einbeziehen und zugleich Entwicklungsprozesse anstoßen und fördern (ROTHLAND, 2021, S. 192; MAYR, 2014, S. 209 f.).

Das LLL bietet hierbei den geeigneten Rahmen, um neben fachlichen und didaktischen Inhalten auch die personalen Voraussetzungen und deren Weiterentwicklung zu thematisieren. Indem es reflexive und selbstregulative Fähigkeiten unterstützt, ermöglicht es eine individuelle Anpassung der Professionalisierung, die den unterschiedlichen Persönlichkeitsprofilen der Studierenden gerecht werden kann (SMOOR, 2018, S. 147). Somit trägt das Paradigma dazu bei, die Professionalisierung als einen dynamischen Prozess zu begreifen, der personale Voraussetzungen nicht als statische Einschränkung, sondern als Ausgangspunkt und Ressource professionellen Handelns versteht.

Damit liefert es wichtige Ausgangsannahmen, deren systematische Integration in kompetenztheoretischen Modellen jedoch erst in späteren Ansätzen erfolgt. Das Persönlichkeitsparadigma wird im integrativen Modell professioneller Handlungskompetenz durch die Überzeugungen sowie die motivationalen Orientierungen aufgenommen, weshalb die nähere Beschreibung dieser Facetten mit dem Übertrag zentraler Komponenten auf den Lehrberuf in den entsprechenden Abschnitten vorgenommen wird (siehe Kapitel 2.3.2 und 2.3.3).

2.1.3 Das Prozess-Produkt-Paradigma: Der Unterrichtsprozess und das Ergebnis von Unterricht als Prädiktor für Lehrkräfteprofessionalität

Das Prozess-Produkt-Paradigma ist ein zentraler theoretischer Bezugsrahmen der empirischen Unterrichtsforschung, welcher sich seit den 1960er Jahren als dominierende Perspektive etabliert und die Lehrpersönlichkeit zunächst als Fokus „verdrängt“ hat (GRÄSEL, 2020, S. 148). Im Zentrum der Prozess-Produkt-Forschung steht die systematische Untersuchung der Beziehung zwischen den didaktischen und pädagogischen Prozessen im Unterricht, den sogenannten „Prozessen“ und den daraus resultierenden Lernergebnissen der Schüler:innen, den „Produkten“ (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 241). Die Annahme ist, dass spezifische Merkmale und Handlungen des Unterrichts direkten Einfluss auf den Lernerfolg nehmen und somit kausal erklärbar sind (BORICH & KLINZING, 1987, S. 97). Die Prozesse umfassen dabei alle beobachtbaren, im Vergleich zum vorherigen Persönlichkeitsparadigma niedrig inferenten, Lehr-Lern-Interaktionen wie z.B. die Anzahl und Klarheit von Erklärungen, Feedbackmechanismen, Klassenführung, Motivationsstrategien oder die Strukturierung von Lernphasen (BORICH & KLINZING, 1987, S. 96; KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 241; STEFFENSKY & NEUHAUS, 2018, S. 299). Diese Unterrichtsmerkmale werden systematisch erfasst, etwa durch standardisierte Lernleistungstests, Motivationserhebungen oder Verhaltensbeobachtungen und mit den Produkten korreliert (GRÄSEL, 2020, S. 149; HATTIE, 2009, S. 170). Allerdings ist das Paradigma nicht ohne Kritik, da komplexe, interaktive und kontextspezifische Wirkmechanismen im Unterrichtsgeschehen häufig auf einfache lineare Ursache-Wirkung-Beziehungen reduziert werden (GRÄSEL, 2020, S. 152; BROMME, 1992/2014, S. 3).

Zudem bleiben innere, subjektive Facetten des Unterrichts wie die emotionalen Prozesse und die Selbstregulation der Lernenden in der Regel unberücksichtigt (GRÄSEL, 2020, S. 152; KUNTER & VOSS, 2013, S. 117). Auch die Rolle der Lehrperson als professionell handelndes Subjekt mit individuellen Handlungsspielräumen wird oftmals unzureichend in das Modell integriert. Diese Aspekte werden durch weiterführende Ansätze wie das Prozess-Mediations-Produkt-Paradigma aufgegriffen.

Hier spielen neben Unterrichtsbeobachtungen beispielsweise auch Schülerfragebögen hinsichtlich Schülerkognitionen (Motivation, Emotion etc.) eine Rolle (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 242). Trotz dieser oft referierten Einschränkungen hat das Prozess-Produkt-Paradigma die Grundlage für eine evidenzbasierte Professionalisierung von Lehrkräften geschaffen, da es präzise Handlungsfelder identifiziert, in denen Unterrichtsqualität verbessert werden kann (GRÄSEL, 2020, S.152). Unabhängig davon ist auch festzuhalten, dass das Prozess-Produkt-Paradigma und dessen zentrale Fragestellungen, insbesondere aus konstruktivistischer Perspektive erweitert um Aspekte wie kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung oder strukturierte Klassenführung bis heute eine Rolle spielen (ebd.).

Auch für das Unterrichten in LLL-Situationen sind vor allem die Prozesse zentral, nämlich vornehmlich dann, wenn Studierende gezielt die Möglichkeit erhalten, verschiedene Strategien zur Umsetzung von Lehr-Lern-Prozessen und ihre Wirkung zu reflektieren. Ein besonders reflexionsförderndes Format bei dem eben genau die oben genannten Aspekte des Paradigmas ins Zentrum rücken können, ist beispielsweise die Umsetzung einer sogenannten Lesson-Study im LLL-Kontext. Diese erlauben eine zyklische Erprobung von Lehrsituationen, gestützt durch gezielte Beobachtung, wodurch eine Vernetzung zum forschenden Lernen im Lehramtsstudium gegeben ist (wenngleich die Produkte zunächst nur zweitrangig sind).

„Die Lesson Study ist eine kollaborative Form der Unterrichtsforschung, bei der Dozent:in und Studierender Unterricht und eine Forschungsfrage gemeinsam planen. Ein gemeinsames Verständnis vom Lehr-Lern-Prozess bildet die Grundlage jeder Lesson Study.“ (RICHTER & KOMOREK, 2022, S. 197).

Formate, die die Professionalisierung angehender Lehrkräfte im Lehr-Lern-Labor forcieren, schließen jedoch weitere Aspekte wie etwa die Förderung fachdidaktischen und fachlichen Wissens ein. Diese Facetten der Professionalisierung sollen im weiteren Verlauf erörtert werden. Mit dem historischen Abriss und der Auseinandersetzung mit den Paradigmen soll im Kontext dieser Arbeit jedoch der Frage nachgegangen werden, was eine gute Lehrkraft ausmacht – insbesondere aus fachdidaktischer Perspektive. Das Prozess-Produkt-Paradigma verschiebt die Perspektive also von der Lehrperson auf die Qualität beobachtbaren Unterrichtshandelns. Allerdings bleiben die inneren Wissens- und Deutungsstrukturen der Lehrperson im Verborgenen. Diese Perspektive rückt in der sich anschließenden Expertise-Forschung näher ins Zentrum.

2.1.4 Das Experten-Paradigma: Wissen als zentrales Element von Lehrkräfteprofessionalität

Mit dem Expertenansatz rückt – ähnlich wie beim Persönlichkeitsansatz – wieder die Lehrkraft ins Zentrum der Diskussion um die Professionalität. Es geht dabei jedoch weniger um die Persönlichkeit, sondern vornehmlich um das Wissen und Können als Indikator für die „gute Lehrkraft“, wobei das Handeln der Lehrkraft als reflektierende Praktiker und ihre subjektiven Theorien und Überzeugungen auch betrachtet werden (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 242; BROMME & HAAG, 2008, S. 805). Der Expertisebegriff ist bis heute nicht klar definiert und wird sehr breit gefasst, wobei für die Lehrkräftebildung zwei kognitionspsychologischen Auslegungen zentral sind, nämlich der leistungsorientierte sowie der wissensorientierte Expertisebegriff (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 244).

Der leistungsorientierte Expertisebegriff hat seine Wurzeln im Informationsverarbeitungsansatz der Kognitionspsychologie und geht auf die Forschung zur künstlichen Intelligenz und zum Problemlösen zurück (ebd.). Expertise wird hier primär als herausragende Leistungsfähigkeit in einer bestimmten Domäne verstanden, wobei Expert:innen Personen sind, die konstant überdurchschnittliche Ergebnisse erzielen und Probleme effizienter, schneller und präziser lösen als Noviz:innen (KRAUSS, 2020, S. 157).

Der leistungsorientierte Ansatz arbeitet also typischerweise mit dem Experten-Novizen-Paradigma, in welchem Unterschiede im Problemlöseverhalten und in der professionellen Unterrichtswahrnehmung untersucht werden (KRAUSS, 2020, S. 157; BERLINER, 1987, S. 295). Expert: innen bearbeiten Aufgaben schneller und genauer, verwenden andere Strategien, verfügen über komplexere, stärker vernetzte Wissensrepräsentationen und eine präzisere Selbstüberwachung. Expertise ist dabei auf ein bestimmtes Wissensgebiet beschränkt und wird nicht als Ausdruck allgemeiner Intelligenz oder übergeordneter kognitiver Fähigkeiten verstanden (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 245 ff.).

Übertragen auf den Lehrkräfteberuf bedeutet dies, dass sich Lehrkräfte mit hoher Expertise in der Wahrnehmung und Interpretation von Unterrichtssituationen von Noviz:innen unterscheiden. Expert:innen erkennen typische Muster, fokussieren auf lernrelevante Aspekte und verfügen über „automatisierte“ Handlungsrouinen, während Noviz:innen eher oberflächliche Merkmale beachten (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 248ff.). Der leistungsorientierte Expertisebegriff fokussiert wohldefinierte Domänen (häufig bezogen auf z.B. Schach), in denen sowohl Probleme als auch Ziele klar definiert sind (ebd., S. 247). Allerdings ist der isolierte Übertrag des leistungsorientierten Ansatzes auf den Lehrkräfteberuf problematisch, da Unterricht eine „schlecht definierbare Domäne“ ist und es kein objektives Kriterium für „höchstleistenden Unterricht“ gibt, die Identifikation von Expert:innen bleibt unscharf:

„Die Frage, nach welchen Kriterien Experten bestimmt werden können, impliziert eine normative Entscheidung. Ganz allgemein geht es um berufliche Erfolge. Auf den Lehrerberuf nun bezogen sind dies die Lernerfolge bei den Schülern. Dies ist freilich ein problematisches Kriterium. Dabei geht es sowohl um die Frage der Gütekriterien bei der Feststellung von Schulleistungen als auch darum eine Vielzahl von Schülermerkmalen statistisch zu kontrollieren.“ (BROMME & HAAG, 2008, S. 806).

Als Reaktion auf die Grenzen des leistungsorientierten Paradigmas hob sich der wissensorientierte Ansatz hervor, welcher den Fokus von beobachtbarer Performanz auf die kognitiven Grundlagen professionellen Handelns verlagert.

Insbesondere die Organisation und Nutzung von Wissen rückt hier in den Vordergrund und Expertise wird nicht durch Höchstleistungen, sondern durch die Bewältigung komplexer Aufgaben in schlecht definierten Domänen (hier gemeint: Unterricht) bestimmt (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 248 ff.). Die zentrale Annahme ist hier, dass Expert: innen über ein reichhaltiges, strukturiertes und kontextsensitives Wissen verfügen, dass sie zielgerichtet und adaptiv einsetzen können. Expertise zeigt sich damit in der Art und Weise, wie Wissen organisiert, vernetzt und situationsbezogen eingesetzt wird (ebd.). Für Lehrkräfte steht dabei das Professionswissen im Mittelpunkt, das in Anlehnung an SHULMAN (1986/1987) in verschiedene Bereiche differenziert wird. Hierbei haben sich insbesondere das Fachwissen, das fachdidaktische Wissen sowie das pädagogisch-psychologische Wissen als anerkannte Kernkategorien etabliert, welche in der universitären Lehrerbildung verankert sind und sich durch viele Studien als Schlüsselkomponenten für Unterrichtsqualität und den Leistungszuwachs bei Schüler: innen herausgestellt haben (KRAUSS, 2020, S: 160):

- *„Content knowledge;*
- *General pedagogical knowledge, with special reference to those broad principles and strategies of classroom management and organization that appear to transcend subject matter;*
- *Curriculum knowledge, with particular grasp of the materials and programs that serve as „tools of the trade“ for teachers;*
- *Pedagogical content knowledge, that special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the province of teachers, their own special form of professional understanding;*
- *Knowledge of learners and their characteristics;*
- *Knowledge of educational contexts, ranging from the working of the group or classroom, the governance and financing of school districts, to the character of communities and cultures; and*
- *Knowledge of educational ends, purposes, and values, and their philosophical and historical grounds.” (SHULMAN, 1987, S. 8)*

Im Gegensatz zum leistungsorientierten Ansatz versteht der wissensorientierte Zugang Expertise also nicht als seltene Spitzenleistung, sondern als die Bewältigung spezialisierter, komplexer Aufgaben in welcher das dafür notwendige Wissen zentraler Prädiktor für Erfolg ist und teilweise gar mit Expertise gleichgesetzt wird (KRAUSS, 2020, S. 158). Zwar hat der leistungsorientierte Expertisebegriff das Wissen ebenfalls im Blick, der Zugang ist jedoch ein anderer. Es wird konkret nach Wissensunterschieden in nach Leistungen getrennten Gruppen (Experten vs. Novizen) gesucht, während sich der wissensorientierte Ansatz Expertise mit einer Anforderungsanalyse annähert, welche eine umfassende Rekonstruktion der Situation und ihrer Anforderungen umfasst, um Rückschlüsse auf das Wissen zu ziehen (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 247 f.). Die Rekonstruktion der Anforderungen lässt sich aufschlüsseln in Strukturbildung, der Entwicklung des Stoffes im Unterricht, der Organisation der Unterrichtszeit sowie in Anforderungen an die Lehrperson als Teil und Organisator eines Systems (BROMME, 1992/2014, S. 76 f.).

Bei der Strukturbildung ist dabei das Classroom Management zentral. Eine klare Organisation der Lehrer- und Schüleraktivitäten ist eine zentrale Voraussetzung für erfolgreichen Unterricht. Effektiver Unterricht zeichnet sich durch vorausschauende Planung, fließende Übergänge zwischen Unterrichtsphasen und präventiver Vermeidung von Störungen aus. Lehrkräfte strukturieren den Unterricht durch Signale, Routinen und Erwartungen, die den Schüler: innen Orientierung geben. Dabei geht es weniger um Kontrolle als um die gemeinsame Etablierung tragfähiger Arbeitsstrukturen, die kontinuierliches Lernen ermöglichen (ebd.). Die Entwicklung des Unterrichtsstoffes basiert auf der Annahme, dass Lernen ein aktiver „Konstruktionsprozess“ ist. Schüler: innen bringen Vorkenntnisse und Vorstellungen mit, an die neuer Stoff anknüpfen muss, um verstanden zu werden. Die Schwierigkeit eines Inhaltes ergibt sich nicht allein aus seiner fachlichen Komplexität, sondern aus dem Verhältnis zwischen Stoffstruktur, Darstellung und Lernvoraussetzungen, wodurch der Stoff im Unterrichtsprozess konstruiert und nicht einfach weitergegeben wird. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Überzeugungen und der Enthusiasmus der Lehrkraft gegenüber dem Unterrichtsstoff. Lehrkräfte müssen die Sinnhaftigkeit der Inhalte glaubwürdig vermitteln und Vertrauen in deren Bedeutung schaffen. Diese Anforderung betrifft also nicht nur fachliches Wissen, sondern auch die persönliche Haltung der Lehrkraft (ebd., S. 77 ff.).

Die Organisation der Unterrichtszeit stellt einen weiteren Anforderungsbereich dar. Der Unterricht vollzieht sich innerhalb fester zeitlicher Rahmenbedingungen, wobei Zeit zugleich eine variable Größe der Unterrichtsgestaltung ist. Ein angemessenes Unterrichtstempo, eine sinnvolle Rhythmisierung und das richtige Timing von Lehrerinterventionen sind entscheidend für den Lernerfolg und gehören zu den professionellen Kompetenzen von Lehrkräften (ebd., S. 80 f.). Insgesamt wird der Lehrer als Teil und Organisator eines sozialen Systems verstanden. Lernen kann nicht direkt gesteuert, sondern nur indirekt durch die Gestaltung geeigneter Lerngelegenheiten ermöglicht werden. Erfolgreicher Unterricht besteht daher vor allem in der sinnvollen Strukturierung von Aktivitäten, Inhalten und Zeit, die es den Schüler:innen erlaubt, aktiv Bedeutungen zu konstruieren (ebd., S. 81). Der wissensorientierte Ansatz ist durch die Anforderungsanalyse besonders anschlussfähig, da er Expertise als lern- und entwickelbar begreift und damit Fragen für die Gestaltung von Lerngelegenheiten in der Lehrkräfteausbildung aufwirft. Als Expertise ist hier das durch die Ausbildung veränderbare Professionswissen sowie die professionellen Überzeugungen zu verstehen (KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 251).

Während der leistungsorientierte und der wissensorientierte Expertisebegriff zwei unterschiedliche Perspektiven auf das Phänomen professioneller Expertise eröffnen, knüpft BROMME (1992/2014) in seiner Habilitationsschrift *„Der Lehrer als Experte“* an beide Ansätze an und verbindet sie zu einem professionsbezogenen, kognitionspsychologischen Verständnis von Lehrerexpertise. Ausgehend von der Expertiseforschung geht BROMME der Frage nach, wodurch Lehrkräfte als Expert:innen ihres Berufsfeldes charakterisiert werden können und argumentiert, dass Professionalität nicht allein in Persönlichkeitsmerkmalen oder in Wissen begründet liegt, sondern in der spezifischen Struktur, Organisation und situativen Nutzbarkeit von Wissen (BROMME, 1992/2014, S. 137 f.).

Gleich zu Beginn seines Werkes beschreibt BROMME zwei zentrale Entwicklungslinien, die dazu geführt haben, den Lehrerberuf im Rahmen der Expertiseforschung zu betrachten und kategorisiert sie als wissenschaftsexterne- und interne Gründe. Für die externen Gründe argumentiert er, dass die Expertiseforschung im Lehrkräftebereich wesentlich durch gesellschaftlich wahrgenommene Problemlagen ausgelöst wurde.

Dazu zählen insbesondere die Frage nach der Qualität schulischen Unterrichts, politische Debatten um Bildungsergebnisse sowie der steigende Bedarf, Lehrkräfteprofessionalität empirisch erfassbar zu machen (ebd., S. 3). Parallel dazu identifiziert BROMME wissenschaftsinterne Impulse der Psychologie und Bildungsforschung. Er verweist hier insbesondere auf die kognitionspsychologische Expertiseforschung, Forschungsarbeiten zum Problemlösen sowie auf die Suche nach Modellen, die professionelles Handeln präzise operationalisieren können (ebd., S. 3 f.). Diese innerwissenschaftlichen Entwicklungen führten schließlich dazu, Lehrkräfte nicht länger primär über Persönlichkeitsmerkmale oder allgemeine pädagogische Haltung zu definieren, sondern über spezifische Wissensstrukturen, deren Organisation und Anwendung.

Darüber hinaus zeigt BROMME auf, dass der Aufstieg der Expertiseforschung eng mit der vorher dominierenden Prozess-Produkt-Forschung verknüpft ist. Während das Prozess-Produkt-Paradigma Unterricht als ein auslösbares Angebot beschreibt, dessen Qualität sich über Lernprodukte messen lässt, markiert die Expertiseforschung einen Perspektivwechsel weg von der Frage, welche Prozesse zu welchen Produkten führen hin zu der Frage nach den Wissensstrukturen, die Lehrkräfte dazu befähigen, diese Prozesse professionell zu gestalten. Die Bereitstellung von Lerngelegenheiten – das Kernkonzept der Prozess-Produkt-Logik – kann nach dem Verständnis nur dann verstanden werden, wenn man die kognitiven Voraussetzungen der Lehrkraft analysiert. Das Prozess-Produkt-Paradigma erklärt also *was* im Unterricht wirkt, die Expertiseforschung ergänzt *warum* Lehrkräfte in der Lage sind, diese wirksamen Prozesse hervorzubringen (ebd.).

Zur theoretischen Untermauerung seiner Argumentation greift BROMME hier beispielsweise auf empirischen Arbeiten aus der oben erwähnten, leistungsorientierten Expertiseforschung, zurück, welche mit den sogenannten „Expert-Novice Studies“ und der kategorialen Wahrnehmung im Fokus die Unterschiede zwischen erfahrenen und unerfahrenen Lehrkräften systematisch untersuchten (ebd., S. 53). Diese Studien zeigten, dass erfahrene Lehrkräfte Unterrichtssituationen (vorgelegt als Dias) schneller und effektiver identifizieren und situative Prioritäten treffsicherer setzen können als Novizen.

Während Novizen dazu neigen, sich auf oberflächliche Merkmale des Unterrichtsgeschehens zu konzentrieren (z.B. sichtbare Schüleraktivitäten oder äußere Abläufe) erfassen Expert: innen die pädagogischen Strukturen einer Situation und konnten diese in größere, didaktische Zusammenhänge einordnen (siehe z.B. BERLINER, 1987, S. 297 ff.).

Die Expertise ist also nicht durch die bloße Anhäufung von Wissen gegeben, sondern als qualitativ höheres Niveau der Wissensorganisation und- anwendung zu verstehen (BROMME, 1992/2014, S. 140 ff.). Hier macht BROMME auch schon auf forschungspraktische Konsequenzen aufmerksam, die im weiteren Verlauf der Arbeit noch aufgegriffen werden:

„Erfahrene Lehrer verfügen über Kategorien für fachinhaltsbezogene Aktivitätsszenarien, und ihre Wahrnehmung von Schülern während des Unterrichts wird durch diese Kategorien strukturiert. [...] Dafür sind also Erhebungsverfahren geeignet, bei denen der Experte selbst zu Wort kommen kann (offene Teile bei Befragungen) oder bei denen zumindest verschiedene Varianten kategorialer Schnitte zur Auswahl vorgegeben werden.“ (BROMME, 1992/2014, S. 140).

BROMME koppelt sich darüber hinaus vom leistungsorientierten Ansatz ab und rückt stattdessen in Anlehnung an die oben beschriebenen Anforderungsbereiche, die Vernetzung verschiedener Wissensformen ins Zentrum, welche Bromme in Anlehnung an SHULMAN (1986/1987) am Beispiel des Faches Mathematik unterteilt in:

- Fachliches Wissen über Mathematik als Disziplin (Inhaltswissen).
- Schulmathematisches Wissen (Curriculares Wissen).
- Philosophie der Schulmathematik (Philosophie des Schulfaches).
- Pädagogisches Wissen.
- Fachspezifisch-pädagogisches Wissen.

(BROMME, 1992/2014, S. 96; BROMME & HAAG, 2008, S. 809 f.).

Das Inhaltswissen umfasst dabei das gesamte Fachwissen des Unterrichtsfaches auf „universitärem Level“, während das curriculare Wissen eine gewisse Eigenlogik in der inhaltlichen Gliederung des Schulfaches beinhaltet, also keine reine Vereinfachung der Fachwissenschaft darstellt. Das fachliche Wissen umfasst zentrale Begriffe, Konzepte, Theorien sowie typische Methoden und Denk- und Arbeitsweisen. Es bildet die Grundlage für inhaltliche Korrektheit und ermöglicht es Lehrpersonen, Gegenstände des Unterrichts in ihren inneren Zusammenhängen zu verstehen (BROMME, 1992/2014, S. 96).

Das schulfachliche Wissen hingegen bezieht sich auf die spezifische Struktur des Schulfaches. Schulische Inhalte stellen wie beschrieben keine bloße Reduktion wissenschaftlicher Fachinhalte dar, sondern sind Ergebnis curricularer, didaktischer und entwicklungsbezogener Transformationen. Begriffe erhalten im Unterrichtskontext mitunter veränderte Bedeutungszuschreibungen, Inhalte werden entlang lernlogischer Progressionen organisiert, und Gegenstände werden so aufbereitet, dass sie an die Erfahrungs- und Entwicklungsstände der Schüler: innen anchlussfähig sind (ebd.).

Die Philosophie des Schulfaches ist die Auffassung darüber, welchen Zweck der Fachinhalt erfüllt und die Relation respektive Transferierbarkeit des Inhaltswissens zu Bereichen des alltäglichen Lebens bzw. Wissens. Es geht hier also konkret um die bewertende Perspektive der Lehrperson auf den Inhalt (ebd.). Man könnte die Philosophie des Schulfaches als eine Art fachbezogene, normative Orientierung sehen, worunter Überzeugungen und Wertvorstellungen darüber fallen, was den Kern des Faches ausmacht, also welche Bildungsziele mit dem Fach verfolgt werden und welche Inhalte des Faches als besonders bedeutsam angesehen werden. Solche Orientierungen betreffen beispielsweise die Frage, ob ein Fach primär der systematischen Wissensordnung, der praktischen Anwendbarkeit, der Persönlichkeitsbildung oder der gesellschaftlichen Orientierung dient.

Die Überzeugungen wirken auf die Auswahl und Gewichtung von Inhalten, auf die Gestaltung von Aufgaben und auf die Rahmung fachlicher Lernprozesse. Diese Überzeugungen bleiben häufig implizit, beeinflussen das professionelle Handeln jedoch nachhaltig. Am Beispiel der Mathematik macht Bromme dies deutlich.

„Schüler lernen z.B., ob der Lehrer der Auffassung anhängt, das ‘Wesentliche’ an der Mathematik sei das Operieren mit einer klaren, vorab definierten Sprache, ohne daß es auf den referentiellen Bezug der verwendeten Zeichen ankäme, oder ob eher die Auffassung vorherrscht, Mathematik sei ein Werkzeug zur Beschreibung einer, wie auch immer verstandenen, Wirklichkeit.“ (BROMME, 1992/2014, S. 97).

Das pädagogische Wissen ist fächerunabhängig und bezieht Aspekte wie Classroom Management und den Umgang mit Unterrichtsstörungen ein. Das fachspezifische-pädagogische Wissen kann in den Begriff fachdidaktisches Wissen übersetzt werden. Es beinhaltet die fachlichen Einsichten mit Wissen über Lernprozesse, typische Schülervorstellungen, geeignete Repräsentationsformen sowie lernförderlichen Aufgaben- und Interaktionsformen integriert. Es umfasst unter anderem Kenntnisse über häufige Fehlkonzepte, produktive Lernwege, sowie die sinnvolle inhaltliche Sequenzierung. Zentral ist hier eben, dass die sachlogische Struktur eines Inhaltes in eine lernlogische Struktur transformiert wird.

Die Wissensfacetten sind eng miteinander verknüpft und befähigen Lehrkräfte dazu, fachliche Inhalte zu strukturieren, Lernprozesse zu diagnostizieren und Unterricht adaptiv zu gestalten. Entscheidend ist dabei nicht, dass das Wissen abrufbar ist, sondern, dass es in Handlungssituationen verfügbar und wirksam ist. Experten erkennen typische Unterrichtsmuster, interpretieren Schülerreaktionen differenzierter und können auf dieser Grundlage flexibel reagieren (BROMME, 1992/2014, S. 137). Wissen und Handeln stehen dabei nicht in einem linearen Verhältnis und ein großer Wissensschatz führt nicht zwangsläufig zu erfolgreichem Unterricht. Vielmehr liegt die Expertise in der Fähigkeit, Wissen kontextsensibel und reflektiert einzusetzen (ebd., S. 141). Für die Lehrkräftebildung leitet BROMME ab, dass Professionalisierung nicht in der bloßen Wissensvermittlung bestehen darf, sondern in der Förderung jener Kompetenzen, die den flexiblen und reflektierten Umgang mit Wissen ermöglichen. Lehrkräfte müssen lernen, ihr Wissen zu strukturieren, mit Erfahrungen zu verknüpfen und in unterschiedlichen Handlungssituationen einzusetzen. Dazu sind Lerngelegenheiten erforderlich, die die Verbindung zwischen Theorie und Praxis unterstützen – etwa durch Fallanalysen, Hospitationen oder forschendes Lernen (BROMME & HAAG, 2008, S. 811).

Die Überlegungen BROMMES verdeutlichen, dass Professionalisierungsprozesse in der Lehrkräftebildung nicht allein durch den Erwerb deklarativen Wissens erreicht werden können, sondern, dass sie Lerngelegenheiten erfordern, die den aktiven, reflektierten und anwendungsorientierten Umgang mit Wissen ermöglichen. Gerade in diesem Zusammenhang gewinnen LLL an Bedeutung. Sie bieten strukturierte Lerngelegenheiten, die Theorie- und Praxisbezüge gezielt miteinander verschränken und somit zentrale Bedingungen fördern, die BROMME bereits als entscheidend für die Entwicklung professioneller Expertise beschrieben hat.

In LLL können Studierende Unterrichtssituationen in einem geschützten Raum planen, durchführen und reflektieren, wodurch die Verschränkung von theoretischem Wissen, erfahrungsbasiertem Handeln und (metakognitiver) Reflexion möglich wird (siehe z.B. SAATHOFF, 2025). Durch die Auseinandersetzung mit komplexen, aber kontrollierbaren Unterrichtsszenarien werden kognitive, reflexive und situative Anteile professionellen Wissens miteinander verbunden, genau jene Facetten, die BROMME als Kern professioneller Expertise identifiziert. An die Überlegungen BROMMES knüpfen spätere Modelle an, die den Expertenansatz systematisch erweitern, indem sie neben Wissen auch affektive und motivationale Komponenten professioneller Kompetenz berücksichtigen.

Trotz der hohen Anschlussfähigkeit von BROMMES Konzeption für professionsbezogene Fragestellungen bleibt kritisch anzumerken, dass sein Ansatz primär auf die kognitive Struktur und Organisation professionellen Wissens fokussiert. Zwar wird die Situationsgebundenheit von Wissen betont und die Bedeutung erfahrungsbasierter Routinen herausgestellt, affektiv-motivationale sowie volitionale Komponenten professionellen Handelns werden jedoch nur am Rande berücksichtigt. Zudem stellt die von BROMME postulierte komplexe Wissensorganisation ein theoretisch plausibles, empirisch jedoch nur indirekt zugängliches Konstrukt dar, da sich die postulierte Wissensorganisation nicht unmittelbar beobachten lässt, sondern nur über Performanz, verbale Explikationen oder diagnostische Aufgaben erschlossen werden kann. Die Operationalisierung dieser Wissensstrukturen erweist sich als anspruchsvoll, da nicht das deklarative Wissen, sondern dessen flexible, kontextabhängige Nutzung im Zentrum steht. Damit liefert BROMMES Ansatz eine zentrale kognitionspsychologische Fundierung professioneller Expertise, bleibt jedoch hinsichtlich einer integrativen Modellierung professioneller Handlungskompetenz ergänzungsbedürftig.

Insbesondere die systematische Berücksichtigung motivationaler Orientierungen, professioneller Überzeugungen, die BROMME im Konzept „Philosophie des Schulfaches“ zwar anspricht, jedoch nicht systematisch ausdifferenziert verlangt nach weiterer Ausdifferenzierung. Damit wird deutlich, dass zur Beschreibung professioneller Handlungskompetenz ein Modell erforderlich ist, das die kognitive Struktur professionellen Wissens mit motivationalen, volitionalen und überzeugungsbezogenen Dispositionen systematisch verbindet. Für die vorliegende Untersuchung, die sowohl wissensbezogene als auch motivationale und überzeugungsbezogene Facetten professioneller Handlungskompetenz erfasst, bietet das COACTIV-Modell somit einen geeigneten integrativen Bezugsrahmen.

2.2 Kompetenztheoretische Sichtweise auf die Lehrkräfteprofessionalität

Der wissensorientierte Expertiseansatz markiert so gesehen eine zentrale theoretische Vorstufe kompetenztheoretischer Modellierungen professionellen Lehrerwissens. In ihm werden Struktur, Organisation und situationsspezifische Nutzung von Wissen in den Mittelpunkt gerückt, wodurch sich die Perspektive von der Beschreibung außergewöhnlicher Expertenleistungen hin zur Analyse jener professioneller Wissensgrundlagen, die für professionelles Handeln von Lehrpersonen konstitutiv sind, verschiebt.

Gleichzeitig haben die bisherigen Ausführungen zur Lehrkräfteprofessionalisierung gezeigt, dass professionelle Kompetenz nicht angemessen beschrieben werden kann, wenn man entweder ausschließlich auf beobachtbares Unterrichtshandeln (Prozess-Produkt-Paradigma) oder nur auf stabile personale Merkmale (Persönlichkeitsansatz) fokussiert. Vielmehr geht der aktuelle Diskurs hin zu einer Betrachtung professioneller Kompetenz als Kontinuum, wobei als Grundlage die im Modell professioneller Handlungskompetenz definierten Facetten angesehen werden (siehe Abbildung 4).

Vor diesem Hintergrund wurde der Kompetenzbegriff in der Lehrkräfteforschung weiterentwickelt. Einen zentralen Beitrag liefert die Perspektive, dass Kompetenz nicht als statische Eigenschaft, sondern als prozesshafte Transformation von Dispositionen in Performanz konzeptualisiert wird.

Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften

In diesem Modell wird angenommen, dass professionelles Wissen und weitere dispositionale Merkmale nicht direkt zu Unterrichtshandeln führen, sondern über situationsspezifische Fähigkeiten vermittelt werden, die Wahrnehmung, Interpretation und Entscheidungsfindung in konkreten Unterrichtssituationen umfassen (BLÖMEKE et al., 2015, S. 312 f.). Diese situationsspezifischen Fähigkeiten nehmen in dem Modell eine Schlüsselrolle ein, da sie den Übergang von theoretischem Wissen zu handlungsleitender Nutzung markieren (siehe Abbildung 5). Sie beziehen sich auf die Fähigkeit von Lehrkräften, relevante Merkmale einer Unterrichtssituation zu erkennen, fachlich und didaktisch zu deuten sowie begründete Handlungsoptionen zu entwickeln (ebd.).

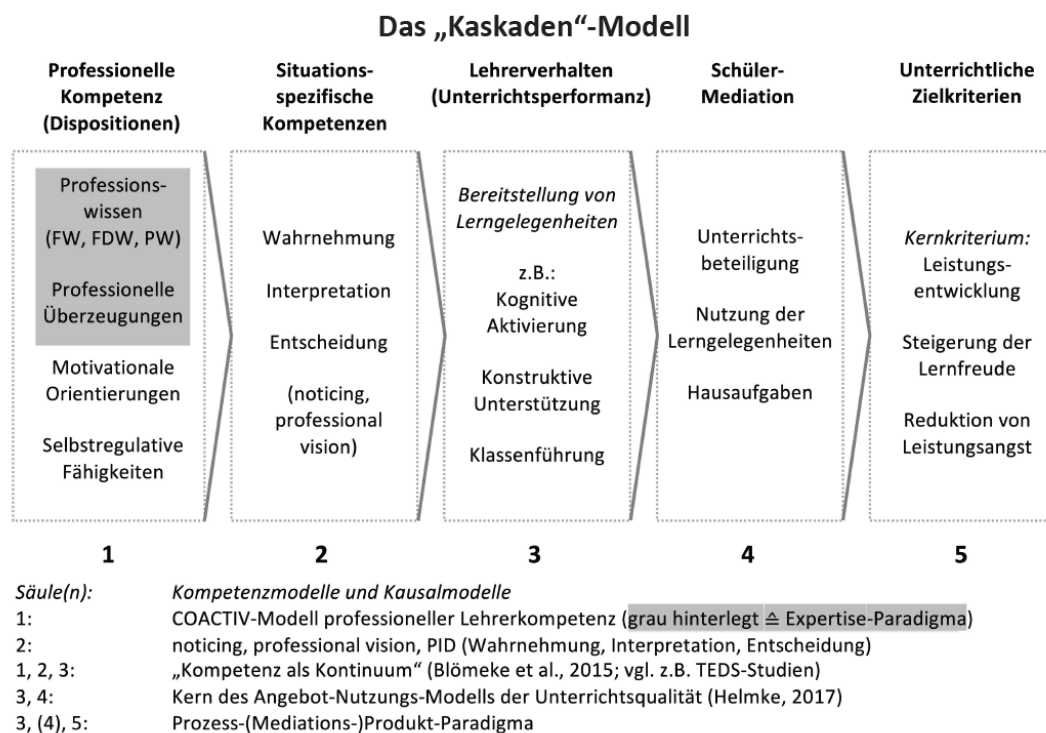


Abbildung 4: Kompetenz als Kontinuum von Professioneller Kompetenz zu unterrichtlichen Zielkriterien (KRAUSS, 2020, S. 156)

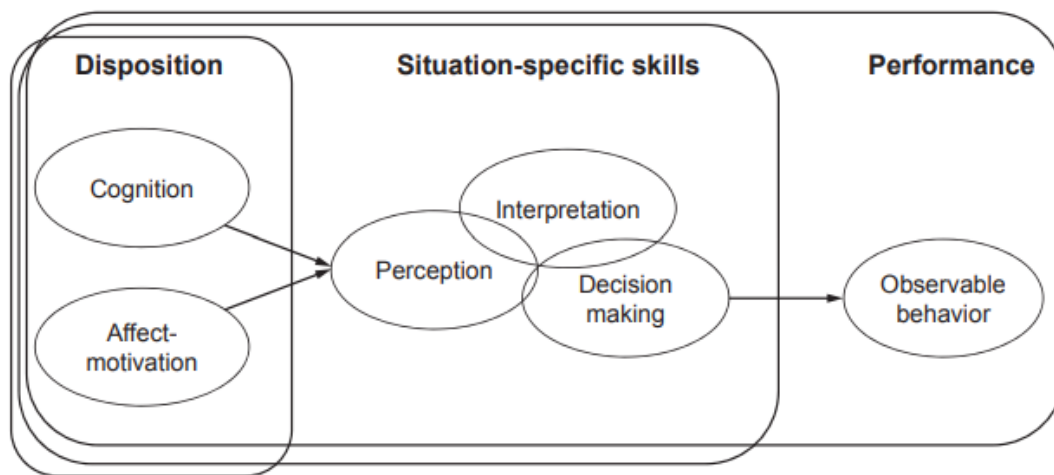


Abbildung 5: Mediationsmodell professioneller Kompetenz mit professioneller Unterrichtswahrnehmung als Mediator zwischen Disposition und Performanz (BLÖMEKE et al., 2015, S. 312)

Das Konstrukt der professionellen Unterrichtswahrnehmung fußt hierbei auf der Arbeit GOODWINS (1994) zur *professional vision* und SHERINS (2001) Übertrag auf den Lehrkräfteberuf. Professionelle Unterrichtswahrnehmung wird hierbei als professionsspezifische Form der Wahrnehmung verstanden, die es Lehrpersonen ermöglicht, relevante Aspekte von Unterrichtssituationen gezielt zu erfassen und fachlich fundiert zu deuten (hier wird die Expertiseforschung mit dem Experten-Novizen Studien wieder sichtbar, siehe Kapitel 2.1.4). Entsprechend setzt sich professionelle Wahrnehmung aus zwei zentralen Subfacetten zusammen: selective attention (noticing) und knowledge-based reasoning (SHERIN & VAN ES, 2009, S. 22). In der Forschungslandschaft zur professionellen Unterrichtswahrnehmung werden diese Facetten weiter ausdifferenziert und es werden Facetten wie das Beschreiben, Bewerten, Interpretieren verwendet, welche häufig um die Entwicklung von Handlungsalternativen ergänzt werden (SEIDEL & STÜRMER, 2010, S. 297; JUNKER et al., 2020, S. 246).

Professionelles Wahrnehmen definiert sich hier insgesamt als „[...] die Art und Weise, wie Lehrpersonen Ereignisse und Situationen professionstypisch beobachten und interpretieren.“ (SEIDEL & STÜRMER, 2010, S. 296). Die Beschreibung des Konstrukts verdeutlicht, dass die Entwicklung professioneller Unterrichtswahrnehmung die aktive Anwendung professionellen Wissens sowie dessen Transfer auf neue, kontextualisierte Unterrichtssituationen erfordert.

Entsprechend wird in aktuellen Diskursen verstärkt mit unterrichtsnahen, authentischen Situierungen gearbeitet, dies es (angehenden) Lehrkräften ermöglichen, Wahrnehmungs-, Interpretations- und Entscheidungsprozesse systematisch zu erproben und zu reflektieren (JUNKER ET AL., 2020; STEFFENSKY & KLEINKNECHT, 2016).

Ausgehend von der Kette im Kaskaden-Modell liegt der nächste logische Schritt in der Betrachtung der Performanz, was in aktuellen Forschungsansätzen vornehmlich durch die systematische Beobachtungsverfahren im Zuge videobasierter Ansätze erfolgt, da sie es ermöglichen, komplexe Unterrichtsprozesse wiederholt und aus unterschiedlichen Perspektiven zu analysieren (DENN & HESS, 2018, S. 213 ff.). Theoretisch sind diese Arbeiten überwiegend im Rahmen von Angebots-Nutzungs-Modellen verortet und berücksichtigen im Gegensatz zu früheren Prozess-Produkt-Ansätzen (siehe Kapitel 2.1.3) die Vielzahl an Bedingungen wie Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit oder die Förderung des Selbstkonzepts oder des fachspezifischen Lerninteresses, unter denen Lernen stattfindet (KLIEME, 2019, S. 396). Auf Grundlage theoretischer Weiterentwicklungen haben sich drei Basisfacetten der Unterrichtsqualität herauskristallisiert, nämlich die Klassenführung, kognitive Aktivierung und konstruktive Unterstützung (GRÄSEL, 2020, S. 152; FAUTH & LEUDERS, 2022, S. 6 f.). Während Klassenführung als fächerübergreifend zu betrachten ist, wird insbesondere die kognitive Aktivierung, welche als die Fähigkeit verstanden wird, „[...] *die Bereitschaft der Lernenden zu wecken, sich aktiv mit dem Lerngegenstand auseinander zu setzen, selbstständig Verbindungen zu bereits bekanntem Wissen herzustellen und gedanklich Umstrukturierungen vorzunehmen.*“ (KUNTER & TRAUTWEIN, 2018, S. 90) definiert wird, in fachdidaktischen Diskursen fokussiert (GRÄSEL & GÖBEL, 2022, S. 668 f.; STEFFENSKY & NEUHAUS, 2018, S. 300 f.; LEUDERS & FAUTH, 2022, S. 4).

Das Kaskaden Modell macht die zu Beginn der Auseinandersetzung mit der Professionstheorie postulierte Komplementarität der verschiedenen Paradigmen deutlich. Die erste Säule macht auf das aktuell verbreitete Paradigma zur professionellen Kompetenz mit der Expertiseforschung als theoretische Grundlage deutlich, welches bis Säule drei durch die Erweiterungen zur professionellen Kompetenz zu einer ganzheitlichen Betrachtung bis hin zur Performanz zusammengeführt wird, während das Prozess-Produkt-Paradigma aus den Säulen drei und fünf hervorgeht (KRAUS ET AL., 2024, S. 2).

Die Expertiseforschung und die Weiterentwicklung des professionellen Kompetenzverständnisses machen dabei plausibel, dass professionelles Handeln auf einer spezifischen Wissensbasis und deren situationsangemessener Nutzung beruht. Das gesamte Spektrum empirisch abzubilden ist für die vorliegende Arbeit jedoch nicht zielführend und leistbar. Da im Kontext der universitären Lehrkräftebildung der Erfassung professioneller Kompetenz eine besondere Bedeutung zukommt, da diese die Grundlage für späteres situationsangemessenes Handeln bildet und die gesamte Breite bis hin zur Performanz in dieser Form und aufgrund des vorliegenden Settings im Lehr-Lern-Labor nicht abbildbar wäre, wird in der vorliegenden Arbeit die erste Ebene des Kaskadenmodells – professionelle Kompetenz als Disposition – als legitimer und eigenständiger Untersuchungsgegenstand verstanden.

An dieser Stelle setzt das von BAUMERT und KUNTER entwickelte, im Rahmen des Forschungsprogramms COACTIV („Cognitive Activation in the Classroom“) empirisch ausgearbeitete Modell professioneller Handlungskompetenz an. Es verbindet eine kognitionspsychologische Sicht auf Wissens- und Handlungsgrundlagen mit einer professionsbezogenen Perspektive auf die Aufgaben des Lehrerberufs und fasst Professionalität als Zusammenspiel mehrerer Dispositionsbereiche, die in Unterrichtssituationen wirksam werden (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 472 ff.; BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 29 ff.).

Diese erweiterte Perspektive wird in dem integrativen Kompetenzmodell systematisch aufgegriffen, welches den Expertenansatz um nicht-kognitive Facetten ergänzt und damit ein facettenreiches, empirisch operationalisierbares Modell professioneller Kompetenz bereitstellt. Vor diesem Hintergrund dient das Expertenparadigma im Folgenden als kognitionspsychologische Fundierung, während das Kompetenzmodell als strukturierender Bezugsrahmen für die empirische Untersuchung herangezogen wird. Die Orientierung am Kompetenzparadigma hat weitreichende Implikationen für die Lehrerbildung. Durch die stärkere psychologisch-quantitative Ausrichtung gewinnen Verfahren zur Kompetenzmessung und Überprüfung von Standards an Bedeutung, die wiederum als Grundlage für evidenzbasierte Curricula-Anpassungen herangezogen werden (IDEL et al., 2021, S. 22 ff.). In den Vordergrund rückt hierbei die Modellierung domänenspezifischer, professioneller Handlungskompetenz für den Fachunterricht als Kernaufgabe einer Lehrkraft (ebd., S. 22).

Betrachtet wird hierbei das Wissen von Lehrkräften als ein zentraler Prädiktor professioneller Handlungskompetenz, ein Ansatz, an welchen viele aktuellere Forschungsansätze anknüpfen (GRÄSEL & TREMPLE, 2017, S. 4; BAUMERT & KUNTER, 2013, S. 287; TERHART, 2011, S. 207). Im Zentrum stehen hierbei die Taxonomie des professionellen Wissens von SHULMAN (siehe Kapitel 2.1.4) sowie die daran anknüpfende Expertise-Forschung mit den Ausführungen zur Topologie des Lehrkräftewissens von BROMME (TERHART, 2011, S. 208; KRAUSS & BRUCKMAIER, 2014, S. 253). Ebenso wie das Wissen, wird die Lehrkräftepersönlichkeit (siehe Kapitel 2.1.2) in den kompetenztheoretischen Ansatz aufgenommen und als Kriterium von Lehrkräfteprofessionalität definiert (IDEL et al., 2021, S. 22). Im folgenden Kapitel sollen genau diese Aspekte anhand des zentralen Modells professioneller Handlungskompetenz für die Untersuchung greifbar gemacht werden.

2.3 Modell professioneller Handlungskompetenz

Das zentrale theoretische Konstrukt ist das Modell der professionellen (domänenspezifischen) Handlungskompetenz (BAUMERT & KUNTER, 2006), das den Fachunterricht als Kernaufgabe professionellen Lehrerhandelns in den Mittelpunkt rückt. Der Kompetenzbegriff wird hierbei in Anlehnung an WEINERT (2001) definiert als

„[...] die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fertigkeiten und Fähigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen Bereitschaften, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortlich zu nutzen.“
(WEINERT, 2001, S. 27 f.).

In diesem Kompetenzbegriff stehen neben kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten ebenso motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften im Zentrum, welche auch als Handlungskompetenz bezeichnet werden (HUGET, 2024, S. 56). Anschlussfähig an die Begriffsauslegung ist für diese Arbeit vor allem auch die Auslegung des Kompetenzbegriffs nach KLIEME & LEUTNER (2006), mit welcher der Blick auf bestimmte Lernfelder respektive fachbezogene Leistungsbereiche gerichtet werden kann.

Diese definieren „[...] Kompetenzen als kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen in bestimmten Domänen beziehen.“ (KLIEME & LEUTNER, 2006, S. 879). Auf diese Weise wird es möglich, den Blick auf bestimmte Lernfelder respektive fachbezogene Leistungsbereiche zu richten (ebd.).

Anders als bei Weinert werden zwar die kognitiven Dispositionen fokussiert, allerdings rückt hier die Kontextabhängigkeit von Professionalität ins Zentrum. Mit der Vermengung beider Konstrukte kann also mit WEINERTS Auslegung einerseits Handlungskompetenz erfasst, andererseits nach KLIEME & LEUTNER auch die bereichsspezifische Kompetenz erfasst werden. Vereint man beide Kompetenzbegriffe integrativ, so lässt sich für diese Arbeit die bereichsspezifische, professionelle Handlungskompetenz erfassen, mit kognitiven und nicht-kognitiven Facetten von Professionalität, bezogen auf einen bestimmten, fachbezogenen Leistungsbereich.

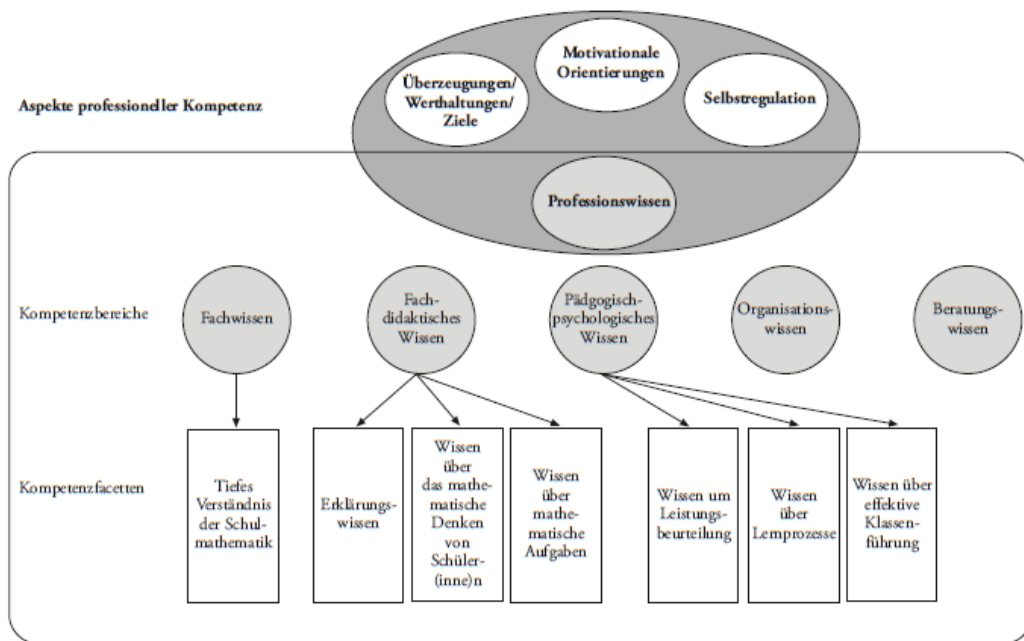


Abbildung 6: Das COACTIV-Modell professioneller Handlungskompetenz (BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 32).

Das Modell professioneller Handlungskompetenz differenziert für die kognitiven Dispositionen drei zentrale Wissensfacetten nach der Taxonomie SHULMANS (1986 / 1987), von denen insbesondere das Fachwissen sowie das fachdidaktische Wissen für die vorliegende Arbeit im Zentrum des Interesses stehen.

Ergänzend werden gemäß des zugrundeliegenden Kompetenzbegriffs nicht-kognitive Merkmale berücksichtigt, zu denen fach- und lernbezogene Überzeugungen, Motivation sowie die Fähigkeit zur Selbstregulation zählen (BAUMERT & KUNTER, 2006). Handlungskompetenz ist damit auf berufliche Anforderungsbereiche bezogen und dient in funktionaler Hinsicht der Sicherung von Unterrichtsqualität und Lernleistungen der Schüler: innen (TERHART, 2011, S. 207).

Empirische Untersuchungen, welche überwiegend in quantitativ angelegten, mehrstufigen Forschungsdesigns mit Befragungen, Wissenstests und Unterrichtsvideografien angelegt sind, belegen insbesondere die hohe Relevanz von gehaltvollem, tief strukturiertem Fachwissen sowie fachdidaktischem Wissen für die Qualität des Lehrerhandelns (siehe z.B. KUNTER et al., 2011; KULGEMEYER et al., 2012, S. 2). Darüber hinaus verdeutlicht die Belief-Forschung (OSER & BLÖMEKE, 2012), dass implizite, stabile und häufig kaum bewusste Überzeugungen von Lehrkräften, etwa zu Lerntheorien oder zur fachspezifischen Vermittlungskultur, die Unterrichtsgestaltung und deren Wirksamkeit maßgeblich beeinflussen (IDEL et al., 2021, S. 22 ff.). Diese Facetten schließt das Modell professioneller Handlungskompetenz mit ein, weshalb sich hier für das Modell als „Richtungsweiser“ entschieden wurde.

Es verbindet kognitionspsychologische mit professionsbezogenen Perspektiven und beschreibt Bedingungen erfolgreichen Lehrerhandelns unter besonderer Berücksichtigung des Zusammenspiels von Wissen, Motivation, Überzeugungen und Selbstregulation (siehe Abbildung 6). Professionelle Handlungskompetenz bezeichnet in diesem Sinne die Gesamtheit jener kognitiven und nichtkognitiven Dispositionen, die Lehrkräfte befähigen, die vielfältigen Anforderungen des Unterrichts erfolgreich zu bewältigen (BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 29ff.). Die Autoren betonen, dass es sich hierbei um ein nichthierarchisches, generisches Modell handelt, wodurch eine Übertragbarkeit auf andere Domänen gegeben ist. Die vier übergeordneten Kompetenzaspekte setzen sich aus spezifischeren Kompetenzbereichen zusammen, welche wiederum in Kompetenzfacetten differenzierbar und durch konkrete Indikatoren operationalisierbar sind (BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 33). Die für die vorliegende Arbeit zugrundeliegenden Facetten und ihre zentralen theoretischen Bezüge werden in den folgenden Abschnitten weiter ausgeführt.

Abschließend ist noch festzuhalten, dass eine zentrale Aussage der Konzeption darin liegt, Unterricht als Kernpraxis des Lehrerberufs zu bestimmen und Professionalität daran zu binden, Lerngelegenheiten unter Bedingungen struktureller Unsicherheiten herzustellen. Lehrkräfte können Lernen nicht „produzieren“, sondern nur Lernangebote machen. Ob und wie Lernende diese Angebote aufgreifen, bleibt prinzipiell kontingent (ebd., S. 12 f.).

„Dies gilt aber auch in einem spezifischen Sinn, insofern es keine technischen Transformationsregeln gibt, die dem Handelnden Erfolg garantieren. Erfolg stellt sich nicht unabhängig vom Handeln der Klienten ein. Professionelles Handeln ist – trotz aller Referenz auf systematische Wissensstände – nicht technisch-instrumentell konzeptualisierbar. [...] Unterrichtliche Lerngelegenheiten sind immer das Ergebnis sozialer Ko-Konstruktion, an denen Schüler und Lehrkräfte beteiligt sind.“ (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 476).

Professionelles Handeln besteht folglich darin, Unterricht unter dieser doppelten Kontingenz so zu gestalten, dass Lernprozesse wahrscheinlicher werden und dabei zugleich normative Vorgaben, institutionelle Rahmenbedingungen und heterogene Lernvoraussetzungen zu berücksichtigen (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 476 ff.). Damit unterscheidet sich das Modell von der strukturtheoretischen Position, die Professionalität primär als reflexiven Umgang mit Antinomien konzipiert, ohne die Frage nach empirisch fassbaren Voraussetzungen erfolgreichen Handelns hinreichend zu beantworten (siehe Kapitel 2.1.1). BAUMERT & KUNTER argumentieren demgegenüber, dass ein Kompetenzmodell gerade darin seine Stärke hat, dass es die Voraussetzungen professionellen Handelns so konzeptualisiert, dass sie empirisch untersuchbar und prinzipiell entwickelbar werden (ebd., S. 469 ff; 507).

2.3.1 Professionswissen

Das Modell greift die Vorüberlegungen zur Topologie des Expertenwissens aus der Expertiseforschung auf (siehe Kapitel 2.1.4) und das Professionswissen wird in mehrere Bereiche wie das Fachwissen, fachdidaktische Wissen, pädagogisch-psychologische Wissen sowie Beratungs- und Organisationswissen differenziert (siehe Abbildung 6).

Das Fachwissen bezeichnet im COACTIV-Rahmen nicht primär schulbuchgebundene Reproduktionskenntnis, sondern ein konzeptuell organisiertes Verständnis zentraler Begriffe, Prinzipien, Begründungs- und Argumentationsstrukturen einer Disziplin (KRAUSS et al., 2011, S. 137). Was aus den dafür zugrundeliegenden Ausführungen SHULMANS unklar bleibt, ist das Niveau, auf dem Lehrkräfte Fachwissen beherrschen sollen (ebd.). In COACTIV wird für die Operationalisierung daher eine Unterteilung in verschiedene Ebenen (an der Disziplin Mathematik) vorgenommen:

”

Ebene 1: Mathematisches Alltagswissen, über das grundsätzlich alle Erwachsene verfügen sollten.

Ebene 2: Beherrschung des Schulstoffs (etwa auf dem Niveau eines durchschnittlichen bis guten Schülers der jeweiligen Klassenstufe).

Ebene 3: Tieferes Verständnis der Fachinhalte des Curriculums der Sekundarstufe (z.B. auch „Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus“, wie sie an der Universität gelehrt wird).

Ebene 4: Reines Universitätswissen, das vom Curriculum der Schule losgelöst ist (z.B. Galoistheorie, Funktionalanalysis).

“

(KRAUSS et al., 2011, S. 142).

Das Fachwissen wurde im Forschungsprogramm auf Ebene drei operationalisiert. Begründet wird dies dadurch, dass Lehrkräfte den unterrichtlichen Stoff nicht bloß reproduzieren, sondern auf einem vertieften Niveau durchdringen sollen, um Unterrichtssituationen jederzeit gewachsen zu sein. Dieses erweiterte Fachverständnis dient nicht allein dazu, Schüler: innen „stofflich voraus“ zu sein, sondern es ermöglicht, Argumentationsweisen, Begriffsbildungen und Zusammenhänge so darzustellen, dass sie an die fachtypischen Denk- und Wissensbildungsprozesse anschließen (ebd., S. 143). Die vorliegende Arbeit fokussiert bewusst Schulwissen und ein vertieftes Verständnis schulischer Fachinhalte. Damit wird nicht nur auf universitär spezialisierte Fachkenntnisse abgezielt, sondern auf ein inhaltliches Niveau, das eng mit den Anforderungen professionellen Lehrerhandelns verknüpft ist.

Schulbezogenes Fachwissen ist für die Analyse professioneller Kompetenz im LLL Kontext und darüber hinaus besonders geeignet, da es unmittelbar an die Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht anknüpft und somit in direkter Beziehung zur beruflichen Praxis steht. Darüber hinaus ist weniger das Anspruchsniveau, sondern die vergleichbare Erfassung fachbezogener Wissensbestände von Interesse. Die konkrete Operationalisierung des Fachwissens ist insbesondere für das hier vorliegende Erkenntnisinteresse zu dem Bereich der Elektrotechnik relevant und wird in nachfolgenden Abschnitten vorgenommen.

Theoretisch zentral ist im Modell jedoch vor allem die Annahme, dass fundiertes Fachwissen eine Bedingung für die Entwicklung und Vertiefung fachdidaktischen Wissens darstellt, wodurch Fachwissen nicht als isolierte Wissensmenge gefasst wird, sondern als Ressource, die professionelles Interpretieren, Erklären und Strukturieren fachlicher Inhalte ermöglicht (BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 41). Fachdidaktisches Wissen steht also besonders nah am Unterrichtsgeschehen und umfasst im COACTIV-Rahmen Wissen darüber, wie fachliche Inhalte so dargestellt, repräsentiert, strukturiert und sequenziert werden können, dass sie für Lernende verstehbar und kognitiv anregend werden. Hierunter werden Kenntnisse über typische Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen sowie deren Diagnose, geeignete Repräsentationsformen sowie über typische Aufgaben- und Erklär-Formate gefasst (ebd., S. 38).

COACTIV verbindet diese inhaltliche Bestimmung mit einer starken funktionsbezogenen Hypothese. Während das pädagogisch-psychologische Wissen vor allem für allgemeine Klassenführung und individuelle Unterstützung bedeutsam sei, wird angenommen, dass fachdidaktisches Wissen der zentrale Faktor ist, der das kognitive Aktivierungspotenzial des Unterrichts bestimmt (ebd., S. 41). Darüber hinaus ist fachdidaktisches Wissen in einem erweiterten Sinn auch als Wissen über didaktische Entscheidungen unter Kontingenz zu verstehen. Lehrkräfte müssen antizipieren, welche Deutungen Lernende bilden könnten, wie sie auf unerwartete Schüleräußerungen reagieren, wann sie vertiefen oder vereinfachen, und wie sie Aufgaben so variieren, dass unterschiedliche Lernvoraussetzungen adressiert werden. Dadurch wird fachdidaktisches Wissen zu einem Bindeglied zwischen kognitiver Wissensbasis und adaptiver Handlungsfähigkeit (ebd., S. 12).

Pädagogisch-psychologisches Wissen umfasst hingegen Kenntnisse über bildungswissenschaftliche Grundlagen, allgemeindidaktisches Konzeptions- und Planungswissen, Wissen über Klassenführung, über fachübergreifende Prinzipien der Diagnostik sowie Grundlagenwissen zu empirischer Sozialforschung gefasst (ebd., S. 39). Im Modell wird die Relevanz damit begründet, dass dieses Wissen insbesondere für die allgemeine Unterrichtsführung und die individuelle Unterstützung von Lernenden zentral sei (ebd., S. 41). Darüber hinaus schießt das Modell Wissen über Beratung und Organisationswissen ein. Beratungswissen umfasst Kenntnisse und Fähigkeiten, die für Gespräche mit Schüler:innen sowie mit Eltern erforderlich sind. Dazu zählen Wissen über Gesprächsführung, diagnostische Einschätzungen, Fördermöglichkeiten sowie über institutionelle Unterstützungsangebote. Beim Organisationswissen wird sich auf Kenntnisse über schulische Strukturen, Abläufe und Regelungen bezogen, wozu beispielsweise schulinterne Kooperationsformen und administrative Verfahren zählen (ebd., S. 40).

Insbesondere das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen sind für das Erkenntnisinteresse der vorliegenden Arbeit zentrale Facetten, da sie zwei notwendige Ressourcen darstellen, die die Fachdidaktik aufzugreifen hat. Gleichwohl lässt sich professionelles Handeln nicht allein aus der Verfügbarkeit solcher Dispositionen erklären, da Lehrkräfte trotz vergleichbarer Wissensbestände Unterrichtssituationen unterschiedlich wahrnehmen, bewerten und strukturieren. Diese Unterschiede verweisen auf eine weitere Ebene professioneller Dispositionen, nämlich handlungsleitende Überzeugungen und Werthaltungen. Während das Professionswissen darauf abzielt, begründbare Aussagen über fachliche, didaktische und pädagogische Zusammenhänge bereitzustellen, betreffen Überzeugungen subjektiv für gültig gehaltene Annahmen über Lernen, Lehren, Wissen und Bildung. Sie strukturieren die Wahrnehmung von Unterrichtssituationen, beeinflussen die Auswahl von Handlungsoptionen und wirken damit als interpretative Filter zwischen Wissensbasis und konkretem Handeln (ebd., S. 41 ff.). Vor diesem Hintergrund erweitert das COACTIV-Modell die kognitive Perspektive auf Professionswissen um die Facette der professionellen Überzeugungen.

Im folgenden Abschnitt werden diese oft als Beliefs bezeichneten Überzeugungen als eigenständige, handlungsrelevante Facette professioneller Handlungskompetenz näher beschrieben und in ihren zentralen Ausprägungen systematisiert.

2.3.2 Professionelle Überzeugungen (Beliefs) und Werthaltungen

In der Lehrkräftebildung spricht man von „Beliefs“ in Bezug auf Überzeugungen hinsichtlich der Art, wie Kinder lernen, welche Unterrichtsmethoden und Aktionsformen als wirksam angesehen werden und darüber, was den Fachinhalt aus subjektiver Sicht ausmachen sollte (OSER & BLÖMEKE, 2012, S. 415 f). Im COACTIV-Modell werden sie in Anlehnung an OP'T, DE CORTE & VERSCHAFFEL (2002) ausgelegt, welche pädagogisch relevante Überzeugungen von Schüler: innen definieren, unterschieden:

- ”
- *epistemologische Überzeugungen, die sich auf die Struktur, Genese und Validierung von Wissensbeständen beziehen,*
 - *Überzeugungen über das Lernen in einem schulischen Gegenstandsbereich – wir wollen im Folgenden von subjektiven Lerntheorien sprechen,*
 - *subjektive Theorien über das Lehren des Gegenstands und*
 - *selbstbezogene Überzeugungen hinsichtlich des Lernens und Lehrens im Gegenstandsbereich – wir wollen im Folgenden von selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen reden.*

“

(BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 41).

Sie übertragen dieses Konstrukt auf die Lehrkräftebildung, indem sie Wertbindungen als „Berufsethik“ und Zielvorstellungen, welche als Wegweiser für Unterrichtsplanung und Unterrichtshandeln angesehen werden, ergänzen. Innerhalb des Konstrukts von Überzeugungen und Werthaltungen fassen sie demnach systematische Wertbindungen, epistemologische Überzeugungen, subjektive Theorien über Lehren und Lernen sowie Zielsysteme zusammen (ebd., S. 42) und definieren Überzeugungen als

„[...] überdauernde existentielle Annahmen über Phänomene oder Objekte der Welt, die subjektiv für wahr gehalten werden, sowohl implizite als auch explizite Anteile besitzen und die Art der Begegnung mit der Welt beeinflussen“

(VOSS ET AL., 2011, S. 235).

Werthaltungen, Überzeugungen und Professionswissen werden im Modell als kategorial getrennte Kompetenzfacetten betrachtet, wobei betont wird, dass die Übergänge zwischen den Facetten fließend sind (BAUMERT & KUNTER, 2011, S. 42).

Überzeugungen werden dabei als subjektiv für gültig gehaltene Annahmen verstanden, die sich auf Lehren, Lernen, Wissen, Bildung sowie auf die Rolle von Lehrkräften und Lernenden beziehen. Sie unterscheiden sich deshalb kategorial von Wissen, da sie nicht primär wissenschaftlich begründet oder diskursiv abgesichert sein müssen, sondern einen normativen Geltungsanspruch besitzen. Lehrpersonen glauben, dass bestimmte Sachverhalte „so sind“ oder dass Unterricht „so gestaltet werden sollte“. Gerade diese Selbstnormativität verleiht Überzeugungen ihre handlungsleitende Kraft (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 497 f.; OSER & BLÖMEKE, 2012, S. 416 f.). Während Wissen beschreibt, was Lehrkräfte prinzipiell wissen und können, strukturieren Überzeugungen, wie dieses Wissen interpretiert, gewichtet und im konkreten Handeln genutzt wird.

Überzeugungen werden seit längerem als konzeptionell schwer fassbares Konstrukt diskutiert. PAJARES beschreibt teacher beliefs als ein „messy construct“, dessen Erforschung durch uneinheitliche Definitionen und unklaren Abgrenzungen zu verwandten Konzepten wie Wissen, Einstellungen oder Werthaltungen erschwert wird (PAJARES, 1992, S. 307 f.). Gerade diese Unschärfe verweist jedoch auf die besondere Bedeutung von Überzeugungen für professionelles Handeln, da sie nicht primär kognitiv-deskriptiv, sondern evaluativ und normativ strukturiert sind (ebd., S. 309 f.).

Es besteht Konsens darüber, dass Überzeugungen eine zentrale Steuerungsfunktion für professionelles Handeln besitzen und damit für die Erklärung von Unterrichtsqualität unverzichtbar sind (OSER & BLÖMEKE, 2012, S. 416 ff.). Die Überzeugungen wirken als interpretative Filter, die beeinflussen, welche Aspekte einer Unterrichtssituation überhaupt als relevant wahrgenommen werden, welche Ziele verfolgt werden und welche Handlungsoptionen als legitim oder sinnvoll erscheinen (PAJARES, 1992, S. 321 f.). REUSSER und PAULI beschreiben berufsbezogene Überzeugungen entsprechend als mentale Ordnungssysteme, die fachliche, didaktische und pädagogische Wissensdispositionen strukturieren und in relativ stabile Handlungsmuster überführen. Diese wirken nicht nur im unsichtbaren Unterrichtsgeschehen, sondern bereits in der Planung, Zielsetzung und nachträglichen Bewertung von Unterricht (REUSSER & PAULI, 2014, S. 642 ff.). Im COACTIV-Modell wird diese Perspektive weiter ausdifferenziert, indem Überzeugungen nicht als monolithisches Konstrukt verstanden werden.

Überzeugungen sind hier ein „mehrdimensionales“ System unterschiedlicher, funktional miteinander verbundener Teilbereiche wie beispielsweise Überzeugungen zur Natur des Wissens, der Genese des Wissens sowie Überzeugungen zum Lehren und Lernen (VOSS et al., 2011 S. 236 ff).

Wertbindungen betreffen hierbei die berufsethischen und normativen Aspekte, denen sich Lehrkräfte in ihrem Handeln verpflichtet fühlen. OSER beschreibt Berufsmoral unter anderem als Orientierung an Fürsorge, Gerechtigkeit und Wahrhaftigkeit, wobei diese Werte im professionellen Handeln regelmäßig in Spannung zueinanderstehen und begründet austariert werden müssen (OSER, 1996, S. 236 f.). COACTIV verweist darauf, dass Wertbindungen zwar theoretisch als zentral anerkannt, empirisch jedoch vergleichsweise selten systematisch erfasst werden, obwohl sie maßgeblich beeinflussen, welche Ziele Unterricht verfolgen soll (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 501).

Epistemologische Überzeugungen beziehen sich demgegenüber auf Annahmen über die Natur von Wissen und Wissenserwerb, etwa darüber, ob Wissen als sicher oder vorläufig, als einfach oder komplex sowie als autoritativ vermittelt oder konstruktiv aufgebaut verstanden wird. OSER und BLÖMEKE heben hervor, dass epistemologische beliefs häufig domänenspezifisch ausgeprägt sind und in charakteristischen Überzeugungssyndromen mit Vorstellungen über Lehren und Lernen zusammenwirken (OSER & BLÖMEKE, 2012, S. 418 ff.). In COACTIV wird diese Logik empirisch aufgegriffen, indem konstruktivistische und transmissiv-rezeptive Orientierungen als zwei distinkte, negativ korrelierte Facetten modelliert werden (VOSS et al., 2011, S. 239).

Subjektive Theorien über Lehren und Lernen stellen eine besonders handlungsnah Form von Überzeugungen dar, da sie die allgemeinen Zielvorstellungen, die Wahrnehmung und Deutung von Unterrichtssituationen sowie die an Schüler: innen gerichteten Erwartungen und somit auch das professionelle Handeln prägen (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 499). Sie entstehen im Zusammenspiel biografischer Erfahrungen, institutioneller Lerngelegenheiten und praktischer Unterrichtserfahrungen und besitzen hohe subjektive Plausibilität. Gerade unter Zeitdruck oder in komplexen Unterrichtssituationen greifen Lehrkräfte auf diese subjektiven Theorien zurück, da sie schnelle, intuitive Entscheidungen ermöglichen. Gleichzeitig sind die ohne explizite Reflexionsanlässe nur begrenzt veränderbar (OSER & BLÖMEKE, 2012, S. 420).

Zielsysteme schließlich betreffen Überzeugungen darüber, welche Ziele Unterricht verfolgen soll und welche Lernprozesse als besonders bedeutsam gelten. Sie sind eng mit Wertbindungen und epistemologischen Überzeugungen verschränkt und beeinflussen, ob Unterricht primär auf prozedurale Sicherheit, konzeptuelles Verständnis, Problemlösefähigkeit, gesellschaftliche Urteilsfähigkeit oder verantwortungsbewusstes Handeln ausgerichtet ist. Damit strukturieren Zielüberlegungen nicht nur Unterrichtsentscheidungen, sondern auch die Auswahl und Gewichtung der Inhalte (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 501).

Für die Technikdidaktik greifen diese theoretischen Überlegungen in besonderer Weise. So zeigt SAATHOFF (2025) in seiner Arbeit, dass angehende Techniklehrkräfte über stabile subjektive Theorien verfügen, die ihre Wahrnehmung technischer Inhalte, ihre didaktischen Entscheidungen und ihre professionelle Selbstverortung prägen. Diese subjektiven Theorien umfassen unter anderem Annahmen über die Relevanz technischer Inhalte, über angemessene Zugänge zum technischen Lernen sowie über das Berufsbild der Techniklehrkraft. Empirisch wird deutlich, dass praxisnahe, reflexiv angeleitete Lehr-Lern-Labor-Settings geeignet sind, solche Überzeugungsstrukturen sichtbar zu machen (SAATHOFF & RÖBEN, 2020; SAATHOFF, 2025, weiter ausgeführt in Kapitel 2.5.3). In seiner Arbeit überträgt Saathoff diese Perspektive systematisch auf technikdidaktische Professionalisierungsprozesse im LLL-Kontext und zeigt, dass Überzeugungen nicht nur didaktische Präferenzen betreffen, sondern auch Relevanzkonstruktionen und Wertorientierungen. Dabei wird deutlich, dass mangelnde Relevanzzuschreibungen gegenüber bestimmten technischen Inhaltsbereichen zu einer reduzierten professionellen Auseinandersetzung führen können, während reflexive Lerngelegenheiten dazu beitragen, Überzeugungen zu differenzieren und neu zu strukturieren (SAATHOFF, 2025, S. 153ff.).

Vor diesem Hintergrund erscheint es theoretisch konsistent und empirisch anschlussfähig, Überzeugungen zur BNE und zur Elektrotechnik als zentrale Facette professioneller Handlungskompetenz zu erfassen. Beide Bereiche sind zugleich fachlich anspruchsvoll und hinsichtlich ihrer Relevanzzuschreibung für den Technikunterricht wird in dieser Arbeit angenommen, dass sie normativ aufgeladen sind, sodass zu erwarten ist, dass Überzeugungen und Werthaltungen das professionelle Handeln in besonderer Weise strukturieren.

Die Darlegung des Konstruktes legt nahe, dass eine systematische Erhebung solcher Überzeugungen einen eigenständigen Beitrag zum Verständnis von Professionalisierungsprozessen leisten kann und somit eine tragfähige Grundlage für die empirische Untersuchung im Rahmen der vorliegenden Arbeit bildet.

2.3.3 Motivationale Orientierungen

Während Überzeugungen und Werthaltungen als relativ stabile Deutungs- und Bewertungssysteme beschreiben, wie Lehrkräfte Unterricht, Lernen und ihre professionelle Rolle verstehen, adressiert der nachfolgende Kompetenzbereich die Frage, unter welchen motivationalen Bedingungen diese Orientierungen handlungswirksam werden.

Im COACTIV-Modell werden motivationale Orientierungen als zentrale Bestandteile professioneller Kompetenz ausgewiesen, da sie maßgeblich dafür verantwortlich sind, ob und wie Lehrkräfte anspruchsvolle berufliche Handlungen initiieren, aufrechterhalten und über längere Zeiträume hinweg bewältigen (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 501; KUNTER et al., 2011, S. 42 f.). Motivation wird hierbei im Kontext professioneller Kompetenz nicht als einheitliches Konstrukt verstanden, sondern als Bündel unterschiedlicher motivationaler Merkmale wie Kontrollüberzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen, intrinsische motivationale Orientierungen sowie Selbstregulation (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 502).

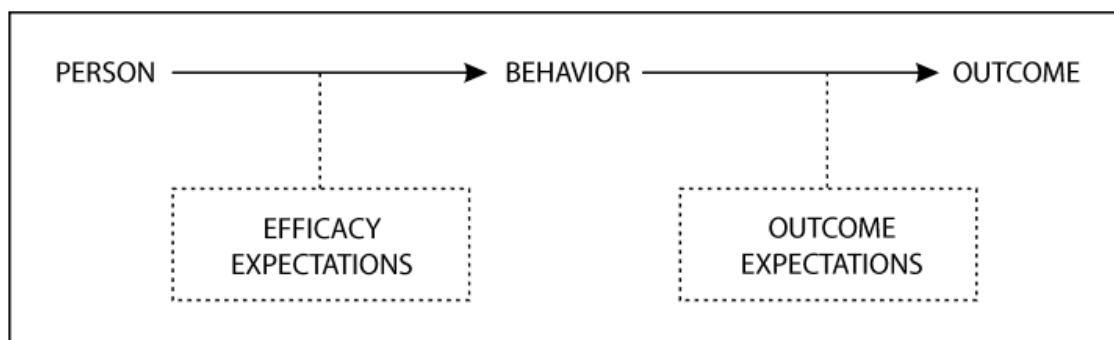


Abbildung 7: Wirksamkeits- und Ergebniserwartungen der Selbstwirksamkeit (KRAPP & RYAN, 2002, S. 56).

Selbstwirksamkeitserwartungen nehmen innerhalb motivationaler Orientierungen eine zentrale Stellung ein, da sie an der Schnittstelle von Motivation, Kognition und Handlung liegen (siehe Abbildung 7).

In der sozial-kognitiven Theorie von BANDURA werden Selbstwirksamkeitserwartungen als Überzeugungen definiert, dass man die zur Bewältigung bestimmter Anforderungen notwendigen Handlungen erfolgreich ausführen kann (BANDURA 1995, S. 6 f.; KRAPP & RYAN, 2002, S. 56). Entscheidend ist dabei, dass Selbstwirksamkeit nicht auf objektiv vorhandene Fähigkeiten verweist, sondern auf subjektive Erwartungen, die bestimmen, ob und wie vorhandene Kompetenzen in konkreten Handlungssituationen mobilisiert werden. Selbstwirksamkeit ist damit explizit domänenspezifisch konzipiert und muss auf konkrete Anforderungsbereiche bezogen werden (ebd.).

Die Wirkung von Selbstwirksamkeit wird über mehrere miteinander verbundene Regulationsprozesse beschrieben. Selbstwirksamkeitserwartungen beeinflussen die Zielsetzung (z.B. Anspruchsniveau), den Anstrengungseinsatz, die Persistenz bei Schwierigkeiten sowie den emotionalen Umfang mit Misserfolg und Belastung (KRAPP & RYAN, 2002, S. 56). Selbstwirksamkeit wird hier nicht als isoliertes Persönlichkeitsmerkmal verstanden, sondern als vermittelnde kognitive Instanz, die zwischen individuellen Voraussetzungen, situativen Anforderungen und dem tatsächlichen Handeln wirkt. Selbstwirksamkeitserwartungen beeinflussen dabei nicht direkt die objektive Leistungsfähigkeit, sondern steuern, welche Handlungen gewählt werden, wie viel Anstrengung investiert wird, wie lange bei Schwierigkeiten persistiert wird und wie emotionale Reaktionen in Belastungssituationen ausfallen (BANDURA, 1977, S. 193 ff.).

Selbstwirksamkeitserwartungen wirken in dem Modell sowohl auf Verhaltensprozesse als auch auf kognitive und affektive Prozesse ein. Hohe Selbstwirksamkeit geht mit einer stärkeren Zielbindung, höherem Anspruchsniveau und einer eher problemlösungsorientierten Verarbeitung von Misserfolg einher, während geringe Selbstwirksamkeit mit Vermeidungsverhalten, schnellerem Rückzug und erhöhter Stressreaktivität einhergeht (ebd., S. 195 ff.).

Handlungsergebnisse wirken wiederum auf zukünftige Wirksamkeitserwartungen zurück, indem Erfolge diese stärken und Misserfolge abschwächen oder stabilisieren können. BANDURA betont, dass dieser Prozess wesentlich durch die kognitive Interpretation von Erfahrungen vermittelt ist und damit nicht deterministisch verläuft (ebd., S. 200).

Die Entwicklung von Selbstwirksamkeit erfolgt nach BANDURA hierbei über vier zentrale Quellen (siehe Abbildung 8), nämlich eigene Leistungserfahrungen, stellvertretene Erfahrungen, verbale Überzeugung sowie die Interpretation physiologischer und affektiver Zustände (BANDURA, 1977, S. 195). Als wichtigste Quelle gelten eigene Leistungserfahrungen (performance accomplishments), da erfolgreich bewältigte Handlungen den direktesten Hinweis auf die eigene Wirksamkeit liefern. BANDURA betont, dass insbesondere wiederholte Erfolge unter anspruchsvollen Bedingungen die Stabilität von Selbstwirksamkeitserwartungen erhöhen, während Misserfolge vor allem dann wirksamkeitsmindernd sind, wenn sie früh im Lernprozess auftreten oder nicht als veränderbar interpretiert werden (ebd., S. 195 f.).

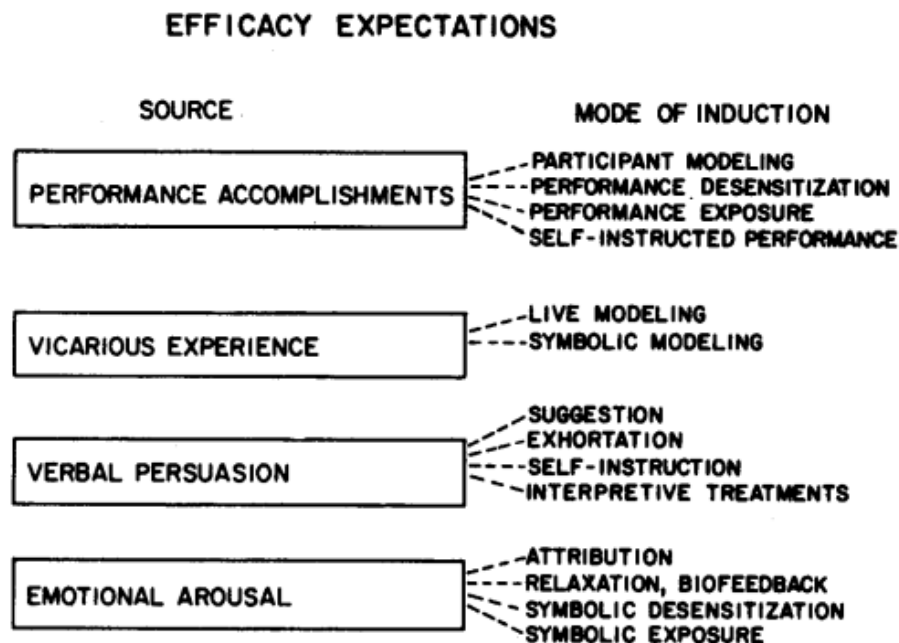


Abbildung 8: Selbstwirksamkeitserwartungen und ihre beeinflussenden Quellen (BANDURA, 1977, S. 195).

Eine zweite Quelle stellen stellvertretene Erfahrungen (vicarious experience) dar, bei denen Individuen durch die Beobachtung erfolgreicher Modelle Rückschlüsse auf die eigene Bewältigungsfähigkeit ziehen. Die Wirkung dieser Erfahrungen ist insbesondere dann gegeben, wenn das beobachtete Modell als ähnlich wahrgenommen wird und der Erfolg auf kontrollierbare Handlungsstrategien zurückgeführt werden kann. Die stellvertretene Erfahrungen sind besonders dann wirksam, wenn eigene Handlungserfahrungen noch fehlen (ebd., S. 197 f.).

Verbale Überzeugungen, also Rückmeldungen, Ermutigungen oder instruktionale Hinweise durch andere Personen sind eine weitere Quelle, die nur dann nachhaltige Effekte erzeugen, wenn sie mit realistischen Erfolgserfahrungen verbunden sind. Schließlich beeinflussen auch physiologische und emotionale Zustände die Ausbildung von Selbstwirksamkeitserwartungen, wobei nicht die affektiven Zustände an sich entscheidend sind, sondern deren kognitive Interpretation. Erlebte Anspannung oder Angst kann als Hinweis auf mangelnde Kompetenz gedeutet werden, während ein kontrollierter Umgang mit emotionaler Aktivierung Selbstwirksamkeit sogar stärken kann (ebd., S. 198 f.).

Überträgt man diese theoretischen Annahmen BANDURAS auf die Selbstwirksamkeit von angehenden Lehrpersonen, sind diese an konkrete, selbst vollzogene Unterrichtshandlungen gebunden, die von Studierenden als erfolgreich bewältigt interpretiert werden (PFITZNER-EDEN, 2016, S. 2 f.). Zentrale Bedeutung kommt dabei nicht allein der Anzahl oder dem objektiven Erfolg von Handlungserfahrungen zu, sondern deren kognitiver Verarbeitung im Sinne BANDURAS. Insbesondere eigene Leistungserfahrungen haben einen starken Einfluss auf die Entwicklung der Selbstwirksamkeit, dieser Effekt wird jedoch durch die anderen Quellen mitgeprägt. Die eigenen Leistungserfahrungen sind hier vor allem selbst vollzogene Unterrichtshandlungen (ebd., S. 3). Zentral ist dabei, dass die Wirksamkeit dieser Erfahrungen nicht aus dem objektiven Handlungsergebnis resultiert, sondern aus der kognitiven Attribution des eigenen Beitrags zum Erfolg. Selbstwirksamkeit steigt insbesondere dann, wenn Lehramtsstudierende den Handlungserfolg auf eigene Fähigkeiten, Anstrengung oder adaptive Strategien zurückführen und nicht primär auf äußere Umstände oder Unterstützung durch Dritte. Zudem können zunächst ambivalente oder nur teilweise gelungene Unterrichtserfahrungen selbstwirksamkeitsförderlich sein, sofern sie im Rahmen reflexiver Prozesse und Feedback als bewältigte Anforderungen rekonstruiert werden (ebd., S. 4).

Aus motivationspsychologischer Perspektive wird das Selbstwirksamkeitskonzept von BANDURA zugleich kritisch reflektiert. KRAPP und RYAN betonen, dass Selbstwirksamkeit zwar leistungs- und handlungsrelevant ist, jedoch keine Theorie der Qualität von Motivation darstellt (KRAPP & RYAN, 2002, S. 58 ff.).

Aus der Perspektive der Selbstbestimmungstheorie argumentieren sie, dass Selbstwirksamkeit zwar eine notwendige Voraussetzung für motivationales Handeln darstellt, jedoch keine eigenständige Theorie der Lernmotivation im engeren Sinne abbildet (ebd.). Insbesondere lasse sich mit dem Selbstwirksamkeitskonzept allein nicht erklären, warum Personen handeln, also welche Ziele, Werte oder inhaltlichen Bedingungen ihrem Engagement zugrunde liegen. BANDURAS Modell fokussiert vornehmlich die Erwartungskomponente des klassischen Erwartungs-Wert-Paradigmas, während die Wertdimension, also die subjektive Bedeutsamkeit von Zielen und Tätigkeiten, nur implizit berücksichtigt wird (ebd., S. 56 f.).

Die Selbstbestimmungstheorie erweitert diesen Zugang, indem sie Motivation nicht allein entlang ihrer Intensität, sondern entlang ihrer Qualität differenziert. Es wird unterschieden zwischen verschiedenen Formen der Handlungsregulation, die sich im Grad der erlebten Autonomie unterscheiden, nämlich von den fremdbestimmten, external regulierten Handlungen bis hin zu intrinsisch motivierten und vollständig integrierten Tätigkeiten (ebd., S. 58 ff.). Selbstwirksamkeit ist in allen diesen Regulationsformen wirksam, erklärt jedoch nicht deren qualitative Unterschiede. Zentral ist in diesem Zusammenhang die Annahme, dass Motivation nicht allein aus der Überzeugung erwächst, Anforderungen bewältigen zu können, sondern maßgeblich davon abhängt, inwieweit Handlungen als selbstbestimmt, sinnhaft und persönlich bedeutsam erlebt werden. Selbstwirksamkeit beantwortet somit vor allem die Frage nach der eigenen Handlungsfähigkeit, während die Selbstbestimmungstheorie die motivationalen Bedingungen beleuchtet, unter denen Handeln als intrinsisch lohnend oder lediglich als Pflichterfüllung erlebt wird (ebd.).

Hier spielt vor allem die systematische Einbindung von Interessen, welche als relativ stabile, inhaltsbezogene Person-Objekt-Beziehungen verstanden werden, die sich durch positive emotionale Valenz, hohe persönliche Bedeutsamkeit und ein anhaltendes Engagement gegenüber bestimmten Tätigkeiten oder Gegenstandsbereichen auszeichnen, eine Rolle (KRAPP 1992). Das Interesse steht somit in enger Wechselwirkung mit motivationalen Regulationsprozessen (KRAPP & RYAN, 2002, S. 71). Besonders für pädagogische Kontexte ist diese Differenzierung bedeutsam, denn nachhaltige Motivation entsteht nach dem Verständnis dort, wo Kompetenzüberzeugungen, autonome Zielbindungen und positive affektive Erfahrungen zusammenwirken.

Die Motivation wird damit nicht nur als Antrieb verstanden, sondern als qualitativ strukturierte Beziehung zwischen Person, Tätigkeit und Kontext. Diese Perspektive erlaubt es, motivationales Erleben im Lehrerberuf differenziert zu analysieren und sowohl kognitive als auch emotionale Komponenten systematisch zu berücksichtigen (ebd., S. 74 ff.).

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Selbstwirksamkeit vor allem die regulative Seite motivationaler Orientierungen adressiert, indem sie die Initiierung, Aufrechterhaltung und Bewältigung anspruchsvoller beruflicher Handlungen steuert, so gesehen der Frage nachgeht: *Kann ich handeln?* Ergänzend dazu rücken affektiv-emotionale Komponenten in den Blick, die beschreiben, inwieweit Lehrkräfte ihre berufliche Tätigkeit als positiv, bedeutsam und erfüllend erleben, womit die Frage aufgeworfen wird: *Will ich handeln – und mit welcher (affektiven) Qualität?*

Einen zentralen Ausdruck dieser intrinsischen motivationalen Orientierung stellt der Lehrereнтуusiasmus dar, welcher im Modell zur professionellen Kompetenz eine zentrale Rolle einnimmt. Enthusiasmus wird dabei nicht als kurzfristige emotionale Aktivierung oder strategisches Unterrichtsverhalten verstanden, sondern als dispositionales emotionales Erleben, das die Freude an der beruflichen Tätigkeit selbst beschreibt (KUNTER, 2011, S. 263). Theoretisch wird Enthusiasmus an mehrere motivationalen Ansätze rückgebunden. Erwartungs-Wert-Theorien liefern hier einen Rahmen zur Erklärung, warum positive Wertzuschreibungen gegenüber beruflichen Tätigkeiten mit anhaltendem Engagement verbunden sind, die Interessentheorie verweist auf stabile, inhaltsbezogene Präferenzen und die Selbstbestimmungstheorie betont die Rolle intrinsischer Motivation und emotionaler Bedeutsamkeit (BAUMERT & KUNTER, 2006, S. 504). Enthusiasmus kann in dieser Perspektive als emotional-affektive Komponente intrinsischer Motivation verstanden werden, die sich in der positiven Bewertung und dem freudvollen Erleben der Tätigkeit manifestiert (ebd.). Besondere Bedeutung kommt im COACTIV-Modell die vorgenommene Differenzierung zwischen Fachenthusiasmus und Unterrichtsenthusiasmus zu. Fachenthusiasmus beschreibt die Freude an fachlichen Inhalten, während Unterrichtsenthusiasmus die Freude an der Kerntätigkeit des Lehrberufs, nämlich dem Unterrichten und der Interaktion mit Lernenden, umfasst (KUNTER, 2011, S. 263).

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass motivationale Orientierungen professioneller Handlungskompetenz Aspekte des zuvor thematisierten Persönlichkeitsparadigmas (siehe Kapitel 2.1.2) wieder ins Zentrum rücken. Der dort dargestellte Ansatz bildet einen wichtigen theoretischen Hintergrund für die Einordnung motivationaler Orientierungen, macht zugleich jedoch deren begrenzte Erklärungskraft für konkretes professionelles Handeln deutlich. Wie dort ausgeführt, konzeptualisiert das Persönlichkeitsparadigma Persönlichkeit als relativ stabile Dispositionen (basic tendencies), deren Wirkung sich im Sinne des FFM erst über vermittelnde Ebenen entfaltet. Motivationale Orientierungen wie Selbstwirksamkeit und Lehrerenthusiasmus lassen sich in diesem Wirkungsgefüge den characteristic adaptations zuordnen, da sie kontext- und erfahrungsabhängige Ausprägungen darstellen, die zwar auf grundlegenden Persönlichkeitstendenzen aufbauen, jedoch deutlich variabler sind und in stärkerem Maße durch Lern- und Professionalisierungsprozesse beeinflusst werden können.

Damit unterscheiden sich motivationale Orientierungen systematisch sowohl von stabilen Persönlichkeitsmerkmalen als auch von allgemeinen Interessenstrukturen, wie sie im RIASEC-Modell beschrieben werden. Während die Interessen dort primär berufs- und tätigkeitsbezogene Präferenzen abbilden und insbesondere für Berufswahl, Engagement und Persistenz im Beruf erklärungsrelevant sind, beziehen sich motivationale Orientierungen auf die psychische Regulation des Handelns im Beruf selbst. Selbstwirksamkeitserwartungen adressieren dabei die subjektive Einschätzung der eigenen Handlungsmöglichkeiten in konkreten beruflichen Anforderungssituationen, während Enthusiasmus die affektive Bindung an die professionelle Tätigkeit und die Inhalte beschreibt. Beide Konstrukte sind somit enger an konkrete Handlungsvollzüge gekoppelt als allgemeine Interessen und entfalten ihre Wirkung vor allem im Zusammenspiel mit situativen Anforderungen und professionellen Lerngelegenheiten.

Vor diesem Hintergrund wird verständlich, warum motivationale Orientierungen im Kompetenzmodell eine zentrale Rolle einnehmen, während das Persönlichkeitsparadigma und das Interessenmodell primär zur Beschreibung von individuellen Ausgangsbedingungen herangezogen werden. Die Abgrenzung erlaubt es, Persönlichkeit und Interessen als relativ stabile Rahmenbedingungen professioneller Entwicklung zu berücksichtigen, ohne Professionalisierung als deterministisch vorgeprägt zu verstehen.

Zugleich wird begründet, warum der Fokus der vorliegenden Arbeit auf jenen motivationalen Facetten liegt, die als entwickelbare dispositionsbezogene Kompetenzen im Rahmen universitärer Lerngelegenheiten gezielt adressiert und weiterentwickelt werden können.

2.4 Theoriesynthese und domänenspezifische Fokussierung professioneller Handlungskompetenz

Die vorangegangenen theoretischen Kapitel haben unterschiedliche Paradigmen zur Beschreibung professionellen Handelns von Lehrkräften systematisch aufgearbeitet und zueinander in Beziehung gesetzt. Frühere personenzentrierte und strukturtheoretische Ansätze fokussierten vor allem stabile personale Merkmale sowie institutionelle Rahmenbedingungen, während prozess-produktorientierte Modelle den Zusammenhang zwischen Unterrichtsmerkmalen und Lernergebnissen in den Blick nahmen. Diese Ansätze haben wichtige Grundlagen für die Unterrichts- und Professionsforschung gelegt, erwiesen sich jedoch isoliert betrachtet als begrenzt, wenn es darum geht, die Vielschichtigkeit professionellen Lehrerhandelns umfassend zu erklären.

Mit der Entwicklung kompetenztheoretischer Modelle vollzog sich ein Paradigmenwechsel hin zu einer integrativen Perspektive auf Professionalität. Professionelles Handeln wird darin nicht als direkte Folge einzelner Dispositionen oder isolierter Verhaltensweisen verstanden, sondern als Ergebnis des Zusammenwirkens unterschiedlicher Kompetenzfacetten. Fachliches und fachdidaktisches Wissen, professionelle Überzeugungen, motivationale Orientierungen sowie situationsspezifische Wahrnehmungs-, Interpretations- und Entscheidungsprozesse werden als zentrale Voraussetzungen professionellen Handelns konzeptualisiert. Professionelle Handlungskompetenz wird damit als entwickelbare Disposition gefasst, die sich erst in konkreten Handlungssituationen realisiert. Ein zentrales Ergebnis dieser theoretischen Auseinandersetzung ist die Einsicht, dass professionelle Handlungskompetenz stets domänen- und kontextgebunden ausgeprägt ist. Allgemeine Kompetenzmodelle wie das COACTIV-Modell liefern zwar einen übergreifenden analytischen Rahmen, entfalten ihre Erklärungskraft jedoch erst durch die inhaltliche Spezifizierung auf konkrete fachliche Anforderungen.

Die Qualität professionellen Handelns zeigt sich folglich nicht abstrakt, sondern im Umgang mit spezifischen Inhaltsbereichen, deren fachlicher Struktur, curricularer Rahmung und normativen Zielsetzungen, die Anforderungen an Lehrkräfte maßgeblich prägen. Vor diesem Hintergrund wird das Verständnis von Professionalität im Technikunterricht für diese Arbeit als Ergebnis der Auseinandersetzung mit komplexen technischen, gesellschaftlichen und normativen Problemstellungen verstanden, die unterschiedliche Formen fachlicher und didaktischer Entscheidungsfähigkeit erfordern.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit richtet sich hierbei auf zwei Themenbereiche des Technikunterrichts, die durch eine hohe inhaltliche, didaktische und gesellschaftliche Komplexität gekennzeichnet sind, nämlich die Elektrotechnik und Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Beide Themenfelder konfrontieren Lehrkräfte mit anspruchsvollen fachlichen Strukturen, vielschichtigen Zielsetzungen sowie einer hohen Dichte an Entscheidungs- und Begründungssituationen im Unterricht. Gerade diese Komplexität macht sie zu geeigneten Untersuchungsfeldern für professionelle Handlungskompetenz im Technikunterricht, da in dem LLL als Professionalisierungsraum in dieser Arbeit ein Instrument für die bessere Bearbeitbarkeit solcher Handlungsfelder gesehen wird.

Trotz dieser gemeinsamen Charakteristik unterscheiden sich die beiden Themenbereiche jedoch grundlegend hinsichtlich ihrer curricularen Rahmung und inhaltlichen Strukturierung. Die Elektrotechnik ist als fachlicher Inhaltsbereich durch eine klar ausgeprägte Systematik, etablierte Fachbegriffe und stabile Inhaltsstrukturen gekennzeichnet. Diese finden sich in den Curricula der Bundesländer für den Technikunterricht in expliziter Form wieder und ermöglichen eine vergleichsweise eindeutige Bestimmung fachlicher und fachdidaktischer Anforderungen (siehe Kapitel 2.7). Die Komplexität der Elektrotechnik liegt dabei weniger in der Offenheit der Inhalte als vielmehr in der fachlichen Tiefe, der Systemhaftigkeit sowie der Notwendigkeit, abstrakte Zusammenhänge lernwirksam zu strukturieren.

BNE weist demgegenüber eine andere Form von Komplexität auf. BNE ist nicht als klar abgegrenzter fachlicher Inhaltsbereich curricular festgeschrieben, sondern als übergreifendes bildungspolitisches und normatives Leitkonzept angelegt (siehe Kapitel 2.6).

Im Technikunterricht erfolgt die Umsetzung von BNE daher nicht nur über verbindliche Zielvorgaben, Prinzipien und thematische Anschlussstellen. Die Komplexität von BNE ergibt sich insbesondere aus der Verschränkung ökologischer, ökonomischer, sozialer und technischer Aspekte sowie aus der Notwendigkeit, normative Zielsetzungen didaktisch zu reflektieren und fachlich zu begründen.

Diese unterschiedliche Ausprägung von Komplexität und curricularem Strukturierungsgrad hat unmittelbare Konsequenzen für die theoretische und empirische Bearbeitung beider Themenfelder. Während für die Elektrotechnik auf eine inhaltlich klar strukturierte, curricular gerahmte Domäne zurückgegriffen werden kann, erfordert die Untersuchung professioneller Handlungskompetenz im Bereich BNE zunächst eine didaktische Rekonstruktion der relevanten Inhalte und professionellen Anforderungen im Kontext des Technikunterrichts.

Die vorliegende Arbeit soll dieser Differenz Rechnung tragen, indem sie im Bereich der Elektrotechnik eine umfassende Erhebung der beschriebenen Facetten professioneller Handlungskompetenz vornimmt, während die BNE über eine rekonstruktive Perspektive erschlossen wird. Lehr-Lern-Labore fungieren dabei als strukturierter Erfahrungsraum, in dem sowohl fachlich hoch strukturierte Inhalte der Elektrotechnik als auch offenere, normativ aufgeladene BNE-Themen unter vergleichbaren professionellen Bedingungen bearbeitet und reflektiert werden können. Darüber hinaus hat sich in der Theorie zur professionellen Handlungskompetenz gezeigt, dass praktische Erfahrung dazu beitragen kann, Professionalisierungsprozesse anzustoßen. Die Rahmung im Lehr-Lern-Labor wird daher als Möglichkeit angesehen, sie als Professionalisierungsmaßnahme durch vergleichende Analysen in den Blick zu nehmen. Damit ermöglicht die vergleichende Betrachtung beider Themenfelder, professionelle Handlungskompetenz im Technikunterricht unter unterschiedlichen Formen der Komplexität zu analysieren und zugleich aufzuzeigen, ob und inwiefern LLL zur Entwicklung professioneller Kompetenz in unterschiedlich strukturierten Inhaltsbereichen beitragen kann. In den folgenden Kapiteln werden die für die beiden zugrunde gelegten Themenfelder zentralen theoretischen Überbauten sowie ausgewählte Forschungsergebnisse aus der Fachdidaktik, die einen zentralen Rahmen für die forschungsmethodische Ausrichtung dieser Arbeit darstellen, dargelegt.

2.5 Stand der Forschung: Technikspezifische professionelle Handlungskompetenz

Für die Techniklehrkräfteausbildung liegen erste Ansätze zur Untersuchung des professionsbezogenen Wissens (GORETH, 2017; STRAUB, 2020; ERMEL, 2023) vor, die adaptiert werden können, insgesamt zeigt sich in der Domäne allerdings ein Forschungsdesiderat (ZINN, 2017). In den folgenden Abschnitten werden die für die Zielsetzung dieser Arbeit zentralen Vorarbeiten und Ergebnisse beschrieben. Hierbei lassen sich zwei zentrale Forschungslinien aus der Technikdidaktik bündeln, nämlich konzeptuelle Modellierungen fachdidaktischen Wissens und ihre Diagnostik über Unterrichtsvignetten zur Erfassung technikdidaktischer Kompetenzfacetten (GORETH, 2017; STRAUB, 2020), sowie die Professionalisierung in praxisnahen Settings im LLL mit starkem Fokus auf Reflexion und subjektive Theorien (SAATHOFF, 2025). Der Forschungsstand zur Professionalisierung angehender Techniklehrkräfte ist hierbei durch ein Spannungsfeld gekennzeichnet. Einerseits ist in der allgemeinen Lehrerkompetenzforschung gut belegt, dass professionelle Wissens- und Motivationsfacetten mit Unterrichtsqualität und Lernerfolg zusammenhängen, andererseits ist – wie in der Technikdidaktik wiederholt betont – die empirische Befundlage im Fach Technik an allgemeinbildenden Schulen deutlich dünner und methodisch fragmentierter (ZINN, 2017; GORETH, 2017, S. 108).

2.5.1 Technikspezifisches Fachwissen im Kontext allgemeiner technischer Bildung

Die bislang differenzierteste theoretische und empirische Modellierung technischen Fachwissens im Kontext allgemeiner technischer Bildung liegt mit der Dissertation von WIEMER (2018) vor. Ausgangspunkt seiner Arbeit ist die Feststellung, dass der Wissensbegriff in der Technikdidaktik lange Zeit unterbestimmt geblieben ist. WIEMER zeigt auf, dass weder didaktische Lehrwerke noch curriculare Dokumente oder empirische Studien eine explizite Definition dessen liefern, was unter „technischem Wissen“ im schulischen Kontext zu verstehen ist (ebd., S. 13 f.).

Technisches Wissen wird als eigenständige Wissensart betrachtet, die sich weder auf naturwissenschaftliches Wissen noch auf bloßes Anwendungswissen reduzieren lässt (ebd., S. 84). Theoretisch entwickelt WIEMER (2018) ein Verständnis technischen Wissens als handlungsanleitendes Wissen, das funktionale, strukturelle, begründende und reflexive Elemente integriert. Auf dieser Grundlage analysiert er bestehende Kategoriensysteme aus Technikphilosophie, Ingenieurwissenschaften und Technikdidaktik und arbeitet deren Grenzen für die allgemeine technische Bildung heraus. Ein zentrales Ergebnis dieses theoretischen Teils ist die Einsicht, dass technische Wissensmodelle teilweise zu stark ingenieurwissenschaftlich verengt und somit für die allgemeine technische Bildung nur begrenzt anschlussfähig sind. Aus diesem Grund entschließt er sich, die Ropohlsche Systematik aufgrund des Abstraktionsgrades zu adaptieren (ebd., S. 82).

Auf dieser Basis entwickelt WIEMER im empirischen Teil ein kategoriales Modell technischen Wissens, das auf empirischen Untersuchungen an allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufe I und den theoretischen Ausführungen aus den Technikdisziplinen (hier vorrangig eben auf systemtheoretischer Perspektive basiert (ebd., S. 149)). WIEMERS Modell gewinnt seine Bedeutung nicht nur aus der theoretischen Systematisierung technischer Wissensformen, sondern auch aus der empirischen Rekonstruktion dieser Wissensformen auf Grundlage mehrerer Untersuchungen mit Schüler:innen der Sekundarstufe 1. Im Zentrum steht die Frage, welche Kategorien technischen Wissens im Kontext allgemeiner technischer Bildung unterschieden werden können und welche Zusammenhänge zwischen diesen Kategorien bestehen (ebd., S. 119f.). Empirisch arbeitet WIEMER zunächst mit einer qualitativen Analyse schulischer Aufgabenbearbeitungen und verdichtet die rekonstruierten Kategorien anschließend in weiteren Untersuchungen. Als zentrale Kategorien werden technisches Funktionswissen, begründetes technisches Funktionswissen, pragmatisches technisches Funktionswissen, technisches Aufbauwissen, metatechnisches Wissen sowie die technisch-kreative Fähigkeit herausgearbeitet (ebd., S. 178 f.). Dabei ist die technisch-kreative Fähigkeit streng genommen nicht als Wissenskategorie im engeren Sinne, sondern als Umgang mit technischem Wissen in Anwendungs- und Umdeutungsprozessen zu verstehen (ebd., S. 179). Die einzelnen Kategorien differenzieren technische Wissensdispositionen auf unterschiedlichen Ebenen (siehe Abbildung 9).

Kategorie	Beschreibung	Ankerbeispiele
Aufbauwissen	Wissen über die Bestandteile des strukturellen Aufbaus eines technischen Systems.	„Batterie, Verstärker, Lautsprecher“
Funktionswissen (Wenn - Dann)	Wissen über eine funktionale Regel bzw. Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Der Ton würde sehr leise klingen, da der Ton nicht verstärkt werden kann“
Funktionswissen (Was - Wofür)	Wissen über eine funktionale Fähigkeit oder Eigenschaft eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Holzkasten dient als Verstärkung“
Funktionswissen (Was - Warum)	Wissen über den Grund einer Fähigkeit, Eigenschaft, Regel oder Abhängigkeit eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Weil der Verstärker ja die Musik verstärkt“
Funktionswissen (pragmatisch)	Wissen über bewertende Regeln bezüglich funktionaler Zusammenhänge von technischen Systemen oder Bestandteilen technischer Systeme wie z.B. Normalkonfigurationen.	„Dass die Box die richtige Größe hat“
Fertigungswissen (Werkzeugwissen)	Wissen über Werkzeuge zur Fertigung eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Seitenschneider, Schraubendreher, Abisolierzange, Akkuschrauber, Gewichte, Stichsäge“
Fertigungswissen (Prozesse)	Wissen über den Prozess zum Fertigen eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„1. Platine löten 2. Box bauen (Membran Loch aussägen) 3. Membran einbauen 4. Alle Kabel verlöten“
Metatechnisches Wissen (Mensch - Technik - Umwelt)	Wissen über eine den Menschen, die Umwelt oder beides betreffende Auswirkung eines technischen Systems oder eines Bestandteils eines technischen Systems.	„Man kann nicht mehr telefonieren bzw. kommunizieren über Smartphone oder anderes“
Technisch-kreative Fähigkeit	Fähigkeit zum Umgang mit einem technischen System oder eines Bestandteils eines technischen Systems in einem kreativen Prozess durch beispielsweise Modifizierung oder Zweckentfremdung.	„Aus beiden Kaputten wieder eine Heile bauen“

Abbildung 9: Kategorien technischen Wissen in der technischen Allgemeinbildung (WIEMER, 2018, S. 149)

WIEMER weist in den empirischen Untersuchungen wiederholt positive Zusammenhänge zwischen Aufbauwissen, Funktionswissen und technisch-kreativer Fähigkeit nach. In der zweiten Untersuchung zeigen sich signifikante positive Korrelationen zwischen Aufbauwissen und technisch-kreativer Fähigkeit ($r = .386, p = 0.000, n = 112$), zwischen Aufbauwissen und Funktionswissen ($r = .389, p = 0.000, n = 112$) sowie zwischen Funktionswissen und technisch-kreativer Fähigkeit ($r = .356, p = 0.000, n = 112$). Auch in der dritten Untersuchung bestätigen sich diese Zusammenhänge mit positiven, signifikanten Korrelationen zwischen Aufbauwissen und technisch-kreativer Fähigkeit ($r = .337, p = 0.010, n = 57$), Aufbauwissen und Funktionswissen ($r = .278, p = 0.036, n = 57$) sowie Funktionswissen und technisch-kreativer Fähigkeit ($r = .344, p = 0.009, n = 57$) (ebd., S. 167 ff.).

Für den Professionswissensdiskurs und die Zielsetzung dieser Arbeit sind WIEMERS Erkenntnisse wichtig. Sie bündelt wichtige Grundlagen zum inhaltlichen Kern der Technikausbildung, da sie einen Ansatz liefert, die Inhalte der Technikdidaktik systematisch zu ordnen und das Curriculum an einer Wissensstruktur auszulegen.

Adressiert wird damit eine wichtige Forschungs- und Curriculumsfrage, indem nach dem „Wesen“ technischen Wissens gefragt und eine Lücke gefüllt wird, die sonst oft nur normativ durch Lehrplankommissionen behandelt wird. Darüber hinaus zeigen die Erkenntnisse, dass Wissen über z.B. den Aufbau technischer Systeme eine wichtige Grundlage dafür bildet, funktionale Zusammenhänge beschreiben und erklären zu können (ebd., S. 180). Technisches Wissen sollte demnach nicht eindimensional betrachtet werden, sondern als strukturiertes Zusammenspiel verschiedener Dispositionen modelliert werden.

An WIEMERS Modell technischen Wissens lässt sich die Arbeit von ERMEL (2023) anschließen, da sie technikspezifisches Wissen nicht nur als kognitive Wissensstruktur, sondern stärker in seiner fachpraktischen Handlungsrelevanz für angehende Techniklehrkräfte ausdifferenziert. ERMEL nimmt die Frage auf, welche fachpraktischen Kompetenzen angehende Techniklehrkräfte benötigen und wie diese im Lehramtsstudium gezielt gefördert werden können. Der Ausgangspunkt ist dabei die Feststellung, dass empirische Befunde zu notwendigen fachspezifischen Kompetenzen und zu deren Förderung in der Techniklehrkräfteausbildung bislang nur begrenzt vorliegen, obwohl fachpraktische Anforderungen im Technikunterricht eine zentrale Rolle spielen, etwa beim Bedienen von Maschinen, beim Nutzen von Werkzeugen sowie beim Entwerfen, Herstellen und Prüfen technischer Artefakte (ebd., S. 55 ff.).

Fachpraktische Kompetenz wird in der Arbeit als Zusammenspiel von Disposition, situationsspezifischer Fähigkeit und Performanz verstanden. Fachpraktische Kompetenzen umfassen demnach erstens kognitive und affektive Dispositionen, die fachpraktisches Handeln vorbereiten, zweitens situationsspezifische Fähigkeiten des Wahrnehmens, Interpretierens und Entscheidens in konkreten fachpraktischen Handlungssituationen und die Performanz als tatsächliche Ausführung technischer Handlungen im Technikunterricht respektive im hochschulischen Fachpraktikum (ebd., S. 56 ff.). Am Beispiel der Fehlersuche in einer elektronischen Schaltung zeigt sich dies besonders deutlich, da angehende Lehrkräfte nicht nur Bauteile und deren Funktion kennen müssen, sondern auch Fehlerbilder erkennen, Schaltungszustände interpretieren, geeignete Eingriffe entscheiden und diese praktisch umsetzen müssen (ebd., S. 57 f.).

Für die Strukturierung fachpraktischer Kompetenzen unterscheidet ERMEL schul- und studienrelevante Themenbereiche, die sich aus einer normativ-deduktiven Analyse und einer empirisch-induktiven Bedarfsanalyse ergeben. Die fachpraktischen Anforderungen werden dabei entlang der Bereiche Stoffumsatz, Informationsumsatz und Energieumsatz systematisiert und anschließend in konkrete fachpraktische Themengebiete überführt. Für das entwickelte Fachpraktikum werden drei zentrale Blöcke ausgewählt, nämlich die Elektronik und Löten, Robotik und Programmieren sowie die Fertigungstechnik und Designen (ebd., S. 128 ff.). Im Bereich der Elektronik stehen unter anderem der Umgang mit elektronischen Bauelementen, das Verstehen und Aufbauen von Schaltungen, das Löten, die Nutzung von Platinen sowie der Einsatz von Messgeräten im Zentrum (ebd., S. 132 ff.).

Die empirischen Ergebnisse der Evaluation des Fachpraktikums zeigen, dass die entwickelte Struktur von den Studierenden insgesamt positiv eingeschätzt wurde. Die Fragebogenerhebung mit $n = 32$ Studierenden weist durchgehend positive Werte in den Einschätzungen der Studierenden auf. In der Elektronik bezieht sich der wahrgenommene Lernzuwachs im Fachpraktikum insbesondere auf das Verstehen elektronischer Bauteile, das Löten und den Aufbau von Schaltungen. Die Ergebnisse sind hier jedoch nicht als Kompetenzmessung im eigentlichen Sinne wahrzunehmen, sondern als Selbsteinschätzungen der Studierenden (ebd., S. 205).

Während ERMEL die fachpraktische Seite technikspezifischer Professionalität in der Lehrkräftebildung ausdifferenziert, liefert NEPPER (2019) für den Bereich der Elektrotechnik eine zentrale empirische Studie zur Förderung elektrotechnischen Fachwissens und technikbezogener Problemlösefähigkeit auf Schüler:innenebene. Seine Arbeit untersucht die situierte Fehlersuche an elektronischen Schaltungen im Anschluss an den Cognitive-Apprenticeship-Ansatz. NEPPER entwickelt eine Unterrichtskonzeption, in der Lernende reale fehlerhafte Schaltungen untersuchen und dabei systematische Fehleranalyse betreiben. Zentrale Zielperspektiven sind die Fähigkeit, Funktionsstörungen einfacher elektronischer Schaltungen zu diagnostizieren, Fehlersuchstrategien auf reale Schaltungen zu übertragen, grundlegende Konzepte zu elektrischen Grundgrößen und Bauteilen aufzubauen sowie die Bedeutung von Reparatur und Fehlersuche zu reflektieren (ebd., S. 101 f.).

Empirisch wird die Unterrichtskonzeption in einem schulpraktischen Feldexperiment mit Experimental- und Kontrollgruppenvergleich ($n = 230$) untersucht. Die Experimentalgruppen bearbeiten die situierte Fehlersuche im Anschluss an den Cognitive-Apprenticeship-Ansatz und die Kontrollgruppe erhält einen traditionell an der Fertigungsaufgabe orientierten Unterricht (ebd., S. 115 ff.). Erhoben wurden unter anderem elektrotechnisches Fachwissen, Fehleranalysefähigkeit sowie die Transferfähigkeit der Fehleranalyse (ebd., S. 127 ff.). Die Ergebnisse zeigen zunächst, dass das elektrotechnische Eingangswissen insgesamt niedrig ausgeprägt ist. Im Pretest beträgt der Mittelwert über alle Gruppen $M = 7.27$ ($SD = 3.69$), was einer Lösungsquote von 22,03% entspricht (ebd., S. 156 f.). Im Verlauf der Intervention steigen die Werte in allen Gruppen an, wobei insbesondere die Experimentalgruppe mit multiplem Schaltungskontext im Fachwissen signifikant besser abschneidet als die Kontrollgruppe $F(4, 336) = 10,176$, $p < .001$, $\eta^2 = .108$ und $d = .69$. NEPPER interpretiert diesen Befund dahingehend, dass die situierte, problemorientierte Auseinandersetzung mit realen Fehlersuchprozessen nicht nur die Fehleranalyse, sondern auch den Aufbau elektrotechnischen Fachwissens unterstützen kann (ebd., S. 193 f.). Noch deutlicher fallen die Befunde zur Fehleranalysefähigkeit aus (ebd., S. 170). Im Posttest diagnostizieren die Schüler:innen der Experimentalgruppen im Mittel deutlich mehr Fehler korrekt als die Kontrollgruppe. Die Experimentalgruppe 1 erreicht $M = 1.88$ ($SD = 0.79$) und die Experimentalgruppe 2 $M = 2.12$ ($SD = 0.78$) und die Kontrollgruppe $M = 1.08$ ($SD = 0.92$). Der Gruppenunterschied ist hier signifikant und weist einen großen Effekt auf, $F(2, 177) = 27.105$, $p < .001$, $\eta^2 = .234$, $d = 1.10$ (ebd.). Der Effekt bestätigt sich ebenso bei der Transferfähigkeit der Fehleranalyse (ebd., S. 172 f.).

NEPPER zeigt damit exemplarisch für den Bereich der Elektrotechnik, dass technische Wissensentwicklung besonders dann unterstützt werden kann, wenn Lernende mit authentischen, problemhaltigen und fehlerbezogenen Situationen konfrontiert werden, in denen sie technische Systeme analysieren, Messungen durchführen und Funktionszusammenhänge zur Fehlerdiagnose nutzen müssen. Sowohl die Arbeit von ERMEL als auch die von NEPPER zeigen genau wie WIEMER, dass technisches Wissen als Zusammenspiel von Strukturwissen, Funktionswissen, problemlösendem Handeln, fachpraktischer Ausführung und reflexiver Bewertung zu modellieren ist. Dies ist insbesondere für die Entwicklung der Intervention zur Elektrotechnik anschlussfähig.

2.5.2 Modellierung technikdidaktischen Wissens

Während WIEMER technisches Fachwissen auf inhaltlich-struktureller Ebene modelliert, setzen GORETH (2017) und STRAUB (2020) an der Frage an, wie dieses Wissen didaktisch wirksam wird. Beide Arbeiten knüpfen an die Unterscheidung zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen in COACTIV an, übertragen diese jedoch domänenspezifisch auf den Technikunterricht. GORETH entwickelt auf Grundlage zentraler technikdidaktischer Diskussionsstränge ein Kompetenzstrukturmodell der Technikdidaktik für die Sekundarstufe 1 und ein entsprechendes Testverfahren (PCK-T).

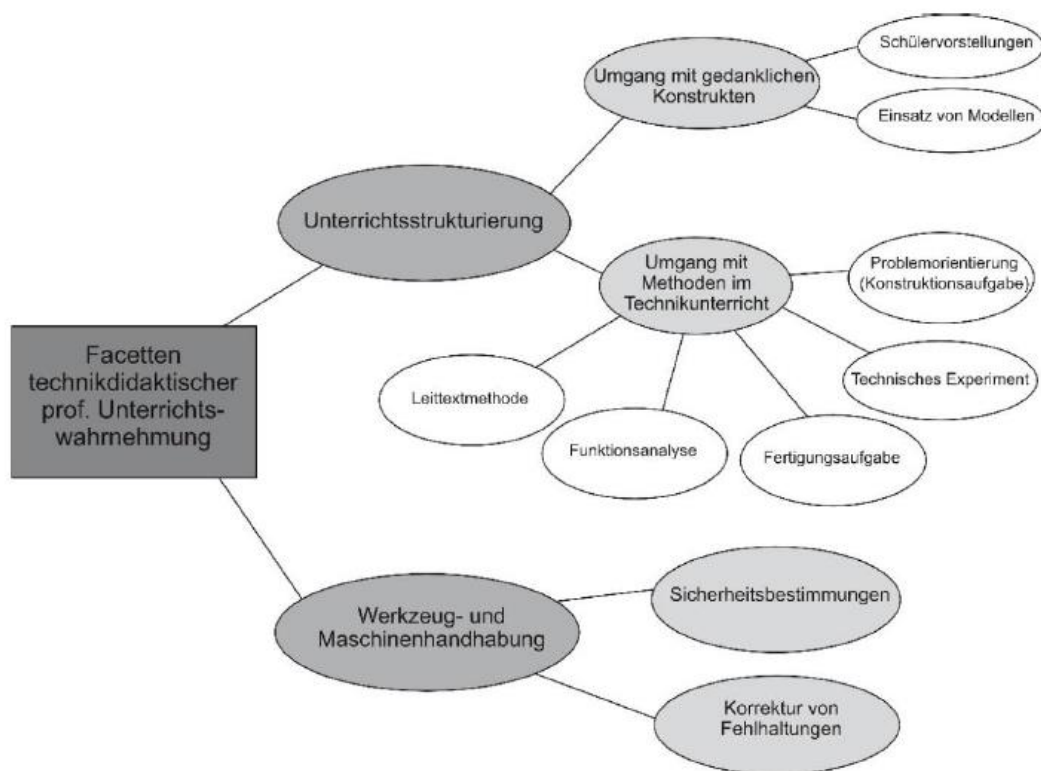


Abbildung 10: Kompetenzstrukturmodell der Technikdidaktik (GORETH, 2017, S. 72).

Ausgehend von einem Literaturbericht und einer qualitativen Vorstudie mit Fachleiter:innen entwickelt GORETH ein Modell, das zwei übergeordnete Facetten technikdidaktischer Lehrkompetenz unterscheidet (siehe Abbildung 10). Auf der einen Seite steht die Unterrichtsstrukturierung und demgegenüber steht die Maschinen- und Werkzeughandhabung (GORETH 2017, S. 71ff.). Die beiden Facetten werden wiederum durch spezifische Teilfacetten konkretisiert.

Zur Unterrichtsstrukturierung zählt GORETH den Umgang mit gedanklichen Konstrukten sowie den Umgang mit Methoden im Technikunterricht. Zur Werkzeug- und Maschinenhandhabung gehören Sicherheitsbestimmungen sowie die Korrektur von Fehlstellungen (ebd.). Der Umgang mit Methoden im Technikunterricht wird als genuin technikdidaktische Anforderung entfaltet, weil Technikunterricht in besonderer Weise über methodisch gerahmte Auseinandersetzungen mit technischen Gegenständen, Produkten und Prozessen strukturiert wird. GORETH verweist dabei auf klassische technikdidaktische methodische Grundformen wie die Fertigungsaufgabe, Konstruktionsaufgabe, das technische Experiment, die technische Analyse, Fallaufgaben und Planspiele (ebd., S. 59 ff.). Zugleich zeigt er, dass diese Methoden in der Unterrichtspraxis unterschiedlich stark vertreten sind, Besonders häufig werden Fertigungs- und Konstruktionsaufgaben genutzt, während Methoden wie das Planspiel oder die Fallmethode deutlich seltener auftreten (ebd.).

Die Teilfacette des Umgangs mit gedanklichen Konstrukten umfasst insbesondere Schülervorstellungen und Modelle. Schülervorstellungen werden dabei als zentrale Voraussetzung technikbezogenen Lernens verstanden, weil Lernende technische Phänomene und Systeme nicht voraussetzungslos wahrnehmen, sondern mit alltagsweltlichen Vorstellungen, Präkonzepten und teilweise irreführenden Deutungen in den Unterricht kommen (ebd., S. 62f.). Dies wird unter anderem am Beispiel elektrizitätsbezogener Fehlvorstellungen verdeutlicht, etwa an Vorstellungen zum „Stromverbrauch“, zur Batterie als stets gleichbleibender Stromquelle oder zur Gleichsetzung von Stromstärke und Spannung (ebd.). Technikdidaktisches Wissen umfasst folglich die Fähigkeit, solche Vorstellungen wahrzunehmen, fachlich einzuordnen und didaktisch produktiv aufzugreifen, etwa durch Anknüpfung, Konfrontation oder Umdeutung bestehender Vorstellungen (ebd.). Modelle werden in diesem Zusammenhang als didaktische Medien verstanden, die technische Sachverhalte vereinfachen, akzentuieren und für Lernprozesse zugänglich machen können. Ihre Nutzung verlangt jedoch Wissen darüber, welche Aspekte eines technischen Systems modelliert, vereinfacht oder bewusst ausgeblendet werden und wie diese Modellierung lernwirksam im Unterricht eingebunden werden kann (ebd., S. 64f.).

Die Facette Werkzeug- und Maschinenhandhabung verweist demgegenüber auf die besondere Material-, Werkzeug- und Sicherheitsgebundenheit des Technikunterrichts.

GORETH arbeitet heraus, dass technikdidaktische Expertise hier nicht allein aus fachlichem Wissen über Werkzeuge, Maschinen oder Werkstoffe besteht, sondern auch aus der Fähigkeit, fachpraktische Handlungen von Lernenden wahrzunehmen, zu begleiten und zu korrigieren (ebd., S. 65f.). Die Korrektur von Fehlhaltungen ist dabei bedeutsam, weil unsachgemäße Bewegungsabläufe, ungünstige Handhaltungen oder fehlerhafte Werkzeugführung nicht nur die Qualität des Arbeitsergebnisses beeinflussen, sondern auch Sicherheitsrisiken erzeugen können (ebd., S. 67).

Empirisch wird das Kompetenzstrukturmodell über das in der Arbeit entwickelte Vignetteninstrument PCK-T operationalisiert. Das final eingesetzte Instrument umfasst 15 Unterrichtsvignetten zu verschiedenen Bereichen des Technikunterrichts mit insgesamt 78 ausgewerteten Items und erreicht in der Studierendenstichprobe ($N = 350$) einen Mittelwert von $M = 6.80$ ($SD = 1.61$) sowie eine Spannweite von 1.13 bis 10.92 Punkten bei einem theoretischen Maximum von 15 Punkten (ebd., S. 204). Weitere zentrale Befunde beziehen sich auf Gruppenunterschiede und die Sensitivität des Instruments. Studierende mit Technik als Hauptfach erreichen höhere Werte als Studierende ohne Technikbezug und auch höhere Werte als Ingenieursstudierende. Insgesamt zeigt sich ein signifikanter Gruppenunterschied mit $F(3, 339) = 6.49, p < .001$ und $\eta^2 = .06$ (ebd., S. 211f.). Darüber hinaus steigen die PCK-T Werte im Verlauf des Studiums an. Studierende im Grundstudium erreichen $M = 6.61$, Studierende im Hauptstudium $M = 7.27$ und Studierende in der Examensvorbereitung $M = 7.34$, der Unterschied ist signifikant mit $F(2, 201) = 4.91, p < .01$ und $\eta^2 = .05$ (ebd., S. 212f.). Zusätzlich korreliert der PCK-T Summenscore positiv mit der Anzahl besuchter Seminare, Vorlesungen, Werkstatt- und Laborveranstaltungen ($r = .19, p < .01$) sowie mit der Anzahl der Fachsemester ($r = .24, p < .01$) (ebd., S. 213).

STRAUB (2020) repliziert das Modell in einer längsschnittlichen Studie und erweitert es um die Konstruktionsaufgabe und die Leistungsbewertung (siehe Abbildung 11). Die Konstruktionsaufgabe fand bei GORETH aufgrund der Expert:innenabweichungen keine weitere Berücksichtigung, was STRAUB mit der Begründung, dass es sich um eine zentrale Methode des Technikunterrichtes handelt, als Lücke identifiziert (ebd., S. 220). Expert:inneninterviews zeigen hier zudem typische Schwierigkeiten angehender Lehrpersonen.

Unterrichtskonzeptionen werden entweder zu offen oder zu eng angelegt, zudem fehlt teilweise eine tragfähige fachwissenschaftliche, fachpraktische und fachdidaktische Wissensbasis (STRAUB, 2020, S. 246).

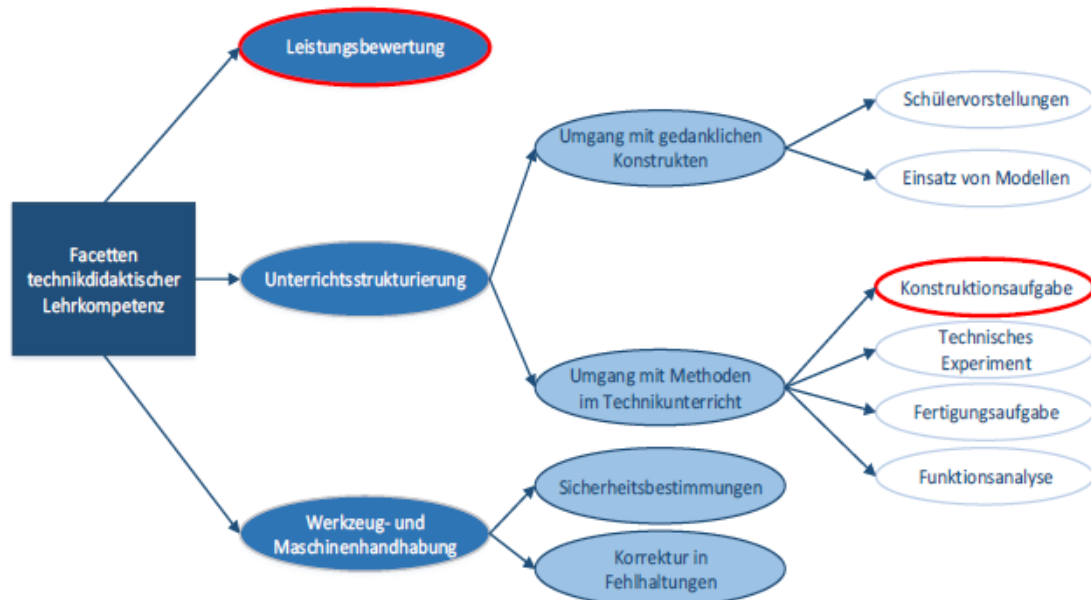


Abbildung 11: Erweiterung des Strukturmodells nach Goreth durch Straub um die Konstruktionsaufgabe und die Leistungsbewertung (STRAUB, 2020, S. 222).

Während GORETH das Testinstrument dahingehend absichert, dass es in der Lage ist, zwischen verschiedenen Kompetenzniveaus der Studierenden zu differenzieren, prüft STRAUB dieses darüber hinaus auf die Sensitivität im Längsschnitt (ebd., S. 150 f.). Außerdem verwendet STRAUB für die Erweiterung des Instrumentes offene Antwortformate, um den Lösungsraum nicht einzuschränken und umfassende Rückschlüsse auf das Kompetenzprofil der Studierenden ziehen zu können (ebd., S. 238). Weiterhin beschränkt sie sich in der Erweiterung des Instrumentes auf textbasierte Vignetten, da keine signifikanten Unterschiede zwischen Video- und Textformaten identifiziert werden konnten und Textvignetten ökonomischer sind. Für die Auswertung setzt STRAUB genau wie GORETH auf qualitative Expertenratings, wodurch sich auch für die hier vorliegende Arbeit wichtige forschungsmethodische Implikationen ableiten lassen (ebd., S. 241).

2.5.3 Professionsbezogene Überzeugungen von angehenden Techniklehrkräften

Für den Bereich professionsbezogener Überzeugungen angehender Techniklehrkräfte ist, wie in Kapitel 2.3.2 bereits herausgestellt, insbesondere die Arbeit von SAATHOFF (2025) relevant. Im Zentrum der Arbeit steht die Frage, inwieweit sich eine reflexive Auseinandersetzung von Lehramtsstudierenden mit ihren subjektiven Theorien im Studium anbahnen lässt und welchen Einfluss Praxisphasen im LLL auf diese subjektiven Theorien haben können. Ziel der Arbeit ist es demnach, den Einfluss des Unterrichtens im LLL auf die subjektiven Theorien von Lehramtsstudierenden im Fach Technik aufzuzeigen, ein hierfür geeignetes reflexionsförderndes Setting zu entwickeln, dieses zu dokumentieren und Ansätze herauszuarbeiten, inwiefern ein solches Setting zur Offenlegung und Beeinflussung subjektiver Theorien beitragen kann (SAATHOFF, 2025, S. 53 ff.).

SAATHOFF stellt heraus, dass angehende Lehrkräfte sich bereits in der ersten Phase der Lehramtsausbildung ihrer eigenen Vorstellungen über Lehren, Lernen und die Rolle als Techniklehrkraft bewusst werden sollten, weil diese Vorstellungen die spätere Unterrichtsgestaltung prägen können (ebd.). Methodisch wird mit einem explorativen qualitativen Design auf Grundlage der Repertory-Grid-Methode gearbeitet. Die Untersuchung umfasst $N = 16$ Techniklehramtsstudierende und kombiniert Prä-Erhebung, das Unterrichten im LLL, eine unmittelbar anschließende Post-Erhebung sowie eine Analyse-Erhebung zur kommunikativen Validierung der rekonstruierten Veränderungen (ebd., S. 55f.). In der Prä-Erhebung werden persönliche Konstrukte der Studierenden zum Beruf der Techniklehrkraft, zur eigenen aktuellen und zukünftigen Selbstsicht sowie zu vermuteten Wahrnehmung durch andere Interaktionspartner erhoben. Diese Konstrukte werden anschließend auf einer sechsstufigen Skala bewertet und in der Post-Erhebung erneut eingeschätzt, sodass Veränderungen der subjektiven Sichtweisen sichtbar werden können (ebd., S. 56ff.). In der Ergebnisdarstellung fokussiert SAATHOFF besonders auf solche Veränderungen, bei denen sich die Zuordnung zentraler Elemente wie „Wie ich mich als Technik-Lehrkraft sehe“, „Meine Wunschvorstellung einer Technik-Lehrkraft“ und „Wie Schülerinnen und Schüler mich sehen“ zwischen Prä- und Post-Erhebung verschiebt (ebd., S. 80ff.).

Der elektrotechnikbezogene Anschluss der Arbeit ergibt sich aus der konkreten Ausgestaltung des untersuchten LLL. Die ATB-Werkstatt der Universität Oldenburg ist in die Lehrveranstaltung „Automatisierungstechnik im Fokus des Schülerlabors“ eingebettet und die Studierenden bereiten dort eine Unterrichtseinheit vor, führen diese mit Schüler:innen durch und reflektieren sie anschließend. Inhaltlich verbindet die Einheit fachliche Grundlagen der Elektrotechnik (hier jedoch projektbezogen mit kleinen Bestandteilen und nicht im Sinne einer umfassenden Grundlagenveranstaltung), Automatisierungstechnik, Mikrocontrollerprogrammierung, Konstruktion, Fertigung und Montage einer Tischlampe (ebd., S. 15). Bereits der erste Unterrichtsabschnitt adressiert elektrotechnische Grundlagen, indem Schüler:innen den einfachen elektrischen Stromkreis wiederholen, die Auswirkungen steigender Spannungswerte auf eine LED untersuchen, die Funktionsweise einer LED und eines Widerstands erläutern, Steckplatinen untersuchen und Taster sowie Schaltwippen in elektronischen Schaltungen integrieren (ebd., S. 15).

Zentral ist der Befund, dass die Wahrnehmung im Hinblick auf fachliches Wissen und professionsbezogene Überzeugungen eng miteinander verschränkt sind. In einem Fall beschreibt SAATHOFF, dass eine Studentin im Unterrichtsabschnitt zu den Grundlagen der Elektrotechnik zunächst eher einer „strikten Planung“ zuneigte, sich im LLL jedoch gezwungen sah, von ihrem ursprünglichen Plan abzuweichen, weil leistungsstarke Schüler schneller fertig waren als erwartet. Die Studentin stellte zusätzliche elektrotechnische Bauteile bereit und beantwortete spontan aufkommende Fragen. In der Reflexion führte sie den Erfolg dieser flexiblen Reaktion ausdrücklich auf ihr eigenes fachliches Wissen zurück, sie habe nur deshalb frei handeln können, weil sie selbst gewusst habe „wie“ und ohne dieses Wissen hätte ihr keine didaktische Reserve zur Verfügung gestanden (ebd., S. 84ff.). Eine weitere Studentin beschreibt, dass sie in der Unterrichtssequenz Schwierigkeiten hatte, Schüler:innen bei Problemen mit elektronischen Schaltungen und Programmierungen zu unterstützen. Die Studentin erkennt rückblickend, dass solche Aspekte in einer entsprechenden Einheit fachlich verstanden und erklärt werden müssen und sie leitet aus der Erfahrung ab, dass eine intensivere fachliche Auseinandersetzung notwendig gewesen wäre (ebd., S. 134f.).

In mehreren Fällen verbinden Studierende Kompetenz, Sicherheit und Authentizität mit der Fähigkeit, auf fachliche Fragen reagieren zu können, wodurch sich die für diese Arbeit aufgestellte Vermutung der Wahrnehmung des Themenbereichs durch angehende Lehrkräfte verdichtet. Gleichzeitig macht SAATHOFF deutlich, dass nicht nur fachliches Wissen, sondern auch fachbezogene Identifikation und Begeisterung handlungswirksam werden können. Eine Studierende reflektiert im Zusammenhang mit Automatisierungstechnik und Programmierung, dass sie sich mit dem Thema nicht vollständig identifizieren konnte und dies sowohl von ihr selbst als auch von den Schüler:innen wahrgenommen worden sei. Obwohl sie sich fachlich vorbereitet hatte, fehlte ihr nach eigener Einschätzung die tiefere Begeisterung und das Detailverständnis, um das Thema authentisch zu vertreten (ebd., S. 208ff.).

Zentral zeigt die Arbeit, dass die subjektiven Theorien handlungsleitend wirken können und durch praxisnahe, reflexiv begleitete Unterrichtserfahrungen im LLL sichtbar gemacht werden. Veränderungen äußern sich dabei weniger als vollständige Abkehr von bisherigen Vorstellungen, sondern eher als Ausdifferenzierung und Nuancierung bestehender subjektiver Theorien, etwa durch die Ergänzung neuer Bedingungen, Erfahrungen und Kontexte (ebd., S. 213 f.). Dabei wird deutlich, dass mangelnde Relevanzzuschreibungen gegenüber bestimmten technischen Inhaltsbereichen zu einer reduzierten professionellen Auseinandersetzung führen können (ebd., S. 209), während reflexive Lerngelegenheiten dazu beitragen, Überzeugungen zu differenzieren und neu zu strukturieren (ebd., S. 214). Insgesamt spricht die Arbeit LLL-Settings das Potenzial zu, subjektive Theorien offenzulegen und deren Reflexion sowie partielle Veränderung anzustoßen. Einschränkend betont SAATHOFF jedoch die methodischen Grenzen des Vorgehens, insbesondere den hohen Aufwand der Datenerhebung und der Datenanalyse sowie die Notwendigkeit einer sorgfältigen kommunikativen Validierung (ebd., S. 215 ff.).

2.6 BNE spezifische professionelle Handlungskompetenz

Einen zentralen Gegenstand der vorliegenden Untersuchung bildet die BNE, weshalb hier zunächst zentrale Begriffe zu klären sind, ehe sich im nachfolgenden Abschnitt mit dem Zusammenspiel zwischen nachhaltiger Entwicklung und Technik befasst wird.

Mit dem Abschlussbericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung aus dem Jahr 1987 („Unsere gemeinsame Zukunft“) wurde ein Nachhaltigkeitsverständnis formuliert, das bis heute zentraler Referenzpunkt dient.

Der sogenannte Brundtland-Bericht verankert nachhaltige Entwicklung als normatives Leitkonzept, das nachhaltige Entwicklung so versteht, dass gegenwärtige Bedürfnisse befriedigt werden, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zur Bedürfnisbefriedigung zu gefährden (HAUFF, 1987, S. 46; REHEIS, 2005, S. 13). Nachhaltigkeit wird damit nicht als statischer Zustand, sondern als dynamischer Entwicklungsprozess konzipiert, der zeitliche, räumliche und soziale Facetten integriert.

Kennzeichen für dieses Verständnis ist eine explizit globale Perspektive, die Umwelt und Entwicklungsfragen systematisch miteinander verknüpft. Nachhaltige Entwicklung zielt auf die Sicherung menschlicher Grundbedürfnisse unter Berücksichtigung ökologischer Belastungsgrenzen und strebt zugleich an, bestehende Zielkonflikte zwischen Umwelt- und Naturschutz, Armutsbekämpfung und wirtschaftlicher Entwicklungen zu überwinden (VON HAUFF, 2014, S. 9). Ein zentrales normatives Element stellt dabei das Prinzip der intra- und intergenerationellen Gerechtigkeit dar, das sowohl die gerechte Bedürfnisbefriedigung innerhalb der gegenwärtigen Gesellschaft als auch die Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen umfasst (ebd.). Nachhaltige Entwicklung impliziert damit eine ethische Rahmung, die gegenwartsbezogene Handlungsentscheidungen systematisch an langfristigen Folgen misst.

Aus dem Brundtland-Bericht lassen sich darüber hinaus grundlegende Bedingungen nachhaltiger Entwicklung ableiten, die unter anderem Ressourceneffizienz, eine Reduktion nicht nachhaltiger Wachstumslogiken sowie globale Ausgleichsprozesse zwischen Industrie- und Entwicklungsländern umfassen (ebd., S. 10). Auch wenn die ökologische, ökonomische und soziale Perspektive nachhaltiger Entwicklung im Bericht nicht explizit als gleichrangige Säulen systematisiert werden, wird ihre wechselseitige Abhängigkeit deutlich hervorgehoben (DE HAAN, 2008, S. 24). Die Übertragung dieses Nachhaltigkeitsverständnisses auf Bildungsprozesse erfolgt im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE).

Spätestens mit der Agenda 21, die 1992 auf der UN-Konferenz in Rio de Janeiro verabschiedet wurde, wird Bildung als zentrale Voraussetzung für die Förderung nachhaltiger Entwicklung ausgewiesen. Bildung wird dort als unverzichtbar beschrieben, um Menschen zur Auseinandersetzung mit Umwelt- und Entwicklungsaufgaben zu befähigen und einen mentalen Wandel im Sinne nachhaltigen Denkens und Handelns anzustoßen (BMUV, o.D., S. 281; DE HAAN, 2008, S. 24).

Die bildungspolitische Relevanz von BNE wurde in den folgenden Jahrzehnten weiter gestärkt. Mit der UN-Weltdekade BNE, dem anschließendem Weltaktionsprogramm sowie der Verankerung von BNE in der Agenda 2030 und den SDGs wurde BNE dauerhaft als bildungspolitisches Handlungsfeld etabliert. Besonders Ziel vier der SDGs betont die Bedeutung von Bildung für die Förderung nachhaltiger Entwicklung und definiert BNE erstmals explizit als eigenständigen Bildungsauftrag (BMBF 2017, S. 8; UN, 2015, S. 18). BNE wird nicht primär als Vermittlung spezifischer Inhalte verstanden, sondern als Kompetenzansatz, der auf die Befähigung zu zukunftsfähigem Denken und Handeln abzielt. Zentrale Bedeutung kommt dabei dem von DE HAAN entwickelten Konzept der Gestaltungskompetenz zu:

„Mit Gestaltungskompetenz wird die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können. Das heißt, aus Gegenwartsanalysen und Zukunftsstudien Schlussfolgerungen über ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit ziehen und darauf basierende Entscheidungen treffen, verstehen und individuell, gemeinschaftlich und politisch umsetzen zu können, mit denen sich nachhaltige Entwicklungsprozesse verwirklichen lassen.“ (DE HAAN, 2008, S. 31).

Gestaltungskompetenz integriert demnach epistemisches Wissen mit heuristischen und reflexiven Fähigkeiten und zielt damit explizit über eine reine wissensbasierte Bildung hinaus. Das Konzept der Gestaltungskompetenz umfasst dabei mehrere Teilkompetenzen, die unter anderem vorausschauendes Denken, interdisziplinäre Perspektivenübernahme, kooperatives Handeln, Reflexion eigener Leitbilder sowie die Bereitschaft zur aktiven Mitgestaltung gesellschaftlicher Prozesse einschließen (DE HAAN 2008, S. 32 ff.; HOLFELDER, 2016, S. 53).

Diese Teilkompetenzen verdeutlichen, dass BNE nicht auf die Lösung klar strukturierter Problemstellungen abzielt, sondern auf den kompetenten Umgang mit komplexen, offenen und normativ aufgeladenen Herausforderungen.

Damit wird deutlich, dass BNE weniger als fachlich klar umrissene Domäne zu verstehen ist, sondern als querschnittlich angelegtes Bildungsanliegen, das ökologische, ökonomische, soziale und politische Aspekte systematisch verschränkt. Die Umsetzung von BNE im schulischen Kontext ist daher in besonderem Maße von professionellen Deutungs- und Entscheidungsprozessen der Lehrkräfte abhängig und stellt spezifische Anforderungen an deren professionelle Handlungskompetenz (LIST et al., 2024, S. 2). Während mit den Gestaltungskompetenzen eine Rahmung für Schüler:innen gegeben ist, stellt sich die Frage, wie genau die spezifischen Kompetenzen für Lehrkräfte festgemacht werden können und im Kontext dieser Arbeit vor allem zentral: Welche Rolle nimmt Technik sowie technische Bildung im Kontext (Bildung für-) nachhaltiger Entwicklung ein. Diesen Fragen soll in den folgenden Abschnitten nachgegangen werden.

2.6.1 BNE-spezifisches Professionswissen von Lehrkräften

Die erfolgreiche Implementierung von BNE im Unterricht hängt maßgeblich von der professionellen Handlungskompetenz der Lehrkräfte ab (LIST et al., 2024, S. 2; HELLBERG-RODE et al., 2014, S. 258). BNE ist dabei nicht als bloße Ergänzung bestehender Curricula zu verstehen, sondern als Bildungsanliegen, das komplexe, interdependente und zukunftsbezogene Problemstellungen mit normativen Zielkonflikten verbindet und dadurch spezifische Anforderungen an professionelles Handeln erzeugt (GESINE et al., 2014, S. 2; HELLBERG-RODE & SCHRÜFER, 2016, S. 8). Zugleich wird BNE ausdrücklich als Gegenstand eines kritischen Umgangs mit Nachhaltigkeitskonzepten gefasst, einzelne Fächer bieten zwar besondere Anknüpfungspunkte, dürfen BNE jedoch nicht exklusiv „besetzen“, da Nachhaltigkeitsthemen fächerübergreifende Perspektiven und Abstimmungen erfordern (REINKE, 2022, S. 26 f.). Gleichzeitig wird die Fachdidaktik als zentrale „Multiplikationsinstanz“ hervorgehoben, weil sie BNE fachperspektivisch anschlussfähig macht und damit eine Schlüsselrolle für die nachhaltige Verankerung in der Lehrkräftebildung und Schulpraxis einnimmt (ebd.).

Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, BNE-spezifische professionelle Handlungskompetenz nicht als völlig neues Konstrukt zu modellieren, sondern an etablierte Modelle der Professionsforschung anzuschließen und diese BNE-spezifisch zu präzisieren. Hierbei lässt sich die Grundstruktur des COACTIV-Modells auf BNE übertragen, zugleich müssen jedoch BNE-spezifische Facetten sichtbar werden, die in fachunterrichtlichen Modellen nicht in gleicher Weise ausdifferenziert werden (LIST et al., 2024, S. 6 f.). Ein zentrales Ergebnis solcher Spezifizierungen ist, dass BNE-Kompetenz nicht auf kognitive Dispositionen reduzierbar ist, sondern die normativen und affektiven Anforderungen des Unterrichtens in Nachhaltigkeitskontexten systematisch mitmodelliert werden müssen, etwa der Umgang mit Zielkonflikten, Unsicherheit, Wertdifferenzen und emotionaler Dringlichkeit (ebd., S. 16 ff.).

BNE-spezifisches Fachwissen umfasst dabei nicht nur Inhalte, sondern ein Verständnis globaler Herausforderungen, ihrer Dynamiken und Interdependenzen, womit ein systemisches Erfassen ökologischer, ökonomischer und sozialer Zusammenhänge verbunden ist (HELLBERG-RODE et al. 2014, S. 269). Die BNE-Fachwissensanforderung ist insofern besonders, als sie regelmäßig mehrere fachliche Perspektiven bündelt und das Erkennen von Multikausalität und Rückkopplungen einschließt (LIST et al., 2024, S. 10 f.). Gleichzeitig ist der Anspruch, BNE in Verbindung mit gesellschaftlichen Ziel- und Bewertungsfragen fächerübergreifend zu denken (REINKE, 2022, S. 26).

BNE-bezogenes fachdidaktisches Wissen bezieht sich in direkter Verbindung dazu insbesondere auf die Gestaltung von Lernprozessen unter Bedingungen von Komplexität, Kontroversität und normativen Zielkonflikten. Dazu gehört die Fähigkeit, systemorientiert-vernetzende Denkansätze zu fördern und Lernarrangements zu entwickeln, in denen Perspektivwechsel, Problem- und Lösungsabwägungen sowie Zukunftsbezüge didaktisch tragfähig werden (HELLBERG-RODE et al., 2014, S. 271 f.; LIST et al., 2024, S. 11 f.). Ein zentraler Bestandteil ist die Kompetenz zum fächerübergreifenden Unterrichten und als notwendige Kompetenzfacetten werden hier systemorientiert-vernetzende Denk- und Arbeitsweisen sowie die Gestaltung von BNE-spezifischen Lernarrangements herausgestellt (REINKE, 2022, S. 31; LIST et al., 2024, S. 2).

BNE-Unterricht soll diskursiv, kooperativ und reflexionsorientiert angelegt sein, was eine Verschiebung von instruktionsorientierten Formaten zu einer ermöglichungs- und partizipationsorientierten Didaktik erforderlich macht, in welcher Lehrkräfte im Sinne einer „Ermöglichungsdidaktik“ stärker als Lernbegleiter:innen agieren, die transformative Lernprozesse unterstützen und Aushandlungsräume eröffnen (RAU & RIECKMANN, 2023, S. 25). Weiterhin ist BNE nicht auf Methodenfragen reduzierbar, sondern berührt ein Spannungsfeld zwischen normativer Orientierung und Bildungsauftrag, BNE wird als pädagogischer Auftrag verstanden, ohne Lernende für politische Ziele instrumentalisieren zu dürfen, wodurch die Befähigung zur Urteilsbildung und zur Reflexion eigener Positionen in den Mittelpunkt rückt (REINKE, 2022, S. 29 f.).

Direkt damit verbunden ist, dass Überzeugungen und Wertorientierungen auch hier zu einer professionsrelevanten Facette werden, da Lehrkräfte im Unterricht fortlaufend entscheiden müssen, welche Ziele, welche Kriterien und welche Zumutungen in Lernprozessen thematisiert und gewichtet werden. Besonders ist hierbei die Differenz zwischen den Kompetenzen, die Lernende erreichen sollen, und den Kompetenzen, über die Lehrende verfügen müssen. Es wird betont, dass diese Unterscheidung nicht hinreichend ausdifferenziert ist und Professionalisierung gerade deshalb notwendig bleibt (ebd.). Damit verschiebt sich der Blick vom Output auf die professionellen Voraussetzungen einer Lehrkraft, BNE im Unterricht überhaupt verantwortet zu realisieren. In dieser Perspektive wird Gestaltungskompetenz zwar als Zielhorizont für Lernende eingeführt, zugleich aber darauf hingewiesen, dass die Lehrkräftebildung stärker eine Meta-Reflexion über BNE anregen sollte, damit Lehrkräfte ein reflektiertes Verständnis von BNE und den didaktischen Implikationen entwickeln können (ebd.).

Zudem wird der Bildungscharakter von BNE gegenüber einer instrumentellen Lesart abgesichert, denn BNE soll nicht darauf zielen, Gesellschaft oder Lebensstile in eine bestimmte Richtung zu lenken, sondern Menschen zu befähigen, nachhaltige Entwicklung mitzudenken, eigene Positionen zu entwickeln und das eigene Handeln reflektiert zu beurteilen. Diese Argumentationslinie ist an professionstheoretische Anforderungen anschlussfähig.

Etwa wie sie in COACTIV-orientierten Spezifizierungen sichtbar werden, wenn Indoktrinationsrisiken und die Notwendigkeit begründeter Offenheit als Problem- und Qualitätsaspekte von BNE-Unterricht markiert werden (LIST et al., 2024, S. 18). Ergänzend zur Modellierung BNE-spezifischer professioneller Handlungskompetenz entlang des COACTIV-Modells haben sich zudem mehrere Kompetenzmodelle etabliert, die die genannten professionellen Anforderungen für BNE beschreiben und ebenfalls überfachlich angelegt sind (ebd., S. 6).

Die Modelllandschaft ist dabei durch einen Spannungsbogen gekennzeichnet, in welchem einerseits holistische Kompetenzrahmen existieren, die stark auf Haltungen und Transformationsperspektiven fokussieren, andererseits wird betont, dass professionelle Kompetenzmodelle sich auf berufsspezifische Kernkompetenzen konzentrieren müssen, um als Basis für die Konzeption konkreter Bildungsangebote dienen zu können. Als ein zentraler Referenzpunkt gilt hier das Modell KOM-BiNE (RAUCH et al., 2008), das Kompetenzen in die Bereiche Wissen (knowing), Handeln (acting), Bewerten (valuing) und Fühlen (feeling) kategorisiert (RAUCH & STEINER, 2012, S. 17 ff.). Das Modell geht davon aus, dass individuelle Kompetenzen nur dann wirksam werden, wenn die institutionellen Rahmenbedingungen (Schulprogramm, Einstellung der Schulleitung etc.) dies zulassen (REINKE, 2022, S. 27).

Im Kontext europäischer Modellbildung ist das Projekt „Competencies for ESD Teachers“ zentral (BERTSCHY et al., 2013, siehe Abbildung 12). Es konzipiert Lehrkräfte in drei Facetten, als Individuum, als Teil der Bildungsinstitution und als Akteur in der Gesellschaft. In diesen Rollen agieren sie in den Kompetenzbereichen Unterrichten, Reflexion/Vision sowie Networking, die auf fünf Domänen (u.a. Wissen, Werte, systemisches Denken) bezogen werden (ebd., S. 5068 ff.).

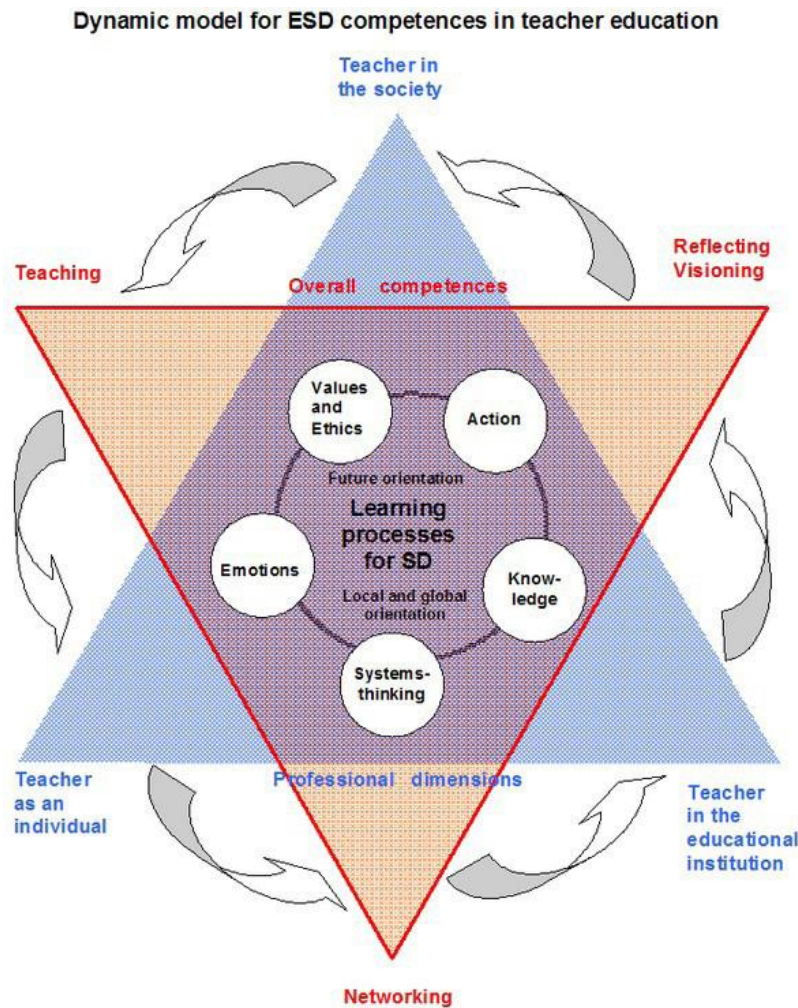


Abbildung 12: Modell BNE-spezifischer professioneller Handlungskompetenz
(BERTSCHY et al. 2013, S. 5070)

Aus allen Modellen geht hervor, dass BNE-Unterricht dann professionell verantwortet werden kann, wenn Lehrkräfte Nachhaltigkeitsfragen als systemisch vernetzte Problemlagen bearbeiten, die sowohl Fachwissen als auch organisationale Einbettung erfordern. Insgesamt bleiben die Modelle jedoch zu unspezifisch für die vorliegende Arbeit. Da viele dieser Problemlagen über versorgungsbezogene Systeme und technologische Innovationen vermittelt sind, wird es im folgenden Abschnitt daher notwendig, den Zusammenhang zwischen Technik und nachhaltiger Entwicklung als inhaltlich-theoretischen Bezug systematisch zu bestimmen und, um Schlussfolgerungen zur Rolle technischer Bildung und somit auch für die Lehrkräfteausbildung im Fach Technik ziehen zu können.

2.6.2 Nachhaltige Entwicklung und Technik

Nachdem nachhaltige Entwicklung im vorangegangenen Abschnitt als normatives Leitkonzept beschrieben wurde, das inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit sowie die langfristige Sicherung ökologischer Tragfähigkeit integriert, stellt sich die Frage, welche Rolle Technik innerhalb dieses Leitbildes einnimmt. In modernen Gesellschaften sind nahezu alle zentralen Lebens- und Produktionsbereiche technisch vermittelt, sei es die Daseinsfürsorge wie die Energie- und Wasserversorgung, Mobilität, Kommunikation, industrielle Wertschöpfung, Landwirtschaft, Gesundheitssysteme und öffentliche Infrastrukturen. Technik ist damit weder bloß ein neutrales Instrument noch ausschließlich ein externer Störfaktor, sondern konstitutiver Bestandteil gesellschaftlicher Entwicklungsdynamiken. Eine Analyse nachhaltiger Entwicklung bleibt deshalb theoretisch unvollständig und praktisch wirkungsschwach, wenn Technik nur als „Anwendungsfeld“ respektive auf Artefaktebene behandelt wird, statt ihre Strukturen, Logiken und Nebenfolgen systematisch mitzudenken. Zugleich wird mit Blick auf Technikentwicklung deutlich, dass Nachhaltigkeit nicht allein über Funktionsoptimierung zu bestimmen ist.

Eine nachhaltigkeitsorientierte Technikentwicklung muss, wie sich im weiteren Verlauf dieses Abschnittes zeigen wird, technische Leistung und Funktionalität mit humanen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekten gleichrangig verbinden und zugleich Folgenabschätzung-, und -bewertung und Aufklärung mitdenken (FRANZ, 2021, S. 4).

„Die Technikwissenschaften bleiben nicht bei der Technikanalyse stehen, sondern entwickeln Methoden der Synthese für die Gestaltung des Neuen. Sie antizipieren die spätere Anwendung des Wissens über Technik und ihre Wechselwirkungen mit dem Umfeld, was zur Integration ökologischer, wirtschaftlicher, kultureller und sozialer Überlegungen in technikwissenschaftliche Modelle führt.“ (acatech 2013, S. 8)

Ein tragfähiges Verständnis des Zusammenhangs von Nachhaltigkeit und Technik setzt zunächst – wenn auch eine verkürzte – eine Klärung des Technikbegriffs voraus. In der Tradition einer systemtheoretisch fundierten allgemeinen Technologie wird Technik ausdrücklich nicht auf Artefakte reduziert, sondern als „mehrdimensionale“ Einheit beschrieben.

Diese umfassen materielle Sachsysteme, menschliche Handlungsvollzüge und institutionelle respektive gesellschaftliche Rahmungen. Prägend ist dabei die Vorstellung, dass moderne Lebenswelten nicht nur von Technik umgeben sind, sondern dass das gesellschaftliche „Biotop“ in weiten Teilen zu einem Technotop geworden ist, also zu einer Lebenswelt, deren Bedingungen, Routinen und Möglichkeiten wesentlich technisch erzeugt und stabilisiert werden (ROPOHL, 2009, S. 15 f.). Damit rückt Technik in die Nähe grundlegender Sozial- und Kulturtheorie, sie ist nicht bloß „Dingwelt“, sondern eine strukturierende Bedingung sozialer und kultureller Praxis. Diese Perspektive lässt sich präzisieren, wenn Technik als soziotechnisches System gefasst wird. Ein soziotechnisches System ist hierbei ein Handlungs- respektive Arbeitssystem, in dem menschliche und sachtechnische Subsysteme eine integrale Einheit eingehen (ebd., S. 142). Entscheidend ist daran, dass Handlungen nicht mehr ausschließlich durch Menschen vollzogen werden, sondern im Zusammenspiel mit technischen Funktionen entstehen. Soziotechnische Systeme sind damit keine additive Kombination („Mensch + Maschine“), sondern eine funktionale Symbiose, in der sich Planung, Ausführung, Kontrolle und Zielverfolgung verändern (ebd., S. 168 ff.).

Der Übergang zu soziotechnischen Systemen erfolgt über Prozesse der soziotechnischen Identifikation (das Erkennen technisierbarer Teilfunktionen) und soziotechnischen Integration (die Einbindung verfügbarer Sachsysteme in den Handlungsvollzug), wodurch erst aus einem ursprünglich menschlichen Handlungssystem ein soziotechnisches Handlungssystem entsteht (ebd.). Soziotechnische Systeme lassen sich auf Mikro-, Meso- und Makroebenen denken, nämlich vom individuellen Gebrauch eines Gerätes (Mikroebene) über Organisationen und Betriebe (Mesoebene) bis hin zu großtechnischen Infrastrukturen und gesellschaftlichen Funktionssystemen (Makroebene). Gerade auf dieser Makroebene werden „große technische Systeme“ sichtbar, dessen soziotechnische Integration besondere Bedeutung gewinnt (ebd., S. 191 ff.). Diese Systeme, etwa Energie-, Verkehrs- oder Informationsinfrastrukturen, stellen nicht einfach „Hilfsmittel“ bereit, sondern schaffen Bedingungen, ohne die viele Praktiken gar nicht mehr ausführbar wären.

Damit rücken typische Nachhaltigkeitsthemen unmittelbar ins Zentrum, da nicht das Einzelartefakt, sondern die Einbindung in Netze, Versorgungslogiken, institutionelle Regelungen und Nutzungsroutinen Umweltwirkungen bestimmen.

Aus dieser systemtheoretischen Technikauffassung folgt unmittelbar eine zentrale Einsicht für nachhaltige Entwicklung. Ökologische Wirkungen entstehen selten als isolierte Effekte einzelner Artefakte, sondern systemisch aus der Einbindung technischer Artefakte in Stoff- und Energieflüsse sowie in organisatorische und ökonomische Kontexte. Analytisch hilfreich ist hier die Unterscheidung, dass viele Umweltveränderungen bei vereinzelter individueller Nutzung zunächst klein erscheinen, dramatische Größenordnungen jedoch typischerweise erst dann erreichen, wenn Folgen kollektiver Techniknutzung im gesellschaftlichen Maßstab kumulieren (ebd., S. 215). Nachhaltigkeitsanalysen benötigen daher konsequent eine Mehr-Ebenen-Perspektive, die von der Funktionseinheit (z.B. Transportleistung) über die Infrastruktur (z.B. Logistik & Netze) bis zur volkswirtschaftlichen und kulturellen Einbettung (z.B. Wachstums- und Konsumnormen) reicht. Diese Systemperspektive wird auch in produktbezogenen Nachhaltigkeitsansätzen konkretisiert.

Technische Produkte und Systeme durchlaufen nicht nur eine Nutzungsphase, sondern mindestens vier Lebensphasen (Material- und Ressourcengewinnung, Produktion, Nutzung, Entsorgung/Recycling) und können nur dann den Anspruch erheben nachhaltig zu sein, wenn Nachhaltigkeitsziele in allen Phasen konsequent verfolgt werden (FRANZ, 2021, S. 54 f.). In globalisierten Wertschöpfungen kommen außerdem zwischen diesen Phasen häufig lange Transportwege hinzu, die wiederum Energie- und Ressourcenbedarf verursachen und zusätzliche Umweltwirkungen erzeugen (ebd., S. 43). Gleichzeitig macht die soziotechnische Sicht sichtbar, dass Technik durch ihre Einbettung Abhängigkeiten und Irreversibilität erzeugt. Logistische Ver- und Entsorgungssysteme werden oft zur notwendigen Bedingung der Nutzung, wodurch Nutzer:innen und Organisationen in eine logistische Abhängigkeit von Versorgungsbetrieben, Ersatzteil- und Rohstoffketten sowie Service- und Instandhaltungsstrukturen geraten (ROPOHL, 2009, S. 226). Solche Abhängigkeiten verweisen nicht nur auf Vulnerabilität (z.B. Ausfälle und Krisen), sondern auch auf die Stabilität bestehender Pfade. Soziotechnische Integration ist in vielen Fällen mehr oder minder irreversibel, weil Fähigkeiten, Infrastrukturen und Routinen zurückgebaut werden und die Rückkehr zu alternativen Praktiken hohe Anstrengung erfordert (ebd., S. 227 f.). Nachhaltigkeit ist damit nicht nur Ziel „besserer Technik“, sondern auch eine Frage der Gestaltung von Abhängigkeiten, Robustheit und Umsteuerbarkeit.

Mit diesem Aspekt ist eine zweite zentrale Bestimmung des Verhältnisses von Technik und Nachhaltigkeit angesprochen, nämlich die strukturelle Ambivalenz von Technik (GRUNWALD, 2025, S. 45 ff.). Sie lässt sich als Spannung zwischen Ermöglichung und Belastung, zwischen Problemlösung und Problemverschiebung sowie zwischen Gestaltbarkeit und Eigendynamik beschreiben. Technik erweitert Handlungsmöglichkeiten (z.B. durch mehr Komfort, Sicherheit, Gesundheit oder Kommunikation), kann aber gleichzeitig Ressourcenentnahme, Emissionen, Abfälle oder Flächenverbrauch verstärken. Sie kann Nachhaltigkeitsziele unterstützen (z.B. erneuerbare Energien, Kreislaufstrategien), zugleich aber Belastungen verlagern (z.B. Emissionsminderung bei steigender Rohstoffintensität oder Entsorgungsprobleme). Schließlich zeigen gerade etablierte Infrastrukturen, dass Technik nicht vollständig beliebig steuerbar ist, weil sich Systeme über Standards, Investitionszyklen und Erwartungsstrukturen stabilisieren und politische Eingriffe erschweren. Es kristallisieren sich hierbei drei zentrale Ambivalenzen heraus (siehe z.B. GRUNWALD 2025, S. 45 ff.).

- Technik als Ermöglichung (Komfort, Sicherheit, Gesundheit, Kommunikation) vs. Technik als Belastungsverstärker (Ressourcenentnahme, Emissionen, Abfall, Flächenverbrauch).
- Technik als Problemlösung (z.B. erneuerbare Energien und Kreislaufstrategien) vs. Technik als Problemverschiebung (z.B. Emissionsreduktion bei gleichzeitiger Rohstoffintensivierung oder Entsorgungsproblemen)
- Technik als Gestaltungsobjekt vs. Technik als Eigendynamik, weil einmal etablierte Systeme sich über Standards, Investitionszyklen und Erwartungsstrukturen stabilisieren und politische Eingriffe erschweren.

Gerade die letzte Ambivalenz führt zu einem typischen Nachhaltigkeitsdilemma, da Transformation tiefgreifende Eingriffe in Systeme, deren Wirkungen gefestigt und komplex sind, erfordert. Technischer Fortschritt erzeugt Wohlstand, ermöglicht bessere Gesundheit, Sicherheit und neue Handlungsmöglichkeiten, ist aber zugleich eng mit Umweltbelastungen, Ressourcenentnahme und Risikodynamiken verbunden. Technikentwicklung ist also häufig durch Spannungsfelder gekennzeichnet, in denen erwartete Problemlösungen mit neuen Problemlagen einhergehen.

Ein besonders wichtiges Muster ist dabei das Auftreten nicht intendierter Folgen, denn Technik kann gesellschaftlich positiv bewertet werden und dennoch Nebenwirkungen erzeugen, die erst im Verlauf sichtbar werden und nicht einfach dem „Missbrauch“ zugerechnet werden können (GRUNWALD, 2010, S. 20 ff.). Gerade Nachhaltigkeitsprobleme wie der Klimawandel, Ressourcenübernutzung, Biodiversitätsverlust sind vielfach Resultate solcher kumulativer Nebenfolgen technischer und ökonomischer Modernisierung (FRANZ, 2021, S. 41 f.). Zugleich gilt aber ebenso, dass ohne technische Innovationen zentrale Nachhaltigkeitsziele (Dekarbonisierung, Kreislaufwirtschaft, saubere Wasser- und Energiesysteme) kaum erreichbar sind. Technik ist daher zugleich Problemursache und Teil von Lösungspfaden (ebd., S. 35). Allerdings wird in diesem Zusammenhang auch eine verbreitete Fehlannahme problematisiert, nämlich die Vorstellung, technische Probleme ließen sich grundsätzlich und ausschließlich technisch lösen, was in einen unendlichen Regress führen kann, weil technische Entwicklung nicht nur Probleme löst, sondern zugleich neue Probleme hervorbringen kann. Nachhaltige Lösungen erfordern daher regelmäßig eine erweiterte Perspektive, die ökologische, soziale und politische Aspekte integriert (ebd., S. 36).

Diese Ambivalenz wird besonders sichtbar, wenn großtechnische Systeme langfristig stabilisiert werden und dadurch sogenannte Lock-In-Effekte entstehen. Transformationshemmnisse sind häufig infrastrukturell und institutionell eingebaut, etwa durch kapitalintensive Netze, Regulierung, Marktstrukturen und Nutzungsgewohnheiten. Entsprechend wird in Transformationsdiagnosen betont, dass fossile Pfadabhängigkeiten und die Trägheit technischer Infrastrukturen nachhaltige Umsteuerungen erschweren (WBGU 2011, S. 83). Technische Systeme durchlaufen Entwicklungsphasen (u.a. Erfindung, Entwicklung, Innovation, Transfer, Wachstum und Konsolidierung) und erwerben mit der Zeit „Stil“ und vor allem Momentum, eine Art systemische Trägheit, die aus fixen Anlagen, versunkenen Kosten, Interessenlagen und der Dauerhaftigkeit technischer Artefakte entsteht (HUGHES, 1986, S. 10 ff.). Aus Nachhaltigkeitsperspektive bedeutet dies, dass selbst wenn umweltfreundliche Lösungen verfügbar sind, Systemmomentum und institutionelle Kopplungen eine schnelle Substitution verhindern. Die Analyse solcher technischen Systeme muss deshalb stets auch ihre Stabilisierungseffekte und die Bedingungen möglicher Destabilisierung erfassen.

Genau an dieser Stelle wird der Blick auf die Transitions- respektive Transformationsforschung produktiv, weil sie nachhaltigkeitsrelevante Umbrüche nicht als linearen Technologietransfer, sondern als Rekonfiguration ganzer soziotechnischer Systeme beschreibt. Technologische Transitionen werden als langfristige Veränderungen verstanden, in denen sich die Art und Weise wandelt, wie gesellschaftliche Funktionen (z.B. Energieversorgung und Mobilität) erfüllt werden, wobei sich hier nicht nur Technologien ändern, sondern Nutzungspraktiken, Regulierung, industrielle Netzwerke, Infrastrukturen und symbolische Bedeutungen respektive kulturelle Leitbilder (GEELS, 2002, S. 1257 ff.). Diese Perspektive wird in einer Multi-Level-Perspektive (MLP) entfaltet, die drei Ebenen unterscheidet, nämlich Nischen (micro), Regime (meso) und Landschaft (macro).

Nischen sind relativ geschützte Räume, in denen „radikale“ Innovationen experimentell entstehen und Lernprozesse möglich werden. Regime bezeichnen die stabilisierenden Konfigurationen dominanter Technologien, Märkte, Regeln, Infrastrukturen und Routinen, die „Normalität“ definieren und Pfadabhängigkeiten erzeugen. Landschaft meint übergreifende, eher exogene Rahmenbedingungen wie kulturelle Werte, demografische Trends, geopolitische Dynamiken oder ökologische Krisen, die Regime unter Druck setzen können (ebd., S. 1260 ff.).

Die Transitionsforschung zeigt damit, dass Nischeninnovationen nicht automatisch dominant werden, weil sie „besser“ sind. Entscheidend sind vielmehr kumulative Lernprozesse, institutionelle Anpassungen und Konstellationen von Druck und Gelegenheit. Historische Beispiele verdeutlichen dies. Beim Übergang vom Segel- zum Dampfschiff wurden frühe Dampfschiffe zunächst in spezifischen Nischen eingesetzt (z.B. Flüsse oder für militärische Zwecke), bevor sie durch inkrementelle Verbesserungen, Infrastrukturentwicklung und organisatorische Anpassungen in das dominante Regime hineinwachsen konnten (ebd., S. 1263 ff.).

Vergleichbare Muster lassen sich auch auf verschiedenste technologische Entwicklungen übertragen (siehe z.B. HUGHES, 1986, S. 10 ff.) und rekonstruieren, seien es die Beiträge zum Aufbau der Elektrizitätsnetze, oder der spätere Übergang zu automobilen Verkehrssystemen.

Nicht eine einzelne Erfindung ersetzte das Pferd, sondern ein Bündel aus Produktionsorganisation, Straßenbau, Energieinfrastruktur, Regulierung und kultureller Bedeutungszuschreibung stabilisierte das neue Regime, womit sich ein Grundmuster soziotechnischer Systembildung und -konsolidierung zeigt.

Überträgt man diese Perspektive auf nachhaltigkeitsbezogene Transformationen, wird deutlich, dass auch heutige „ökologische“ Innovationen zunächst als Nischenphänomene beginnen (MARKARD et al., 2012, S. 957). Photovoltaik etwa war in den 1990er-Jahren technologisch kostenintensiv und marktwirtschaftlich wenig konkurrenzfähig. Durch politische Förderprogramme, insbesondere im Zusammenhang zur Ölkrise 1973, Lernkurveneffekte und technologische Weiterentwicklung stabilisierte sich diese Nische jedoch und entwickelte sich zu einem zentralen Baustein globaler Energiesysteme (MENER, o.D., S. 14; RÖBEN, 2014, S. 10). Innovationen wie diese bewegen sich zunächst außerhalb dominanter fossiler Regime, konnten jedoch unter dem Druck klimatischer und politischer Landschaftsfaktoren an Bedeutung gewinnen.

Durch diese Logik wird deutlich, warum ökologische Innovationen oft zunächst „zu teuer“, „zu unpraktisch“ oder „nicht skalierbar“ erscheinen und dennoch langfristig transformativ werden können, wenn Nischen durch Politik, Märkte und gesellschaftliche Akteurskonstellationen stabilisiert werden. Nachhaltigkeitstransitionen sind hierbei häufig zweckgerichtete Übergänge, die durch politische Programme, Zielsysteme und sektorale Kontexte gerahmt werden (MARKARD et al. 2012, S. 956). Technik erscheint hier nicht als autonomer Treiber, sondern als Teil eines Gefüges aus Governance, Investitionsstrukturen, Leitbildern und sozialen Praktiken.

Aus Nachhaltigkeitsperspektive ergibt sich daraus eine wichtige Zwischenbilanz. Technik besitzt Transformationspotenziale, aber diese Potenziale sind relational. Ob eine Innovation nachhaltig wirkt, hängt nicht nur von ihrer technischen Leistungsfähigkeit ab, sondern von ihrer Anschlussfähigkeit an Regulierungen, Infrastrukturen, Organisationsformen und kulturelle Praktiken und ebenso von ihre Nebenfolgen. In diesem Zusammenhang wird in dieser Arbeit die sozio-technische Transition statt reiner technologischer Transition zugrunde gelegt, welche im Zuge von Nachhaltigkeitstransitionen einen Wandel erfahren:

„Socio-technical transitions differ from technological transitions in that they include changes in user practices and institutional (e.g. regulatory and cultural) structures, in addition to the technological dimensions. [...] Sustainability transitions are long-term, multi-dimensional, and fundamental transformation processes through which established socio-technical system shift to more sustainable modes of production and consumption.“ (MARKARD et al., 2012, S. 956).

Gerade deshalb genügt es nicht, Nachhaltigkeit auf „technische Optimierung“ zu verkürzen. Ein klassisches Beispiel hierfür ist die Effizienzstrategie. Verbesserte Effizienz senkt den Ressourcen- oder Energieeinsatz pro Funktionseinheit, garantiert aber keine absolute Entlastung. Ein zentraler Mechanismus der hier wirkt, ist der Rebound-Effekt, der allgemein als der Anteil der erwarteten Einsparung verstanden wird, der durch Verhaltens- und Marktantworten „zurückgenommen“ wird (GILLINGHAM et al., 2016, S. 69 f.). Rebound-Effekte werden in der Energieforschung als Oberbegriff für Mechanismen beschrieben, die die erwarteten Einsparungen durch Effizienzsteigerung reduzieren.

Hierbei werden direkte Rebounds (z.B. Mehrnutzung derselben Energiedienstleistung), indirekte Rebounds (z.B. Verwendung eingesparter Mittel für andere konsumtive Aktivitäten mit Energiebedarf) und gesamtwirtschaftliche Rebounds als Summe bzw. Makroeffekte unterschieden (ebd.). Effizienz kann Nutzungskosten senken, Nachfrage erhöhen und Mehrkonsum auslösen. Für das Verhältnis von Technik und Nachhaltigkeit folgt daraus, dass technische Effizienz ihre Wirkung nicht rein technisch entfaltet, sondern innerhalb von Preisstrukturen, Konsumkulturen und Wachstumslogiken. Nachhaltige Technikgestaltung erfordert daher eine Einbettung technischer Innovationen in regulatorische, kulturelle und institutionelle Kontexte, also wiederum eine soziotechnische Perspektive. An diesem Punkt wird sichtbar, dass Nachhaltigkeitsfragen untrennbar mit Normativität, Bewertung und Verantwortung verbunden sind. Technikentwicklung ist nicht wertneutral, weil sie Ziele präformiert und bestimmte Handlungsoptionen nahelegt. In Zweck-Mittel-Ketten können Elemente je nach Perspektive als Mittel oder Ziel erscheinen, und die verbreitete Vorstellung eines wertneutralen Reichs der Mittel wird als problematische Ausblendung von Ziel- und Wertdebatten kritisiert (ROPOHL, 2009, S. 155 f.).

Nachhaltigkeit ist damit nicht etwas, das der Technik „nachträglich“ hinzugefügt wird, sondern betrifft Zieldefinitionen, Entwurfsentscheidungen und institutionelle Steuerung. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Technikfolgenabschätzung als reflexive Wissens- und Beratungsform besondere Bedeutung. Technikfolgenabschätzung ist aus der Nachfrage nach Wissen über Technikfolgen und Technikgestaltung in demokratischen Strukturen entstanden, zentrale Bezüge liegen unter anderem in der Unterstützung demokratischer Gewaltenteilung und in Verfahren, die Wissen, Bewertung und Partizipation für politische Entscheidungen fruchtbar machen. Hier geht es vor allem um Aspekte wie die Früherkennung von Technikfolgen, Technikkonflikten, die Technikgestaltung sowie die Demokratisierung von Technik und Vermeidung von Technikdeterminismus (GRUNWALD 2025, S. 57 f.). Für nachhaltige Entwicklung ist Technikfolgenabschätzung besonders relevant, da technische Produkte und Systeme strukturell ambivalent sind (ebd., S. 45).

„Das Verhältnis von Technik und nachhaltiger Entwicklung ist ambivalent. Einerseits hat Technik in Herstellung, Nutzung und Entsorgung oft Folgen, die im Konflikt mit der Nachhaltigkeitsidee stehen. Dies betrifft vor allem ökologische Konsequenzen durch umwelt- und gesundheitsschädliche Emissionen und die Ausbeutung natürlicher Ressourcen [...]. Auch in sozialer Hinsicht bringt der technische Fortschritt Nachhaltigkeitsprobleme z.B. durch Folgen der technischen Rationalisierung für den Arbeitsmarkt. [...] Andererseits ist aber auch an viele im Sinne der Nachhaltigkeit positive Folgen des technischen Fortschritts zu denken. Der erreichte Wohlstand und die damit verbundene Existenzsicherung und Lebensqualität in vielen Teilen der Welt, die erfolgreiche Bekämpfung vieler in früheren Zeiten katastrophaler Krankheiten, die Sicherung der Ernährungslage in vielen (nicht allen!) Teilen der Welt sowie die Möglichkeit globaler Information und Kommunikation durch das Internet sind bekannte Beispiele.“ (GRUNWALD, 2025, S. 50)

Neben beabsichtigten Wirkungen treten also regelmäßig nicht intendierte Nebenfolgen auf, deren Risiko für Mensch, Gesellschaft und Natur möglichst gering zu halten ist. Zentral dabei ist, Nebenfolgen bereits während der Planung und Entwicklung, spätestens aber vor Produktion und Vermarktung abzuschätzen und zu bewerten (FRANZ, 2021, S. 118).

Ein dafür vorgeschlagenes Vorgehen (VDI-Richtlinie) beschreibt vier Schritte, die Technikdefinition, Folgenabschätzung, Folgenbewertung und die Entscheidung (ebd., S. 119). In der Technikdefinition wird die geplante Technik möglichst präzise beschrieben (Funktionen, Bedienung, Reparaturfähigkeit, Produktionsort, Materialien und Herkunft), in der Folgenabschätzung werden beabsichtigte und unbeabsichtigte Folgen möglichst vollständig identifiziert und in der Folgenbewertung erfolgt die explizite Abwägung entlang normativer Kriterien. Anschließend wird auf Basis dieser Bewertung entschieden (ebd.). Für die Bewertungsphase wird zudem auf Wertkonflikte verwiesen und es werden Aspekte genannt wie Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Wohlstand, Sicherheit, Gesundheit, Umweltqualität, Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität, die untereinander kollidieren können (ebd.). Damit wird deutlich, dass Technikbewertung im Nachhaltigkeitskontext nicht nur technische Analyse, sondern strukturierte normative Abwägung erfordert.

Die Problemlage lässt sich zusätzlich durch das sogenannte Collingridge-Dilemma zuspitzen. In frühen Entwicklungsphasen wären Änderungen vergleichsweise leicht, aber Folgen schwer vorhersehbar. In späteren Phasen sind Folgen besser erkennbar, Veränderungen jedoch teuer und schwierig (COLLINGRIDGE, 1980, S. 11; LIEBERT & SCHMIDT, 2010, S. 57). Daraus folgt als Nachhaltigkeitsanforderung nicht „Perfektwissen“ vor der Entscheidung, sondern der Aufbau von Korrigierbarkeit, Flexibilität und Robustheit als Gestaltungskriterien, also die Fähigkeit, Technikpfade unter Unsicherheit adaptiv zu steuern (LIEBERT & SCHMIDT, 2010, S. 62 f.). Ergänzend wird in diesem Kontext auch die Bedeutung von Transparenz und öffentlicher Aufklärung betont. Nachhaltige Technik ist nicht reflexionsfrei und bedarf der Transparenz, wodurch öffentliche Aufklärung über Nachhaltigkeitswirkungen und Folgen als Verantwortung technischer Akteure ausdrücklich wird (FRANZ, 2021, S. 50 f.).

Diese Governance- und Verantwortungsperspektive ist auch international normativ gerahmt. Die Rio-Deklaration betont unter anderem das Vorsorgeprinzip und die Bedeutung von Partizipation, Informationsbezug und Rechtsschutz als Grundprinzipien nachhaltiger Entwicklungspolitik (UN, 1992, S. 2). Damit wird ein Leitmotiv sichtbar, das für Technikpolitik und Technikgestaltung gleichermaßen gilt, nämlich dass nachhaltige Technikentwicklung nicht nur eine Frage technischer Lösungen ist.

Vielmehr zeichnet sie sich durch den Bedarf eines demokratischen Aushandlungsprozesses von Zielen, Risiken, Verteilungseffekten und Zumutungen aus. Dass technologische Entwicklung immer auch sozial „gemacht“ wird, lässt sich zudem mit Perspektiven der Science-and-Technology-Studies aus soziologischer Perspektive stützen. Dort wird herausgestellt, dass technische Artefakte und Systemlösungen nicht einfach aus rein technischen Zwängen folgen, sondern in sozialen Gruppen in einer Art sozial-konstruktivistischem Prozess, interpretiert, verhandelt und stabilisiert werden. Zentrale Konzepte sind interpretative Flexibilität, Schließungsmechanismen (im Sinne von einer gelösten Problemsicht einer sozialen Gruppe im Hinblick auf ein technisches Artefakt) und relevante soziale Gruppen (PINCH & BIJKER, 1984, S. 421 ff.). Für Nachhaltigkeit bedeutet dies, dass auch die Richtung technischer Entwicklung (z.B. welche Energie- oder Mobilitätspfade verfolgt werden) nicht nur Ergebnis von Effizienzüberlegungen, sondern Ergebnis von Aushandlungsprozessen, Machtkonstellationen und Leitbildern ist, wie es schon lange Zeit der Fall ist. Ein entsprechend präziser normativer Zugriff besteht darin, nicht nur „mehr Nachhaltigkeit“ zu fordern, sondern die Bewertung entlang von Fragen nach Richtung, Verteilung und Vielfalt möglicher Pfade zu strukturieren. Welche Richtung wird eingeschlagen, wer profitiert oder trägt Kosten und welche Alternativen bleiben offen respektive werden verdrängt sind hier zentrale Fragen, die sich ableiten lassen.

In der Nachhaltigkeitsdebatte haben sich vor diesem Hintergrund drei grundlegende Strategietypen etabliert, die sich als technikphilosophische Leitkriterien lesen lassen, nämlich Effizienz, Suffizienz und Konsistenz. Effizienz zielt auf bessere Input-Output-Relationen, ist technisch gut operationalisierbar und innovationsnah, bleibt jedoch durch Rebound und Wachstumsdynamiken begrenzt (BEHRENDT et al. 2018, S. 8 f.; GILLINGHAM et al., 2016, S. 69 f.). Suffizienz zielt auf die Reduktion absoluter Verbrauchsniveaus und berührt Lebensstile, Bedürfnisdefinitionen und Infrastrukturlogiken und ist damit stärker kulturell und politisch gerahmt als rein technologisch. Konsistenz zielt auf systemkompatible Stoffkreisläufe, etwa durch regenerative Energiesysteme, Kreislaufwirtschaft und Materialien, die in natürliche oder technisch geschlossene Kreisläufe integrierbar sind (BEHRENDT et al. 2018, S. 13 ff.). Hier wird im produktbezogenen Zugriff zudem konkret, dass Nachhaltigkeit auch eine Qualitäts- und Designfrage ist.

Langlebigkeit und Reparaturfähigkeit werden als zentrale Qualitätsmerkmale hervorgehoben, weil kurze Lebensdauer und Nicht-Reparierbarkeit den Ressourcenbedarf erhöhen und dem sparsamen Umgang mit Ressourcen widersprechen (FRANZ, 2021, S. 43 ff.). Besonders deutlich wird dies an der Kritik geplanter Obsoleszenz, also Produkte, die nach festgelegter Zeit ausfallen und nicht repariert werden können, gelten als in hohem Maße kontranachhaltig, ökologisch wie moralisch (ebd.).

Gerade die Konsistenzperspektive verbindet sich heute eng mit dem Konzept der Circular Economy und rückt Design- und Systemfragen in den Vordergrund. So wird betont, dass ein großer Anteil von Umweltwirkungen bereits in der Designphase festgelegt wird, weshalb Produktpolitik und Ökodesign als zentrale Hebel für eine ressourceneffiziente und kreislauforientierte Wirtschaft gelten (European Commission, 2020, S. 6 ff.). Zugleich wird zunehmend herausgearbeitet, dass Kreislaufwirtschaft nicht automatisch biodiversitätsfreundlich ist, wenn sie nur „Kreisläufe schließt“, ohne Rohstoffentnahme, Landnutzung und Regenerationsbedingungen mitzudenken. Entsprechend wird ein biodiversitätsinklusive Rahmen vorgeschlagen, der drei Kernprinzipien kombiniert, nämlich die Reduktion von Ressourcenverbrauch, Abfall- und Verschmutzungsvermeidung und die biodiversitätsfreundliche Beschaffung respektive regenerative Bedingungen entlang der Wertschöpfung (ETC/CE, 2023, S. 43 ff.).

Diese Erweiterung ist für Technik und Nachhaltigkeit besonders instruktiv, weil sie erneut zeigt, dass Nachhaltigkeit systemisch und wertschöpfungskettenbezogen zu bestimmen ist und nicht nur am Endprodukt. Komplementär dazu wird im lebenszyklusbezogenen Zugriff betont, dass Abfallvermeidung, Emissionsreduktion sowie die Erhöhung der Recyclingfähigkeit in allen Lebensphasen eines technischen Produktes und entlang der Transportwege zu minimieren sind (FRANZ, 2021, S. 57).

Neben ökologischen Kriterien müssen zudem Macht- und Gerechtigkeitsperspektive als integraler Bestandteil des Technik-Nachhaltigkeits-Verhältnisses berücksichtigt werden. Technik ist global in Rohstoffketten, Produktionsregime und Wissenszugänge eingebettet, wodurch asymmetrische Verteilungen von Nutzen, Risiken und Handlungsfähigkeit entstehen.

Bereits die Rio-Deklaration markiert diesen Aspekt über das Prinzip gemeinsamer, aber unterschiedlicher Verantwortlichkeiten und die Aufforderung, nicht nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster zu reduzieren (UN, 1992, S. 2). Nachhaltige Technikentwicklung ist damit immer auch eine Frage der gerechten Gestaltung von Transformationslasten, Teilhabe an Innovationsgewinnen und des Umgangs mit externen Effekten entlang globaler Liefer- und Entsorgungsketten. Diese soziale Perspektive wird im lebenszyklusbezogenen Zugriff besonders konkret, wenn etwa Kinderarbeit bei Rohstoffgewinnung und menschenwürdige Arbeitsbedingungen als notwendige Nachhaltigkeitsbedingungen der frühen Lebensphasen benannt werden (FRANZ, 2021, S. 55).

Zusammenfassend lässt sich das Verhältnis von nachhaltiger Entwicklung und Technik als ein strukturierter Zusammenhang beschreiben, in dem mehrere Perspektiven ineinandergreifen. Ausgangspunkt ist die Einsicht, dass Technik nur dann angemessen erfasst wird, wenn sie nicht auf Artefaktebene verkürzt, sondern als soziotechnisches System verstanden wird, also als Zusammenspiel von technischen Komponenten, menschlicher Nutzung, institutionellen Regeln, Infrastrukturen und kulturellen Deutungen (ROPOHL, 2009, S. 168 ff.). Aus dieser systemischen Grundannahme folgt, dass Nachhaltigkeitswirkungen konsequent über Systemgrenzen hinweg zu bestimmen sind. Umweltwirkungen sind nicht allein in Betrieb einer Technik zu verorten, sondern lebenszyklusbezogen zu betrachten und treten häufig erst durch Kumulierung im gesellschaftlichen Maßstab deutlich hervor (ebd., S. 215; FRANZ, 2021, S. 54 ff.).

Damit ist zugleich eine zweite Einsicht verbunden, nämlich die strukturelle Ambivalenz technischer Entwicklung, die Nebenfolgen und Zielkonflikte einschließt (GRUNWALD, 2010, S. 22 f.; GRUNWALD, 2025, S. 45 ff.; FRANZ, 2021, S. 118). Gerade in großtechnischen Infrastrukturen verschärft sich diese Ambivalenz, weil sich hier Pfadabhängigkeiten, Lock-In-Effekte und ein systemisches Momentum herausbilden, das Umsteuerung erschwert (WBGU, 2011, S. 30; HUGHES, 1986, S. 40). Hier schließt die Transitionsforschung an, indem sie Nachhaltigkeitstransformationen als Ko-Evolution von Technik, Politik, Märkten und Kultur sowie als Übergänge zwischen Nischen, Regimen und landschaftlichen Kontextbedingungen modelliert (GEELS, 2002, S. 1257 ff.).

Die Konsequenz daraus ist, dass technische Nachhaltigkeit nicht ausschließlich als Frage technischer Leistungssteigerung zu fassen ist. Effizienzgewinne bleiben bedeutsam, müssen jedoch stets im Kontext von Nutzung und Nachfrage betrachtet werden (GILLINGHAM et al., 2016, S. 2 ff.). Zugleich wird betont, dass nachhaltige Technikgestaltung unter Bedingungen von Unsicherheit und Nichtwissen erfolgt und daher eine verantwortungsorientierte Governance erfordert, die Vorsorge, Korrigierbarkeit und Flexibilität systematisch berücksichtigt (LIEBERT, 2010, S. 57 ff.; UN 1992, S. 2). Schließlich ist nachhaltige Technikentwicklung normativ zu reflektieren, insbesondere entlang der Fragen nach Richtung, Verteilung und Vielfalt möglicher Pfade. Governancefragen sowie strategische Orientierungen, die sich in einem Wirkungsgeflecht zwischen Technik und nachhaltiger Entwicklung verbinden lassen. Aus den Zusammenhängen stellt sich die Frage, wie die Beziehungen zwischen nachhaltiger Entwicklung und Technik unterrichtlich wirksam gemacht werden können, womit sich im nächsten Abschnitt befasst wird.

2.6.3 Synthese: Technische Bildung für nachhaltige Entwicklung

Die Vermittlung von Kompetenzen, die sich auf nachhaltigkeitsbezogene Entwicklungen beziehen, ist in der technischen Bildung von grundlegender Bedeutung, um Lernende auf die Komplexität soziotechnischer Systeme und deren Rolle bei der Gestaltung zukünftiger nachhaltiger Lösungen vorzubereiten (RYSER, 2021, S. 4 f.). Wie im vorangegangenen Kapitel herausgestellt, ist dabei zentral, technologische Innovationen nicht allein funktional zu betrachten, sondern sie kritisch zu bewerten und ihre Einbettung in umfassende Natur-, Gesellschafts- und Politikzusammenhänge zu verstehen. Technik existiert dabei nicht isoliert, sondern als Teil soziotechnischer Systeme, die ökologische Komponenten als Ressourcen integrieren und deren Wirkungen erst im Zusammenspiel von Artefakten, Nutzungspraxen, Institutionen, Märkten und kulturellen Deutungen entstehen. Entsprechend erfordert nachhaltigkeitsbezogene technische Bildung eine transdisziplinäre Perspektive, die Wechselwirkungen zwischen gesellschaftlichen Bedürfnissen, technologischen Möglichkeiten und ökologischen Grenzen systematisch berücksichtigt (STAWITZ et al., 2019, S. 87; SCHMIDT, 2009, S. 53).

Vor diesem Hintergrund wird Technik in der technischen Bildung nicht als bloßes Mittel zur Erreichung ökonomischer Ziele begriffen, sondern als normativ gerahmtes Gestaltungsfeld, das eng mit den Zielen nachhaltiger Entwicklung verknüpft ist. Technische Bildung übernimmt damit eine Schlüsselrolle, weil sie nicht nur Wissen über technische Artefakte und Verfahren vermittelt, sondern die aktive Mitwirkung an gesellschaftlichen Transformationsprozessen vorbereitet (STAWITZ et al., 2019, S. 87).

Anknüpfend an das im vorangegangenen Abschnitt entwickelte Wirkungsgefüge zwischen Technik und nachhaltiger Entwicklung lässt sich diese Schlüsselrolle präzisieren. Wenn Technik als soziotechnisches System verstanden wird, dessen Nachhaltigkeitswirkungen über Lebenszyklen, Stoff- und Energieflüsse, Nutzungsmuster, Pfadabhängigkeiten und Governance-Arrangements entstehen, dann muss technische Bildung Lerngelegenheiten schaffen, in denen diese Systemzusammenhänge nicht mehr nur benannt, sondern analysiert, bewertet und in Gestaltungsentscheidungen übersetzt werden können. Diese Verschiebung wird durch internationale BNE-Rahmungen gestützt, in denen Nachhaltigkeit ausdrücklich nicht als isolierter Wissensbestand, sondern als Bündel von Kompetenzen gefasst wird.

Kompetenzentwicklung umfasst hier neben kognitiven Anteilen auch sozial-emotionale und handlungsbezogene Facetten und zielt auf die Fähigkeit, mit Komplexität, Kontroversität und Unsicherheit in zukunftsbezogenen Problemstellungen umzugehen (UNESCO, 2017, S. 10). In ähnlicher Stoßrichtung wird Nachhaltigkeitskompetenz als Zusammenspiel von Wertebezug, Umgang mit Komplexität, Zukunftsentwürfen und Handlungsfähigkeit beschrieben und dabei wird betont, dass die Auseinandersetzung mit eigenen Werten und Weltbildern sowie deren kritische Prüfung an Nachhaltigkeitswerten eine eigenständige Kompetenzfacette darstellt (ebd.). Für die technische Bildung ist damit eine entscheidende Konsequenz verbunden, nämlich, dass nachhaltigkeitsbezogene Kompetenzen nicht allein über Fachwissen erreichbar sind, sondern immer auch über Überzeugungen vermittelt. Welche Ziele als legitim gelten, welche Kriterien in Entscheidungen vorrangig sind und wie Zielkonflikte bearbeitet werden hängt wesentlich davon ab, welche normativen Orientierungen Lernende und in besonderer Weise auch Lehrkräfte in technische Aufgabenstellungen, Bewertungsmaßstäbe und Unterrichtsdeutungen einbringen.

Ein zentraler Ankerpunkt, um diese Verbindung fachlich und didaktisch zu strukturieren, ist systemisches Denken. Systemisches Denken bezeichnet die Fähigkeit, Beziehungen, Wechselwirkungen und Rückkopplungen in komplexen Systemen zu erkennen, Systemgrenzen reflektiert zu setzen, mehrere Zielhorizonte und räumliche Skalen einzubeziehen sowie mit Unsicherheit und Nichtwissen begründet umzugehen (ebd.). Das bedeutet für technische Bildung, dass technische Artefakte nicht als „isolierte Geräte“ zu behandeln sind, sondern als Knotenpunkt von Infrastrukturen, Stoff- und Energieflüssen, Nutzungspraktiken, Markt- und Regelstrukturen sowie globaler Ver- und Entsorgungsketten. Erst über diese Perspektive werden typische Nachhaltigkeitsphänomene, wie es die Analyse zum Zusammenhang zwischen nachhaltiger Entwicklung und Technik im Allgemeinen bereits gezeigt hat, fachlich adäquat erklär- und bearbeitbar, etwa Problemverlagerungen entlang des Lebenszyklus, kumulative Effekte massenhafter Nutzung oder Rebound-Dynamiken. Empirisch lässt sich die didaktische Notwendigkeit dieses Zugriffs daran ablesen, dass Lernende Technik zwar häufig als wichtig für „Leben und Fortschritt“ einschätzen, den Zusammenhang von Technik mit nachhaltiger Entwicklung jedoch nicht verstehen oder Technik einseitig als Umweltbelastung deuten.

Daraus wird der Bedarf einer „tieferen“ und transformativen Technologiebildung abgeleitet, die in realweltlichen Kontexten ansetzt und wissenschaftlich-technische Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge systematisch erschließt (PURKOVIC et al., 2022, S. 1285). Solche Befunde stützen die Querverbindung zum vorangegangenen Abschnitt, denn ohne systemisches Denken bleibt die im Modell angelegte Ambivalenz technischer Entwicklung entweder unsichtbar oder wird moralisch respektive technosolutionistisch verkürzt.

Dass diese Ambivalenz auch in der Forschungslage zur technischen Bildung systematisch herausgefordert ist, zeigt ein aktuelles Scoping Review zur Verbindung von Technikbildung und Nachhaltigkeit (mit Fokus auf digitale Technologien). Es kann eine dichotome Rahmung, in der Technologien entweder als Werkzeuge für Lernen und nachhaltige Entwicklung oder umgekehrt als Problem für nachhaltige Entwicklung positioniert werden (ANDERSEN et al., 2025, S. 1425). Zugleich wird herausgearbeitet, dass unterschiedliche didaktisch-pädagogische Transitionslinien wie Maker- und Design-Ansätze diese Rahmung häufig reproduzieren (ebd., S. 1435).

Als zentrale Folgerung wird daher die Notwendigkeit betont, didaktische Zugänge zu entwickeln, die die Dichotomie überschreiten und Lernenden ermöglichen, Technologien zugleich als Gegenstand kritischer Nachhaltigkeitsprüfung und als potenzielles Mittel nachhaltiger Gestaltung zu bearbeiten (ebd.).

Ein fachdidaktisch besonders tragfähiger Zugriff, um diese integrative Bearbeitung zu ermöglichen, ist die Gestaltungsorientierung. Sie ist als Gegenposition zu technikdeterministischen Deutungen profiliert, in denen Technik als eigendynamischer Prozess erscheint und gesellschaftliche Aushandlung auf die Frage „Wie“ reduziert wird. Dem wird die prinzipielle Gestaltbarkeit technischer Entwicklungen entgegengesetzt und Technikdeterminismus werde dadurch plausibilisiert, dass der Einsatz technischer Artefakte eine Illusion eines „Eigenlebens“ der Technik nähre und die Aufgabe technischer Bildung wäre es, diese Illusion aufzuheben und die scheinbare Übermächtigkeit als Effekt von Machtverhältnissen und ökonomischen Interessen sichtbar zu machen (RÖBEN 2023b, S. 5 ff.). Gestaltungsorientierung wird dabei nicht als abstrakte Programmatik verstanden, sondern als doppelter Bildungszugriff. Sie umfasst die Analyse vergangener Technikgestaltung mit „Vorgeschichten“ technischer Artefakte. Im Zentrum stehen hier die Fragen „Wer hat gestaltet?“, „Wer profitiert?“, „Welche Ressourcen werden eingesetzt?“ und das Aufzeigen von Alternativen im Sinne einer nachhaltigen Mitgestaltung in sozialer Verantwortung gegenüber Gegenwart und zukünftigen Generationen:

„Der Begriff der Gestaltung umfasst also sowohl die vergangene Gestaltung, wenn es darum geht, zu verdeutlichen, wie sich die Entwicklung bis zur Gegenwart entfaltet hat, als auch das Aufzeigen von Alternativen: eine nachhaltige (Mit-)Gestaltung der Technik in sozialer Verantwortung sowohl in der Gegenwart als auch gegenüber den zukünftigen Generationen.“ (RÖBEN 2023b, S. 8)

Zugleich wird betont, jedes technische Produkt zeige neben beabsichtigten Wirkungen immer auch Nebenwirkungen, gerade vernetzte Technologien können unerwartete Folgen haben, und selbst erwartete Folgen können unerwünscht sein (ebd., S. 6). Daraus folgt eine klare Verbindung zu den im vorangegangenen Abschnitt herausgearbeiteten Kriterien „Wirkungen & Nutzung“ sowie „Bewertung & Governance“.

Gestaltungsorientierter Technikunterricht muss systematische Folgenreflexion und Bewertung in den Gestaltungsprozess integrieren, statt sie nachgelagert als „Ethikteil“ zu behandeln.

Die Brücke zur Gestaltungskompetenz im BNE-Diskurs wird hier explizit formuliert und der Gestaltungsbegriff knüpfe an Gestaltungskompetenz an, müsse sich jedoch bei der Sach- und Methodenkompetenz auf dem Feld der Technik bewähren (ebd., S. 8). Gestaltungsorientierung liefert damit eine domänenspezifische Operationalisierung dessen, was Gestaltungskompetenz in BNE allgemein anstrebt, nämlich nicht nachhaltige Prozesse zu erkennen, Perspektiven zu integrieren, Handlungsoptionen zu entwickeln und Entscheidungen begründet zu treffen. Der Nachhaltigkeitsbezug wird dabei nicht additiv, sondern strukturell, indem Technikentwicklung als Auseinandersetzung zwischen dem sozial Wünschbaren und dem technisch Möglichen gefasst wird (ebd.). Damit wird der normative Kern von BNE in technisch-fachlicher Form konkret, da Nachhaltigkeit nicht nur Machbarkeit betrifft, sondern Zielentscheidungen, Zumutungen und Verteilungsfragen – also die Frage, was als sozial wünschbar gelten soll und zugleich die Grenzen und Möglichkeiten des technisch Möglichen.

Diese Verbindung von Gestaltung und normativer Urteilstkraft lässt sich weiter schärfen. Ein reduziertes Technikverständnis, das Technik auf „innere Logik“ und naturwissenschaftlich-technologische Wirkungszusammenhänge verkürzt, begünstigt die These ethischer Neutralität technischer Mittel und reduziert Verantwortung auf Missbrauchsfragen, woraus eine subjektivistisch-moralisierende Verkürzung resultiere (RAUNER, 2021, S. 110). Aus der Perspektive der beruflichen Bildung scheint ein weiterer Punkt anschlussfähig für die Diskussion technischer Gestaltung, nämlich die Gegenüberstellung von Nachhaltigkeit und Gebrauchswertorientierung. „Kunden“ hätten nicht nur Interesse an Funktionalität, sondern auch an langfristiger Nachhaltigkeit. Im Zuge der Arbeitsteilung gingen viele Aspekte „unter“ und die Bildung kann dem entgegenwirken (ebd., S. 117). Schließlich wird diese Bewertungsdimension als genuin wertgebunden markiert, denn das reflektierte Abwägen relevanter Kriterien ist immer mit Wertentscheidungen verbunden, da Nachhaltigkeit, Funktionalität sowie Umwelt- und Sozialverträglichkeit situationsbezogen gegeneinander abzuwägen sind (ebd., S. 153).

Diese Argumentation schließt unmittelbar an die im vorangegangenen Abschnitt entwickelte Logik der strategischen Orientierungen (Effizienz-Suffizienz-Konsistenz) sowie an die Steuerungskriterien Richtung-Verteilung-Vielfalt an, weil sie Bewertung nicht als „Zusatz“, sondern als integralen Bestandteil kompetenten technischen Handelns und Entscheidens beschreibt.

Aus didaktischer Perspektive wird damit zugleich verständlich, warum nachhaltigkeitsbezogene technische Bildung nicht ohne explizite Urteils- und Wertdimension auskommt. Ein programmatischer Zugriff besteht darin, technische Bildung als reflexive Bildung über Bedingungen, Wirkungen und Folgen von Technik und Wissenschaft zu fassen und dabei nicht nur Sach- und Handlungskompetenz, sondern ausdrücklich Urteils- und Wertkompetenz zu adressieren (SCHMIDT, 2009, S. 50). In dieser Logik wird Technikfolgenabschätzung als Kern reflexiver Technikbildung verstanden, weil sie gesellschaftliche Gestaltung soziotechnologischer Zukünfte einfordert und Partizipationsprozesse favorisiert. Technikfolgenabschätzung wird damit als „Interdisziplinäre Technikbildung im besten Sinne“ beschrieben (ebd., S. 48). Diese Rahmung ist im Nachhaltigkeitskontext zentral, weil sie die Brücke von Systemanalyse (Wirkungs- und Nutzungsketten, Ambivalenzen, Pfadabhängigkeiten) zu demokratischer Aushandlung (Zielkonflikte, Werte, Verantwortung) schlägt. Eine mögliche Adaptierung wäre hier die integrative Behandlung dieser Aspekte im Rahmen des allgemeinen Methodendiskurses. Ähnlich wie die berufliche Bildung kann die allgemeine technische Bildung diese Perspektiven in etwa Fertigungs- und Konstruktionsaufgaben integrieren.

Damit wird auch die Rolle von Überzeugungen sichtbar, nicht nur als Lernziel, sondern als Bedingung der Unterrichtsgestaltung. Nachhaltigkeitsbezogene Kompetenzentwicklung berührt normative Orientierungen, weil technische Gestaltungs- und Nutzungsentscheidungen immer Kriterienpositionierungen implizieren. Für den Technikunterricht bedeutet dies, dass Lehrkräfte maßgeblich mitsteuern, ob Nachhaltigkeit als Querschnittsperspektive systematisch integriert oder auf gelegentliche Zusatzthemen reduziert wird. Die Annahme wird dadurch gestützt, dass neben explizitem Wissen (z.B. Fachwissen) auch implizite, sozial geprägte und habituell verinnerlichte Wissensformen die Unterrichtspraxis strukturieren. Diese Orientierungen von Lehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung gelten als relevante Deutungs- und Entscheidungsmuster für die Unterrichtsgestaltung (BUB & RABE, 2023, S. 1 f.).

Daraus folgt, dass Werte und Überzeugungen nicht implizit bleiben dürfen, Lerngelegenheiten müssen so gestaltet sein, dass normative Bezugnahmen (z.B. Gerechtigkeit, Vorsorge, Verantwortung & Zumutung) explizit werden, begründet reflektiert und mit technischem Fach- und Systemwissen verbunden werden können.

Letztendlich lässt sich nachhaltigkeitsbezogene technische Bildung als Lern- und Erfahrungsraum fassen, in dem die im vorangegangenen Abschnitt entwickelte Systematik didaktisch konkretisiert wird. Systemisches Denken bildet dabei die kognitive Grundlage, um technische Optionen in ihren Rückkopplungen, Lebenszyklen und Verteilungsimplicationen zu verstehen. Die Gestaltungsorientierung bietet hierbei ein fachdidaktisches Leitprinzip, um Technikdeterminismus zu überwinden, Alternativen sichtbar zu machen und Gestaltung als verantwortliche Zukunftspraxis zu organisieren (RÖBEN, 2023b). Anschlussfähig wäre hier die systemtheoretische Auslegung technischen Wissens mit der Facette des öko-sozio-technologischen Wissens, welches das Wissen um die Folgen von Techniknutzung, mit dem Ziel des aufgeklärten Umgangs mit Technik, umfasst (ROPOHL, 2009, S. 214). Die Brücke zur BNE wird über Gestaltungskompetenz plausibel, indem gestaltungsorientierte Technikbildung die allgemeine Zielperspektive nachhaltiger Entwicklung in technische Sach- und Methodenkompetenz übersetzt und Bewertung als integrale Facette technischen Handelns ausweist. Damit wird zugleich deutlich, dass nachhaltigkeitsbezogene technische Bildung nicht als „Add-on“ verstanden werden kann, sondern als systematische Verschränkung von Verstehen, Gestalten und Bewerten, die nur dann tragfähig wird, wenn auch Überzeugungen als handlungsleitende Orientierungen im Unterricht sichtbar gemacht und reflexiv bearbeitet werden.

2.7 Fachwissen für die Elektrotechnik: Curricularer Rahmen und Stand der Forschung

Elektrotechnische Inhalte sind in der allgemeinen technischen Bildung fest verankert, werden jedoch aufgrund der föderalen Struktur in den Bundesländern unter unterschiedlichen Fachbezeichnungen, etwa WAT oder Technik, und mit variierenden Schwerpunktsetzungen unterrichtet (NEPPER, 2019, S. 98; für eine bundesländerübergreifende Analyse siehe SCHRAY & GEIBEL, 2016, S. 152).

Trotz dieser Vielfalt zeigt sich ein stabiler Kern elektrotechnischer Lernanforderungen, der in vielen Curricula und Lehrplänen wiederkehrt bestehend aus Schaltplänen und Schaltsymbolen, Bauelementen, grundlegenden Fertigungstechniken wie Löten, Messen und Prüfen sowie systematischer Fehlersuche und Optimierung (SCHRAY & GEIBEL, 2016, S. 152). Für die Modellierung elektrotechnikbezogenen Professionswissens ist damit leitend, dass Elektrotechnik im Technikunterricht nicht als rein theoretische Elektrizitätslehre erscheint, sondern als Praxis des Entwerfens, Herstellens, Prüfens und Verbesserns, welche konzeptuelles Verständnis, praktische Routinen und begründetes Urteilen über technische Anforderungen miteinander verbindet. Elektrotechnikunterricht verlangt demnach das Verstehen technischer Systeme als funktionale Einheiten. Im Anschluss an die theoretischen Ausführungen zum Professionswissen und zu den technischen Wissensarten lässt sich das elektrotechnische Fachwissen daher zunächst als Bündel von Aufbau-, Funktions-, und Fertigungswissen präzisieren. Zum Aufbauwissen zählen Kenntnisse über Schaltzeichen, Schaltpläne, Bauteile und deren sachgerechte Verbindung sowie Wissen über Messgeräte, etwa zu Anschlussprinzipien, Messbereichen und typischen Fehlerquellen.

Hinzu kommt Funktionswissen in mehreren Facetten, nämlich als regelhaftes Wenn-Dann-Wissen über das Verhalten von Stromkreisen bei veränderten Parametern, als Wissen über die funktionale Rolle einzelner Bauelemente im System, als begründetes Wissen zur Erklärung elektrischer Wirkungszusammenhänge anhand von Messdaten und einfachen Berechnungen sowie als pragmatisches Funktionswissen, das die Umsetzung im Realaufbau stabilisiert, etwa im Umgang mit Kontaktproblemen, Bauteilorientierung, Leitungsführung oder Fehlmessungen. Ergänzt wird dies durch Fertigungswissen über Werkzeuge, Geräte und deren sichere Handhabung sowie durch prozessbezogenes Wissen über die Abfolge von Entwerfen, Herstellen, Prüfen und Optimieren. Dieses systemische Grundverständnis lässt sich fachtheoretisch über die Unterscheidung von Aufbau- und Funktionswissen weiter präzisieren, wie WIEMER sie in Anlehnung an ROPOHL beschreibt (siehe Kapitel 2.5.1). Technisches Wissen umfasst demnach einerseits Wissen über den Aufbau, also über Komponenten, Kopplungen und Strukturen, und andererseits Wissen über die Funktion, also über Wirkungen und regelhafte Reaktionen im Betrieb. Beide Wissensformen sind eng miteinander verschränkt und werden in Handlungssituationen gemeinsam aktiviert.

Dies zeigt sich beispielsweise dann, wenn eine Lehrkraft in einer Unterrichtssituation eine LED-Schaltung prüft, weil die Funktion ausgeblieben ist. Die Diagnose einer möglicherweise falsch gepolten LED erfordert einerseits Aufbauwissen, etwa das Erkennen der relevanten Bauteile und ihre Polarität, und andererseits Wissen über die Funktion der LED als Halbleiterbauelement mit Sperr- und Durchlassrichtung.

Der empirische Forschungsstand zu elektrotechnikbezogenem Professionswissen angehender Lehrkräfte ist bislang sehr schmal. Eine der wenigen Arbeiten stellt die in Kapitel 2.5.1 vorgestellte Dissertation von ERMEL (2023) dar, die für den Bereich der Elektrotechnik besonders anschlussfähig ist, weil sie nicht nur normative Vorgaben sieht, sondern auch Anforderungen aus Sicht der Schulpraxis sowie orientiert an Eingangsbedingungen von Studierenden rekonstruiert und daraus konkrete Studienelemente sowie Kompetenzerwartungen ableitet. Zwar liegt der Fokus der Arbeit auf der Entwicklung eines allgemeinen Fachpraktikums, dennoch lassen sich für den hier relevanten Themenbereich spezifische elektrotechnische Inhalte herausarbeiten.

Insbesondere die Bereiche elektronische Bauelemente, Löten, Platinen, Schaltungen und Messgeräte werden, in deutlicher Nähe zu dem eingangs beschriebenen curricularen Kern, als fachspezifisch bedeutsam hervorgehoben (ERMEL, 2023, S. 132 f.). Die Kenntnis elektronischer Bauelemente wird dabei zunächst hervorgehoben. Relevantes Fachwissen umfasst nicht nur das Benennen einzelner Bauteile, sondern auch das Verständnis ihrer Wirkungsweise, ihrer Verwendung in Schaltungen sowie ihrer Bedeutung als Grundlage für die Entwicklung neuer technischer Systeme (ebd.). Für die Grundlagen der Elektrotechnik sind dabei insbesondere LED, Widerstand, Kondensator, Transistor, Taster und Potentiometer zentral (ebd., S. 174 f.). Diese Konkretisierung ist für die vorliegende Arbeit besonders relevant, weil sich daran das elektrotechnische Aufbau- und Funktionswissen sehr präzise fassen lässt. Lehrkräfte benötigen Wissen über Art, Aufbau und Polarität der Bauteile, über ihre funktionale Rolle im Stromkreis sowie über ihr Verhalten in unterschiedlichen Schaltungszusammenhängen, etwa in Reihen- und Parallelschaltungen. Dazu gehört beispielsweise auch, Farbcodes von Widerständen zu lesen, Widerstandswerte zu berechnen und Informationen aus Datenblättern entnehmen zu können (ebd.).

Ein zweiter zentraler Inhaltsbereich ist das Löten. ERMEL zeigt, dass Kenntnisse zum Löten sowohl als grundlegende Verbindungstechnik als auch mit Blick auf schulische und berufliche Anschlussfähigkeit als bedeutsam angesehen werden (ebd., S. 133). Das fachliche Mindestniveau umfasst hier folglich mehr als das bloße Ausführen eines Lötvorganges. Genannt wird vielmehr ein sicherer Umgang mit dem LötKolben, das Erkennen fehlerhafter Lötstellen, die Wahl geeigneter Temperatureinstellungen, das Benennen und Auswählen benötigter Geräte und Materialien zum Löten und Entlöten sowie die Fähigkeit, fehlerhafte Lötstellen zu beheben (ebd., S. 174). Darüber hinaus rücken im Kontext des Schaltungsaufbaus Kenntnisse über Breadboards, Lochrasterplatten, Spannungsquellen und Messgeräte in den Vordergrund (ebd.).

Ein weiterer Kernbereich sind Schaltungen selbst. Das Verständnis von Schaltungen wird als besonders bedeutsam beschrieben, weil es die Grundlage für weitere Themen bildet (ebd., S. 133). Fachwissen für die Elektrotechnik umfasst demnach die Fähigkeit, Schaltpläne zu lesen, Schaltungen auf Breadboard und Platine nachzubauen, einfache Schaltungen zu konzipieren, elektronische Bauelemente sachgerecht anzuschließen und den grundlegenden Aufbau einer funktionsfähigen Schaltung zu erläutern (ebd.).

Hinzu kommt Wissen über den Aufbau eines Breadboards und seine leitenden Verbindungen sowie über wichtige Kenngrößen beim Bau einfacher Schaltungen. Für den Bereich der Platinen werden außerdem die Übertragung einer Schaltung vom Schaltplan und vom Steckbrett auf die Platine sowie platzsparendes Planen und Löten benannt (ebd.).

Ein weiterer zentraler Bereich ist das Messen und Prüfen. ERMEL weist darauf hin, dass beim Umgang mit Messgeräten häufig Schwierigkeiten bestehen (ebd., S. 175). Zugleich formuliert sie als Ziel, dass Studierende die wichtigsten Kenngrößen, etwa Spannung, Stromstärke und Widerstand messen, das Multimeter korrekt einstellen und anschließend seine richtige Einstellung erläutern können (ebd.). Gerade hier zeigt sich besonders deutlich die Verschränkung von Aufbauwissen, Funktionswissen und pragmatischem Wissen. Messungen setzen Wissen über Geräte und Anschlussprinzipien voraus, verlangen zugleich aber auch ein Verständnis der jeweiligen Messgröße sowie die Fähigkeit, typische Fehler beim Messaufbau und bei der Interpretation zu vermeiden.

Für die Grundlagen der Elektrotechnik und ihre didaktische Strukturierung ist insbesondere die von ERMEL rekonstruierte Progression aufschlussreich, in der von einfachen Stromkreisen über erste Lötaufgaben bis hin zum Lötten komplexerer Schaltungen auf engem Raum fortgeschritten wird. Für Einsteigeraufgaben gelten LED und Widerstand als geeignete Bauteile, worauf Kondensator und Transistor folgen (ebd., S. 174 f.). Diese Progression passt in hohem Maße zu der oben beschriebenen Wissenssystematik. Aufbauwissen zeigt sich in der Kenntnis von Schaltzeichen, Schaltplänen, Bauteilen, Polaritäten, Messgeräten, Breadboards, Platinen und sachgerechten Verbindungen. Funktionswissen im Sinne eines Was-Wofür-Wissens umfasst die funktionalen Rollen von Widerstand, LED, Kondensator, Transistor, Taster, Potentiometer oder Sensoren wie Fotowiderständen im elektrischen System. Funktionswissen im Sinne eines Wenn-Dann-Wissens wird aktiviert, wenn erklärt werden muss, wie sich das Verhalten einer Schaltung bei veränderten Widerständen, Schaltungsformen oder Anschlüssen verändert. Begründetes Funktionswissen zeigt sich dort, wo Messdaten, Kenngrößen und einfache Berechnungen zur Erklärung elektrischer Zusammenhänge herangezogen werden. Pragmatisches Funktionswissen schließlich wird überall dort relevant, wo Kontaktfehler, falsche Polung, ungeeignete Leitungsführung, fehlerhafte Lötstellen oder Fehlmessungen erkannt werden müssen.

Für die curriculare Konkretisierung ist außerdem relevant, dass die von ERMEL erhobenen Eingangsvoraussetzungen (Selbsteinschätzungen) für die didaktische Rekonstruktion des Fachpraktikums im Bereich der Elektrotechnik zwar besser ausfallen als in anderen Themengebieten des Fachpraktikums (was jedoch aufgrund der starken Abweichungen in der Stichprobenverteilung und der kleinen Stichprobe insgesamt mit Vorsicht zu genießen ist), insgesamt aber dennoch nur im unteren bis mittleren Bereich liegen und deutlich streuen. Das theoretische Vorwissen wird im Mittel mit 3.5, die praktischen Erfahrungen mit 3.4 auf einer sechsstufigen Skala eingeschätzt (ebd., S. 158 f.). Daraus ergibt sich, dass selbst grundlegende elektrotechnische Inhalte im Studium nicht als selbstverständlich vorausgesetzt werden können. Vielmehr bedarf es einer gestuften Einführung, die bei Grundgrößen wie Strom, Spannung und Widerstand ansetzt, schrittweise Bauteile und Schaltungslogiken erschließt, das Messen systematisch einführt und die Lernenden kontrolliert an Breadboard-, Löt- und Platinenaufbauten heranzuführt.

Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass ERMEL den Kompetenzzuwachs vor allem über Selbsteinschätzungen der Studierenden rekonstruiert. Aussagen über das tatsächlich erreichte Kompetenzniveau sind daher nur eingeschränkt möglich. Für die Operationalisierung der vorliegenden Arbeit wird deshalb primär auf curriculares Wissen zurückgegriffen. Die Befunde aus ERMEL stützen diese Entscheidung jedoch, da sie zeigen, dass die curricular ausgewiesenen elektrotechnischen Grundlagen auch aus Sicht der Praxis relevant sind und im Studium nicht vorausgesetzt werden können.

Das Curriculum in Niedersachsen rahmt Kompetenzaufbau nicht als bloße Inhaltsliste, sondern als Verbindung von Fachwissen, Erkenntnisgewinnung sowie Beurteilung und Bewertung (Niedersächsisches Kultusministerium, 2012, S. 9). Elektrotechnische Grundlagen sind dort im Handlungsbereich 3 „Information und Kommunikation“ im Themenfeld „Elektrische Stromkreise“ verortet (ebd., S. 19 ff.). Darüber hinaus finden sich elektrotechnische Inhalte auch in weiteren Themenfeldern wieder, etwa im Kontext von Steuerung und Regelung oder bei Antriebssystemen wie dem Elektromotor. Insgesamt bilden die Themenfelder eine sachlogische Progression ab, die vom grundlegenden Verständnis elektrischer Stromkreise und Bauteile über Sensorik, Aktorik sowie Steuerungs- und Regelungstechnik bis hin zu digitaler Signalverarbeitung und computerbasierter Automatisierung reicht.

Aus dem Curriculum lassen sich zentrale Inhalte für die Operationalisierung und die Interventionsgestaltung der vorliegenden Untersuchung ableiten. Diese strukturieren das fachliche Wissen von Techniklehrkräften im Bereich der Elektrotechnik, verstanden als Mindestanforderung und als Grundlage weiterführender Bereiche, vor allem in zwei Felder. Das erste Feld beinhaltet Stromkreis- und Messkonzepte, also Grundgrößen, Reihen- und Parallelschaltungen, Messprinzipien und einfache Berechnungen, und das zweite Feld Bauteil- und Schaltungswissen, also Eigenschaften und Zusammenwirken von beispielsweise Widerstand, LED, Sensor und Transistor sowie deren Auswahl und die Logik von Schaltplänen. Im Themenfeld werden fachliche Grundgrößen wie Strom, Spannung und Widerstand sowie das Zusammenwirken einfacher elektrischer Bauelemente ausdrücklich ausgewiesen. Zugleich wird Erkenntnisgewinnung über Beobachten, Auswerten, Messen und Rechnen gefordert, etwa durch das Messen von Spannung und Stromstärke sowie durch die Weiterverarbeitung der Messwerte (ebd.).

Ergänzend ist anzumerken, dass der Handlungsbereich 1 „Sicheres Arbeiten mit Werkzeugen und Maschinen“ in der vorliegenden Arbeit als übergreifender Bereich verstanden wird, da die dort genannten Aspekte, insbesondere die Werkzeughandhabung und Sicherheitsregeln, auch bei der technischen Umsetzung elektronischer Schaltungen gelten (ebd., S. 13). Insgesamt decken sich diese curricularen Wissensbereiche somit in hohem Maße mit den zuvor herausgearbeiteten fachlichen Anforderungen, wodurch sich der eingangs beschriebene „stabile Kern“ elektrotechnischer Inhalte weiter verdichtet.

3 Beschreibung der Interventionen im Lehr-Lern-Labor

3.1 Lehr-Lern-Labore als Ort der Professionalisierung

Mit der Suche nach Möglichkeiten, Studierenden nicht nur theoriebasiertes Wissen und somit häufig „träges didaktisches Wissen“ zu vermitteln, sondern bereits im Studium Möglichkeiten zur Förderung professioneller Kompetenz im Wechselspiel zwischen Theorie und Praxis zu ermöglichen, stößt man unmittelbar auf den Begriff des Lehr-Lern-Labors (ROTH & PRIEMER, 2020, S. 1). Im Rahmen dieser Untersuchung sollen Lehr-Lern-Labore die Rahmung für die Interventionen bilden, da ihnen das Potential zugesprochen wird, professionelle Handlungskompetenz von Studierenden zu fördern (BRÜNING et al., 2020, S. 13). Lehr-Lern-Labore stellen eine zentrale Schnittstelle zwischen der universitären Theoriebildung im Lehramtsstudium und der schulischen Praxis dar. Sie sind Orte der Professionalisierung und ermöglichen im Gegensatz zu Praktika eine direkte Interaktion in einem theoriegeleiteten und reflexionsfördernden Setting (SAATHOFF, 2025, S. 21). Das wesentliche Merkmal von LLL ist hierbei die Komplexitätsreduktion (RÖTH & PRIEMER, 2020, S. 6). Während der reguläre Schulalltag durch eine hohe Dichte an gleichzeitig ablaufenden Prozessen gekennzeichnet ist, schaffen LLL vereinfachte Rahmenbedingungen, was es angehenden Lehrkräften ermöglicht, sich auf spezifische didaktische Aspekte zu konzentrieren (DOHRMANN & NORDMEIER, 2015; RÖTH & PRIEMER, 2020).

ROTH & PRIEMER fassen die Erkenntnisse des Entwicklungsverbundes „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ (Verbund aus sechs Universitäten, die sich in vier Jahren der Untersuchung und Systematisierung von LLL verschrieben haben) hinsichtlich zentraler Merkmale von LLL in sechs Punkten zusammen (ROTH & PRIEMER, 2020, S. 6 f.). Unter der theoriegeleiteten Entwicklung von Lernumgebungen wird die fachlich und fachdidaktisch fundierte Entwicklung von Lerngelegenheiten mit klaren Zielvorgaben in einem strukturierten äußeren Rahmen gefasst. Weiterhin erkennen Studierende die enge Verzahnung von Theorie & Praxis. Studierende erfahren direkt, wie Theorieelemente in der Praxis helfen können, was zu einer Einsicht und dem reflektierten Umgang hinsichtlich der Relevanz fachdidaktischer Grundannahmen führen kann. Ein weiteres Merkmal besteht in der bereits benannten Komplexitätsreduktion.

LLL sind komplexitätsreduziert, was Schwerpunktsetzungen auf verschiedene Aspekte der Lehrpersonentätigkeit setzen lässt. Innerhalb dieser komplexitätsreduzierten Umgebungen wird die Schulung prozessdiagnostischer Fähigkeiten möglich. Studierenden wird es möglich, systematische Schüler:innenbeobachtungen mit einem engen Diagnosefokus und einer klaren Rahmung durchzuführen. Auf der Ebene der Interventionen in Arbeitsprozessen von Schüler:innen wird spontanes (professionelles) Handeln zudem theoriegeleitet reflektiert und angewendet, wodurch dem Wirken von subjektive Theorien zum Lehren und Lernen (etwa Erfahrungen aus der eigenen Schulzeit) bewusst gesteuert werden können. Als sechstes Merkmal nennen sie die systematische Selbst- und Fremdrelexion, welche durch systematische Beobachtungen im kontrollierten Setting ermöglicht werden und eine tiefgehende Selbst- und Fremdrelexion ermöglichen (ebd., S. 6 f.).

Darauf aufbauend wurde im Verbund ein Modell des zyklischen forschenden Lernens adaptiert, welches einen forschungsähnlichen Ablauf der Erkenntnisgewinnung der Lehramtsstudierenden darlegt (siehe Abbildung 13).

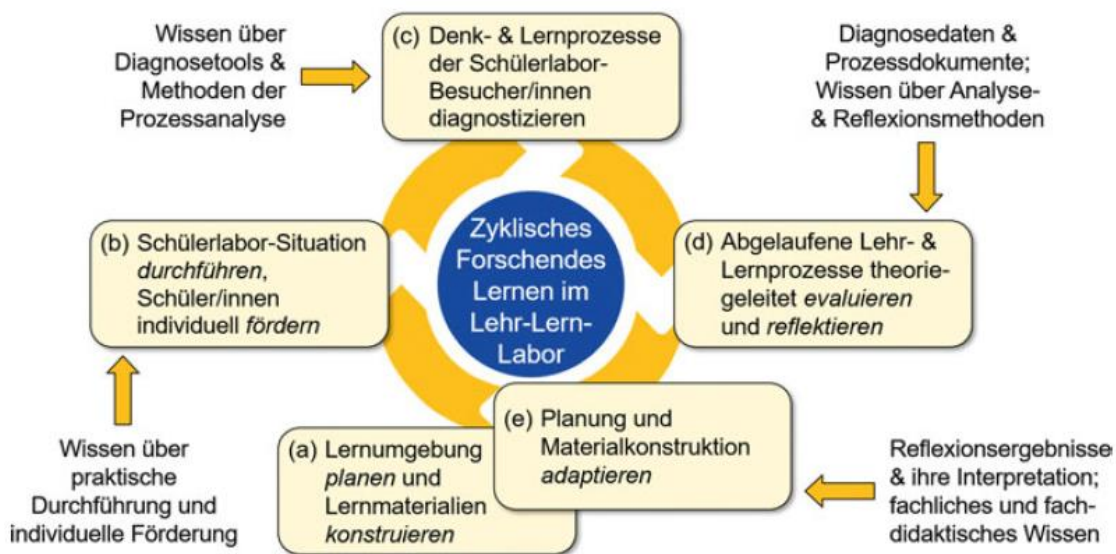


Abbildung 13: Modell zyklischen Lernens im Lehr-Lern-Labor (ROTH & PRIEMER, 2020, S. 8)

In diesem zyklischen Prozess werden Lernumgebungen zunächst unter Festlegung von Lern- und Forschungszielen geplant und Arbeitsmaterialien entwickelt, wofür fachliches und fachdidaktisches Wissen vorausgesetzt wird. Die geplante Lernumgebung wird anschließend mit Schüler:innen umgesetzt.

Dabei sollen die Studierenden Lernprozesse anleiten und individuell unterstützen, wofür methodisches Wissen zur Instruktion und zur gezielten Förderung einzelner Lernender wichtig ist. Während der Durchführung beobachten die Studierenden, wie die Schüler:innen denken und lernen. Sie sollen Lernprozesse wahrnehmen, beschreiben, erklären und daraus passende Fördermaßnahmen ableiten. Nach der Durchführung werden Ablauf, Ergebnisse und das eigene Handeln ausgewertet, mit dem Ziel, eine kritisch-reflektierte Analyse durchzuführen, um Stärken, Probleme und Entwicklungsmöglichkeiten zu erkennen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden genutzt, um die Lernumgebung und Materialien gezielt zu verbessern. Erst durch die erneute Erprobung entsteht der zyklische Charakter des forschenden Lernens (ebd., S. 8 ff.). Das zyklische Modell wird zwar als geeignet anerkannt, erweist sich in der Praxis aufgrund organisatorischer Hürden jedoch als unpraktisch, etwa wegen der begrenzten zeitlichen Ressourcen, was die systematische Implementierung von Reflexionssettings erforderlich macht, um Wirkungen des LLL zu festigen (SAATHOFF, 2025, S. 7). Für die Definition von LLL wird sich deshalb der Arbeitsdefinition von SAATHOFF angeschlossen, welcher LLL in Anlehnung an BRÜNING et al. (2020, S. 23) wie folgt definiert:

„Lehr-Lern-Labore (LLL) sind eine spezielle Organisationsform der Lehramtsausbildung, in der die Lern- und Förderaktivitäten von Schülerinnen und Schülern effektiv mit der beruflichen Qualifizierung von Lehramtsstudierenden kombiniert werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Vorlesungen, Seminaren oder Übungen ermöglichen sie eine direkte Interaktion zwischen Studierenden und Schülerinnen sowie Schülern. Die Evaluation und Reflexion von Lehr-Lern-Prozessen wird durch die Einbettung dieses Veranstaltungsformates in ein theoriegeleitetes reflexionsförderndes Setting angestrebt, Auf diese Weise haben Studierende die Möglichkeit, in komplexitätsreduzierten Lernumgebungen auf effektive Weise Handlungskompetenzen und professionelles Wissen zu erlangen.“ (SAATHOFF, 2025, S. 7).

Für die curriculare Einordnung in das Lehramtsstudium schlagen SMOOR & KOMOREK vor, LLL an verschiedenen Zeitpunkten des Studiums mit verschiedenen Schwerpunkten zu platzieren. In einer frühen Phase geht es um das Kennenlernen von Lernendenperspektiven mit kleinen Übungen, woran LLL mit konkreten Interventionen und Hypothesen später anknüpfen, bis dann schlussendlich forschendes Lernen im eigentlichen Sinne durch die Untersuchung der Wirkung spezifischer Interventionen möglich wird (SMOOR & KOMOREK, 2017, S. 529). Die Steuerbarkeit ist in diesem Sinne durch die Freiheit der Studiengestaltung (insbesondere im Bachelorstudium) für die vorliegende Arbeit so nicht gegeben. Die Grundlagen der Elektrotechnik beispielsweise können, obwohl es sich um ein Basismodul handelt, entweder gleich zu Beginn des Studiums absolviert werden, aber auch erst nach Absolvierung des allgemeinen Schulpraktikums.

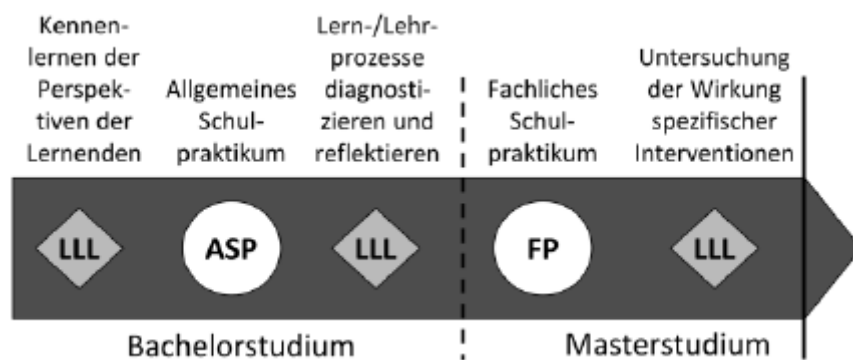


Abbildung 14: Curriculum zur zeitlichen und inhaltlichen Implementierung von LLL im Lehramtsstudium (SMOOR & KOMOREK, 2017, S. 529)

Aus diesem Grund wurde sich dazu entschieden, die Bedingungen im LLL dort stärker zu kontrollieren, gleichzeitig jedoch in der methodischen Umsetzung der Lernumgebungen Freiheiten zu lassen. Der jeweilige Studienstand wurde zeitgleich erhoben, um den Einfluss der Praxisphasen und des Studienstandes im Allgemeinen sichtbar zu machen. Ähnlich wurde es in der Umsetzung des BNE LLL gehalten. Die Verortung findet hier im Aufbaumodul statt, aber auch hier sind einerseits die Vorerfahrungen auf dem Gebiet sehr heterogen und gleichzeitig soll hier eher eine didaktische Rekonstruktion stattfinden, um die Gestaltung von herausfordernden BNE Formaten zu optimieren.

Für die Umsetzung der beiden Themenfelder wurden entsprechend zwei Interventionen gestaltet, die in das Lehramtsstudium Technik an der Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg umgesetzt wurden.

Die eine Intervention fokussiert sich auf die Implementierung des Themas „BNE im Kontext des Wasserkreislaufs und der wassertechnischen Infrastruktur“ und weist eher einen explorativen Charakter auf, während die andere Veranstaltung die Strukturierung des Grundkurses der Elektrotechnik beinhaltet und entlang der Facetten aus den Überbauten zur Professionstheorie gestaltet ist. Die beiden Interventionen werden in den folgenden Abschnitten näher beleuchtet.

3.2 Intervention zur BNE im Kontext des Wasserkreislaufs und der wassertechnischen Infrastruktur

Für die Gestaltung der Intervention zur BNE wurde sich auf das Oberthema des Wasserkreislaufes und der wassertechnischen Infrastruktur festgelegt, da es sich hierbei um eine regional sowie global fassbare Herausforderung handelt, die unmittelbar greifbar ist. Einen zentralen Bezugspunkt stellt das Problem- und Handlungsfeld der Ver- und Entsorgung dar, in welchem die Hydrotechnik bereits bei der Etablierung dieser verankert war (RÖBEN, 2023a, S. 61). Die wassertechnische Infrastruktur stellt also nicht einen randständigen Anwendungsfall technischer Bildung dar, sondern einen genuinen Gegenstandsbereich des Technikunterrichts. Versorgung ist in diesem Zusammenhang nicht bloß anthropologisch im Sinne der Befriedigung von Grundbedürfnissen zu verstehen, sondern als gesellschaftliches Verhältnis zwischen Versorgten und Versorgern, das durch spezifische technische Systeme vermittelt wird. Für die Wasserversorgung bedeutet dies, dass Wasserwerke, Leitungsnetze, Speicher- und Aufbereitungs- und Entsorgungsanlagen als technische Infrastrukturen die gesellschaftliche Daseinsfürsorge überhaupt erst ermöglichen und damit auch Alltagsabläufe bestimmen.

Deutlich wird die gesellschaftsstrukturierende Wirkung, wirft man einen historischen Blick auf die Entwicklung moderner städtischer Wasserinfrastrukturen.

Erst durch flächendeckende Versorgung privater Haushalte mit Wasser aus Leitungsnetzen veränderten sich Alltagspraktiken grundlegend. Das Wasserholen entfiel, neue Nutzungsformen wie Baden und Duschen wurden überhaupt erst möglich, und der zeitliche Aufwand häuslicher Selbstversorgung verringerte sich erheblich. In diesem Sinne ist Hydrotechnik nicht nur eine technische Voraussetzung urbanen Lebens, sondern ein zentrales Element moderner Daseinsvorsorge, das die Lebensführung in Städten nachhaltig transformiert hat (RÖBEN, 2023a, S. 64 ff.). Gerade diese historische Perspektive verdeutlicht zugleich, dass Wasserversorgung kein statisches, ein für alle Mal gelöstes Infrastrukturproblem ist. Was im 19. und 20. Jahrhundert als Ausbau und Stabilisierung technischer Daseinsvorsorge erschien, gerät unter den Bedingungen des Klimawandels erneut in Bewegung. Sinkende Grundwasserstände, regionale Nutzungskonflikte und Debatten um Fernwasserleitungen zeigen heute, wie fragil die vermeintliche Selbstverständlichkeit der Wasserversorgung geworden ist (ebd.).

Die wassertechnische Infrastruktur lässt sich zugleich als Konkretisierung der in Kapitel 2.6.2 entwickelten Perspektive auf Technik als soziotechnisches System verstehen. Anlagen der wassertechnischen Infrastruktur sind nicht bloß technische Artefakte, sondern Teil eines Wirkungsgefüges aus natürlichen Ressourcen, institutionellen Regelungen, Nutzungspraxen, politischen Entscheidungen und gesellschaftlichen Wertsetzungen. Gerade am Beispiel der Wasserversorgung wird deutlich, dass Technik ihre Wirkung nicht isoliert entfaltet, sondern erst im Zusammenhang zu ökologischen, sozialen und politischen Kontexten verständlich wird. Die Wahl des Themenfeldes knüpft damit auch unmittelbar an die in Kapitel 2.6.2 entwickelte Annahme an, dass nachhaltigkeitsrelevante Technik nur dann angemessen analysiert werden kann, wenn sie in ihrer systemischen und gesellschaftlichen Einbettung betrachtet wird. Die Hydrotechnik erscheint damit als Infrastruktur im Wandel, deren zukünftige Gestaltung, besonders vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels, nicht nur technisch, sondern auch gesellschaftlich und bildungspolitisch verhandelt werden muss (ebd., S. 66f.). Wassertechnische Infrastrukturen müssen unter veränderten klimatischen Bedingungen neu bewertet, angepasst und gegebenenfalls umgestaltet werden. Zugleich entstehen Zielkonflikte zwischen Versorgungssicherheit, Ressourcenschutz, ökonomischer Nutzbarkeit und regionaler Gerechtigkeit.

Die langanhaltende Dürre hatte in den vergangenen Sommerhalbjahren zu erheblichen Problemen geführt, was unter anderem durch die Vegetation, welche in weiten Teilen Deutschlands sichtbar litt, deutlich geworden ist (BENDER et al. 2019, S. 22). Die Folgen des Klimawandels (natürlicher und anthropogener Natur), im Fokus dieses Vorhabens insbesondere die Auswirkungen des Klimawandels auf den globalen Wasserkreislauf (DOUVILLE et al. 2021, S. 1055 ff.), machen einen gesellschaftlichen Transformationsprozess notwendig.

Prognosemodelle zeigen, dass die Auswirkungen des Klimawandels, insbesondere die langen Trockenperioden im Sommer, zukünftig dazu führen können, dass der Wasserbedarf für Ökosysteme, die landwirtschaftliche Beregnung und die Trinkwasserversorgung nicht gedeckt werden können (SCHULZ & SCHARUN, 2023, S. 194). Das saubere, direkt zugängliche Trinkwasser ist für viele Menschen in unserer Gesellschaft zu einer Selbstverständlichkeit geworden und der Umgang mit der Ressource ist häufig unreflektiert. Auf diesen Mischstand macht auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) in der kürzlich veröffentlichten „nationalen Wasserstrategie“ aufmerksam und weist darauf hin, dass eine wesentliche Herausforderung darin besteht, die Wertschätzung im Hinblick auf die wassertechnische Infrastruktur und dem sich dahinter befindlichen Aufwand zu steigern (BMUV, 2023, S. 71).

Hinter dieser wassertechnischen Infrastruktur verbergen sich Anlagen für die Wassergewinnung, -aufbereitung, -speicherung und -verteilung, die ein Teil des Technotops, also einer uns zur zweiten Natur gewordenen technischen Sphäre sind (ROPOHL, 2009, S. 15). Beschäftigt man sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf das kostbare Gut, so stellt man zudem schnell fest, dass nicht nur die Gestaltung und die Herausforderungen der Versorgung mit Trinkwasser und der Entsorgung von Abwasser im Mittelpunkt stehen, sondern auch weitere Herausforderungen vorliegen (MICHELSEN & RIECKMANN, 2013).

Besonders aus technischer Perspektive rückt hier einiges in den Mittelpunkt, wenn etwa ein nachhaltiges Wasserressourcenmanagement im Alltag, in der Landwirtschaft oder in der Industrie im Vordergrund steht.

Bezugnehmend auf die dargestellten Missstände, kann hier eine BNE dazu beitragen, die Bewusstseins-schärfung im Hinblick auf den sensiblen Umgang mit der natürlichen Ressource und der damit unmittelbar verbundenen technischen Gestaltung der Wasserversorgung und des Wasserressourcenmanagements voranzutreiben (ebd., S. 120). Die wassertechnische Infrastruktur unter BNE-Gesichtspunkten zu betrachten, ist allein aus der Perspektive einer einzelnen Domäne nicht zu leisten. Sie erfordert neben der rein technischen Auseinandersetzung mit der Realisierung der Wasserversorgung- und -verteilung auch Kenntnisse darüber, wie natürliche Wirkmechanismen und Phänomene ablaufen und welche Auswirkungen diese auf die Gestaltung technischer Anlagen haben. Außerdem ist die Kenntnis darüber notwendig, welche Herausforderungen sowie dadurch entstehende Spannungsfelder, verursacht durch den Klimawandel, vorliegen und wie diese einen Einfluss auf die Gestaltung der wassertechnischen Infrastruktur, aber auch auf die Gesellschaft ausüben. Für die Interventionsgestaltung war zunächst zentral, welche fachliche Rahmung im Hinblick auf die übergeordnete Thematik vorzunehmen ist.

Eine Übersicht bietet hierbei der Artikel von MICHELSSEN und RIECKMANN, der sich damit befasst, die Relevanz des Wasserthemas deutlich zu machen und aufzuzeigen, mit welchen Ansätzen und Methoden dieses Thema im Sinne einer BNE umgesetzt werden kann (MICHELSSEN & RIECKMANN, 2013). Für die Umsetzung innerhalb der Intervention sind insbesondere die dort aufgeführten „Wasserthemen“ von Relevanz (MICHELSSEN & RIECKMANN, 2013, S. 121):

- Wasser als Lebensgrundlage (z.B. Wasser als Ressource für Landwirtschaft und Industrie)
- Wasserknappheit/Wasserverschmutzung/Wasserressourcenmanagement
- Zugang zu Wasser/Wasserverteilung/Konflikte um Wassernutzung
- Kultureller Umgang mit Wasser
- Globale Zusammenhänge und Wechselwirkungen z.B. mit dem Klimawandel
- Klimawandel und Niederschlagsvariabilität
- Wasserexport (virtuelles Wasser, Wasser-Fußabdruck)
- Zusammenspiel von z.B. ökologischen, wirtschaftlichen und gesundheitlichen Aspekten von Wasser.

Was in dieser Übersicht nicht explizit, aber durch die Niederschlagsvariabilität als eine Komponente indirekt vertreten ist, ist das Wissen über den natürlichen Wasserkreislauf, welches eine fundamentale Grundlage für das Verständnis der natürlichen Mechanismen bildet, die im Umkehrschluss selbstverständlich auch einen Einfluss auf z.B. die Wasserversorgung haben, weshalb dieser Aspekt als ergänzende Komponente hinzuzufügen ist. Neben diesen Inhalten sind im Rahmen der BNE-spezifischen Professionalisierung weitere Aspekte von großer Relevanz.

Neben dem wasserbezogenen Wissen bilden BNE-spezifische Wissensanteile einen Bestandteil des notwendigen Fachwissens. So haben HELLBERG-RODE et al. im Zuge einer Expertenbefragung im Hinblick auf notwendige BNE-spezifische Kompetenzen für Lehrkräfte Kenntnisse und kognitive Fähigkeiten nach den Facetten des Modells zur professionellen Handlungskompetenz klassifiziert (HELLBERG-RODE et al., 2014; HELLBERG-RODE & SCHRÜFER, 2016).

Im Zusammenhang zur Auseinandersetzung mit der wassertechnischen Infrastruktur in einer BNE sind hier insbesondere die Kenntnisse über nachhaltige Technologien, die grundlegenden Kenntnisse über ökologische Systeme, ökologische Prinzipien und Prozesse sowie Kenntnisse über das Konzept der nachhaltigen Entwicklung und der Zusammenhang zur Technik von Interesse (HELLBERG-RODE & SCHRÜFER, 2016, S. 16). Hier lassen sich die oben aufgeführten, übergeordneten Wasserthemen von MICHELSEN & RIECKMANN gegenüberstellen und einordnen, sodass die entsprechenden Kenntnisse und Fähigkeiten entsprechend der Thematik differenziert und konkretisiert werden können. Aus technischer Perspektive liegt es nahe, die „Kenntnis nachhaltiger Technologien“ näher zu beleuchten.

Damit eine Systematisierung der inhaltsspezifischen Facetten aus der Fachperspektive vorgenommen werden kann, wurden die Kategorien technischen Wissens von WIEMER (siehe Kapitel 2.5.1) zur Grundlage genommen. Für die Kategorie des Aufbauwissens ist im Kontext der übergeordneten Thematik insbesondere das Wissen über den Aufbau der Anlagen zur Wasserver- und -entsorgung zu nennen. Das Funktionswissen ist wesentlich differenzierter.

Es kann allerdings zusammengefasst werden, dass hier das Funktionswissen über einzelne technische Systeme in der Wasserversorgung (z.B. die Funktionsweise von Kreiselpumpen) und Funktionswissen über die technischen Systeme für ein nachhaltiges Wasserressourcenmanagement (z.B. die Funktionsweise von Wasserzählern zur Verbrauchsmessung und die Regelung von Wasserressourcen mit Mitteln aus der Steuerungs- und Regelungstechnik (Microcontrollereinsatz)) relevant sind.

Eine weitere Wissenskategorie, welche im direkten Zusammenhang zu den zuvor aufgeführten BNE-relevanten Inhalten steht, ist die des metatechnischen Wissens, in welchem das Wissen repräsentiert ist, welches den Einfluss technischer Systeme auf den Menschen beziehungsweise die Umwelt oder beides beschreibt (ebd.). Hier ließen sich viele Punkte aufführen, die bereits bei den Wasser-Themen von MICHELSEN und RIECKMANN genannt wurden. Die Kenntnis der Bedeutung der Wasserversorgung als Daseinsfürsorge, aber auch die Auswirkungen von Technikeinsatz auf beispielsweise den Grundwasserhaushalt sind hier zu nennen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Subfacette des Fachwissens nach den jeweiligen Schwerpunkten gegliedert werden muss. Einerseits sind Kenntnisse über die übergeordnete Thematik sowie darin bestehende Herausforderungen notwendig. Andererseits sind Kenntnisse über grundlegende Konzepte und Methoden im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung erforderlich. Aus der Perspektive der Domäne müssen entsprechende Gestaltungsmöglichkeiten identifiziert und umgesetzt werden können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass hier keine Segregation vorliegt, vielmehr ergänzen sich die einzelnen Facetten bzw. die einzelnen übergeordneten Kenntnisse und Fähigkeiten und sie hängen unmittelbar miteinander zusammen.

Für die didaktischen Fragestellungen im Zusammenhang zur Wasserthematik sind insbesondere die Methodenkenntnisse zentral, wenn es z.B. darum geht, technische Experimente zu entwickeln (z.B. zum Vergleich verschiedener Bewässerungstechniken, zur Untersuchung von Druckverhältnissen im Rohrleitungsnetz und Identifizierung von Leckagen, Pumpenleistung etc.). Neben dieser fachdidaktischen Perspektive sind aber insbesondere Kompetenzen zur Gestaltung von Lernangeboten im Sinne einer BNE relevant sind.

Für die Erschließung des BNE-relevanten, didaktischen Wissens, kann die Expertenbefragung von HELLBERG-RODE et al. herangezogen werden. Im ersten Schritt einer Expertenbefragung konnten mehrere Facetten fachdidaktischen Wissens im Hinblick auf die Gestaltung BNE-spezifischer Lernarrangements ausgemacht werden (HELLBERG-RODE et al., 2014, S. 271). Neben der Kompetenzorientierung (also der Kenntnis über und Berücksichtigung von Gestaltungskompetenzen in der BNE) bilden zwei grundlegende fachdidaktische bzw. unterrichtspraktische Wissensfacetten die Basis für eine BNE-spezifische Gestaltung von Lernarrangements. Hierzu zählen zunächst Kenntnisse über BNE-spezifische Lernvoraussetzungen (worunter zum Beispiel Einstellungen, Schülerinteressen und Schülervorstellungen gezählt werden, wie sie bereits bei der fachdidaktischen Kompetenz berücksichtigt wurden).

Weiterhin werden Kenntnisse über die Gestaltung schülerorientierter Lernarrangements, welche u.a. beinhalten, dass die Lehrkräfte das Nachhaltigkeitsdreieck als ein grundlegendes Strukturierungsprinzip sowie Partizipations- und Gestaltungsoptionen kennen (ebd.). In einer Anschlussuntersuchung konnten weitere Aspekte des BNE-spezifischen, didaktischen Wissens ausgemacht werden, wobei hier nur die Facetten mit eindeutigen Expert:innenbeurteilungen berücksichtigt werden (HELLBERG-RODE & SCHRÜFER, 2016, S. 18):

- *BNE-spezifisches Methodenrepertoire (z.B. Simulationsmodelle, Planspiele, Fallstudien etc.)*
- *Nachhaltigkeitsdrei-/viereck als grundlegendes Strukturierungsprinzip für die Unterrichtsgestaltung*
- *Kenntnis der Konzepte zur Entwicklung von „Gestaltungskompetenz für nachhaltige Entwicklung“*
- *Bewertungskompetenz*
- *Kenntnis des „Orientierungsrahmens für den Lernbereich Globale Entwicklung“*
- *Problemorientiertes Denken zur Entwicklung von Gestaltungsoptionen für nachhaltige Entwicklung.*

Für dieses Vorhaben ist insbesondere das BNE-spezifische Methodenrepertoire von Relevanz, z.B. dann, wenn es darum geht, Planspiele zu den Spannungsfeldern in der Trinkwasserversorgung zu entwickeln. Außerdem zentral ist hier die Gestaltungsorientierung, da der Technikunterricht ein geeigneter Raum dafür ist, die sich im Wandel befindende Infrastruktur als Gestaltungsaufgabe anzusehen (RÖBEN, 2023a, S. 68). Damit konkretisiert das Themenfeld zugleich die in Kapitel 2.6.2 entwickelte Perspektive auf Technik als soziotechnisches System. Die Wasserversorgung ist nicht allein als technische Lösung zur Bereitstellung eines Naturstoffes zu verstehen, sondern als infrastrukturell, institutionell und gesellschaftlich eingebettetes System, dessen Wirkungen sich nur in der Verschränkung von Ressourcennutzung, technischen Verfahren, politischen Regelungen und alltäglichen Nutzungspraxen angemessen erfassen lassen. Gerade diese systemische Einbettung macht das Themenfeld für eine BNE anschlussfähig. Wie in Kapitel 2.6.3 herausgearbeitet, besteht eine zentrale Aufgabe technischer Bildung darin, Technik nicht isoliert, sondern in ihrer Verflechtung mit ökologischen, sozialen und politischen Zusammenhängen zu erschließen und als normativ gerahmtes Gestaltungsfeld sichtbar zu machen.

Aus den Erkenntnissen zu den Subfacetten des Fachwissens und zum fachdidaktischen Wissen konnte eine erste Modellierung der Interventionsstruktur vorgenommen werden. Auf der Seite der Fachwissenschaften wird dieses Vorhaben in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Hydrogeologie umgesetzt, wodurch die fachwissenschaftlich relevante Expertise durch entsprechende Gastvorträge (zum Beispiel zum Wasserkreislauf, aber auch zu aktuellen regionalen und globalen Forschungsvorhaben und Ergebnissen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserdargebot) sowie Beratung und Expertise bei der grundlegenden inhaltlichen Gestaltung gewährleistet ist. Außerdem wurde bereits zu Projektbeginn die Kooperation mit dem ortsnahen Wasserverband eingegangen, welcher mit dem Wasserwerk die Möglichkeit einer Exkursion unter Einbezug der Fachexpertise der Wasserwerker bietet. Gleichzeitig bietet dieser aber auch selbst außerschulische Lernangebote rund um das Thema Wasser an, wodurch einerseits durch die Bereitstellung des Lernangebots und von Erfahrungsberichten hinsichtlich der Schülerinnen und Schüler für spätere Lehr-Lern-Labor-Besuche profitiert werden kann. Auf der anderen Seite findet eine kooperative Lernangebotsgestaltung statt, in die die angehenden Lehrkräfte unmittelbar eingebunden werden.

Schließlich konnte unter Berücksichtigung der entsprechenden Expertisen eine Seminarstruktur umgesetzt werden, in der die einzelnen theoretischen Vorüberlegungen zur Facette des Professionswissens, implementiert werden konnten (siehe Abbildung 15). Das Ziel ist es, dass die Studierenden eigene Lernangebote (für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I) mit entsprechenden Exponaten entwickeln und anschließend im Lehr-Lern-Labor erproben. In einer ersten Pilotierung wurde zunächst die Machbarkeit dieser Konzeption erprobt und die qualitative Hauptstudie durchgeführt, um notwendige Inhalte besser rekonstruieren zu können. Die Studierenden sollten zum Ende eigene Lehr-Lernangebote zu verschiedenen, selbst ausgewählten Themen entwickeln.

Fachwissen (BNE)	•Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung •Sustainable Development Goals (insbesondere SDG 6) •Nachhaltigkeitsdreieck/-viereck •Gesellschaftlich diskutierte Lösungsansätze zur Wasserversorgung
Fachwissen (Wasser)	•Wasser als zentrales Thema (Wasserknappheit / Wasserverschmutzung / Wasserressourcenmanagement) •Wasserelexport •Wasserkreislauf und Auswirkungen des Klimawandels auf ihn
Fachwissen (Technik)	•Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung •Technik des Wasserwerks (Kreiselpumpentechnik/Filtration) •Wasserressourcenmanagement durch Automatisierung - smarte Wassernutzung - ressourcenschonende Bewässerung •Wasserversorgung - Rohrleitungsnetz - Flächenversiegelung •Spannungsfelder bzw. Interessenkonflikte zum Thema Wasser
(Fach-)Didaktisches Wissen	•Fachspezifische Methoden und Schülervorstellungen •Modelle und Medien im Technikunterricht •Methoden in der BNE •Stufen der Schülerpartizipation •Gestaltungskompetenzen und Unterrichtsgestaltung in der BNE

Abbildung 15. Inhaltliche Aufschlüsselung für das LLL-Seminar zur wassertechnischen Infrastruktur. Entstanden sind hierbei z.B. Experimente zur Oberflächenversiegelung, zum Vergleich verschiedener Bewässerungsarten, Wasserdurchflussmessung (Verbrauchsmonitoring) und zu Kreiselpumpen. Zur Verfügung standen Kreiselpumpen, Microcontroller und diverse Sensoren, die gemeinsam mit Schülerinnen und Schülern programmiert werden und in den technischen Experimenten Anwendung finden sollen. Die Experimentiersettings wurden von den Studierenden eigenständig in den Werkstätten entwickelt und hergestellt. Hierbei konnten die Studierenden, nachdem die Grundlagen vermittelt wurden, eigenständig auf verschiedene Expertisen der einzelnen Akteure zurückgreifen, um ihre Lernsituationen zu optimieren.

Das Ziel dieser Pilotierung war es, die Gestaltung der Kommunikation auf den verschiedenen Ebenen (zwischen den Studierenden und den Fachwissenschaften/Expertinnen und Experten aus der Berufspraxis) zu evaluieren und ggf. anzupassen. Auf Grundlage der Interviews (siehe Kapitel 7.7) sowie der schriftlichen Reflexionen konnte für das LLL-Seminar eine erste Ablaufstruktur abgeleitet werden (siehe Tabelle 1). Verortet war das Seminar in einem Aufbaumodul mit zweimal 90-Minuten Kurszeit, sodass ein Teil der Veranstaltung auf die Festigung der Grundbegriffe gelegt werden konnte und der zweite Teil auf die technische Einführung. Darüber hinaus wurden zeitliche Slots für die Angebotsentwicklung während der Kurszeit freigehalten und vor dem LLL ein Slot zur Zwischenpräsentation der Ergebnisse für die gemeinsame Optimierung veranschlagt. Der Kurs hat insgesamt zwei Mal stattgefunden (Sommersemester 2023 und im darauffolgenden Wintersemester). Im ersten Durchlauf stand die Pilotierung der entwickelten Materialien ohne Schülerlabor im Fokus.

Tabelle 1: Ablauf des Seminars zur Perspektive BNE und NE.

Sitzung	Inhalt
01	B-(NE): Grundbegriffe
02	Das Thema Wasser im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung.
03	BNE: Gestaltungskompetenzen und Unterrichtsgestaltung.
04	BNE: Nachhaltigkeitsdreieck und Wasserversorgung.
05	Gastvortrag aus der Hydrologie: Wasserkreislauf und Wasserhaushaltsgleichung.
06	Trinkwasserver- und entsorgung
07	Exkursion ins Wasserwerk
09	Gastvortrag Hydrologie: Klimawandel und Wasserkreislauf.
10	Schülerlabor und Reflexion (auf mehrere Sitzungen verteilt)

Tabelle 2: Technischer Teil des Seminars zur Umsetzung verschiedener Anwendungen im Wasserkontext.

Sitzung (je 90 min)	Inhalt
01	Automatisierungstechnik als Werkzeug smarter Wassernutzung
02	Niederschlag & Niederschlagsmessung.
03	Einführung in Flowmeter für das Wasserressourcenmanagement.
04	Pumpentechnik und die Ansteuerung von Pumpen.
05	Bewässerung und Sensorik.
06	Wasserverteilung: Rohrleitungsnetz
07	Experimente zur Flächenversiegelung.
08	Programmierung von Anwendungen zur smarten Wassernutzung im Alltag.

Die Inhalte der Kurse sollten ein Orientierungswissen mit gängigen zur Verfügung stehenden Materialien ermöglichen, sodass die Studierenden im Anschluss Möglichkeiten zur Gestaltung ausarbeiten konnten. Der thematische Fokus und die Wahl des Spannungsfeldes wurden dabei offengehalten.

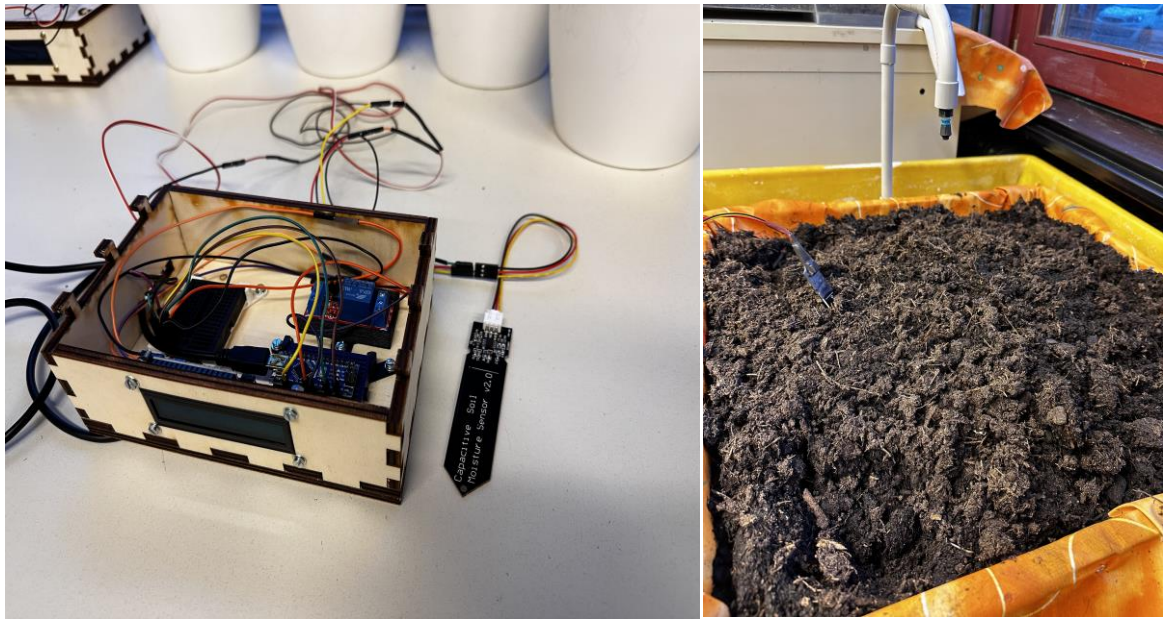


Abbildung 16: Beispiel für entstandene Experimentiersetting (links: Experimentierbox mit einem Arduino, einem Relais für Pumpen, einem Feuchtigkeitssensor. Rechts: Experimenteller Aufbau zum Vergleich verschiedener Bewässerungstechniken.

Abschließend ist noch festzuhalten, dass die inhaltliche Gestaltung der Intervention keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Es geht vielmehr darum, die Implementierung solcher BNE-Settings im technischen Kontext durch die begleitenden Untersuchungen (Interviews) zu optimieren und einen möglichen Weg zur didaktischen Rekonstruktion solcher LLL-Seminare aufzuzeigen, der sowohl den fachlichen Anspruch nach Interdisziplinarität als auch die Voraussetzungen auf Seite der Studierenden berücksichtigt.

3.3 Kurs zu den Grundlagen der Elektrotechnik

Als zweite Intervention für die Untersuchung der Professionalisierungsprozesse wurde für den Grundkurs zur Elektrotechnik eine Intervention im LLL-Seminar entwickelt. Die Inhalte orientieren sich hierbei an den in Kapitel 2.7 dargelegten curricularen Grundlagen. Die Veranstaltung selbst beinhaltete zwei Teile, einen Theorieteil und einen Praxiskurs (siehe Tabelle 3).

Nachdem die Studierenden die Grundlagen im Theorie-Praxis-Ansatz kennengelernt haben, gingen sie über in die Gestaltungsphase für den Schüler:innenbesuch. Hierzu wurden Sitzungen für die kooperative Gestaltung von Unterrichtssituationen eingeplant.

Das übergeordnete Projekt wurde hierbei vorgegeben, sodass die Studierenden sich je Gruppe auf ein Bauteil und dessen Vermittlung im Einzelnen sowie im Gesamtkontext des Projektes fokussieren konnten. Die Vorgabe des Projektes wurde hier gewählt, da sich die Studierenden teilweise zu Beginn ihres Studiums befinden und in dem Kurs einen ersten Kontakt zur Thematik erhielten. Die Aufgabe der Studierenden bestand darin, geeignete Unterrichtsmaterialien für die zugewiesenen Bauteile zu entwickeln.

Tabelle 3: Inhaltliche Gestaltung des Theorieteils zu den Grundlagen der Elektronik.

Sitzung (jeweils 90 min)	Inhalt Theorie	Inhalt Praxis
01	Einführung in die Elektrizitätslehre: Einheiten, Begriffe Strom & Spannung	Sicherheitseinweisung und Laborführung. Einführung in das Löten.
02	Ohmsches Gesetz / Widerstände	Schaltung und Messung zum ohmschen Gesetz. Anwendung in einfacher LED-Schaltung mit Vorwiderstand.
03	Reihen- und Parallelschaltungen & Kirchhoffsche Gesetze	Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen + Messung.
04	Gemischte Schaltungen	Aufbau und Messung gemischter Schaltungen am Breadboard.
05	Spannungsteiler und Potentiometer	Dimmerschaltung + Messung.
06	Kondensatoren	Ausschaltverzögerung mit dem Kondensator. Sichtbarmachung von Auf- und Entladung am Oszilloskop.
07	Wechselstrom / Halbleiterbauelemente (Dioden) / Gleichrichtung	Gleichrichterschaltung (Einweggleichrichtung) + Messung von Wechselstromgrößen.
08	Transistoren	Dunkelschaltung mit dem Transistor.
09-13	Einführung in das Projekt für das Schülerlabor (Schaltungsbesprechung und Unterrichtsplanung) verteilt auf mehrere Sitzungen.	Projekte: Fahrrad mit Beleuchtung und Berührungssensor & USB-Ladegerät für das Fahrrad.
14	Reflexion des Schülerlabors.	

Das LLL hat je Durchlauf insgesamt drei Mal (jeweils ein ganzer Vormittag) stattgefunden und wurde für die Untersuchung der Professionalisierungsprozesse so konzipiert, dass die theoretischen Inhalte mit praktischen Aufbau-, Mess- und Analyseaufgaben sowie der Entwicklung von Lerngelegenheiten verbunden wurden. Das Ziel war es damit nicht allein, elektrotechnisches Grundlagenwissen zu vermitteln, sondern dieses zugleich in eine Form zu überführen, die für die Planung, Durchführung und Reflexion technikdidaktischer Lehr-Lern-Prozesse anschlussfähig ist.

Die Intervention griff damit die in Kapitel 2 herausgearbeiteten Facetten professioneller Handlungskompetenz auf, indem fachliches Wissen, erste fachdidaktische Strukturierungsleistungen, kooperative Materialentwicklung und reflexive Auseinandersetzung mit Unterricht im LLL zusammengeführt wurden.

Inhaltlich wurden zunächst basale Begriffe und Konventionen wie SI-Einheiten, elektrische Ladung, Strom, Spannung sowie die Kommunikation über Schaltpläne behandelt. Darauf aufbauend wurden das Ohmsche Gesetz, Widerstände, Schaltungsarten sowie Kirchhoffsche Gesetze eingeführt, um verschiedene Schaltungsarten zu analysieren. Weitere thematische Schwerpunkte bildeten Spannungsteiler und Potentiometer, Kondensatoren und RC-Zusammenhänge, Dioden und Gleichrichtung, Wechselstromgrößen, Transistoren sowie elektrische Arbeit und Leistung. Die fachlichen Inhalte wurden dabei nicht isoliert behandelt, sondern auf ihre Relevanz für typische schulische Kontexte und einfache technische Anwendungen hin geöffnet.

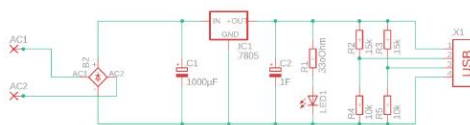
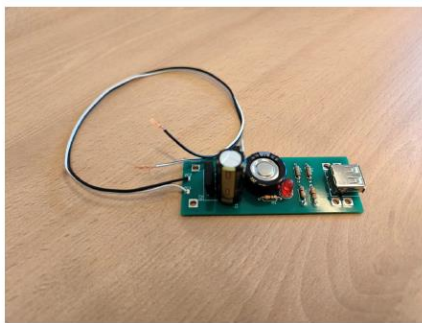
Kennzeichnend für die Intervention war die enge Verschränkung von Theorie und Praxiskurs. Die theoretisch eingeführten Inhalte wurden in den Praxissitzungen systematisch durch Aufbau- und Messaufgaben vertieft. Dies betraf etwa die korrekte Messung von Strom, Spannung, Widerstand sowie einzelnen Bauteilen wie Dioden und Kondensatoren mit dem Multimeter, die experimentelle Überprüfung des Ohmschen Gesetzes, den Vergleich von Reihen-, Parallel- und gemischten Schaltungen, die Realisierung eines belasteten Spannungsteilers in Form einer Dimmerschaltung, die Sichtbarmachung von Auf- und Entladevorgängen eines Kondensators am Oszilloskop sowie den Einsatz diverser Bauelemente in einfachen Schaltungen wie z.B. der Ausschaltverzögerung, Dimmerschaltung, Dämmerungsschaltung und der astabilen Kippstufe.

Über die fachliche und fachpraktische Arbeit hinaus war der Kurs auf eine didaktische Gestaltungsphase hin geöffnet. Nach der Einführung in die Grundlagen und deren praktischer Erprobung wechselten die Studierenden in eine kooperative Entwicklungsphase in der sie Lernmaterialien, Arbeitsaufträge und Unterrichtsbausteine für das LLL erarbeiteten. Die Gruppen fokussierten jeweils einzelne Bauteile respektive Teilfunktionen innerhalb eines größeren technischen Gesamtprojektes und entwickelten hierzu Begleitmaterialien, Arbeitshefte und Unterrichtsskizzen (siehe Abbildung 17).

Die fachlichen Inhalte des Kurses wurden dadurch in eine unterrichtliche Struktur überführt und mussten von den Studierenden im Hinblick auf Zielsetzungen, Sachanalyse, methodisches Vorgehen und Material- und Medieneinsatz didaktisch rekonstruiert werden.

Bauanleitung

Fahrrad USB-Ladegerät



- 4 Als letztes stellst du das Multimeter auf Spannungsmessung und spannst das Ladegerät im Platinen-Halter ein.
- Im Anschluss dreht dein Partner am Dynamo und ihr messt die Spannung an der USB-Buchse.
- Welche Spannung sollte gemessen werden? Notiert eure Vermutungen vorab.

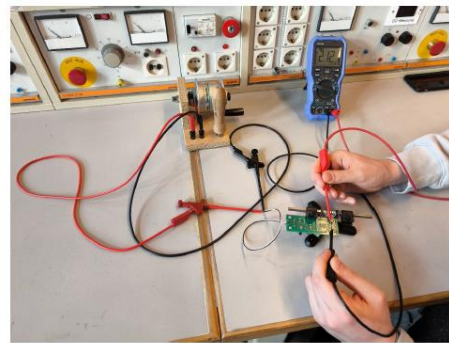


Abbildung 17: Beispiel zu dem entstandenen Unterrichtsmaterial. In diesem LLL wurde ein USB-Ladegerät für das Fahrrad umgesetzt. Die Gruppen haben jeweils ein Bauteil fachlich und didaktisch erarbeitet. In dieser Station wurde die Funktionsprüfung als Sicherung eingebaut.

Das LLL-Seminar verfolgte also eine doppelte Zielsetzung. Einerseits sollte ein grundlegendes, curricular anschlussfähiges Fachverständnis im Bereich der Elektrotechnik aufgebaut werden. Andererseits sollten die Studierenden die Gelegenheit erhalten, dieses Wissen in der Planung und Ausgestaltung konkreter Lehr-Lern-Situationen produktiv zu nutzen. Die Intervention war somit nicht auf die Vermittlung isolierter Einzelsachverhalte ausgerichtet, wie es zuvor in dem Kurs stattgefunden hat, sondern auf die schrittweise Verbindung von fachlichem Verstehen, experimenteller Erprobung, fachdidaktischer Strukturierung und reflexiver Vorbereitung unterrichtlicher Praxis.

4 Fragestellungen und Hypothesen

Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung ist das in Kapitel 2 entwickelte Verständnis professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften. In Anschluss an das kompetenztheoretische Modell professioneller Handlungskompetenz werden dabei nicht einzelne Fähigkeiten isoliert betrachtet, sondern kognitive, motivationale, selbstregulative und überzeugungsbezogene Dispositionen als miteinander verschränkte Voraussetzungen professionellen Lehrkräftehandelns verstanden (BAUMERT & KUNTER, 2006; BAUMERT & KUNTER, 2011). Für die vorliegende Arbeit sind insbesondere das Professionswissen, professionelle Überzeugungen und Werthaltungen sowie motivationale Orientierungen zentral. Professionelle Handlungskompetenz wird damit nicht als bloßer Besitz fachlicher Kenntnisse gefasst, sondern als Bündel von Voraussetzungen, das Lehrkräfte dazu befähigt, fachliche Grundlagen zu verstehen, diese didaktisch zu transformieren, Unterrichtssituationen zu deuten und unterrichtliche Anforderungen handlungsfähig zu bewältigen.

Diese kompetenztheoretische Perspektive wird durch strukturtheoretische Überlegungen ergänzt. OEVERMANN (1996) macht deutlich, dass pädagogisches Handeln nicht auf Vermittlung von Wissen beschränkt werden kann, sondern immer auch durch fallbezogene, dynamische und nicht vollständig standardisierbare Interaktionen geprägt ist. Unterrichtliches Handeln bleibt damit grundsätzlich von Unsicherheit, Situativität und Reflexionsbedürftigkeit bestimmt. Für die vorliegende Untersuchung ist dieser Gedanke insofern bedeutsam, als LLL nicht nur als Orte des Kompetenzaufbaus verstanden werden, sondern auch als geschützte Räume, in denen angehende Lehrkräfte pädagogische und fachpraktische Unsicherheiten erfahren, bearbeiten und reflektieren können. Während der kompetenztheoretische Ansatz die Operationalisierung ausgewählter Facetten professioneller Handlungskompetenz ermöglicht, begründet die strukturtheoretische Perspektive die Notwendigkeit, zusätzlich subjektive Deutungen, Reflexionsprozesse und Erfahrungen mit nicht vollständig planbaren Unterrichtssituationen qualitativ zu rekonstruieren.

Im Bereich des Professionswissens knüpft die Arbeit an SHULMANS Unterscheidung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen an (SHULMAN, 1986/1987). Fachdidaktisches Wissen wird dabei als jene spezifische Wissensform verstanden, in der fachliche Inhalte und pädagogisch-didaktische Überlegungen miteinander verschränkt werden.

Es umfasst die Fähigkeit, fachliche Gegenstände so auszuwählen, zu strukturieren, zu erklären und zu repräsentieren, dass sie für Lernende zugänglich werden. BROMME (1992/2014) erweitert diese Perspektive, indem er Lehrerexpertise als situationsbezogene Nutzung strukturierten und vernetzten Wissens beschreibt. Professionelles Wissen zeigt sich demnach nicht allein in deklarativ verfügbarem Fachwissen, sondern in dessen angemessener Verwendung in konkreten Lehr-Lern-Situationen.

Für die Techniklehrkräftebildung muss dieses allgemeine Modell domänenspezifisch präzisiert werden. Technikunterricht ist durch spezifische Artefakte, Verfahren, Funktionen, Materialien, Systeme und Bewertungsfragen geprägt. Technikdidaktisches Wissen umfasst daher nicht nur allgemeine Unterrichtsplanung, sondern die Fähigkeit, technische Gegenstände fachlich zu erschließen, fachpraktisch bearbeitbar zu machen, sicherheitsbezogen einzuschätzen, typische Lernschwierigkeiten zu antizipieren und technische Sachverhalte in sinnvolle Lernhandlungen zu überführen (GORETH, 2017; STRAUB, 2020).

4.1 Untersuchung professioneller Handlungskompetenz zur Elektrotechnik im LLL

Die elektrotechnikbezogene Teilstudie fokussiert einen Inhaltsbereich, der curricular bestimmbar ist und zugleich besondere Herausforderungen für angehende Techniklehrkräfte mit sich bringt. Elektrotechnische Inhalte wie Strom, Spannung, Widerstand, Reihen- und Parallelschaltungen, Messverfahren, Bauteilefunktionen und Schaltpläne bilden zentrale Bestandteile technischer Allgemeinbildung. Zugleich sind sie didaktisch anspruchsvoll, weil viele elektrotechnische Prozesse nicht unmittelbar sichtbar sind. Sie müssen über Modelle, Symbole, Messungen, Schaltpläne, Funktionsprüfungen und praktische Erprobung erschlossen werden.

Daraus ergibt sich eine enge Verbindung von fachlichem Wissen, fachpraktischem Können und fachdidaktischer Transformationsleistung. Vor diesem Hintergrund werden in der Teilstudie vier Facetten professioneller Handlungskompetenz untersucht, nämlich das elektrotechnische Fachwissen, fachdidaktische Einschätzungen zu elektrotechnischen Unterrichtssituationen, elektrotechnikbezogene Selbstwirksamkeit sowie motivationale Orientierungen gegenüber Elektrotechnik und ihrer unterrichtlichen Vermittlung. Fachwissen wird dabei als zentrale Ressource verstanden, um elektrotechnische Sachverhalte fachlich korrekt zu erklären und didaktisch zu strukturieren. Fachdidaktisches Wissen baut darauf auf, indem es die Transformationsleistung dieser Inhalte in lernförderliche Unterrichtssituationen umfasst. Gerade in der Elektrotechnik ist zu erwarten, dass fachdidaktische Einschätzungen in besonderem Maße fachliches Verstehen voraussetzen. Wer die Funktion von Bauteilen, Messprinzipien oder Schaltungszusammenhängen nicht hinreichend versteht, kann typische Lernschwierigkeiten nur begrenzt diagnostizieren und angemessene didaktische Entscheidungen treffen.

Die elektrotechnikbezogene Lehrveranstaltung und das daran anschließende LLL adressieren diese Facetten jedoch in unterschiedlicher Weise. Das elektrotechnische Fachwissen ist vor allem an die systematische fachliche Auseinandersetzung in der Grundlagenveranstaltung gebunden. Das LLL fokussiert darüber hinaus die unterrichtliche Nutzbarmachung dieses Wissens, indem Studierende fachliche Inhalte praktisch erproben, didaktisch rekonstruieren, Materialien entwickeln, Lehr-Lern-Situationen vorbereiten und Erfahrungen mit Lernenden reflektieren. Damit werden insbesondere fachdidaktische Einschätzungen, Selbstwirksamkeit und motivationale Orientierungen plausibel mit der spezifischen Struktur des LLL verbunden.

Für die Selbstwirksamkeit ist BANDURAS sozial-kognitive Theorie zentral. Selbstwirksamkeit bezeichnet die subjektive Überzeugung, die zur Bewältigung bestimmter Anforderungen notwendigen Handlungen erfolgreich ausführen zu können (BANDURA, 1977). Sie ist nicht mit objektiv vorhandenem Können gleichzusetzen, sondern beschreibt eine handlungsleitende Erwartung, die beeinflusst, ob Personen sich Anforderungen stellen, wie viel Anstrengung sie investieren, wie lange sie bei Schwierigkeiten persistieren und wie sie Misserfolge verarbeiten (BANDURA, 1977; KRAPP & RYAN, 2002).

In der vorliegenden Untersuchung soll es nicht um die allgemeine Lehrerselbstwirksamkeit gehen, sondern um das Zutrauen, elektrotechnische Inhalte fachlich, fachpraktisch und didaktisch bewältigen zu können. Das LLL bietet für solche Selbstwirksamkeitserfahrungen einen besonders geeigneten Rahmen, weil Studierende dort eigene Bewältigungserfahrungen in unterrichtsnahen Situationen sammeln können. Sie bauen Schaltungen auf, erklären Funktionen, begleiten Schüler:innen bei praktischen Aufgaben, reagieren auf Schwierigkeiten und reflektieren ihr Handeln. In Anlehnung an BANDURA (1977) sind solche eigenen Leistungserfahrungen für die Ausbildung von Selbstwirksamkeit besonders bedeutsam.

Motivationale Orientierungen werden im COACTIV-Modell ebenfalls als Bestandteil professioneller Kompetenz verstanden, weil sie beeinflussen, ob und wie Lehrkräfte berufliche Anforderungen aufgreifen, aufrechterhalten und bewältigen (BAUMERT & KUNTER, 2006; KUNTER et al., 2011). Für die Elektrotechnik ist diese Facette besonders relevant, da Studierende elektrotechnische Inhalte häufig als abstrakt, fehleranfällig oder schwer zugänglich erleben können. Wenn Studierende im LLL erfahren, dass elektrotechnische Inhalte praktisch umsetzbar, für Schüler:innen erklärbar und unterrichtlich sinnvoll strukturierbar sind, kann dies dazu beitragen, Elektrotechnik als zugänglicher und bedeutsamer wahrzunehmen. Die theoretische Erwartung des Zusammenhangs zwischen Selbstwirksamkeit und Motivation ergibt sich daraus, dass subjektive Kompetenzüberzeugungen mitbestimmen, ob eine Domäne als bewältigbar und lohnend erlebt wird (BANDURA, 1977; KRAPP & RYAN, 2002).

Die elektrotechnikbezogene Untersuchung folgt hierbei einer zweigeteilten Erkenntnislogik. Die quantitativen Forschungsfragen prüfen die erwarteten Gruppenunterschiede und Zusammenhänge zwischen den ausgewählten Facetten professioneller Handlungskompetenz. Die qualitative Vertiefung rekonstruiert ergänzend, wie Studierende Theorie- und Praxisanteile, fachpraktische Anforderungen, Unsicherheiten und LLL-Erfahrung subjektiv deuten. Damit wird die kompetenztheoretische Operationalisierung durch eine strukturtheoretisch sensible Rekonstruktion professioneller Erfahrungs- und Reflexionsprozesse ergänzt, woraus sich die im folgenden aufgelisteten Forschungsfragen ergeben.

FF-E1:

In welchem Ausmaß unterscheiden sich Studierende mit und ohne Teilnahme an einem elektrotechnikbezogenen LLL hinsichtlich ihres elektrotechnischen Professionswissens?

FF-E2:

In welchem Ausmaß unterscheiden sich Studierende mit und ohne Teilnahme an einem elektrotechnikbezogenen LLL hinsichtlich ihrer selbstwirksamkeitsbezogenen Einschätzungen in Bezug auf elektrotechnische Inhalte und deren unterrichtliche Umsetzung?

FF-E3:

In welchem Ausmaß unterscheiden sich Studierende mit und ohne Teilnahme an einem elektrotechnikbezogenen LLL hinsichtlich ihrer motivationalen Orientierungen gegenüber elektrotechnischen Themen und deren Vermittlung?

FF-E4:

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen elektrotechnischem Fachwissen, fachdidaktischem Wissen sowie motivations- und selbstwirksamkeitsbezogenen Orientierungen?

FF-E5:

Wie beschreiben Studierende mit und ohne Teilnahme am LLL die Bedeutung von Theorie- und Praxisanteilen der Elektrotechnik für ihre spätere Berufspraxis?

FF-E6:

Welche Beiträge schreiben Studierende mit Teilnahme am LLL diesem Format im Hinblick auf Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Unterrichtsplanung, Durchführungssicherheit und den Umgang mit Herausforderungen zu?

Für den Bereich der Elektrotechnik lassen sich auf Grundlage der in Kapitel 2 entwickelten theoretischen Annahmen und den zugrundeliegenden Forschungsfragen folglich gerichtete Hypothesen formulieren.

Diese werden entlang der zentralen Facetten professioneller Handlungskompetenz entwickelt und zugleich auf die spezifische Konzeption der in Kapitel 3.3 beschriebenen Intervention bezogen. Das LLL wird dort als Verbindung von fachlichem Verstehen, fachpraktischer Erprobung fachdidaktischer Strukturierung und reflexiver Vorbereitung unterrichtlicher Praxis beschrieben, weshalb insbesondere für jene Facetten Unterschiede zu erwarten sind, die eng an Planung, Strukturierung, Anwendung und Reflexion gebunden sind. Aufgrund der nicht-randomisierten Gruppenzugehörigkeit werden die Hypothesen nicht als strenge Wirkungshypothesen, sondern als gerichtete Unterschieds- und Zusammenhangshypothesen formuliert.

Da das LLL in besonderer Weise die Überführung fachlicher Inhalte in konkrete Unterrichts- und Handlungssituationen verlangt, wird zunächst angenommen, dass Studierende mit LLL-Erfahrung über stärker ausgeprägtes fachdidaktisches Wissen verfügen. Diese Erwartung knüpft an die theoretische Annahme an, dass fachdidaktisches Wissen insbesondere dort entwickelt wird, wo fachliche Inhalte unter Berücksichtigung typischer Lernschwierigkeiten, methodischer Entscheidungen und unterrichtlicher Anforderungen in lernförderliche Arrangements überführt werden müssen.

H1:

Studierende mit Teilnahme an einem elektrotechnikbezogenen LLL weisen höhere Werte in den fachdidaktischen Einschätzungen zu elektrotechnischen Unterrichtssituationen auf als Studierende ohne Teilnahme an einem solchen LLL.

Darüber hinaus ist zu erwarten, dass die Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht im LLL insbesondere die wahrgenommene Sicherheit im Umgang mit fachpraktischen und unterrichtsbezogenen Anforderungen erhöht. Diese Annahme stützt sich auf die in Kapitel 2.3.3 diskutierte Bedeutung von Selbstwirksamkeitserwartungen sowie auf die in Kapitel 3.3 beschriebene reflexive und anwendungsbezogene Auslegung der Elektrotechnik-Intervention.

H2:

Studierende mit Teilnahme an einem elektrotechnikbezogenen LLL weisen im Mittel höhere selbstwirksamkeitsbezogene Einschätzungen im Hinblick auf fachpraktische und unterrichtsbezogene Anforderungen der Elektrotechnik auf als Studierende ohne Teilnahme am LLL.

Ferner wird angenommen, dass die aktive Auseinandersetzung mit elektrotechnischen Inhalten im LLL sowie deren Vermittlung an Schüler:innen zu positiveren motivationalen Orientierungen gegenüber dem Themenfeld Elektrotechnik beiträgt. Diese Erwartung ergibt sich aus den in Kapitel 2.3.3 diskutierten Zusammenhängen von Interesse, Bedeutsamkeitserleben und selbstbezogenen Kompetenzüberzeugungen sowie aus der Annahme, dass die im LLL angelegte Verschränkung von fachlicher Vertiefung und unterrichtlicher Anwendung das Erleben von Relevanz und Selbstwirksamkeit unterstützen kann.

H3:

Studierende mit Teilnahme an einem elektrotechnikbezogenen LLL weisen positivere motivationale Orientierungen gegenüber elektrotechnischen Inhalten und deren unterrichtlicher Vermittlung auf als Studierende ohne Teilnahme an einem solchen LLL.

Im Hinblick auf das elektrotechnische Fachwissen ist theoretisch ebenfalls von Zusammenhängen mit der Teilnahme an der einschlägigen Lehrveranstaltung und mit weiterführenden Professionalisierungserfahrungen auszugehen. Da Fachwissen im theoretischen Teil der Arbeit als grundlegende Ressource für das Verstehen, Strukturieren und Erklären fachlicher Inhalte bestimmt wurde und der Elektrotechnik-Kurs in Kapitel 3.3 auf einem systematischen Aufbau curricular anschlussfähigen Fachverständnisses zielt, ist zu erwarten, dass Studierende mit einschlägiger Lehrveranstaltungserfahrung im Mittel höhere Fachwissenswerte aufweisen als Studierende ohne entsprechende Erfahrung. Im Unterschied zu den vorangegangenen Hypothesen ist diese Erwartung jedoch weniger exklusiv auf das LLL als auf die insgesamt absolvierte elektrotechnische Lerngelegenheit bezogen.

H4:

Studierende, die die Veranstaltung zu den Grundlagen der Elektrotechnik bereits absolviert haben, weisen höhere Werte im elektrotechnischen Fachwissen auf als Studierende ohne entsprechende Lehrveranstaltungserfahrung.

Schließlich werden auf Grundlage des in Kapitel 2.3 dargelegten Modells professioneller Handlungskompetenz positive Zusammenhänge zwischen den kognitiven und nicht-kognitiven Facette erwartet.

Insbesondere ist theoretisch anschlussfähig, dass fundiertes Fachwissen die Basis für fachdidaktische Strukturierungsleistungen bildet und dass höhere selbstwirksamkeitsbezogene Einschätzungen mit positiveren motivationalen Orientierungen einhergehen. Damit werden nicht nur Gruppenunterschiede, sondern auch die relationale Struktur der erfassten Kompetenzfacetten zum Gegenstand der Untersuchung gemacht.

H5:

Höheres elektrotechnisches Fachwissen geht mit höheren Werten in den fachdidaktischen Einschätzungen zu elektrotechnischen Unterrichtssituationen einher.

H6:

Höhere selbstwirksamkeitsbezogene Einschätzungen gehen mit positiveren motivationalen Orientierungen gegenüber elektrotechnischen Inhalten und deren Vermittlung einher.

4.2 BNE-spezifische professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die BNE-bezogene Teilstudie fokussiert ebenfalls professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte, folgt jedoch einer anderen Erkenntnislogik als die elektrotechnikbezogene Untersuchung.

Während die Elektrotechnik als curricular stärker abgegrenzter Inhaltsbereich eine standardisierte Erfassung ausgewählter Kompetenzfacetten ermöglicht, ist eine BNE im Technikunterricht stärker als normatives, mehrperspektivisches und querschnittliches Bildungsanliegen zu verstehen. BNE ist nicht lediglich ein zusätzlicher Unterrichtsinhalt, sondern eine Perspektive, in der fachliches Wissen, technische Gestaltung, gesellschaftliche Verantwortung, Bewertungskompetenz und Zukunftsorientierung miteinander verschmelzen. Die theoretische Grundlage hierfür bildet das in Kapitel 2.6 entwickelte Verständnis BNE-spezifischer professioneller Handlungskompetenz.

BNE-bezogene Professionalität umfasst nicht nur Wissen über nachhaltige Entwicklung, sondern auch die Fähigkeit, ökologische, ökonomische, soziale, politische und technische Aspekte in ihren Wechselwirkungen zu erschließen und didaktisch bearbeitbar zu machen. Für angehende Techniklehrkräfte ist daher nicht nur relevant, ob sie BNE allgemein für wichtig halten, sondern wie sie nachhaltige Entwicklung, Technik, Unterricht und die eigene Lehrkraftrolle miteinander in Beziehung setzen. Ein zentrales Bezugskonstrukt ist dabei die Gestaltungskompetenz und die daran anschließende gestaltungsorientierte Technikdidaktik (RÖBEN, 2023b). DE HAAN (2008) beschreibt Gestaltungskompetenz als Fähigkeit, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden, Schlussfolgerungen aus Gegenwarts- und Zukunftsanalysen zu ziehen, Entscheidungen zu treffen und nachhaltige Entwicklungsprozesse mitzugestalten. Gestaltungskompetenz umfasst damit nicht nur Wissen, sondern auch Bewertung, Perspektivübernahme, Kooperation, Partizipation und Handlungsfähigkeit. Für die vorliegende Untersuchung ist deshalb bedeutsam, ob Studierende BNE bereits als gestaltungsorientierten Bildungsanspruch verstehen oder, ob sie BNE vor allem mit einzelnen Themen wie Umwelt, Klima, Ressourcen oder Konsum verbinden.

Besonders relevant ist der Zusammenhang von Technik und nachhaltiger Entwicklung. Technik kann im Nachhaltigkeitskontext weder ausschließlich als Problem noch ausschließlich als Lösung verstanden werden. Technische Artefakte, Verfahren und Infrastrukturen sind mit Ressourcenverbrauch, Energiebedarf, Produktionsbedingungen, Entsorgung, sozialen Folgen und ökologischen Belastungen verbunden. Gleichzeitig eröffnen technische Entwicklungen Möglichkeiten für Ressourcenschonung, Reparatur, Effizienz, erneuerbare Energien, Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Mobilität und eben wassertechnische Versorgungssysteme.

Technikunterricht besitzt daher ein besonderes Potenzial, BNE nicht nur abstrakt zu thematisieren, sondern an Materialien, Produkten, technischen Systemen und Gestaltungsentscheidungen konkret zu bearbeiten. Gerade im Kontext von BNE ist die strukturtheoretische Perspektive greifend. BNE-Unterricht ist durch offene Problemstellungen, normative Zielkonflikte, unterschiedliche Wertbezüge und nicht vollständig vorhersehbare Deutungsprozesse geprägt. Nachhaltigkeitsfragen lassen sich nicht allein über eindeutige fachliche „Richtig-Falsch-Schemata“ bearbeiten, sondern verlangen Urteilsbildung, Perspektivwechsel und die Auseinandersetzung mit widersprüchlichen Interessen.

Hier stellt sich also die Frage, wie angehende Techniklehrkräfte solche Situationen deuten, welche Rolle sie sich selbst zuschreiben und welche didaktischen Herausforderungen sie antizipieren. Aus professionstheoretischer Perspektive ist hierbei zudem relevant, wie Lehrkräfte Unterrichtsgegenstände bewerten, Lernziele setzen und Handlungsoptionen auswählen. Für die BNE ist dies insofern relevant, weil Lehrkräfte normative Fragen bearbeiten müssen, ohne Lernende zu überwältigen oder Nachhaltigkeit auf moralische Appelle zu reduzieren. Die hier vorliegende Teilstudie zielt deshalb auf die Rekonstruktion von Vorstellungen, Zielhorizonten, Deutungsmustern sowie wahrgenommenen Herausforderungen angehender Techniklehrkräfte, um Konsequenzen für die Gestaltung von Professionalisierungsmaßnahmen zu ziehen. Zugleich wird untersucht, welche Bedeutung BNE-bezogene LLL-Erfahrungen für diese Deutungen haben.

Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF-BNE1:

Welche Vorstellungen haben angehende Techniklehrkräfte von BNE und welche Ziele schreiben sie einer BNE im Technikunterricht zu?

FF-BNE2:

Welche Bedeutungen schreiben angehende Techniklehrkräfte dem Zusammenhang zwischen nachhaltiger Entwicklung und Technik zu?

FF-BNE3:

Welche Anforderungen und Herausforderungen rekonstruieren angehende Techniklehrkräfte im Hinblick auf die unterrichtliche Umsetzung von BNE im Technikunterricht?

FF-BNE4:

Welche Unterschiede zeigen sich in den Deutungen und Einschätzungen von Studierenden mit und ohne Erfahrungen in einem entsprechenden LLL?

5 Methodischer Teil

5.1 Untersuchungsdesign

In der vorliegenden Arbeit wird zur Untersuchung der Facetten der professionellen Handlungskompetenz ein Mixed-Methods Ansatz herangezogen. Der Ansatz verbindet eine quantitative querschnittliche Fragebogenstudie zur elektrotechnikspezifischen professionellen Handlungskompetenz mit qualitativen (Vertiefungs-) Studien zur Elektrotechnik und zur Bildung für nachhaltige Entwicklung im Technikunterricht.

Ausgehend von der in Kapitel 2 vorgenommenen theoretischen Rahmung professioneller Handlungskompetenz und der in Kapitel 3 beschriebenen Interventionsgestaltung begründet sich die Wahl dieses Untersuchungsdesigns darin, dass der Untersuchungsgegenstand in seiner vollen Komplexität erfasst werden soll. Professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte erschöpft sich nicht in einzelnen isolierten Wissensbeständen, sondern umfasst, wie in den theoretischen Vorarbeiten herausgearbeitet wurde, kognitive und nicht-kognitive Facetten, die sich nur begrenzt mit einem rein quantitativen oder rein qualitativen Zugang in ihrer Tiefe abbilden lassen. Die Verbindung standardisierter und qualitativ-rekonstruktiver Verfahren ist deshalb geeignet, um sowohl Unterschiede und Zusammenhänge zwischen zentralen Facetten professioneller Handlungskompetenz wie dem Professionswissen sichtbar zu machen als auch subjektive Deutungen, Überzeugungen und wahrgenommene Entwicklungsverläufe zu rekonstruieren.

Gewählt wurde hier für die Elektrotechnik ein Mixed-Methods Ansatz nach dem Vertiefungsmodell, in dem auf eine quantitative Studie eine qualitative Studie folgt, in deren Rahmen einige der Proband:innen aus der Fragebogenerhebung noch einmal ausführlich mit Leitfaden-Interviews befragt werden. Dieses Vertiefungsmodell hat den Vorteil, dass teilweise dieselben Personen untersucht werden und die qualitativen und quantitativen Befunde direkt aufeinander bezogen und in ihrer Gesamtkomplexität interpretiert werden können (DÖRING, 2023, S. 186).

Die Entscheidung für einen Mixed-Methods-Ansatz gründet jedoch nicht allein auf pragmatischen Überlegungen zur Reichweite der Datenbasis, sondern folgt hier einer methodologischen Überzeugung, die in der neueren Forschungsmethodologie breit geteilt wird. Komplexe Phänomene lassen sich dann am differenziertesten erfassen, wenn quantitative und qualitative Zugänge nicht als einander anschließende Paradigmen verstanden, sondern gezielt zu einem integrierten Forschungsdesign verbunden werden (KELLE, 2008, S. 23 f.; KUCKARTZ, 2014, S. 33 ff.; DÖRING & BORTZ, 2016, S. 63 ff.). Der Gegenstand der vorliegenden Untersuchung, nämlich die professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte, ist dabei in besonderer Weise für eine solche Verbindung geeignet, weil er kognitive Dispositionsmerkmale umfasst, die sich standardisiert erheben lassen, und zugleich subjektiv bedeutsame Deutungs- und Reflexionsprozesse einschließt, die einer rekonstruktiven Erschließung bedürfen.

Erkenntnistheoretisch folgt das vorliegende Design daher keinem strikten Methodenmonismus, sondern einem methodologischen Pluralismus, in dem verschiedene Erkenntniszugänge als komplementär und wechselseitig bereichernd begriffen werden. KELLE (2008) zeigt überzeugend, dass die Dichotomisierung von qualitativer und quantitativer Forschung als gegeneinanderstehende Paradigmen methodologisch nicht haltbar ist, da beide Traditionen prinzipiell vor ähnlichen erkenntnistheoretischen Problemen stehen und ihre jeweiligen Stärken gerade durch gezielte Kombination zur Geltung gebracht werden können (ebd., S. 26 ff.). Quantitative Verfahren erlauben es beispielsweise, Ausprägungen von Kompetenzfacetten in der Elektrotechnik zu messen, Gruppenunterschiede zu identifizieren und Zusammenhänge zwischen Konstrukten wie den Wissensfacetten statistisch zu prüfen. Qualitative Verfahren hingegen ermöglichen es, die subjektiven Bedeutungszuschreibungen, handlungsleitenden Überzeugungen und situativen Erfahrungen zu rekonstruieren, aus denen jene Muster erst verständlich werden, die quantitativ sichtbar sind. Beide Zugänge beantworten dabei unterschiedliche Fragen über denselben Gegenstand und ersetzen einander nicht, sondern ergänzen sich in ihrer Erkenntnisleistung (KUCKARTZ, 2014, S. 35).

Die Entscheidung für das Vertiefungsmodell, also die sequenzielle Anlage, in der die qualitative Studie der quantitativen nachfolgt, begründet sich darüber hinaus aus der spezifischen Erkenntnislogik der Untersuchung.

Im Gegensatz zum konvergenten Parallelmodell, in dem beide Stränge gleichzeitig und unabhängig voneinander erhoben und erst in der Auswertung zusammengeführt werden, zielt das Vertiefungsmodell darauf, quantitative Befunde durch qualitative Rekonstruktion zu vertiefen und zu erklären (KUCKARTZ, 2014, S. 75 ff.; DÖRING, 2023, S. 186). Im Vordergrund steht nicht die gleichzeitige, voneinander unabhängige Erhebung zweier Datenstränge, sondern die gezielte Vertiefung und Kontextualisierung quantitativer Befunde durch qualitative Rekonstruktion. Die qualitative Studie ist damit nicht bloß illustrativ, sondern dient der substanziellen Erweiterung des Erklärungspotenzials der quantitativen Befunde. Es wird hierbei jedoch keine vollständige Konvergenz beider Datensätze vorausgesetzt. KELLE (2008, S. 302 f.) weist darauf hin, dass gerade divergente Befunde zwischen qualitativen und quantitativen Strängen erkenntnistheoretisch produktiv sein können, indem sie zur Präzisierung von Konstrukten, zur Überprüfung von Vorannahmen und zur Weiterentwicklung theoretischer Modelle beitragen. Übereinstimmungen, gegenseitige Ergänzungen und mögliche Divergenzen werden entsprechend gleichermaßen als Erkenntnisquelle genutzt und im Fall von Widersprüchen als Anlass zur vertieften Reflexion der jeweiligen Befundlagen verstanden, nicht als methodisches Problem (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 65 f.).

Der Entscheidung für das Untersuchungsdesign kommt die in Kapitel 3.3 dargelegte Gestaltung der Interventionen untermauernd hinzu, welche nicht allein auf die Vermittlung isolierter fachlicher Inhalte abzielen, sondern auf die Verbindung von fachlichem Verstehen, fachpraktischer Erprobung, fachdidaktischer Strukturierung und reflexiver Vorbereitung unterrichtlicher Praxis. Soll untersucht werden, inwiefern sich Studierende mit unterschiedlichen Lern- und Professionalisierungserfahrungen in diesen Facetten unterscheiden und wie sie diese selbst deuten, so bedarf es einer methodischen Auslegung, die beiden Ebenen Rechnung trägt:

„Wer dahingegen subjektive Wahrnehmungs- und Deutungsmuster [...] explorieren will, wird durch ein dogmatisches Festhalten an der Methode standardisierter Befragung als vermeintlichen Königsweg der Sozialforschung kaum brauchbare Resultate erzielen können.“ (KELLE, 2022, S. 175)

Der quantitative Teil der Untersuchung zur Elektrotechnik ist als querschnittliche Studie angelegt. Diese Entscheidung ergibt sich aus dem Erkenntnisinteresse der Arbeit, das nicht primär auf die Messung kurzfristiger intraindividuelle Veränderungen, sondern auf die Erfassung unterschiedlicher Ausprägungen einzelner Facetten professioneller Handlungskompetenz bei Studierenden mit unterschiedlichen Lernerfahrungen gerichtet ist. Im Zentrum stehen hierbei Unterschiede zwischen Studierenden mit und ohne Teilnahme an einem elektrotechnikbezogenen LLL sowie Zusammenhänge zwischen zentralen Kompetenzfacetten. Ein querschnittliches Vorgehen ermöglicht es, Studierende in verschiedenen Studienphasen sowie mit unterschiedlichen Vorerfahrungen, Modulbiografien, Praxisbezügen und LLL-Erfahrungen in die Untersuchung einzubeziehen und auf diese Weise ein breiteres Bild elektrotechnikspezifischer professioneller Handlungskompetenz im Technikstudium zu gewinnen.

Hinzu kommt, dass die Teilnahme am LLL sowie die Vorkenntnisse zu elektrotechnischen Themen nicht im Rahmen einer experimentellen Zuweisung erfolgte, sondern Teil realer Studienverläufe und Wahlentscheidungen ist. Die Anlage der Untersuchung ist damit insgesamt auf die Analyse natürlich entstandener Gruppenunterschiede und professionsbezogener Zusammenhänge gerichtet und nicht auf den Nachweis kausaler Interventionseffekte im engeren Sinne. Die Ergebnisse des quantitativen Teils sind demnach als Unterschiede zwischen Gruppen sowie als Zusammenhänge zwischen Kompetenzfacetten zu interpretieren.

Erweitert wird dieser quantitative Zugang durch qualitative, halbstrukturierte Interviews. Die Erfassung professionsbezogener Überzeugungen, subjektiver Theorien und wahrgenommener Beiträge der Lehrveranstaltungen erfordert eine direkte und offene Kommunikation zwischen Untersuchendem und Beforschten. Gerade solche subjektiven Sichtweisen schlagen sich in Äußerungen nieder, die nur dann in ihrer Tiefe rekonstruiert werden können, wenn Raum für Erzählungen, Präzisierungen und Nachfragen besteht (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 69; HELFFERICH, 2011, S. 21). Die qualitative Teilstudie dient daher dazu, jene Deutungsmuster, Relevanzzuschreibungen und reflexiven Verarbeitungen sichtbar zu machen, die sich durch standardisierte Erhebungen nur begrenzt erfassen lassen.

Für die Elektrotechnik wurden hierzu leitfadengestützte Interviews mit Studierenden geführt, die am LLL teilgenommen haben, sowie mit Studierenden ohne entsprechende Teilnahme. Im Zentrum stehen dabei Einschätzungen zur Bedeutung der Theorie- und Praxisanteile der Elektrotechnik, zur Relevanz der Inhalte für die spätere Berufspraxis, zu Herausforderungen bei der unterrichtlichen Umsetzung sowie im Falle der LLL Teilnahme zu wahrgenommenen Entwicklungsfortschritten in Bezug auf Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Unterrichtsplanung und Handlungssicherheit. Die qualitative Untersuchung ergänzt den quantitativen Teil damit nicht bloß illustrativ, sondern rekonstruiert jene subjektiven Theorien und professionsbezogenen Orientierungen, die für das Verständnis der quantitativen Befunde von zentraler Bedeutung sind.

Für den Bereich BNE ist das Untersuchungsdesign demgegenüber rein qualitativ-rekonstruktiv ausgerichtet, besitzt jedoch einen begleitenden quantitativen Teil, welcher zur Rekonstruktion von Kursinhalten herangezogen wird. Wie die theoretischen Vorarbeiten zu BNE-spezifischer professioneller Handlungskompetenz gezeigt haben, stehen hier weniger standardisiert prüfbare Unterschiedshypothesen im Vordergrund als vielmehr Vorstellungen, Relevanzzuschreibungen, wahrgenommene Anforderungen und Herausforderungen sowie Konsequenzen für die Weiterentwicklung universitärer Lehrangebote im Schnittfeld von Technik und nachhaltiger Entwicklung. Das Feld ist hier bisher kaum untersucht und durch die inhaltliche Vielfalt ist eine standardisierte Prüfung hier eher schwierig. Dies macht es nötig, die Vorstellungen zu dem Thema zunächst zu rekonstruieren, ehe verallgemeinerte Aussagen getroffen werden können (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 64 ff.).

Entsprechend wurde für diesen Themenbereich auf leitfadengestützte Interviews zurückgegriffen, in denen das Verständnis von BNE, die Bedeutung des Zusammenhangs von Technik und nachhaltiger Entwicklung, Möglichkeiten der unterrichtlichen Umsetzung sowie wahrgenommene Anforderungen an Lehrkräfte rekonstruiert werden. Auch wenn hierbei Studierende mit und ohne LLL-Erfahrungen berücksichtigt werden, dient der Vergleich nicht primär der Effektprüfung, sondern der Erschließung unterschiedlicher Perspektiven und Entwicklungsbedarfe.

Für die BNE-spezifische Untersuchung lässt sich festhalten, dass es aufgrund der Offenheit der Thematiken und schwer eingrenzbarer Wissensbestände mehr darum geht, Handlungsempfehlungen für die Gestaltung von Professionalisierungsmaßnahmen abzuleiten. Ergänzend zu den Interviews wurde wie erwähnt im Bereich BNE eine zusätzliche Befragung eingesetzt. Diese Zusatzbefragung dient nicht als eigenständige hypothesenprüfende Teilstudie, sondern als ergänzende Datenquelle zur Kontextualisierung und Verdichtung der qualitativen Befunde. Sie ermöglicht zusätzliche Einblicke in BNE-bezogene Selbsteinschätzungen, Vorstellungen von Gestaltungskompetenz sowie motivationale und selbstwirksamkeitsbezogene Orientierungen der Studierenden. Dadurch können die im Interviewmaterial rekonstruierten Deutungsmuster um weitere Hinweise ergänzt werden, welche in die Interventionsgestaltung einfließen können. Die Zusatzbefragung wird entsprechend triangulierend genutzt, um die qualitative Interpretation zu erweitern und wurde ausschließlich als Eingangsbefragung im Kurs angewendet, um Konsequenzen zur didaktischen Rekonstruktion abzuleiten.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass das gewählte Untersuchungsdesign dem Facettenreichtum des Forschungsgegenstandes Rechnung trägt. Während der quantitative Zugang im Bereich Elektrotechnik Unterschiede zwischen Gruppen sowie Zusammenhänge zwischen einzelnen Facetten professioneller Handlungskompetenz in einem gut strukturierten Themenfeld sichtbar machen soll, dienen die qualitativen Zugänge dazu, subjektive Theorien, professionsbezogene Überzeugungen und wahrgenommene Anforderungen in ihrer Komplexität zu rekonstruieren (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 69, HELFFERICH, 2011, S. 21).

5.2 Stichproben der verschiedenen Studien

Die Stichprobe besteht aus angehenden Techniklehrkräften, die an der Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg studieren und umfasst für den Fragebogen zur Elektrotechnik insgesamt 84 Proband:innen, wobei hier nur vollständig ausgefüllte Fragebögen zur Auswertung herangezogen wurden. Teilgenommen haben insgesamt 53 männliche, 30 weibliche sowie eine diverse Person.

Aufgrund des sehr ausführlichen und zeitintensiven Fragebogens (90 Minuten), wurden die Studierenden während verschiedener Lehrveranstaltungen befragt und es wurde in diesen extra Zeit eingeräumt. Studierende, die am LLL zur Elektrotechnik teilgenommen haben, wurden in der entsprechenden Veranstaltung befragt ($N = 18$). Darüber hinaus geben 19 weitere Studierende an, dass sie bereits anderweitig Erfahrungen in einem LLL im Fach Technik sammeln konnten.

Die Studierenden sind überwiegend zwischen 21-25 Jahre ($N = 33$) und 26-30 Jahre ($N = 26$), ein geringer Anteil ist unter 20 Jahren ($N = 5$) und der Rest ($N = 20$) über 31 Jahre alt. Insgesamt befinden sich $N = 30$ Studierende im Bachelor Technik (2-Fach-Bachelor) und $N = 22$ Studierende im Masterstudiengang Technik. Das Technikstudium mit dem Schwerpunkt Sonderpädagogik belegen im Bachelor $N = 21$ und im Master $N = 11$ Studierende. Insgesamt 18 der Befragten Studierenden studieren neben Technik ein weiteres MINT Fach. Bemerkenswert ist der hohe Anteil an Studierenden, die vorher eine Berufsausbildung oder ein Studium abgeschlossen haben $N = 54$. Hinsichtlich schulpraktischer Vorerfahrungen haben $N = 52$ Studierende das allgemeine Schulpraktikum im Bachelorstudium sowie $N = 11$ Studierende das GHR300 Praktikum im Masterstudium abgeschlossen. Für die Vertiefungsstudie wurden insgesamt 20 Studierende zur Elektrotechnik interviewt. Hiervon haben neun das LLL besucht und die anderen keine elektrotechnikspezifischen Erfahrungen im LLL sammeln können. Die zweite qualitative Studie umfasste insgesamt 11 Studierende, welche hinsichtlich der zentralen Fragestellungen zur Rekonstruktion der BNE-spezifischen Aspekte befragt wurden. Ergänzt wurden die Interviews durch eine Eingangsbefragung der Kursteilnehmenden mit insgesamt $N = 21$ partizipierenden.

5.3 Überblick zu den Erhebungsverfahren

In den folgenden Abschnitten werden die Erhebungsverfahren zur Untersuchung der verschiedenen Aspekte der professionellen Handlungskompetenz vorgestellt, welche hier kurz zusammengefasst werden, ehe die damit verbundenen Instrumente im Detail beschrieben werden.

Für die Erfassung professionellen Wissens eignen sich kontextualisierte und situationsspezifische Testaufgaben in Form von Unterrichtsvignetten.

„Unterrichtsvignetten eignen sich insbesondere, um Indikatoren für das Wahrnehmen, Beurteilen und Interpretieren von Unterrichtssituationen zu erzielen.“ (RUTSCH et al., 2018, S. 17).

Im Forschungsprojekt EKoL wurden solche Vignetten für die MINT-Disziplinen entwickelt, die im Rahmen dieser Untersuchung mit den Vorarbeiten von GORETH (2017) und STRAUB (2020) für das Fach Technik aufgegriffen werden. Anders als beispielsweise bei GORETH (2017) soll hier jedoch anknüpfend an STRAUBS (2020) Auslegung (siehe Kapitel 2.5.2), nicht mit geschlossenen Vignetten gearbeitet werden, was im Forschungsprojekt EKoL mit der Forschungsökonomie begründet wird, jedoch kritisch vermerkt ist:

„Offene Antwortformate gelten bislang als besser geeignet, um praktisches Wissen und Können zu erfassen [...]“ (RUTSCH et al., 2018, S. 18).

Mit geschlossenen Antwortformaten läuft man darüber hinaus Gefahr, dass Probanden die Beantwortung nach sozialer Erwünschtheit vornehmen, sie durch den Kriterienkatalog auf kritische Punkte aufmerksam gemacht werden und die somit gemessene Kompetenz überschätzt wird. Darüber hinaus schränkt man sie in der Auswahl mit offenen Antwortformaten nicht inhaltlich ein, sie wählen die Antwort orientiert an ihrem Erwartungshorizont, was Rückschlüsse auf Kompetenzprofile zulässt (BROVELLI et al., 2013, S. 309).

Die Vignetten werden für dieses Vorhaben anders kontextualisiert, nämlich für die Elektrotechnik. Zwar ändert sich dadurch der Kerngedanke (z.B. Wissen um fachspezifische Methoden) in vielen der Vignetten nicht und diese wurden in den zitierten Studien ausgiebig validiert, dennoch wurde sich dazu entschieden, die Vignetten mittels zusätzlicher Expertenbefragung abzusichern, da ein Großteil der Vignetten aufgrund der thematischen Ausrichtung neu entwickelt werden mussten, was eine Validierung notwendig macht. Außerdem wurde in Kapitel 2.7 deutlich, dass es gerade im Hinblick auf curriculare Auslegungen bundeslandspezifische Unterschiede gibt, wodurch nicht automatisch davon auszugehen ist, dass eine bedingungslose Übertragbarkeit gegeben ist.

Aus der Beschreibung des Untersuchungsdesigns ist darüber hinaus deutlich geworden, dass ein Mixed-Methods-Ansatz unabdingbar ist, um die Komplexität der professionellen Handlungskompetenz abbilden zu können und daher ein rekonstruktives, qualitatives Setting ergänzt wird. Das entsprechende Erhebungsverfahren muss geeignet sein, um subjektive, kognitive Konstrukte zu erfassen.

SAATHOFF (2025) nutzte hierzu die Repertory-Grid-Methode, welcher er in der Diskussion seiner Arbeit einerseits aufgrund der Forschungsökonomie und zudem aufgrund der mangelnden Absicherung der Güte zwar als geeignet ansieht, jedoch aus Gründen der Praxisuntauglichkeit nicht weiterempfiehlt (SAATHOFF, 2025, S. 215 ff.). Entgegen seiner aufgestellten Vermutung, dass traditionelle Interviews möglicherweise nicht geeignet seien (ebd.), um solche Haltungen sichtbar zu machen, wurde sich hier für ein leitfadengestütztes Interview entschieden.

„Die Erhebung von subjektiven Konzepten, subjektiven Theorien, Deutungsmustern, Orientierungen, Positionierungen verträgt eine gewisse Strukturierung z.B. in Form eines Leitfadens für die Interviewführung.“
(HELFFERICH, 2011, S. 38).

Darüber hinaus sollen in den Interviews Aspekte wie die Selbstwirksamkeitswahrnehmung, motivationale Orientierungen und Positionierungen (z.B. gegenüber der Elektrotechnik oder der BNE) erfasst werden, weshalb sich auf klassische, leitfadengestützte Interviews fokussiert wird. Der Leitfaden zur Elektrotechnik ermöglicht hier eine Orientierung an dem Fragebogen, um Konstrukte entsprechend bei gleichzeitiger Wahrung von Offenheit vertiefen zu können.

6 Quantitative Teilstudie: Elektrotechnikspezifische professionelle Handlungskompetenz

Der Fragebogen zur Erfassung der elektrotechnikspezifischen Facetten professioneller Handlungskompetenz ist in vier zentrale Bereiche gegliedert. Der erste Fragebogenabschnitt beinhaltet allgemeine soziodemografischen Daten sowie studienspezifische Fragen zu Studienwahlmotiven (übernommen aus BÜNNING et al., 2018), Stand der Ausbildung und zu gemachten (Praxis-)Erfahrungen im Studium (siehe Anhang 9.1). Der zweite Abschnitt beinhaltet Fragen zum fachdidaktischen Wissen, der dritte zum Fachwissen und der letzte Abschnitt umfasst Items hinsichtlich motivationaler Aspekte und der Selbstwirksamkeitserwartung (teilweise adaptiert aus REINKE, 2022). Im Folgenden soll zunächst die Entwicklung der Fragen zum Fachwissen sowie zum fachdidaktischen Wissen weiter ausgeführt werden.

6.1 Fragebogen zum elektrotechnischen Fachwissen

Die Fragen zum Fachwissen wurden auf Grundlage des Curriculums neu entwickelt. Für die Messung elektrotechnischen Fachwissens angehender Lehrpersonen existieren im deutschsprachigen Raum bisher keine Instrumente auf die zurückgegriffen werden kann. Es existieren vereinzelt Untersuchungen mit Schüler:innen der Sekundarstufe 1. So hat NEPPER (2019) im Zuge seiner Untersuchung mit Schüler:innen zur situierten Fehlersuche in elektronischen Schaltungen (siehe Kapitel 2.5.1) ein Testinstrument zum elektrotechnikspezifischen Wissens entwickelt, allerdings muss für den Vergleich zwischen den Gruppen (LLL-Teilnahme und ohne) darauf geachtet werden, dass das fachliche Niveau und der Inhalt deckend zu den Veranstaltungskonzepten sind und standortspezifische Voraussetzungen (verschiedene Curricula, sowohl schulisch als auch hochschulisch) berücksichtigt werden, um einen Vergleich über die zwei Gruppen möglich zu machen. Einige der Items konnten trotzdem übernommen werden, etwa dann, wenn es um Standardbauteile wie den Transistor und die Beschriftung seiner Anschlüsse geht (NEPPER, 2019, S. 304 ff.). Darüber hinaus soll sowohl Schulwissen als auch vertieftes Schulwissen abgebildet werden, weshalb eine inhaltliche Anpassung vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Zielgruppen unausweichlich ist.

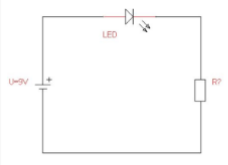
Der Fragebogen zum Fachwissen beinhaltet somit insgesamt 17 Aufgaben, aus denen aufgrund mehrteiliger Antwortformate insgesamt 20 auswertbare Items gebildet wurden (siehe Tabelle 4), welche sich nach Aufbauwissen sowie verschiedenen Facetten des Funktionswissens aufteilen. Außerdem wurde ein Mix aus offenen und geschlossenen Antwortformaten gewählt, um die Ratewahrscheinlichkeit bei der Beantwortung zu begrenzen.

Tabelle 4: Inhaltliche Aufschlüsselung des Fachwissensfragebogen zur Elektrotechnik

Inhalt	Kategorie
Widerstände in Schaltungen	Schulwissen
LED und Vorwiderstand	Schulwissen
Transistor innere Bedingungen	Schulwissen
Polarität LED	Schulwissen
Elektrische Leistung	Schulwissen
Transistor Aufbau (Pinbelegung)	Schulwissen
Funktionen eines Transistors	Schulwissen
Kondensator Polarität	Schulwissen
Dioden Dotierung	Universitätswissen
Leitungswiderstand	Universitätswissen
Schaltungsanalyse (fehlerhafter Schaltplan Polarität LED)	Vertieftes Schulwissen
Schaltungsanalyse (fehlerhafter Schaltplan Transistor)	Vertieftes Schulwissen
Kondensator Entladezeit	Vertieftes Schulwissen
Schaltungsanalyse (fehlerhafte Polung Kondensator in Ausschaltverzögerung)	Vertieftes Schulwissen
Messung von Dioden	Vertieftes Schulwissen
Astabile Kippstufe	Vertieftes Schulwissen
NPN-Transistor messen	Vertieftes Schulwissen

Die Fragen zum Fachwissen werden mit richtig (1-2 Punkte) und falsch (0 Punkte) bewertet, sodass durch einzelne, teilweise mehrpunktige Aufgaben ein Gesamtscore von maximal 23 Punkten erzielt werden kann. Es wurde zudem bei jeder Frage ein Item „Ich weiß die Antwort nicht“ hinzugefügt, welche ebenfalls mit 0 Punkten bepunktet wird. Die Absicherung der inhaltlichen Validität erfolgte hierbei durch die vorab getätigten Analysen der Curricula (siehe Kapitel 2.7) sowie durch Besprechung der Items mit Personen aus der Schulpraxis.

*In der unten abgebildeten Schaltung soll eine Leuchtdiode (LED) betrieben werden. Die Stromstärke soll 20mA betragen und die Betriebsspannung der LED liegt bei $U=2V$. Kreuzen Sie an, wie man den Vorwiderstand für die LED korrekt berechnet.



The diagram shows a series circuit. On the left is a DC voltage source labeled $U=9V$. On the top wire, there is a diode symbol pointing to the right, labeled "LED". On the right wire, there is a resistor symbol labeled R_P .

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- ☐ Da die LED eine Spannung von 2V hat und ein Strom von 20mA fließen soll, setze ich die beiden Werte in das ohmsche Gesetz ein und berechne den Widerstand R.
- ☐ Der Widerstand wird berechnet, indem man die Eingangsspannung von 9V nimmt und mit der gegebenen Stromstärke im ohmschen Gesetz einsetzt, um R zu ermitteln.
- ☐ Die Spannung der LED muss erst von der Eingangsspannung abgezogen werden. Anschließend teilt man diesen Wert durch die Stromstärke von 20mA und man erhält den korrekten Widerstand.
- ☐ Der Vorwiderstand sitzt an der falschen Position, er sollte vor der LED sitzen.
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

Abbildung 18: Beispielitem zum Fachwissen auf Schulniveau: Konkret geht es hier um die Berechnung des Vorwiderstandes einer LED.

Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass einerseits die inhaltliche Relevanz gegeben ist, andererseits konnte eine Einstufung der Schwierigkeiten sowohl curricular orientiert als auch praxisbezogen auf Grundlage der Erfahrungswerte dokumentiert werden. Ergänzend wurden Reliabilitäten der gebildeten Skalen geprüft. Die interne Konsistenz weist für die Skalen zum Fachwissenstest mit Cronbachs $\alpha = 0,911$ einen hohen Wert auf.

6.2 Entwicklung und Validierung der Vignetten zum fachdidaktischen Wissen

Neben den Fragen zum Fachwissen wurden Vignetten zum fachdidaktischen Wissen entwickelt.

„So kann davon ausgegangen werden, dass sich professionelle Teilkompetenzen, wie das fachdidaktische Wissen und Können in der Bearbeitung der Unterrichtsvignetten [...] und der Beurteilung von Unterrichtsvignetten, niederschlagen [...].“ (RUTSCH et al., 2018, S. 17 f.).

Basierend auf einem Literaturbericht zu dem Ablauf technikspezifischer Methoden für den Unterricht sowie auf von Expert:innen berichteten, typischen Fehlercharakteristika hat GORETH in seiner Arbeit 31 Unterrichtsvignetten entwickelt, die sich in den Facetten Unterrichtsstrukturierung und Werkzeug- und Maschinenhandhabung aufteilen (GORETH, 2017, S. 143, siehe auch Kapitel 2.5.2). Die Vignetten wurden durch eine weiterführende Expert:innenbefragung selektiert, sodass am Ende insgesamt 18 Unterrichtsvignetten für das Testinstrument (siehe Abbildung 19, grün eingefärbt) übrig geblieben sind (ebd., S. 174). Das Instrument wurde wie in Kapitel 2.5.2 beschrieben von STRAUB (2020) um zwei Facetten erweitert. STRAUB markiert, dass die Konstruktionsaufgabe zentraler Bestandteil für das fachdidaktische Wissen von Techniklehrkräften ist, weshalb diese auch hier aufgenommen wird (STRAUB, 2020, S. 220 f.). Wie in Kapitel 2.5.2 erwähnt, nutzt STRAUB für die Erweiterung des Instrumentes offene Antwortformate, jedoch nicht über alle Fragen, was in diesem Vorhaben aus den in Kapitel 5.3 genannten Gründen umgesetzt wird.

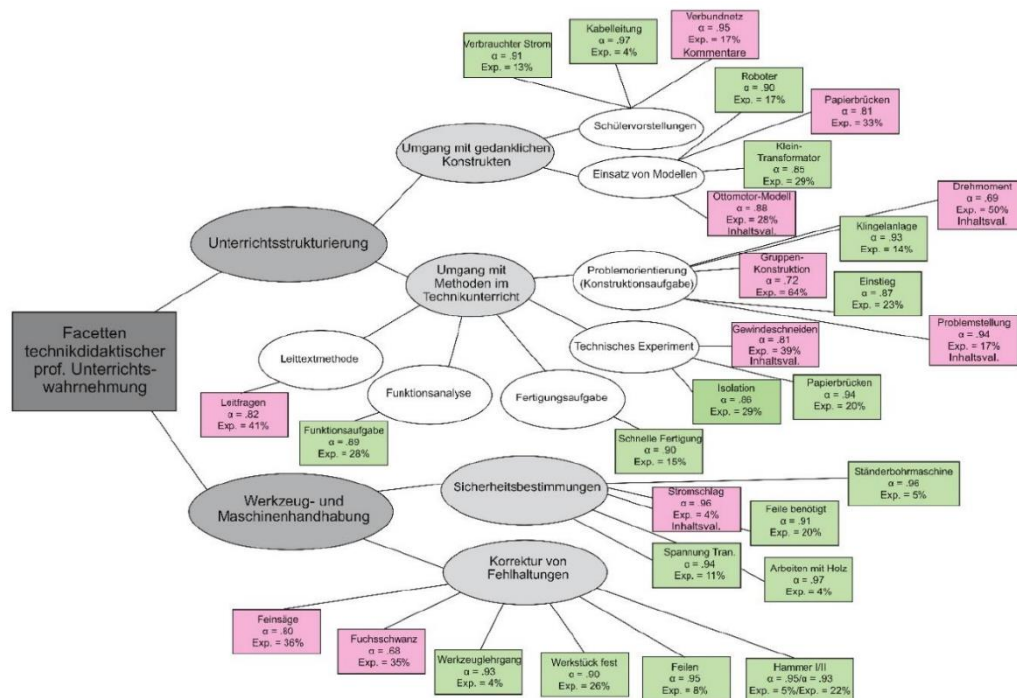


Abbildung 19: Itemselektion nach Expert:innenbefragung durch Goreth (GORETH, 2017, S. 174)

Darüber hinaus markiert GORETH einen wichtigen Punkt hinsichtlich der Eignung von textbasierten Vignetten zu der Werkzeug- und Maschinenhandhabung im Kompetenzstrukturmodell. Die Expert:innenbefragung im Zuge seiner Studie hat ergeben, dass das textbasierte Format zu dieser Facette weniger geeignet ist und eine Weiterentwicklung zu Videovignetten vonnöten ist, um das fachdidaktische Konstrukt angemessen abbilden zu können (GORETH, 2017, S. 134). Aus diesem Grund wurden zusätzlich zu den textbasierten Vignetten auch in diesem Vorhaben Videosequenzen entwickelt, die die elektrotechnikspezifische Werkzeughandhabung abbilden. Hierzu wurde keine gesamte Unterrichtssituation gefilmt, sondern ein Schüler, der nach gezielten Skripten (auf Grundlage des Interviews mit dem Leiter des Studienseminars hinsichtlich typischer Fehler) fehlerhafte Fertigungs- und Messausübungen tätigt. Auch die Videos wurden im Zuge der Expert:innenbefragung in der hier vorliegenden Arbeit inhaltlich validiert.

Bevor die entsprechenden Adaptionen vorgestellt werden ist noch anzumerken, dass die Vignetten, falls notwendig, kontextspezifisch auf die Elektrotechnik umformuliert wurden. Die Absicht dahinter ist, dass nicht nur generisches Methodenwissen, welches die Kenntnis einer Methode an sich umfasst im Zentrum steht, sondern ihre inhaltsspezifische Ausgestaltung. Dabei ist die begründete Ausgestaltung der Methoden auf Grundlage fachlicher Besonderheiten, typischer Lernschwierigkeiten im Themengebiet, geeigneter Repräsentationen sowie der jeweiligen Lernziele entscheidend. Insbesondere bei der Entwicklung geeigneter Handlungsalternativen mit dem zugrundeliegenden advokatorischen Ansatz der Vignetten wird dies zentral, da sich diese von anderen Bereichen nicht uneingeschränkt auf die Elektrotechnik übertragen lassen.

„Dieser Ansatz zeichnet sich dadurch aus, dass die Probandinnen und Probanden stellvertretend das professionelle Agieren der Lehrperson in der beschriebenen Unterrichtssituation beurteilen. Über die Qualität dieser Beurteilung wiederum sollen Rückschlüsse auf handlungsnahe professionelle Kompetenzen der Probandinnen und Probanden möglich werden.“ (RUTSCH et al., 2017, S. 494).

Auf dieser Grundlage wurden hier letztlich insgesamt 13 Fragen zum fachdidaktischen Wissen adaptiert und angepasst, neu entwickelt und schließlich eingesetzt.

Tabelle 5: Vignetten zum fachdidaktischen Wissen im allgemeinbildenden Elektrotechnikunterricht

Vignette	Fokus / Facette FDW
FDW01	Schülervorstellung Stromverbrauch
FDW02	Konstruktionsaufgabe / Umgang mit Methoden im TU.
FDW03	Technisches Experiment / Umgang mit Methoden im TU.
FDW04	Werkzeughandhabung (Unterstützung)
FDW05	Werkzeughandhabung (Löten auf Reißzwecke)
FDW06	Sicherheit: Transformator
FDW07	Sicherheit: Aufschrauben eines Netzteiles
FDW08	Sicherheitsunterweisung allgemein
FDW09	Werkzeughandhabung (Messvorgang Spannung)
FDW10	Fertigungsaufgabe (Bewertung)
FDW11	Technisches Experiment (Kondensator)
FDW12	Konstruktionsaufgabe Taschenlampe
FDW13	Technische Analyse (Reparatur)
FDW14	Produktanalyse
FDW15	Modelleinsatz Transistor (didaktische Reduktion)
FDW16	Video: Lötvorgang
FDW17	Video: Schaltungsaufbau Breadboard
FDW18	Video: Messung der Spannung von Widerständen
FDW19	Sicherheit: Wechselspannung
FDW20	Video: Spannungsmessung LED
FDW21	Schülervorstellungen Spannung in einer Reihenschaltung

Hierbei wurden typische Lernendenvorstellungen, Methodenwissen, Facetten der elektrotechnikspezifischen Werkzeughandhabung (z.B. Fehler bei Messvorgängen) sowie Wissen um den Einsatz geeigneter Modelle für die Elektrotechnik eingesetzt. Insgesamt wurden in einem ersten Schritt zunächst insgesamt 21 Vignetten entwickelt (siehe Tabelle 5).

Der Vorgang zur Selektion und Entwicklung der Vignetten soll im Folgenden dargelegt werden. In einem ersten Validierungsschritt wurden die Vignetten in einem Experteninterview mit dem Verantwortlichen des Studienseminars ausführlich besprochen und angepasst. Auf Grundlage des Interviews konnten inhaltliche Anpassungen vorgenommen werden. So wurde hinsichtlich der Sicherheit im Technikunterricht zunächst die Vignette zum Transformator aus GORETH (2017) adaptiert. Es stellte sich jedoch heraus, dass dieser in Niedersachsen im Technikunterricht kaum bis gar keine Rolle spielt und somit keinen authentischen Inhalt abbildet. Zeitgleich wurde das Curriculum zur Elektrotechnik in der Lehramtsausbildung an der Universität dageengehalten (nur der hier relevante Grundlagenkurs) und auch hier findet sich der Transformator nicht wieder, was einen Vergleich der Gruppen demnach nicht ermöglicht respektive zu Verzerrungen führen könnte. Darüber hinaus wurden auf Grundlage des Interviews die inhaltliche Relevanz mit Bezug auf typische Fehler in der zweiten Phase der Lehrkräfteausbildung abgesichert und typische Fehler bei Schüler:innen und Lehramtsanwärter:innen rekonstruiert, die in die Vignettenüberarbeitung eingeflossen sind. Was aus dem Experteninterview ebenfalls deutlich wurde, ist, dass die Vignetten zur Werkzeughandhabung mit Bildern zu fehlerhaften Messaufbauten und Lötstellen nicht eindeutig genug sind, sodass die Videosequenzen auf Grundlage des Interviews entwickelt und eingebunden wurden. Insgesamt wurden drei Vignetten als Ergebnis des Interviews selektiert, sodass 18 Vignetten für den potentiellen Einsatz in der Erhebung bleiben.

Die Vignetten wurden im nächsten Schritt einer zweiten Expertenrunde vorgelegt. Hierbei wurde das Vorgehen von STRAUB (2020) adaptiert, welche die Expert:innen hinsichtlich der Kriterien Verständlichkeit, fachdidaktischer Relevanz, Alltagstauglichkeit sowie Authentizität in Anlehnung an GORETH (2017) auf einer sechsstufigen Likert-Skala (1 = trifft gar nicht zu bis 6 = trifft voll und ganz zu) hat einschätzen lassen (siehe Abbildung 20). Darüber hinaus wurden die Expert:innen dazu aufgefordert, die Vignetten selbst zu bearbeiten und die kritischen Punkte herauszuarbeiten. Auf Grundlage der Expert:innenantworten wurde ein Kodiermanual respektive Bewertungsraster erstellt, welches für die Beurteilung der Antworten der Proband:innen herangezogen werden soll (ein Beispiel ist weiter unten in Tabelle 6 abgebildet, das gesamte Kodiermanual befindet sich in Anhang 9.2).

Außerdem wird sich bei der Beurteilung der adaptierten Vignetten zusätzlich an der Expertennorm aus GORETH (2017, S. 264ff.) orientiert.

Herr Müller hat den Theorie und Praxisteil zu den elektrischen Stromkreisen abgeschlossen und möchte, dass die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen nun anwenden. Hierzu sollen die Schülerinnen und Schüler im Rahmen einer Reparaturaufgabe eine fehlerhafte Schaltung untersuchen und eine Fehleranalyse durchführen. Herr Müller teilt die defekten Schaltungen aus und gibt den Schülerinnen und Schülern einen Leitfaden zur Bearbeitung dazu. In diesem Leitfaden stehen genaue Messpunkte und eine Anleitung zum Austausch der defekten elektronischen Komponenten. Außerdem legt Herr Müller alle notwendigen Bauteile zur Reparatur vorne aus.

Beurteilen Sie die Durchführung der Reparaturaufgabe und begründen Sie Ihre Antwort!

*

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	1 Trifft gar nicht zu	2	3	4	5	6 Trifft voll und ganz zu
Die dargestellte Unterrichtssituation ist verständlich	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die dargestellte Unterrichtssituation ist fachdidaktisch relevant.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die dargestellte Unterrichtssituation ist alltagsnah/praxisnah.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Die dargestellte Unterrichtssituation ist authentisch.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 20: Beispiel zur Expertenbefragung in Anlehnung an Goreth (2017) und Straub (2020).

Die Expertenantworten dienen somit als Referenzrahmen zur Entwicklung eines normierten Beurteilungsrasters, das sowohl die qualitativen Auswertungen der Facetten fachdidaktischen Wissens als auch ihre anschließende Quantifizierung ermöglicht.

Das Beurteilungsschema ist nach Punkten gegliedert und umfasst 1 Punkt, wenn der kritische Punkt einer dargestellten Situation erkannt wurde. Zwei Punkte werden vergeben, wenn eine passende Handlungsalternative für den Umgang mit dem kritischen Punkt genannt wurde. Wird weder der kritische Punkt noch eine Handlungsalternative benannt, so wird kein Punkt vergeben.

Tabelle 6: Beispiel für die Bewertungsmatrix zum fachdidaktischen Wissen.

Vignette	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	Expertenanker
FDW01 – Schüler-vorstellung Stromverbrauch	Keine Antwort; fachlich falsche Antwort; bloße Wiederholung der Vorstellung ohne didaktischen Umgang.	Allgemeine Thematisierung der Vorstellung oder; unspezifische Erklärung, dass Strom „nicht verbraucht“ wird; jedoch bleibt Messung / Unterrichtshandlung vage.	Konkrete, praxisorientierte Herangehensweise, die Vorstellung diagnostisch aufgreift und; fachlich klärt, z.B. durch Messung vor und nach dem Wandler sowie anschließender Auswertung.	Kognitiver Konflikt; Stromstärke vor und nach Lampe messen; einfacher Stromkreis mit Wandler und Messung; Energieerhaltungsgesetz erläutern; Analogien aufbauen, z.B. „Kugeln in einer Bahn“.

Die Expertennorm fungiert somit als methodisches Kerninstrument der Hauptstudie zur Elektrotechnik, indem sie eine theoriegeleitete, intersubjektiv überprüfbare Bewertung der Antworten gewährleistet und somit auch zur Güte der Ergebnisse beiträgt, nämlich zur inhaltlichen Validierung und Selektierung der Items (GORETH et al., 2016, S. 55). Darüber hinaus ist anzumerken, dass die adaptierten Vignetten bereits ausgiebig durch die Forschungsarbeiten von STRAUB (2020) und GORETH (2017) validiert wurden. Die hier durchgeführte Expertennorm soll in diesem Fall dazu dienen, die inhaltliche Adaptierung auf die Elektrotechnik abzusichern und mögliche standortspezifische Akzentuierungen bei den adaptierten Fragen zu vermeiden. Die Expertenrunde wurde hier aufgrund des langen Verfahrens und der Bearbeitungsdauer klein gehalten ($N = 5$), wobei darauf geachtet wurde, dass die fachdidaktische Expertise abgedeckt ist. Die Expertenrunde (alle männlich) besteht aus Experten der Technikdidaktik, worunter drei wissenschaftliche Mitarbeiter, ein Hochschullehrender und eine Person aus dem Studienseminar vertreten sind. Für die Auswertung wurde aufgrund der kleinen Stichprobe der Median herangezogen, um den Einfluss einzelner Ausreißer (in den Abbildungen als Kreise markiert) und Extremwerte (in den Abbildungen als Sterne markiert) einzelner Antworten sichtbar zu machen und zu minimieren.

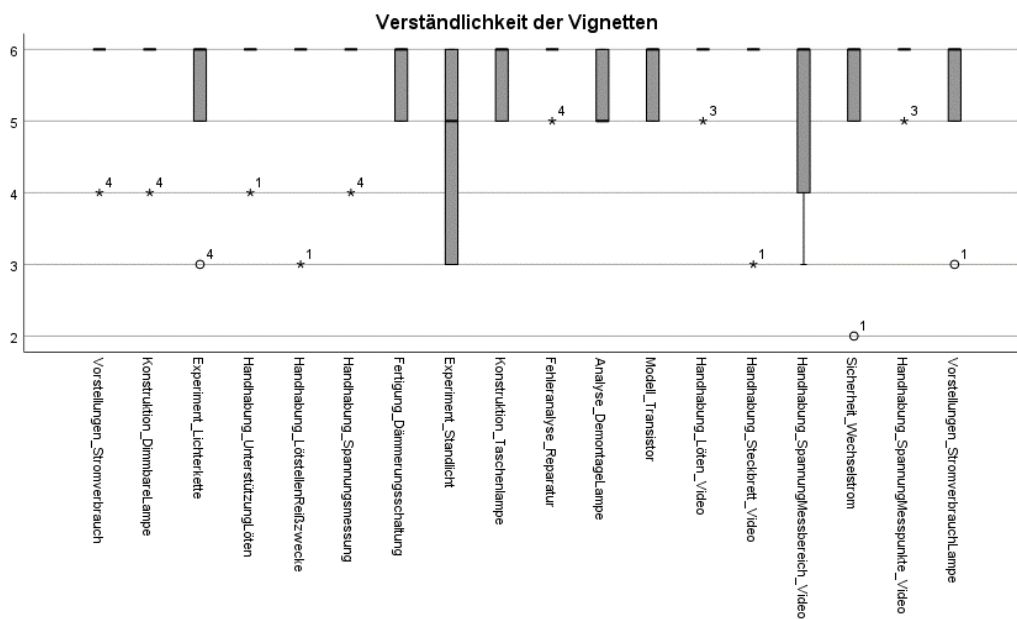


Abbildung 21: Expertenratings zur Verständlichkeit der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).

Insgesamt ergibt sich über alle vier Kriterien hinweg ein sehr positives Bild. Die Mediane liegen bei nahezu allen Vignetten im oberen Skalenbereich, überwiegend bei 5 oder 6. Dies spricht dafür, dass die überarbeiteten Vignetten von den Experten mehrheitlich als verständlich, fachdidaktisch relevant, praxisnah und authentisch eingeschätzt wurden. Zugleich zeigen einzelne niedrigere Bewertungen bei bestimmten Vignetten, dass einige Situationen stärker kontextabhängig sind oder noch präziser formuliert respektive visualisiert werden müssen. Hinsichtlich der Verständlichkeit sind über alle Vignetten zunächst positive Werte zu vermerken. Besonders stabil erscheinen die Vignetten zu Schülervorstellungen zum Stromverbrauch, zur Konstruktionsaufgabe, zu mehreren Handhabungssituationen, zur Spannungsmessung, zum Löten sowie zu den videobasierten Handlungssituationen. Auffällig sind jedoch einzelne niedrigere Einschätzungen, insbesondere bei Vignetten wie dem Technischen Experiment zum Standlicht, zur Handhabung beim Messbereich während der Spannungsmessung (Video) und zur Sicherheit beim Wechselstrom. Da zum technischen Experiment eine weitere Vignette entwickelt wurde, die besser abschneidet, wurde die Vignette zum Standlicht gestrichen. Weiterhin wurde die Vignette zur Sicherheit im Kontext zur Gefährlichkeit von Wechselstrom gestrichen, da sich hier bereits im vorangeschalteten Interview die Authentizität nicht bestätigen ließe.

Aus diesem Grund wurde die Vignette so überarbeitet, dass die für Schulen vorgeschriebenen Grenzwerte für Spannungen (AC und DC) abgefragt werden, da dies als sinnvoll angemerkt wurde. Die Begleitfrage zum Video des falsch eingestellten Messbereiches wurde sprachlich nochmal präzisiert, sodass ein besserer Fokus auf die eigentliche Problemstelle gewährleistet werden konnte.

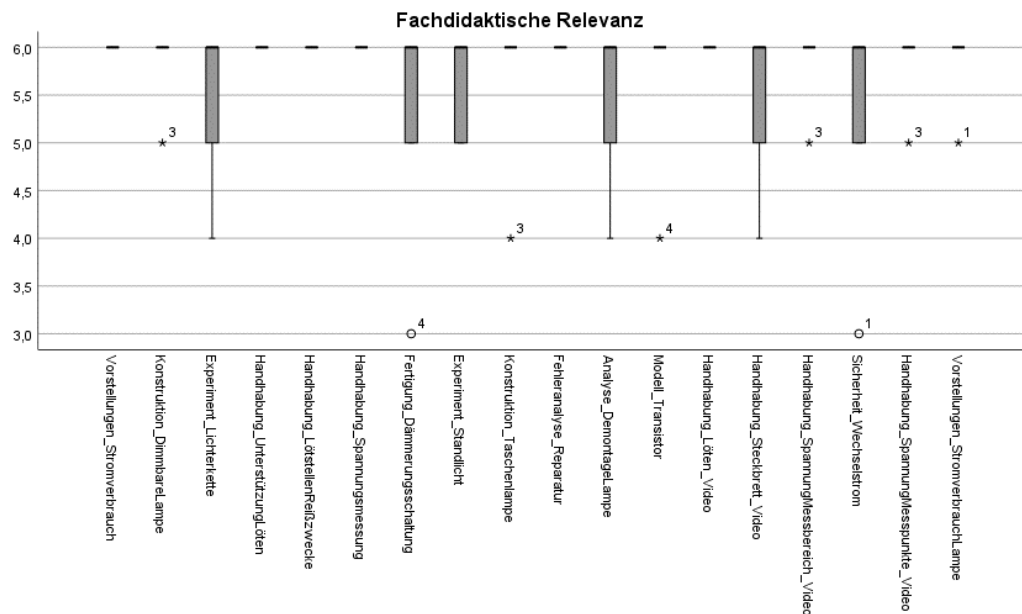


Abbildung 22: Expertenratings zur fachdidaktischen Relevanz der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).

Die fachdidaktische Relevanz wurde besonders positiv bewertet. Die meisten Vignetten erreichen auch hier sehr hohe Medianwerte, vielfach den Höchstwert. Dieser Aspekt ist insbesondere für die Validierung des Instrumentes bedeutsam, da sich somit zeigt, dass die Vignetten keine randständigen oder künstlichen Probleme aufgreifen, sondern sich auf relevante fachdidaktische Anforderungen beziehen. Einzelne niedrigere Einschätzungen zeigen sich unter anderem bei der Fertigungsaufgabe zur Dämmerungsschaltung, bei der Konstruktion der Taschenlampe, beim Modell zum Transistor sowie wieder bei der Vignette zur Sicherheit beim Wechselstrom. Die Vignette zur Konstruktionsaufgabe der Taschenlampe wurde gestrichen, da mit der Vignette zur dimmbaren Lampe eine weitere Vignette zur Konstruktionsaufgabe mit ähnlichem Problempunkt konstruiert wurde, die besser abschneidet.

Die anderen beiden Vignetten wurden beibehalten, da sich hier im Interview eine sehr hohe Relevanz gezeigt hat und die Werte trotz Abweichung von den hohen Urteilen bei den anderen Situationen dennoch gut abschneiden.

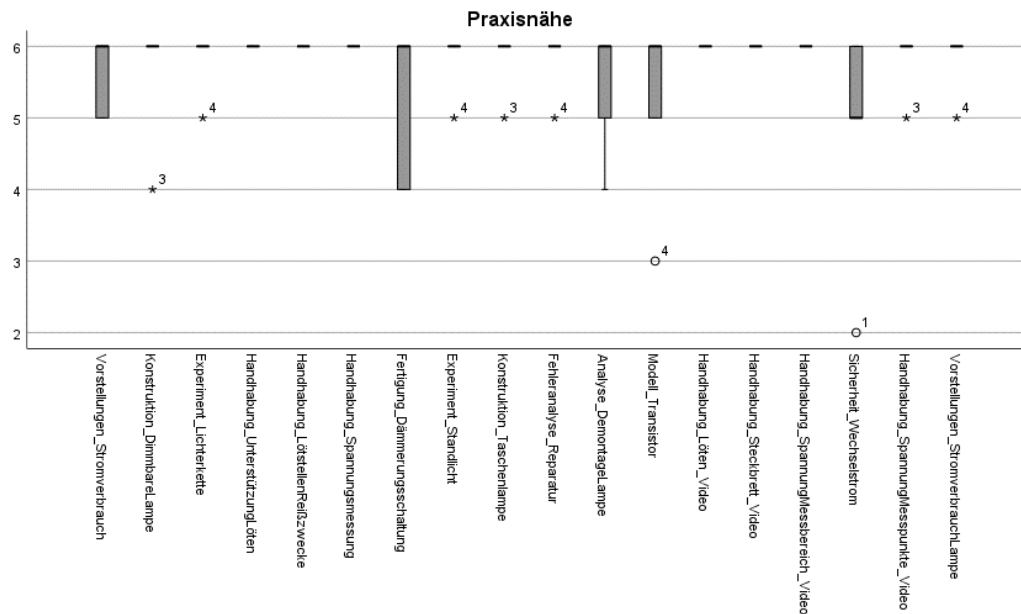


Abbildung 23: Expertenratings zur Praxisnähe der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).

Auch die Praxisnähe wird überwiegend hoch bewertet. Die Mediane liegen bei den meisten Vignetten im oberen Bereich der Skala. Besonders praxisnah erscheinen hierbei die Vignetten zum Löten, zur Spannungsmessung, Steckbrettfehlern, Spannungsmessbereichen, Messpunkten sowie zu den beiden Vignetten zur Stromverbrauchsvorstellung. Auch hier hat es bei der Vignette zum Wechselstrom einen extremen Ausreißer.

Die Authentizität der Vignetten wird ebenfalls überwiegend hoch eingeschätzt. Die meisten Medianwerte liegen wieder im oberen Skalenbereich. Auch hier gibt es einzelne Streuungen. Auf Grundlage der Ergebnisse und den Interviewdaten zeigt sich hier, dass die Authentizität nicht nur vom fachdidaktischen Problem abhängt, sondern stark davon, ob die konkrete Unterrichtssituation als typisch, plausibel und ausreichend kontextualisiert wahrgenommen wird, was sich in den offenen Anmerkungen zu den Vignetten gezeigt hat.

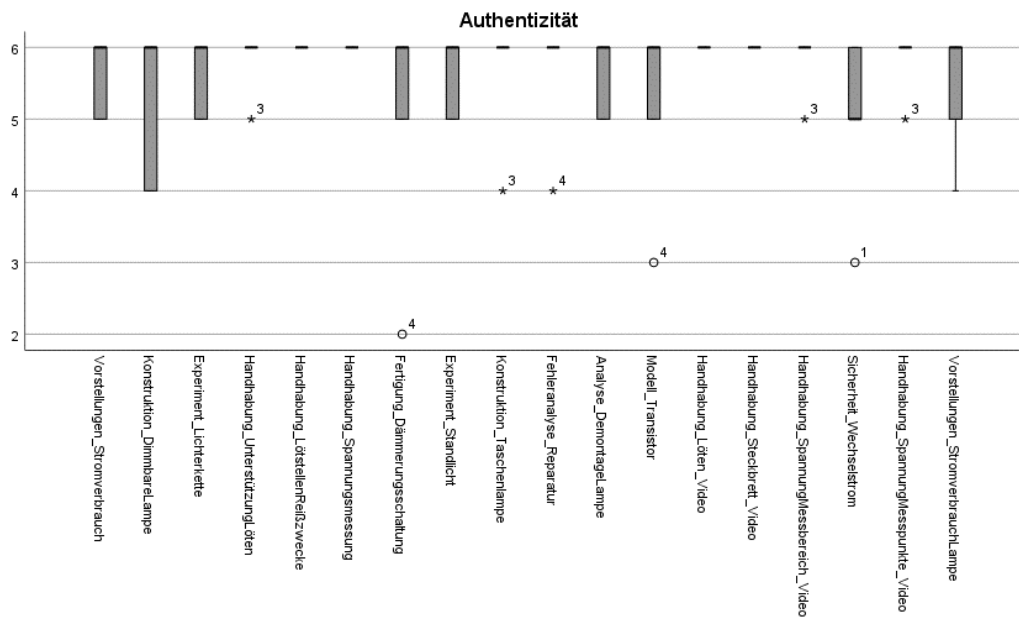


Abbildung 24: Expertenratings zur Authentizität der eingesetzten Fragen zur Überprüfung fachdidaktischen Wissens (Boxplot mit Median, ° = Ausreißer, * = Extremwerte).

Für die weitere Überarbeitung wurde die Authentizität daher verbessert, indem konkrete Unterrichtsdetails wie Angaben zur Klassenstufe und zum Stand der Unterrichtseinheit ergänzt wurden. Weiterhin wurden auf Grundlage der offenen Zusatzfelder der zweiten Expertenrunde weitere Vignetten entwickelt, um die Authentizität zu erhöhen und weitere wichtige Aspekte aufzugreifen. So wurden neben der Abfrage der Grenzwerte hinsichtlich der Spannungswerte für den schulischen Einsatz zwei Situationen videografiert, die sich mit typischen Messfehlern bei der Widerstands- und Stromstärkenmessung beschäftigen, da die Experten rückgemeldet haben, dass Videos hier besonders geeignet sind. Insgesamt sind so 13 Vignetten verblieben (siehe Anhang 9.1).

In einem zweiten Schritt haben die Experten die Vignetten wie eingangs beschrieben selbst bearbeitet. Basierend auf diesen Expertenantworten und den Vignettenerweiterungen wurden die Antworten der Proband:innen nach einem dreistufigen Bewertungsschema beurteilt, welches für die offenen Antwortformate herangezogen wurde, um eine itemübergreifende Auswertung und Aggregation zu Scores hinsichtlich des fachdidaktischen Wissens möglich zu machen.

Anzumerken ist hierbei jedoch, dass die neu entwickelten Vignetten aufgrund des Umfangs keiner weiteren strukturierten Expertenbeurteilung unterzogen wurden, sondern lediglich durch mündliche Besprechung im Fachkollegium abgesichert und entsprechende Beurteilungspunkte herausgearbeitet wurden. In einem letzten Schritt wurde auch für die Skalen zum fachdidaktischen Wissen eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt. Diese weist mit Cronbachs $\alpha = 0,869$ auf eine hohe interne Konsistenz der Skala hin.

6.3 Fragen zur motivationalen Orientierung und zur Selbstwirksamkeitswahrnehmung

Die Items zur Selbstwirksamkeit sind in zwei Bereiche gegliedert und wurden für die Befragung neu entwickelt. Der erste Teil orientiert sich an den zentralen elektrotechnikspezifischen fachpraktischen und fachwissenschaftlichen Tätigkeiten wie etwa dem Berechnen von elektrischen Größen, der Umsetzung von Schaltungen in der Praxis, dem Lesen von Schaltplänen und weiteren zentralen Aspekten.

Beispielitem:

„Ich kann sicher mit dem Lötkolben umgehen.“

Insgesamt wurden hier 14 Items entwickelt, welche auf einer vierstufigen Zustimmungsskala (1 = stimmt nicht bis 4 = stimmt genau) zu bewerten waren (siehe Anhang 9.1).

Der zweite Bereich deckt zentrale fachdidaktische Aspekte im Kontext der Durchführung von Unterricht im Zusammenhang zur Elektrotechnik ab. Hier wurden insgesamt neun Items entwickelt.

Beispielitem:

„Fachinhalte der Elektrotechnik didaktisch zu reduzieren bereitet mir keine Probleme.“
(Unterrichtsstrukturierung)

Auch für die Skalen zur Selbstwirksamkeit wurde eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt und hier zeigt sich mit Cronbachs $\alpha = 0,798$ ebenfalls eine hohe interne Konsistenz, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Konstrukt angemessen abgebildet wird.

Die Skalen zum Enthusiasmus beinhaltet Aspekte zur persönlichen Begeisterung hinsichtlich elektrotechnischer Themen und sind teilweise adaptiert aus REINKE (2022, S. 118), welche die Items in Anlehnung an die Items aus der COACTIV-Studie formulierte (siehe Anhang 9.1).

Das Skalenniveau ist hier ebenfalls ordinal und die Motivation wurde auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 5 (trifft voll und ganz zu) erhoben. Auch diese Skala weist mit Cronbachs $\alpha = 0,873$ eine hohe interne Konsistenz auf.

Beispielitem:

„Ich begeistere mich für Themen der Elektrotechnik.“

Zum Abschluss des Fragebogens wurden noch Items in Bezug auf die Teilnahme am LLL implementiert. Hier sollte insbesondere der Einfluss des LLL hinsichtlich der Selbstwirksamkeit in Bezug auf fachliche und didaktische Herausforderungen erfasst werden (siehe Anhang 9.1).

Beispielitem:

„Ich habe mir Unterricht zur Elektrotechnik vor dem Lehr-Lern-Labor schwieriger vorgestellt.“

6.4 Ergebnisse der quantitativen Teilstudie zur Elektrotechnik

6.4.1 Stichprobe und Datenbasis

Die quantitative Fragebogenstudie basiert auf den Angaben von insgesamt $N = 84$ Studierenden des Techniklehramts an der Universität in Oldenburg, wobei nur vollständig ausgefüllte Fragebögen in dieser Zahl Berücksichtigung finden. In Summe gab es $N = 97$ Rückläufer, wovon die Fragebögen mit fehlenden Antworten ausgeschlossen wurden. Erfasst wurden in dem Fragebogen neben soziodemografischen Daten auch studienbezogene Merkmale, schulpraktische Vorerfahrungen, berufliche Vorbildungen sowie Erfahrungen mit LLL (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Stichprobenzusammensetzung und soziodemografische Daten

Merkmal	Ausprägung	n	%
Geschlecht	männlich	53	63,1
	weiblich	30	35,7
	divers	1	1,2
Alter	≤ 20 Jahre	5	6,0
	21-25 Jahre	33	39,3
	26-30 Jahre	26	31,0
	≥ 31 Jahre	20	23,8
Schulischer Technikunterricht	Technik in Naturwissenschaften	7	8,3
	Technik als eigenes Schulfach	33	39,3
	kein Technikunterricht	44	52,4
Zweifach	MINT	18	21,4
	Sonderpädagogik	34	40,5
	andere Fächer	32	38,1
Studienphase	Master Technik	22	26,2
	Master Technik/Sonderpädagogik	11	13,1
	Bachelor Technik	30	35,7
	Bachelor Technik/Sonderpädagogik	21	25,0
LLL-Erfahrung allgemein	ja	37	44,0
	nein	47	56,0
Elektrotechnikbezogenes LLL	ja, Tec040 oder anderes Elektro-LLL	27	32,1
	nein/anderes nicht-elektrotechnisches LLL	57	67,9
Berufsausbildung/Vorstudium begonnen	ja	54	64,3
	nein	30	35,7
Schulpraktische Erfahrung	Ja	52	61,9
	nein	32	38,1

Von besonderem Interesse war dabei die Unterscheidung zwischen Studierenden mit elektrotechnikspezifischer LLL-Erfahrung und Studierenden ohne entsprechende Erfahrung. Diese Gruppierung bildet die Grundlage für die nachfolgenden Auswertungen und Gruppenvergleiche. Insgesamt setzt sich die Stichprobe somit aus 53 männlichen, 30 weiblichen und einer diversen Person zusammen. Der größte Anteil der Befragten befindet sich im Bachelorstudium Technik oder Technik/Sonderpädagogik.

Hinsichtlich schulischer Vorerfahrungen zeigt sich, dass 39,3% der Befragten Technik als eigenes Schulfach kennengelernt haben, während 52,4% angaben, in der eigenen Schulzeit keinen Technikunterricht gehabt zu haben. Eine Berufsausbildung oder ein vorheriges Studium wurde von 64,3% der Befragten begonnen. Insgesamt gaben 44% der Studierenden an, bereits an einem LLL im Technikstudium mitgewirkt zu haben. Eine spezifische Teilnahme an einem elektrotechnischen LLL während der Intervention lag bei $N = 17$ Personen vor, während weitere $N = 10$ auch LLL Erfahrungen zu elektrotechnischen Themen machen konnten. Aus diesem Grund wird diese Gruppe in den nachfolgenden Analysen einmal zusammen und zum Sensitivitätsvergleich auch nochmal getrennt ausgewertet, um den Einfluss der LLL besser darstellen zu können.

Belegte Module im Bachelorstudium	Anzahl
Tec010 (Technikgeschichte)	69
Tec010 (Technikphilosophie)	76
Tec020 (Einführung in Fusion 360 + Grundlagen der Technik oder Grundlagen sonderpädagogischen Handelns im Technikunterricht)	69
Tec030 (Technikdidaktik Vorlesung+Seminar)	72
Tec040 (Metall- und Kunststofftechnik)	75
Tec040 (maschinelle Holzbearbeitung)	78
Tec040 (Elektrotechnik und Elektronik)	67
Tec110 (energieverarbeitende Systeme)	15
Tec140 (regenerative Energien)	23
Tec130 (Informationsverarbeitende Systeme)	16
Tec150 (Automatisierungstechnik)	16
Tec160 (Technik und Ethik in der Schule)	17
Tec210 (Inklusion im Technikunterricht)	15
Tec120 (Stoffverarbeitende Systeme)	12
Tec190 (Bauen und Wohnen)	13
Tec180 (Projektmodul)	21
Tec170 (Verkehrstechnik)	2

Abbildung 25: Verteilung der Modulbelegungen innerhalb der Stichprobe.

Darüber hinaus befinden sich die befragten Studierenden in verschiedenen Phasen des Studiums. Ein Großteil der Befragten ($N = 51$) ist zum Zeitpunkt der Erhebung im Bachelorstudium, während sich $N = 33$ Studierende im Masterstudium befinden.

Hinsichtlich der gemachten Erfahrungen im Studium wurden darüber hinaus Aspekte wie belegte Module des fachwissenschaftlichen Curriculums sowie schulpraktische Erfahrungen erhoben (siehe Abbildungen 25 und 26).

Die Übersicht der Modulbelegung zeigt, dass die Stichprobe hinsichtlich des Studienverlaufs heterogen zusammengesetzt ist, zugleich aber ein Großteil der Befragten bereits mehrere grundlegende Module des Bachelorstudiums absolviert hat. Besonders häufig wurden die einführenden Basismodule belegt, darunter die Technikgeschichte (n = 69), Technikphilosophie (n = 76), Grundlagen der Technik und Fusion respektive in Kombination mit den Grundlagen sonderpädagogischen Handelns (n = 69) sowie die Technikdidaktik (n = 72). Auch die praxis- und fertigungsbezogenen Grundlagenmodule aus Tec040 wurden von einem großen Teil der Studierenden belegt. Hierbei ist zu erwähnen, dass ein Teil der Tec040 Befragten die Elektrotechnikveranstaltung noch im klassischeren Lehrgangsformat durchlaufen sind, was die Grundlage für die Hypothesenprüfung der H4 zentral ist.

Hinsichtlich gemachter Praxiserfahrungen im Studium gaben 32 Studierende an, das allgemeine Schulpraktikum bereits absolviert zu haben, während weitere 11 bereits das halbjährige Praktikum im Master abgeschlossen haben. Von Interesse war hier zudem, ob die Studierenden in den Praktika elektrotechnische Themen unterrichten und wenn nicht, welche Themen fokussiert werden und inwiefern die Entscheidung beeinflusst ist.

Falls Sie bereits ein Schulpraktikum abgeschlossen haben bzw. sich gerade in einer Praxisphase befinden, aus welchen Veranstaltungen des Studiums haben Sie Inhalte im Technikunterricht verwenden können?	Anzahl
Holztechnik	34
Metall- und Kunststofftechnik	19
Automatisierungstechnik	3
Regenerative Energien	4
Elektrotechnik	15
Technikgeschichte	7
CAD (z.B. Tinkercad oder Fusion 360)	11
Verkehrstechnik	1
Stoffverarbeitende Systeme	4
Bauen und Wohnen	2
Informationsverarbeitende Systeme	3
Energieverarbeitende Systeme	1
Technikethik bzw. Technikphilosophie	5

Abbildung 26: Inhaltsbereiche des Technikstudiums, die im Schulpraktikum angewendet wurden.

Die Angaben zeigen, dass Inhalte aus Holztechnik am häufigsten eingesetzt werden ($n = 39$), gefolgt von Metall- und Kunststofftechnik ($n = 19$) und Elektrotechnik ($n = 15$). Auch CAD-Anwendungen, etwa TinkerCAD oder Fusion 360, wurden vergleichsweise häufig im Technikunterricht genutzt ($n = 11$). Es zeigt sich also, dass überwiegend die fachpraktischen und werkstoffbezogenen Inhalte dominieren. Demgegenüber wurden stärker spezialisierte oder systembezogene Themen wie Verkehrstechnik, energieverarbeitende Systeme, Automatisierungstechnik und informationsverarbeitende Systeme deutlich seltener genannt. Hier war es zudem interessant herauszufinden, inwiefern die Entscheidung für die Themen während der Schulpraktika getroffen wird. Hierzu haben 24 Studierende angegeben, dass sie die Themen selbst wählen, während 26 angeben, dass die betreuenden Lehrpersonen die Themen vorgeben. Weitere 16 gaben an, dass sie sich am schulinternen Curriculum orientiert haben.

Wie haben Sie sich für die unterrichtlichen Inhalte entschieden?	Anzahl
Ich habe die Themen selbst gewählt.	24
Die LehrerInnen haben die Themen vorgegeben.	26
Ich habe mich am (schulinternen) Curriculum orientiert.	16

Abbildung 27: Auswahlentscheidung für Inhalte im Praktikum.

Die Erfassung der Praxiserfahrungen im Praktikum werden im Zuge der weiteren Analysen den gemachten Erfahrungen im LLL als weitere unabhängige Variable gegenübergestellt, um herauszufinden, ob generelle Praxisanteile auch einen Einfluss auf die abhängigen Variablen haben.

6.4.2 Übersicht der zentralen Skalen, Summenwerte und Normalverteilungen

Vor den inhaltlichen Analysen wurden zunächst die zentralen Summen- und Skalenwerte deskriptiv geprüft. Für die zentralen Skalen und Summenwerte werden sowohl Mittelwerte und Standardabweichungen als auch Mediane und Interquartilsabstände (IQR) berichtet. Der Mittelwert beschreibt hierbei den arithmetischen Durchschnitt der erreichten Werte und ermöglicht eine kompakte Einordnung des allgemeinen Leistungs- respektive Zustimmungsniveaus. Er ist jedoch empfindlich gegenüber schiefen Verteilungen und Extremwerten.

Der Median gibt demgegenüber den mittleren Wert der Verteilungen an, also den Wert, unterhalb und oberhalb dessen jeweils 50% der Fälle liegen. Er ist robuster gegenüber Ausreißern und eignet sich besonders zur Beschreibung nicht normalverteilter oder ordinal und punktbasiert erhobener Daten. Der IQR ergänzt den Median, indem er die Spannweite der mittleren 50% der Werte beschreibt. Für eine absichernde Auswahl der anschließenden inferenzstatistischen Verfahren wurden zunächst Shapiro-Wilk-Tests für die zentralen Summen- und Skalenwerte berechnet, was die Wahl beider Kennwerttypen untermauert. Hierbei weichen die Wissensvariablen signifikant von der Normalverteilung ab.

Tabelle 8: Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test) der zentralen Skalen.

Variable	Shapiro-Wilk W	p
Fachdidaktisches Wissen	.955	.005
Fachwissen	.923	< .001
Selbstwirksamkeit gesamt	.978	.172
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	.978	.168
Selbstwirksamkeit Didaktik	.970	.051
Enthusiasmus / Motivation	.967	.030

Das betrifft sowohl das fachdidaktische Wissen ($W = 0,955$, $p = 0,005$) als auch das elektrotechnische Fachwissen ($W = 0,923$, $p < 0,001$). Auch die Skala zum Enthusiasmus zeigte eine signifikante Abweichung ($W = 0,967$, $p = 0,030$). Die Selbstwirksamkeitsskalen wichen hingegen nicht signifikant von der Normalverteilung ab, lediglich die fachdidaktische Selbstwirksamkeit liegt mit $p = 0,051$ im Grenzbereich. Die Ergebnisse sprechen demnach dafür, die Wissensvariablen und den Enthusiasmus nicht ohne Weiteres als normalverteilt zu behandeln und für die Gruppenvergleiche vornehmlich nichtparametrische Tests zu verwenden, die nicht an eine Normalverteilung gebunden sind (DÖRING, 2023, S. 471; TIEMANN & KÖRBS, 2014, S. 287).

Da mehrere zentrale Variablen in der vorliegenden Untersuchung punktbasierte Summenwerte mit begrenztem Wertebereich darstellen und teilweise signifikant von der Normalverteilung abweichen (siehe Tabelle 8 und Abbildungen 28-31), wurde sich entschieden, teilweise beide oben genannten Kennwerte zu den Summenscores gemeinsam zu berichten. Dadurch lassen sich sowohl das durchschnittliche Niveau als auch die robuste zentrale Tendenz und Streuung der Daten nachvollziehen.

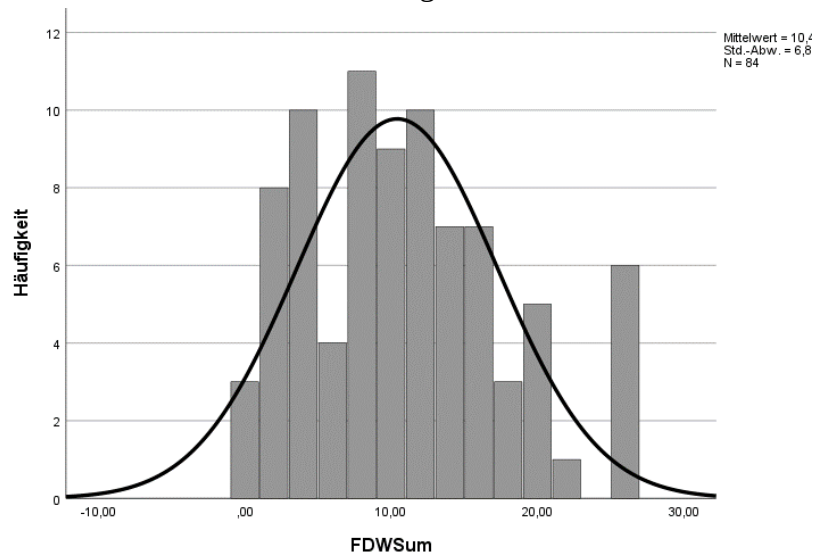


Abbildung 28: Normalverteilung der Summe des fachdidaktischen Wissens.

Wie aufgrund der theoretischen Vorannahmen bereits zu erwarten war, bereiten insbesondere die Wissenstests zur Elektrotechnik einer größeren Gruppe der Studierenden Probleme, was sich in der jeweiligen Schiefe der Verteilungen zeigt. Die Wissensvariablen weisen positive Schiefewerte auf.

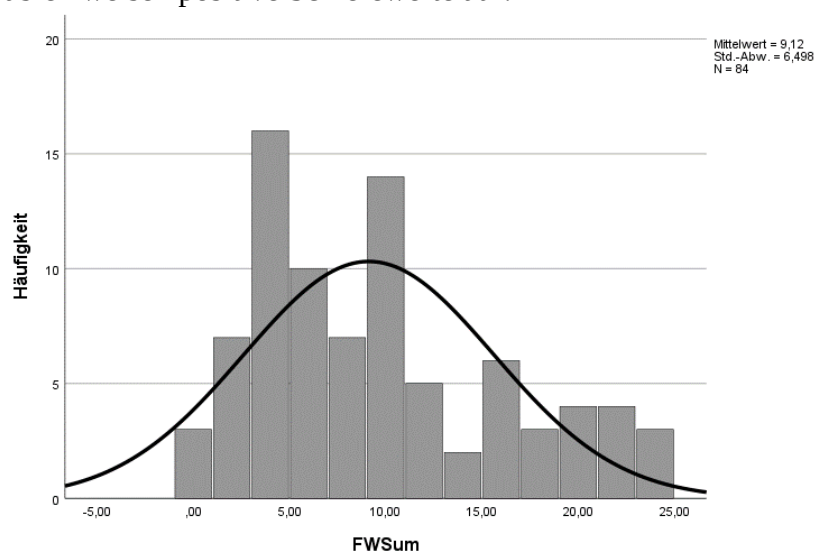


Abbildung 29: Normalverteilungsprüfung der Skalen zum Fachwissen.

Für das fachdidaktische Wissen ergab sich eine Schiefe von 0,522, für das elektrotechnische Fachwissen eine Schiefe von 0,665. Beide Verteilungen sind damit rechtsschief, was darauf hindeutet, dass viele Studierende niedrige bis mittlere Werte erreichen, während einzelne höhere Werte den rechten Verteilungsrand bilden.

Die Selbstwirksamkeitsskalen zeigen dagegen Schiefewerte nahe 0 und können deskriptiv als weitgehend symmetrisch beschrieben werden. Der Enthusiasmus weist mit einer Schiefe von 0,210 nur eine schwach ausgeprägte positive Schiefe auf. Insgesamt bestätigen die Schiefewerte die Entscheidung, neben Mittelwerten auch Mediane und IQR zu berichten und die inferenzstatistischen Hauptanalysen nichtparametrisch auszulegen.

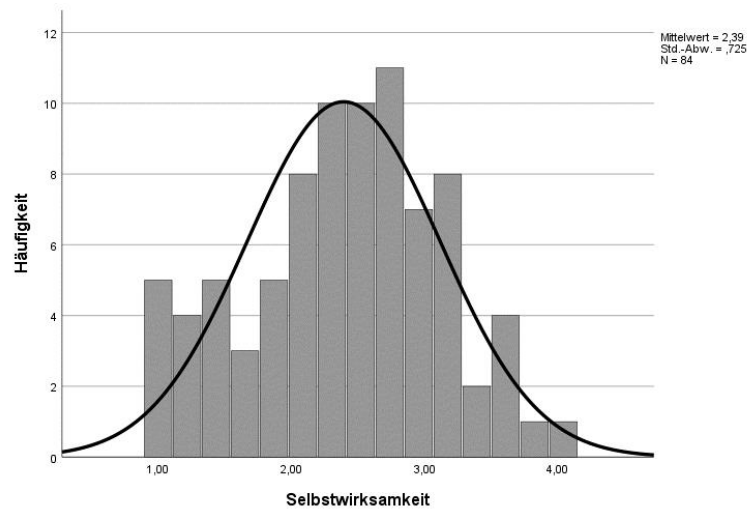


Abbildung 30: Normalverteilungsprüfung der Skalen zur Selbstwirksamkeit.

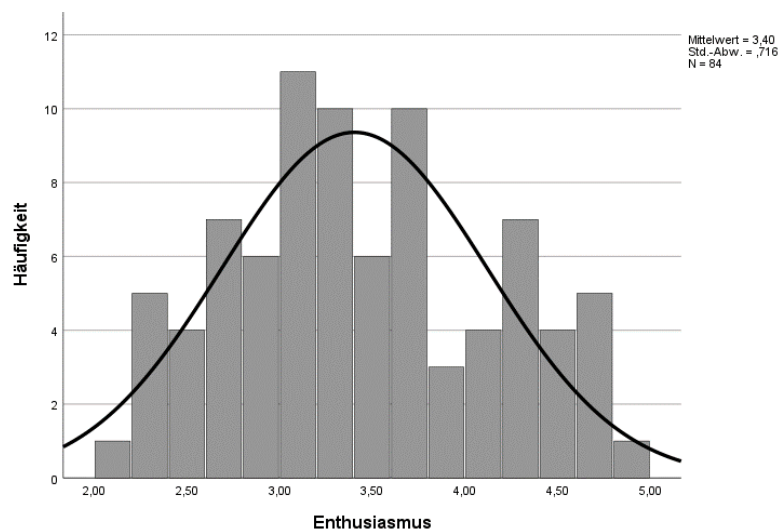


Abbildung 31: Normalverteilungsprüfung der Skalen zur Motivation.

Nun soll ein Blick auf die zentralen Summenwerte geworfen werden, ehe es zu den ausführlichen Auswertungen zu den Zusammenhängen geht. Für die grafische Darstellung wurden die zentralen Skalen- und Summenwerte in Prozentwerte transformiert. Dies war notwendig, da die Variablen unterschiedliche Wertebereiche aufweisen. Das fachdidaktische Wissen konnte Werte von 0 bis 26 Punkten annehmen, das Fachwissen Werte von 0 bis 23, die Selbstwirksamkeit wurde auf einer vierstufigen Skala und der Enthusiasmus auf einer fünfstufigen Skala erhoben. Eine direkte Darstellung der Rohwerte in einer gemeinsamen Abbildung wäre daher nur eingeschränkt vergleichbar gewesen. Durch die Transformation auf den jeweils möglichen Wertebereich werden die Skalen auf eine gemeinsame 0-100%-Metrik gebracht und können deskriptiv gegenübergestellt werden. Die Boxplots zeigen somit die zentralen Skalen- und Summenwerte in Prozent des jeweils möglichen Wertebereichs (siehe Abbildung 32).

Das fachdidaktische Wissen liegt im Mittel bei 40,1% der maximal erreichbaren Punktzahl, der Median beträgt 36,5%. Das elektrotechnische Fachwissen fällt ähnlich aus, im Mittel wurden 39,7% der maximal möglichen Punktzahl erreicht, der Median liegt bei 34,8%. Damit liegen die beiden wissensbezogenen Facetten insgesamt im unteren bis mittleren Bereich.

Die elektrotechnikbezogene Selbstwirksamkeit liegt mit einem Mittelwert von 46,3% und einem Median von 47,7% etwas höher, bleibt aber ebenfalls im mittleren Bereich. Der Enthusiasmus gegenüber Elektrotechnik fällt am höchsten aus, hier liegt der Mittelwert bei 60%, der Median bei 57,5% des möglichen Wertebereichs. Damit zeigt sich, dass die Studierenden Elektrotechnik motivational vergleichsweise positiver einschätzen als ihre fachlichen und fachdidaktischen Wissenswerte ausfallen.

Zugleich verdeutlichen die Boxplots eine größere Streuung bei Fachwissen und fachdidaktischem Wissen. Beide Werte reichen von 0% bis 100%, was auf eine stark heterogene Ausgangslage innerhalb der Stichprobe hinweist. Beim Enthusiasmus ist die Streuung geringer und der Wertebereich verschiebt sich insgesamt nach oben.

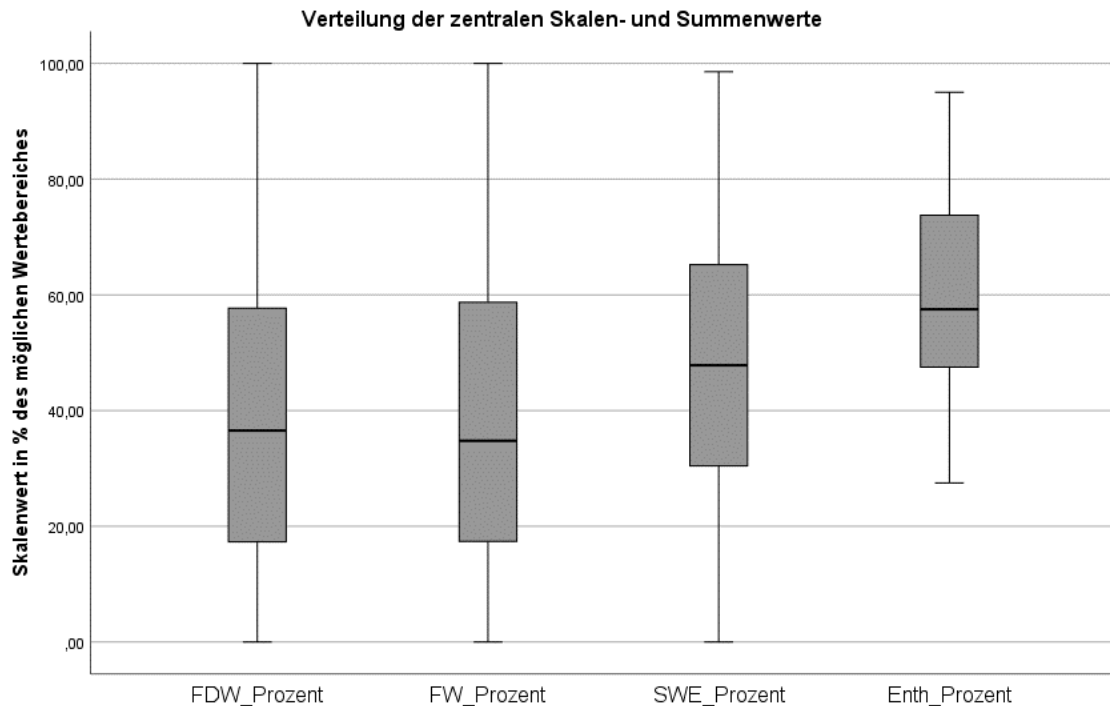


Abbildung 32: Verteilung der zentralen Skalen- und Summenwerte in Prozent des jeweils möglichen Wertebereichs. Die Boxplots zeigen Median, IQR sowie Spannweite der Werte.

Für das fachdidaktische Wissen erreichten die Studierenden im Mittel $M = 10,42$ Punkte ($SD = 6,86$) bei einem möglichen Wertebereich von 0 bis 26 Punkten. Der Median lag bei $Md = 9,50$. Bezogen auf die einzelne Vignette entspricht dies einem mittleren Wert von $M = 0,80$ ($SD = 0,53$) auf einer Skala von 0 bis 2 Punkten. Damit liegt das fachdidaktische Wissen insgesamt unterhalb des theoretischen Skalenmittelpunktes. Dies deutet darauf hin, dass die Studierenden kritische Punkte in den Vignetten nur teilweise erkannten und nicht durchgängig passende Handlungsalternativen formulierten. Auch das elektrotechnische Fachwissen fällt insgesamt eher niedrig bis mittelmäßig aus. Im Fachwissenstest erzielten die Studierenden durchschnittlich $M = 9,12$ Punkte ($SD = 6,50$) bei maximal 23 erreichbaren Punkten. Der Median lag bei $Md = 8,00$. Der mittlere Itemwert betrug $M = 0,46$ ($SD = 0,32$). Die breite Streuung der Werte zeigt, dass sich die Studierenden deutlich in ihrem elektrotechnischen Fachwissen unterscheiden.

Die selbstwirksamkeitsbezogenen Einschätzungen liegen insgesamt im mittleren Bereich. Die fachpraktische Selbstwirksamkeit beträgt $M = 2,38$ ($SD = 0,75$), die fachdidaktische Selbstwirksamkeit $M = 2,41$ ($SD = 0,76$) und der Gesamtwert elektrotechnikbezogener Selbstwirksamkeit $M = 2,39$ ($SD = 0,73$) auf einer vierstufigen Skala. Die Werte der beiden Subskalen unterscheiden sich somit kaum voneinander.

Der Enthusiasmus gegenüber Elektrotechnik fällt mit $M = 3,40$ ($SD = 0,72$) auf einer fünfstufigen Skala vergleichsweise höher aus als die selbstwirksamkeitsbezogenen Einschätzungen. Dies deutet darauf hin, dass die Studierenden elektrotechnischen Themen grundsätzlich eher positiv gegenüberstehen, sich hinsichtlich ihrer eigenen fachlichen und fachdidaktischen Fähigkeiten jedoch nur moderat sicher einschätzen.

Tabelle 9: Zusammenfassung der zentralen Summenscores zu den zentralen Konstrukten.

Variable	M	SD	Median	IQR	Min	Max
Fachdidaktisches Wissen (FDWSum)	10,42	6,86	9,50	10,25	0	26
FDW-Mittelwert je Vignette (ScoreTotal13)	0,80	0,53	0,73	0,79	0	2
Fachwissen (FWSum)	9,12	6,50	8,00	9,25	0	23
FW-Mittelwert je Item (ScoreFWTotal)	0,46	0,32	0,40	0,46	0	1,15
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,38	0,75	2,36	1,00	1	4
Selbstwirksamkeit Didaktik	2,41	0,76	2,44	1,06	1	3,89
Selbstwirksamkeit gesamt	2,39	0,73	2,43	1,02	1	3,96
Enthusiasmus Elektrotechnik	3,40	0,72	3,30	1,03	2,10	4,80

6.4.3 Fachdidaktisches Wissen: Auswertung der Vignetten

Das fachdidaktische Wissen wurde über die 13 Vignetten erfasst, die typische Unterrichts- und Anforderungssituationen im Bereich der Elektrotechnik abbilden. Die Auswertung des fachdidaktischen Wissens erfolgte anhand des entwickelten Bewertungsrasters (siehe Kapitel 6.2).

Die Differenzierung zwischen 0, 1 und 2 Punkten ist hierbei inhaltlich zentral, da damit nicht nur das Erkennen eines kritischen Punktes, sondern auch die Formulierung einer geeigneten Handlungsalternative erfasst wird.

Tabelle 10: Auswertung der Scores zum fachdidaktischen Wissen auf Vignettenebene.

Vignette	M (SD)	MD	0 Punkte %	1 Punkt %	2 Punkte %	mind. 1 Punkt %
Schülervorstellung Stromverbrauch	0,85 (0,91)	0,50	50,0	15,5	34,5	50,0
Widerstandsmessung	0,69 (0,96)	0,00	65,5	0,0	34,5	34,5
Konstruktionsaufgabe dimmbare Lampe	0,90 (0,90)	1,00	45,2	19,0	35,7	54,8
Technisches Experiment Lichterkette	0,70 (0,93)	0,00	61,9	6,0	32,1	38,1
Unterstützung beim Löten	1,21 (0,60)	1,00	9,5	59,5	31,0	90,5
Fertigungsaufgabe Dämmerungsschaltung	1,20 (0,72)	1,00	17,9	44,0	38,1	82,1
Analyse-/Reparaturaufgabe	0,73 (0,86)	0,00	53,6	20,2	26,2	46,4
Transistormodell/Medien	0,40 (0,73)	0,00	73,8	11,9	14,3	26,2
Sicherheit Grenzwerte Spannung	0,61 (0,92)	0,00	69,0	1,2	29,8	31,0
Löten Video	1,15 (0,83)	1,00	27,4	29,8	42,9	72,6
Spannungsmessung Video	0,31 (0,69)	0,00	82,1	4,8	13,1	17,9
Steckbrett Video	1,02 (0,99)	1,50	47,6	2,4	50,0	52,4
Strommessung Video	0,63 (0,85)	0,00	60,7	15,5	23,8	39,3

Über alle Vignetten konnten maximal 26 Punkte erreicht werden. Die Studierenden erreichten im Mittel $M = 10,42$ Punkte ($SD = 6,86$), bei einem Median von $MD = 9,50$. Bezogen auf die einzelne Vignette entspricht dies einem mittleren Wert von $M = 0,80$ Punkten auf einer Skala von 0 bis 2. Damit zeigt sich, dass die Studierenden kritische Punkte in den dargestellten Situationen nur teilweise erkannt haben und noch seltener eine vollständige Handlungsalternative formulieren konnten (siehe Abbildung 33). Die hohe Streuung verweist zugleich auf deutliche Unterschiede innerhalb der Stichprobe.

Die vignettenspezifische Auswertung zeigt zudem, dass handlungsnah und fachpraktisch konkrete Situationen vergleichsweise besser bearbeitet wurden. Besonders hohe Werte erreichen die Vignetten zur Unterstützung beim Löten, zur Fertigungsaufgabe, zum Lötvorgang im Video und zum Steckbrettaufbau. So erreichten bei der Vignette zur Unterstützung beim Löten 90,5% der Studierenden mindestens einen Punkt, bei der Fertigungsaufgabe zur Dämmerungsschaltung waren es 82,1% und beim Video zum fehlerhaften Lötvorgang 72,6%.

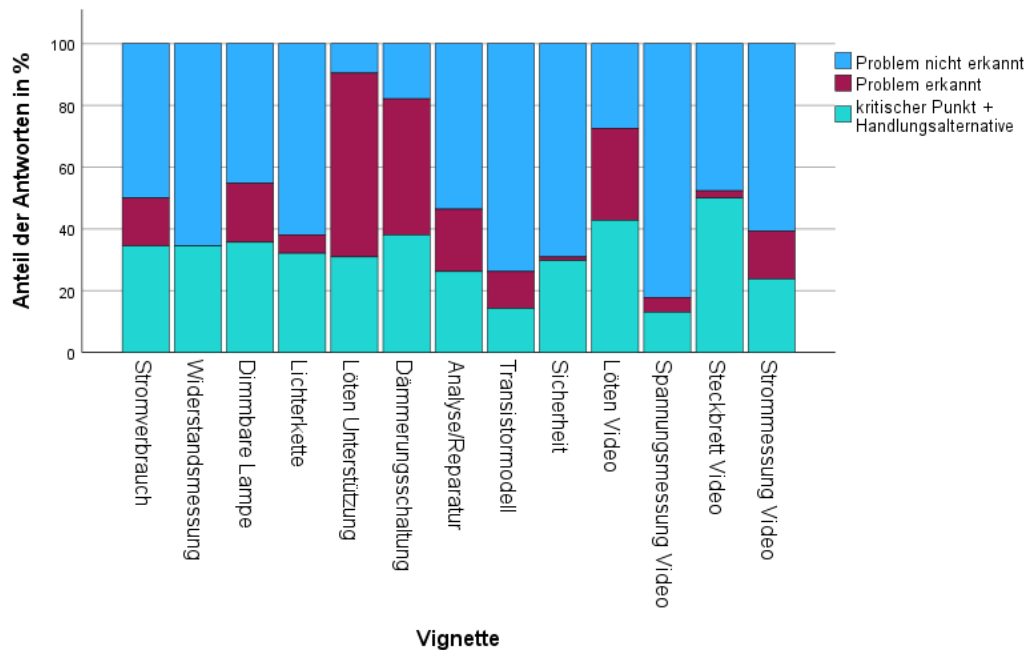


Abbildung 33: Lösungsquoten aufgeschlüsselt nach erreichten Punkten pro Vignette.

Diese Vignetten scheinen für Studierende leichter zugänglich zu sein, da die kritischen Punkte stärker an sichtbare praktische Handlungen und konkrete Unterstützungsbedarfe gebunden sind. Demgegenüber bereiten Vignetten zu Messhandlungen, Modellkritik und Sicherheitsaspekten deutlich größere Schwierigkeiten. Besonders auffällig ist die Vignette zur Spannungsmessung im Video, bei der nur 17,9% der Studierenden mindestens einen Punkt erreichten, während 82,1% das Problem nicht angemessen erkannten. Auch beim Transistormodell erreichten lediglich 26,2% mindestens einen Punkt. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Studierenden praktische Fehler und Unterstützungsbedarfe eher erkennen als fachlich komplexe Mess-, Modell- oder Sicherheitssituationen fachdidaktisch angemessen zu deuten.

Die Verteilung macht zudem sichtbar, dass das Erkennen eines kritischen Punktes nicht automatisch mit der Formulierung einer geeigneten Handlungsalternative einhergeht. In mehreren Vignetten treten relevante Anteile von 1-Punkt Antworten auf, was darauf hindeutet, dass Studierende zwar teilweise problematische Aspekte wahrnehmen, diese aber nicht immer in eine angemessene fachdidaktische Handlungsstrategie überführen. Die Standardabweichungen zeigen jedoch, dass die Streuung zwischen den Vignetten stark variiert.

6.4.4 Elektrotechnisches Fachwissen

Das elektrotechnische Fachwissen wurde über 17 Fragen und insgesamt 23 erreichbaren Punkten erhoben. Die Auswertung umfasst den Gesamtwert, drei inhaltliche Teilbereiche und eine itembezogene Betrachtung der Lösungsquoten, um nicht nur das allgemeine Leistungsniveau, sondern auch fachliche Schwerpunktprobleme sichtbar zu machen.

Tabelle 11: Elektrotechnisches Fachwissen aufgeschlüsselt nach Anforderungsniveau.

Bereich	max. Punkte	M	SD	Median	Lösungsquote
schulbezogenes Fachwissen	13	5,46	3,99	5,00	42,0 %
universitäres/übergreifendes Wissen	4	1,44	1,18	1,00	36,0 %
vertieftes schulbezogenes Wissen/Anwendung	6	2,21	2,01	2,00	36,9 %

Die Studierenden erzielten im Mittel $M = 9,12$ Punkte ($SD = 6,50$), bei einem Median von $Md = 8,00$. Die mittlere Lösungsquote beträgt damit rund 39,7%. Differenziert nach Fachwissensbereichen zeigt sich, dass das schulbezogene Fachwissen mit einer mittleren Lösungsquote von 42% etwas höher ausfällt als die beiden weiteren Bereiche. Für das universitäre Wissen beträgt die mittlere Lösungsquote 36%, während sie im Bereich des vertieften Schulwissens bei 36,9% liegt. Insgesamt zeigen sich somit über alle Bereiche hinweg deutliche fachliche Unsicherheiten, welche nicht nur stärker fachwissenschaftlich geprägte Inhalte, sondern auch schulnahe Anwendungs- und Fehlersituationen betreffen.

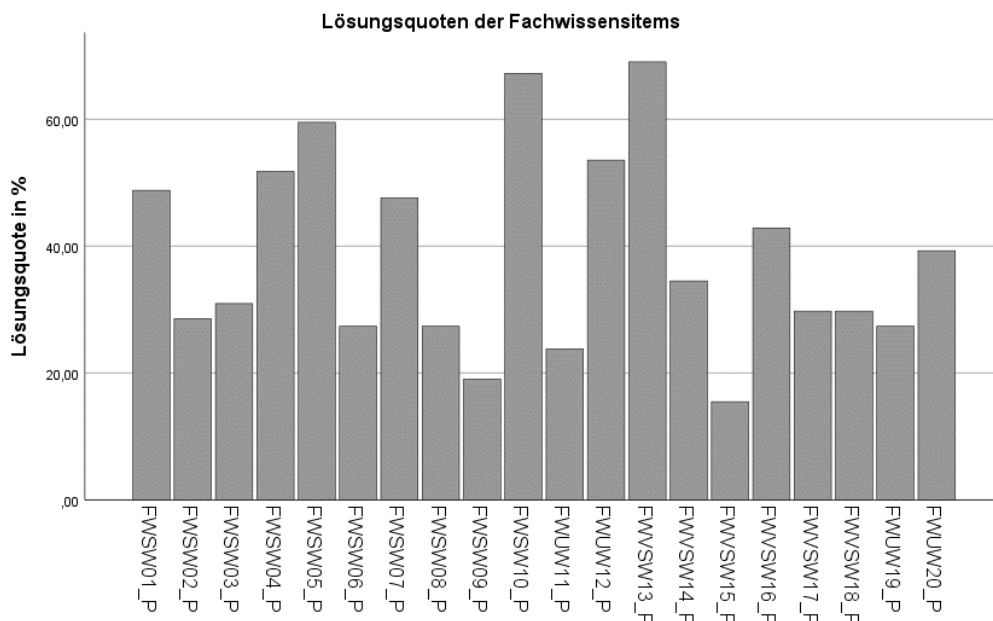


Abbildung 34: Itembezogene Übersicht zur Lösungsquote zum Fachwissen in der Elektrotechnik.

Die Itemanalyse zeigt darüber hinaus, dass konkrete Bauteilmerkmale und klar begrenzte Grundzusammenhänge vergleichsweise besser bearbeitet wurden (siehe Tabelle 12). Die höchsten Lösungsquoten zeigen sich beim Erkennen eines Fehlers in einem Schaltplan mit verkehrt gepolter LED (69%), bei der Polung eines Kondensators (67,3%), bei der Berechnung elektrischer Leistung (59,5%) und beim Leitungswiderstand (53,6%). Deutlich größere Schwierigkeiten zeigen sich bei Aufgaben, die funktionales Schaltungsverständnis, Transistorwissen, Kondensatorverhalten sowie bei Mess- und Prüfsituationen voraussetzen. Besonders niedrig fallen die Lösungsquoten beim Auf- und Entladeverhalten eines Kondensators (15,5%), bei den Hauptfunktionen eines Bipolartransistors (19%) und bei Aufgaben zur Dotierung von Dioden (23,8%) sowie bei Aufgaben zum Prüfen von Dioden und Transistoren.

Tabelle 12: Itembasierte Lösungsquoten im Fachwissen Elektrotechnik

Item	Inhalt	Max.	M (SD)	Lösungsquote
FWSW01	Gesamtwiderstand Parallelschaltung	1	0,49 (0,50)	48,8 %
FWSW02	LED-Vorwiderstand berechnen	1	0,29 (0,45)	28,6 %
FWSW03	Bedingung Stromfluss NPN-Transistor	1	0,31 (0,47)	31,0 %
FWSW04	Polarität LED am Bauteil erkennen	2	1,04 (0,83)	51,8 %
FWSW05	elektrische Leistung berechnen	1	0,60 (0,49)	59,5 %
FWSW06	Anschluss 1 NPN-Transistor	1	0,27 (0,45)	27,4 %
FWSW07	Anschluss 2 NPN-Transistor	1	0,48 (0,50)	47,6 %
FWSW08	Anschluss 3 NPN-Transistor	1	0,27 (0,45)	27,4 %
FWSW09	Hauptfunktionen Bipolartransistor	2	0,38 (0,76)	19,0 %
FWSW10	Polung Elektrolytkondensator	2	1,35 (0,84)	67,3 %
FWUW11	Dotierung Siliziumdiode	1	0,24 (0,43)	23,8 %
FWUW12	Leitungswiderstand	1	0,54 (0,50)	53,6 %
FWVSW13	Fehler in Schaltung erkennen (Verpolung LED)	1	0,69 (0,47)	69,0 %
FWVSW14	Fehler Dämmerungsschaltung erkennen	1	0,35 (0,48)	34,5 %
FWVSW15	Kondensator: Auf-/Entladeverhalten	1	0,15 (0,36)	15,5 %
FWVSW16	Kondensator in Ausschaltverzögerung	1	0,43 (0,50)	42,9 %
FWVSW17	Diode durch Messen prüfen	1	0,30 (0,46)	29,8 %
FWVSW18	Funktion einer Schaltung erkennen	1	0,30 (0,46)	29,8 %
FWUW19	defekter NPN-Transistor, Messfall 1	1	0,27 (0,45)	27,4 %
FWUW20	defekter NPN-Transistor, Messfall 2	1	0,39 (0,49)	39,3 %

6.4.5 Elektrotechnikbezogene Selbstwirksamkeit

Die Selbstwirksamkeit wurde in fachlich-praktische und fachdidaktische Anforderungen unterteilt (siehe Tabellen 13-14). Die vierstufige Skale wurde so interpretiert, dass Werte von 3 oder 4 Zustimmung bzw. eine höhere Selbstwirksamkeit anzeigen.

Tabelle 13: Einschätzungen zur fachlich-praktischen Selbstwirksamkeit.

Items zur fachlichen und fachpraktischen SWE	M	SD	Zustimmung
sicher mit Lötkolben umgehen	3,31	0,93	82,1 %
Sicherheitsregeln beherrschen	2,73	1,01	60,7 %
Werkzeuge fachgerecht wählen	2,64	1,01	63,1 %
Steckbrettaufbau gelingt	2,55	1,06	54,8 %
Lochrasterplatine designen/umsetzen	2,54	1,05	59,5 %
Schaltplan in Realität übertragen	2,51	0,99	53,6 %
Messen mit Multimeter fällt leicht	2,49	1,02	52,4 %
Messen elektrischer Größen gelingt	2,38	1,03	45,2 %
Berechnen elektrischer Größen gelingt	2,26	1,04	39,3 %
Formeln zur Bauteilauslegung anwenden	2,26	1,04	44,1 %
Schaltpläne lesen	2,15	0,90	32,1 %
Schaltpläne selbstständig entwerfen	2,05	0,90	33,3 %
Sicherheit Elektrotechnik gegenüber anderen Bereichen	1,77	1,02	23,8 %
Sicherheit beim Experimentieren mit elektrischer Energie	1,71	0,94	19,1 %

Die selbstwirksamkeitsbezogenen Ergebnisse zeigen ein differenziertes Bild. Die Studierenden schätzen sich bei konkreten praktischen Tätigkeiten, insbesondere beim Löten und bei der Werkzeughandhabung, vergleichsweise sicher ein. Besonders sicher schätzen sie sich im Umgang mit dem Lötkolben ein (82,1%). Auch bei der Auswahl und Nutzung von Werkzeugen sowie bei sicherheitsbezogenen Grundregeln liegen die Zustimmungswerte vergleichsweise höher. Deutlich niedriger fallen die Einschätzungen bei analytischen und fachdidaktisch anspruchsvolleren Anforderungen aus. So stimmen nur 32,1% der Aussage zu, Schaltpläne sicher lesen zu können, und nur 33,3% sehen sich in der Lage, Schaltpläne selbstständig entwerfen zu können. Auch das Identifizieren von Fehlern in Schaltungen sowie der Umgang mit Schülervorstellungen erreichen lediglich Zustimmungswerte von 34,5%.

Tabelle 14: Auswertung der fachdidaktischen Selbstwirksamkeit im Kontext elektrotechnischer Anforderungen

Items zur fachdidaktischen SWE	M	SD	Zustimmung
praktische Tätigkeiten unterrichten	2,87	0,95	66,7 %
Werkzeughandhabung vermitteln	2,69	0,94	59,5 %
Bedeutung des Messens für Lernprozess kennen	2,49	0,99	51,2 %
passende Hilfsmittel einsetzen	2,48	0,91	50,0 %
Fachinhalte didaktisch reduzieren	2,40	0,93	50,0 %
fachdidaktische Methoden anwenden	2,31	0,85	41,7 %
unterrichtstaugliche Schaltungen auslegen	2,21	0,92	38,1 %
Umgang mit Schülervorstellungen	2,13	0,86	34,5 %
Fehler in Schaltungen identifizieren	2,10	0,96	34,5 %

Die Ergebnisse zeigen zudem eine klare Differenz zwischen praktischer Handlungssicherheit und konzeptuell-diagnostischen Anforderungen. Damit stimmen die Selbstwirksamkeitsbefunde mit den Ergebnissen aus Fachwissenstest und Vignettenauswertung überein, da fachlich-konzeptuelle, analytische und diagnostische Anforderungen eine größere Herausforderung darstellen als unmittelbar praktische Tätigkeiten.

6.4.6 Enthusiasmus und motivationale Orientierungen gegenüber Elektrotechnik

Die Enthusiasmus-Skala reicht von 1 bis 5. Für die itembezogene Zustimmung wurden Werte von 4 oder 5 als deutliche Zustimmung interpretiert. Die Auswertung zeigt hier, ob Studierende die Elektrotechnik als relevant einschätzen und, ob diese Relevanz auch mit persönlicher Begeisterung verbunden ist. Insgesamt zeigt sich auch hier ein differenziertes Bild (siehe Tabelle 15). Die Studierenden schreiben der Elektrotechnik vor allem eine hohe lebensweltliche und unterrichtliche Relevanz zu. Am höchsten fällt die Zustimmung zu der Aussage aus, dass die Elektrotechnik ein wichtiger Bestandteil der Lebenswelt ist ($M = 4,21$, $SD = 0,78$) und 81% der Studierenden stimmen dieser Aussage deutlich zu. Ähnlich hoch fallen die Einschätzungen zur Bedeutung elektrotechnischer Inhalte als Grundlage für weiterführende Themen des Technikunterrichts aus ($M = 3,86$, $SD = 0,79$) und die Zustimmung liegt hier bei 60,7%.

Tabelle 15: Auswertung der motivationalen Orientierungen in Bezug auf die Elektrotechnik

Item	M	SD	Zustimmung
Elektrotechnik als Lebensweltbestandteil	4,21	0,78	81,0 %
Lebensweltbezug Elektrotechnik (Kontrollitem, umkodiert)	3,87	1,05	63,1 %
Grundlage für weiterführende Themen	3,86	0,79	60,7 %
praktische Tätigkeiten spannend	3,79	1,02	61,9 %
Nutzen von Schaltungen erschließt sich	3,75	1,13	61,9 %
Begeisterung weitergeben können	3,17	1,11	40,5 %
Begeisterung Elektrotechnik allgemein	3,12	1,17	35,7 %
Fachliche Neuerungen spannend	2,98	1,04	35,7 %
Jugendliche interessieren sich für Elektrotechnik	2,88	1,01	26,2 %
Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Bereichen spannend	2,43	1,28	21,4 %

Ebenfalls vergleichsweise positiv werden praktische und anwendungsbezogene Aspekte der Elektrotechnik bewertet. Die Aussage, dass praktische Tätigkeiten in der Elektrotechnik spannend sind erreicht einen Mittelwert von $M = 3,79$ ($SD = 1,02$), wobei 61,9% der Studierenden deutlich zustimmen. Auch der Nutzen von Schaltungen erschließt sich einem größeren Teil der Befragten ($M = 3,75$, $SD = 1,13$).

Deutlich niedriger fallen dagegen Items aus, die stärker auf persönliche Begeisterung, Vermittlungsenthusiasmus oder die wahrgenommene Attraktivität der Elektrotechnik zielen. Die Aussage, Begeisterung für Elektrotechnik weitergeben zu können, erreicht nur einen mittleren Wert von $M = 3,17$ ($SD = 1,11$) und der Zustimmungsanteil liegt bei 40,5%. Die allgemeine Begeisterung für die Elektrotechnik fällt mit $M = 3,12$ ($SD = 1,17$) ähnlich moderat aus und es stimmen nur lediglich 35,7% der Studierenden deutlich zu. Auch fachliche Neuerungen im Bereich der Elektrotechnik werden mit einer deutlichen Zustimmung von 35,7% nur von einem kleineren Teil der Befragten als spannend bewertet ($M = 2,98$, $SD = 1,04$).

Besonders zurückhaltend fallen die Einschätzungen zur Attraktivität elektrotechnischer Themen für Jugendliche sowie zum Vergleich mit anderen Technikbereichen aus. Der Aussage, dass Jugendliche sich für Elektrotechnik interessieren, stimmen lediglich 26,2% der Studierenden deutlich zu ($M = 2,88$, $SD = 1,01$). Den niedrigsten Wert weist die Aussage auf, dass die Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Technikbereichen spannend sei mit einer deutlichen Zustimmung von 21,4% auf ($M = 2,43$, $SD = 1,28$).

Die vergleichsweise hohe Standardabweichung bei diesem Item zeigt zugleich, dass die Einschätzungen hier innerhalb der Stichprobe besonders stark variieren.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse eine klare Differenz zwischen Relevanzzuschreibung und persönlicher Begeisterung. Während die Studierenden die Elektrotechnik mehrheitlich als lebensweltlich bedeutsam und unterrichtlich relevant einschätzen, fällt die persönliche Begeisterung für den Themenbereich deutlich geringer aus, womit sich zeigt, dass die motivationale Orientierung gegenüber der Elektrotechnik nicht durchgängig hoch ausgeprägt ist. Die Studierenden erkennen die lebensweltliche und unterrichtliche Relevanz der Elektrotechnik deutlich an. Besonders hoch ist die Zustimmung zur Aussage, dass die Elektrotechnik ein wichtiger Bestandteil der Lebenswelt ist. Auch der Lebensweltbezug und die Bedeutung für weiterführende Themen des Technikunterrichts werden positiv eingeschätzt. Demgegenüber fallen persönliche Begeisterung, die Einschätzung der Attraktivität elektrotechnischer Themen für Jugendliche und die Bewertung der Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Technikbereichen zurückhaltender aus, wodurch sich eine Differenz zwischen anerkannter Relevanz und persönlicher Begeisterung zeigt.

6.4.7 Einschätzungen zum Lehr-Lern-Labor

Die LLL-Einschätzungen beziehen sich nur auf Personen mit entsprechenden Angaben. Je nach Item liegt N zwischen 36 und 38. Die vierstufige Skala wurde auch hier so interpretiert, dass Werte von 3 und 4 Zustimmung anzeigen. Die Ergebnisse sind deshalb als Einschätzung der Teilnehmenden zu verstehen und nicht als Gesamtbefund für die vollständige Stichprobe. Die Einschätzungen zum LLL fallen überwiegend positiv aus (siehe Tabelle 16). Besonders hohe Zustimmung mit 97,3% zeigt sich bei der Freude am Unterrichten ($M = 3,57$, $SD = 0,55$). Auch die Bedeutung der Verbindung von Theorie- und Praxisveranstaltung wird von den Studierenden mit einer Zustimmung von 94,6% deutlich hervorgehoben ($M = 3,43$, $SD = 0,60$). Ebenfalls hohe Werte zeigen sich bei der Einschätzung, den realistischen Unterrichtsumfang besser beurteilen zu können ($M = 3,35$, $SD = 0,68$, Zustimmung: 89,2%) sowie bei der wahrgenommenen Sicherheit in der Unterrichtsplanung ($M = 3,22$, $SD = 0,88$, Zustimmung: 80,6%).

Tabelle 16: Auswertung der Skalen zum Einfluss des LLL.

Item	N	M	SD	Zustimmung
Freude am Unterrichten	37	3,57	0,55	97,3 %
Bedeutung von Theorie-/Praxisveranstaltung wurde deutlich	37	3,43	0,60	94,6 %
Unterrichtsumfang besser einschätzen	37	3,35	0,68	89,2 %
sicherer in Unterrichtsplanung	36	3,22	0,76	80,6 %
Vermitteln praktischer Tätigkeiten machte mehr Freude als Theorie	37	3,11	0,77	81,1 %
Komplexere Themen unterrichten können	37	3,08	0,89	75,7 %
Unterricht vorher schwieriger vorgestellt	36	3,03	0,74	75,0 %
Theorie und Praxis gleich gerne vermittelt	37	3,00	0,85	70,3 %
Sicherer in Anwendung fachdidaktischer Methoden	37	3,00	0,88	78,4 %
Inhalte weniger komplex als erwartet	37	2,92	0,95	62,2 %
LLL war sehr aufwendig	38	2,50	0,83	55,3 %
Geschützter Raum kaum auf Schule übertragbar	37	1,89	0,70	13,5 %
LLL hat nicht weitergeholfen	37	1,41	0,80	8,1 %

Auch die Sicherheit in der Anwendung fachdidaktischer Methoden wird mit einer deutlichen Zustimmung von 78,4% überwiegend positiv eingeschätzt ($M = 3,00$, $SD = 0,88$). Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass die Studierenden durch das LLL ihre Einschätzungen zur Unterrichtbarkeit elektrotechnischer Inhalte teilweise verändert haben. 75,7% stimmen der Aussage zu, durch das LLL auch komplexere Themen wie Elektrotechnik unterrichten zu können ($M = 3,08$, $SD = 0,89$). Ebenso geben 75% an, sich Unterricht zur Elektrotechnik vor dem LLL schwieriger vorgestellt zu haben ($M = 3,03$, $SD = 0,74$). Die Aussage, dass Inhalte weniger komplex waren als erwartet, erreicht hingegen etwas niedrigere, aber weiterhin mehrheitliche Zustimmung mit 62,2% ($M = 2,92$, $SD = 0,95$).

Auffällig ist außerdem, dass praktische Tätigkeiten besonders positiv erlebt wurden. 81,1% der Studierenden geben an, dass ihnen das Vermitteln praktischer Tätigkeiten mehr Freude bereitete als die Vermittlung theoretischer Inhalte ($M = 3,11$, $SD = 0,77$). Gleichzeitig stimmen 70,3% der Aussage zu, Theorie und Praxis gleich gerne vermittelt zu haben ($M = 3,00$, $SD = 0,85$).

Dies verweist darauf, dass die praktischen Anteile im LLL besonders motivierend waren, die Theorie-Praxis-Verbindung jedoch ebenfalls von einem großen Teil positiv wahrgenommen wurde. Die kritischen respektive negativ formulierten Items werden überwiegend abgelehnt. Nur 13,5% stimmen der Aussage zu, dass der geschützte Raum des LLL kaum auf die schulische Realität übertragbar sei ($M = 1,89$, $SD = 0,70$). Noch niedriger fällt die Zustimmung (8,1%) zur Aussage aus, dass das LLL nicht weitergeholfen habe ($M = 1,41$, $SD = 0,80$). Gleichzeitig wird das LLL als arbeitsintensiv wahrgenommen. Das Item „LLL war sehr aufwendig“ erreicht mit einer Zustimmung von 55,3% einen Mittelwert von $M = 2,50$ ($SD = 0,83$). Die positive Bewertung des LLL geht somit mit einem spürbaren Aufwand einher. Insgesamt zeigen die Befunde jedoch, dass das LLL von den Studierenden überwiegend als hilfreich und praxisnahe Lerngelegenheit wahrgenommen wurde. Besonders stark treten Freude am Unterrichten, Theorie-Praxis-Verzahnung, realistischere Unterrichtsplanung und zunehmende Sicherheit im Umgang mit elektrotechnischen Unterrichtsinhalten hervor. Ob sich die wahrgenommenen Aspekte in Bezug auf das LLL bestätigen sollen die im folgenden Abschnitt dargelegten Gruppenvergleiche aufzeigen.

6.4.8 Gruppenvergleiche

Für die Gruppenvergleiche wurden Mann-Whitney-U-Tests verwendet, da die Gruppengrößen ungleich sind und die Variablen teilweise auf ordinalen Punktwerten bzw. Likert-Skalen beruhen. Als Effektstärke wird die rang-biseriale Korrelation berichtet. Positive Werte bedeuten in dem Fall, dass die erstgenannte Gruppe höhere Werte aufweist. Für den vierstufigen Vergleich nach LLL-Typ wurde ein Kruskal-Wallis-Test verwendet. Es zeigt sich hier, dass Studierende mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung in allen zentralen Variablen höhere Werte aufweisen als Studierende ohne entsprechende Erfahrung respektive mit nicht elektrotechnischer LLL-Erfahrung (siehe Tabelle 17). Besonders deutlich zeigt sich dies beim fachdidaktischen Wissen. Die Gruppe mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung erreicht im Mittel $M = 16,04$ Punkte bei einem Median von $Md = 16,00$, während die Vergleichsgruppe bei $M = 7,75$ und $Md = 8,00$ liegt.

Auch im Fachwissen zeigt sich ein deutlicher Unterschied zugunsten der elektrotechnischen LLL-Gruppe ($M = 13,52$, $Md = 11,00$ gegenüber $M = 7,04$, $Md = 6,00$).

Tabelle 17: Gruppenvergleich zwischen Studierenden mit LLL und Studierenden ohne LLL-Erfahrung.

Variable	Elektro-LLL (n = 27) M (SD) / Md (IQR)	kein/nicht-Elektro-LLL (n = 57) M (SD) / Md (IQR)	p	r
Fachdidaktisches Wissen	16,04 (7,00) / 16,00 (8,50)	7,75 (4,95) / 8,00 (7,00)	< .001***	.656
Fachwissen	13,52 (6,91) / 11,00 (11,00)	7,04 (5,17) / 6,00 (6,00)	< .001***	.551
Selbstwirksamkeit gesamt	2,94 (0,44) / 2,96 (0,52)	2,14 (0,69) / 2,17 (1,00)	< .001***	.685
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,88 (0,47) / 2,86 (0,64)	2,15 (0,74) / 2,14 (0,79)	< .001***	.609
Selbstwirksamkeit Didaktik	3,03 (0,50) / 3,00 (0,72)	2,12 (0,68) / 2,22 (1,11)	< .001***	.702
Enthusiasmus	3,84 (0,65) / 3,70 (1,10)	3,20 (0,66) / 3,10 (1,00)	< .001***	.502

Die Unterschiede betreffen nicht nur die Wissensfacetten, sondern auch die motivationalen Aspekte und die Selbstwirksamkeit. Die Selbstwirksamkeit liegt in der elektrotechnischen LLL-Gruppe bei $M = 2,94$ und $Md = 2,96$, in der Vergleichsgruppe dagegen bei $M = 2,14$ und $Md = 2,17$. Auch der Enthusiasmus fällt in der elektrotechnischen LLL-Gruppe höher aus ($M = 3,84$, $Md = 3,70$) als in der Vergleichsgruppe ($M = 3,20$, $Md = 3,10$).

Tabelle 18: Sensitivitätsvergleich Interventionsgruppe gegenüber allen anderen Studierenden.

Variable	Elektro-LLL (n = 17) M (SD) / Md (IQR)	alle anderen (n = 67) M (SD) / Md (IQR)	p	r
Fachdidaktisches Wissen	16,71 (7,78) / 18,00 (11,00)	8,82 (5,63) / 9,00 (8,00)	< .001***	.586
Fachwissen	14,06 (7,09) / 16,00 (12,00)	7,87 (5,75) / 7,00 (8,00)	.001**	.504
Selbstwirksamkeit gesamt	2,97 (0,34) / 2,96 (0,43)	2,25 (0,72) / 2,22 (0,93)	< .001***	.651
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,90 (0,34) / 2,86 (0,43)	2,25 (0,76) / 2,21 (0,93)	< .001***	.583
Selbstwirksamkeit Didaktik	3,08 (0,46) / 3,11 (0,56)	2,24 (0,72) / 2,22 (1,06)	< .001***	.675
Enthusiasmus	3,86 (0,69) / 3,70 (1,10)	3,29 (0,68) / 3,20 (0,85)	.005**	.443

Auch im Sensitivitätsvergleich, bei dem ausschließlich die Teilnahme am LLL der Intervention betrachtet wird, zeigt sich dasselbe Ergebnismuster. Studierende mit der LLL-Erfahrung erreichen in allen zentralen Variablen höhere Werte als die übrigen Studierenden (siehe Tabelle 18).

Besonders deutlich fällt der Unterschied beim fachdidaktischen Wissen aus. Die LLL-Gruppe erreicht im Mittel $M = 16,71$ Punkte ($SD = 7,78$, $Md = 18,00$), während die übrigen Studierenden bei $M = 8,82$ Punkten liegen ($SD = 5,63$, $Md = 9,00$). Auch im Fachwissen zeigt sich ein deutlicher Unterschied zugunsten der LLL-Gruppe ($M = 14,06$, $SD = 7,09$, $Md = 16,00$) gegenüber allen anderen Studierenden ($M = 7,87$, $SD = 7,09$, $Md = 7,00$). Die Unterschiede betreffen zudem die motivationalen Aspekte und die Selbstwirksamkeit. Die Selbstwirksamkeit gesamt liegt in der LLL-Gruppe bei $M = 2,97$ ($SD = 0,34$, $Md = 2,96$), in der Vergleichsgruppe dagegen bei $M = 2,25$ ($SD = 0,72$, $Md = 2,22$). Auch die fachdidaktische Selbstwirksamkeit fällt in der LLL-Gruppe höher aus ($M = 3,08$, $SD = 0,46$, $Md = 3,11$) als in der Vergleichsgruppe ($M = 2,24$, $SD = 0,72$, $Md = 2,22$). Der Enthusiasmus ist ebenfalls höher ausgeprägt ($M = 3,86$, $SD = 0,69$, $Md = 3,70$ gegenüber $M = 3,29$, $SD = 0,68$, $Md = 3,20$). Die Gruppenunterschiede sind durchgehend signifikant und weisen mittlere bis hohe Effektstärken auf.

Der vierstufige Vergleich mit dem Kruskal-Wallis-Test nach Art der LLL-Erfahrung zeigt ein konsistentes Muster (siehe Tabelle 19). In allen zentralen Variablen erreichen Studierende LLL-Erfahrung aus der Intervention sowie Studierende mit einem anderen LLL mit elektrotechnischem Bezug im deskriptiven Vergleich höhere Werte als Studierende ohne LLL-Erfahrung oder mit einem nicht-elektrotechnischen LLL. Besonders deutlich wird dies beim fachdidaktischen Wissen ($H(3) = 23,91$, $p = <0,001$). Während Studierende ohne LLL-Erfahrung im Mittel $M = 7,49$ Punkte erreichen ($SD = 5,04$, $Md = 8,00$), liegen die Werte in der Interventionsgruppe bei $M = 16,71$ ($SD = 7,78$, $Md = 18,00$) und in der Gruppe mit anderem Elektro-LLL bei $M = 14,90$ ($SD = 5,65$, $Md = 14,00$). Studierende mit einem nicht-elektrotechnischen LLL liegen mit $M = 9,00$ ($SD = 4,52$, $Md = 8,50$) deutlich näher an der Gruppe ohne LLL als an den elektrotechnischen LLL-Gruppen.

Ein ähnliches Muster zeigt sich für das Fachwissen (siehe Abbildung 36). Die höchsten Werte treten bei Studierenden aus der Intervention auf ($M = 14,06$, $SD = 7,09$, $Md = 16,00$), gefolgt von der Gruppe mit anderem Elektro-LLL ($M = 12,60$, $SD = 6,85$, $Md = 11,00$). Deutlich niedriger liegen die Werte bei Studierenden ohne LLL ($M = 6,81$, $SD = 5,19$, $Md = 6,00$) sowie bei Studierenden mit einem nicht-elektrotechnischen LLL ($M = 8,10$, $SD = 5,17$, $Md = 7,50$).

Tabelle 19: Vierstufiger Gruppenvergleich mit Kruskal-Wallis Test nach gemachter Lernerfahrung in Bezug auf Elektrotechnik

Variable	kein LLL (n = 47)	Tec040 Elektro (n = 17)	anderes Elektro-LLL (n = 10)	anderes nicht- Elektro- LLL (n = 10)	H (df 3)	p
FDW	7,49 (5,04) / 8,00 (8,00)	16,71 (7,78) / 18,00 (11,00)	14,90 (5,65) / 14,00 (5,50)	9,00 (4,52) / 8,50 (3,25)	23,91	< .001***
FW	6,81 (5,19) / 6,00 (6,00)	14,06 (7,09) / 16,00 (12,00)	12,60 (6,85) / 11,00 (8,00)	8,10 (5,17) / 7,50 (5,50)	17,27	< .001***
SWE	2,12 (0,73) / 2,13 (1,00)	2,97 (0,34) / 2,96 (0,43)	2,87 (0,59) / 3,00 (0,64)	2,23 (0,52) / 2,43 (0,57)	26,20	< .001***
SWEfach	2,12 (0,77) / 2,07 (0,79)	2,90 (0,34) / 2,86 (0,43)	2,84 (0,66) / 2,89 (1,07)	2,29 (0,59) / 2,50 (0,55)	21,46	< .001***
SWEdid	2,12 (0,73) / 2,22 (1,22)	3,08 (0,46) / 3,11 (0,56)	2,92 (0,57) / 2,83 (0,72)	2,12 (0,45) / 2,22 (0,67)	27,39	< .001***
Enthusiasmus	3,18 (0,64) / 3,10 (1,00)	3,86 (0,69) / 3,70 (1,10)	3,79 (0,60) / 3,80 (0,95)	3,28 (0,77) / 3,25 (0,60)	13,89	.003**

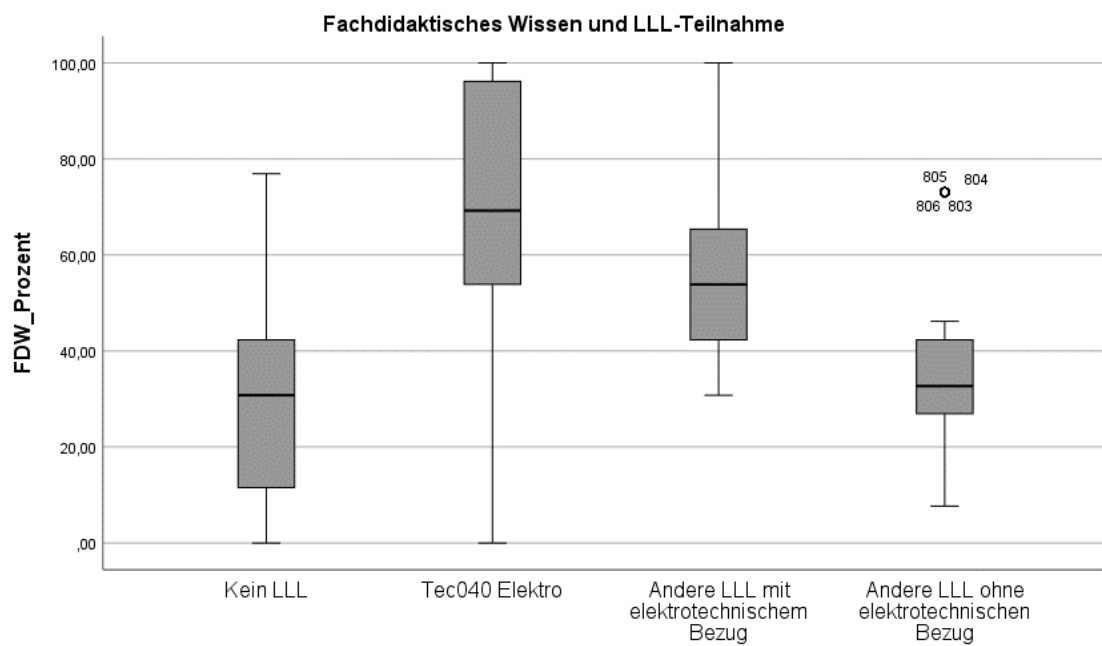


Abbildung 35: Boxplots zum Vergleich des fachdidaktischen Wissens in Bezug auf gemachte Lernerfahrung zur Elektrotechnik

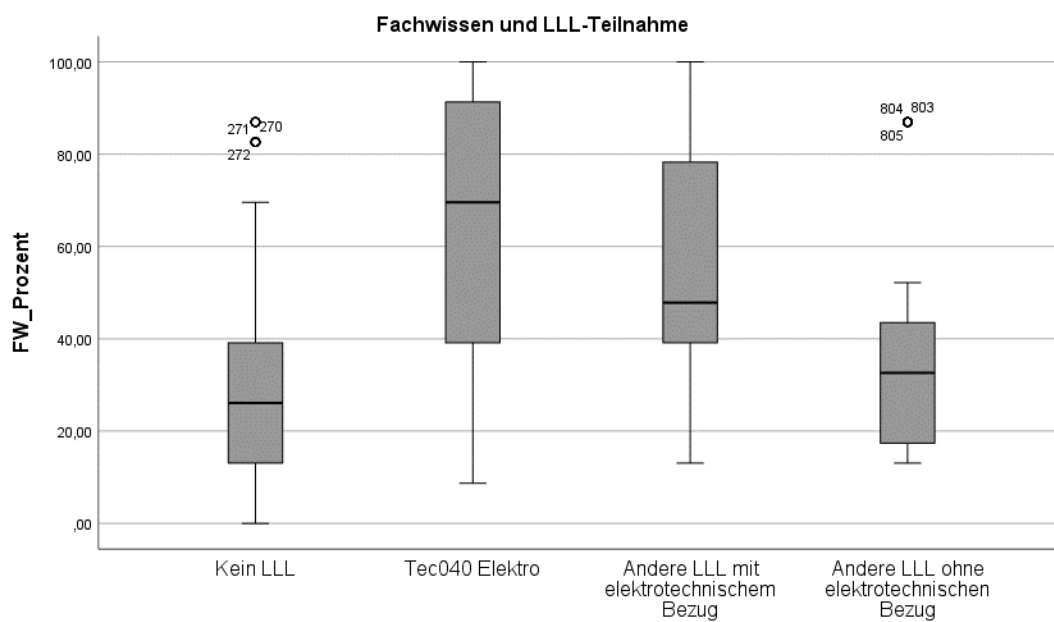


Abbildung 36: Boxplots zum Vergleich des Fachwissens in Bezug auf gemachte Lernerfahrungen in der Elektrotechnik.

Auch bei der Selbstwirksamkeit und dem Enthusiasmus zeigt sich die fachliche Passung der LLL-Erfahrung.

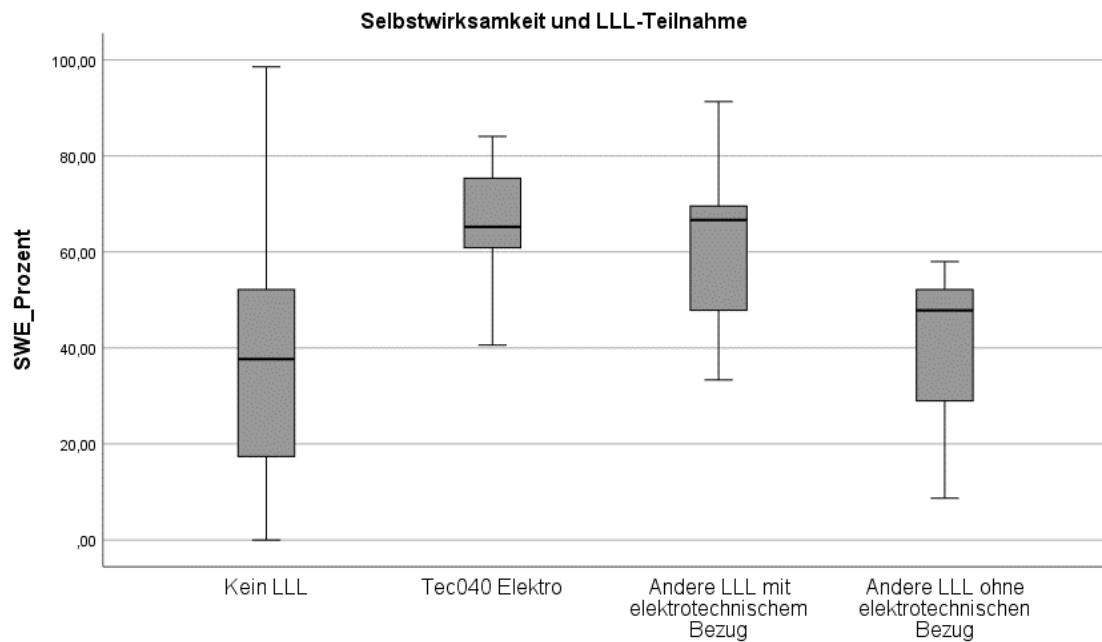


Abbildung 37: Boxplots zum Vergleich der Selbstwirksamkeit in Abhängigkeit der gemachten Lernerfahrung in der Elektrotechnik

Die höchsten Werte für die Selbstwirksamkeit finden sich in der Interventionsgruppe und in der Gruppe mit einem anderen Elektro-LLL.

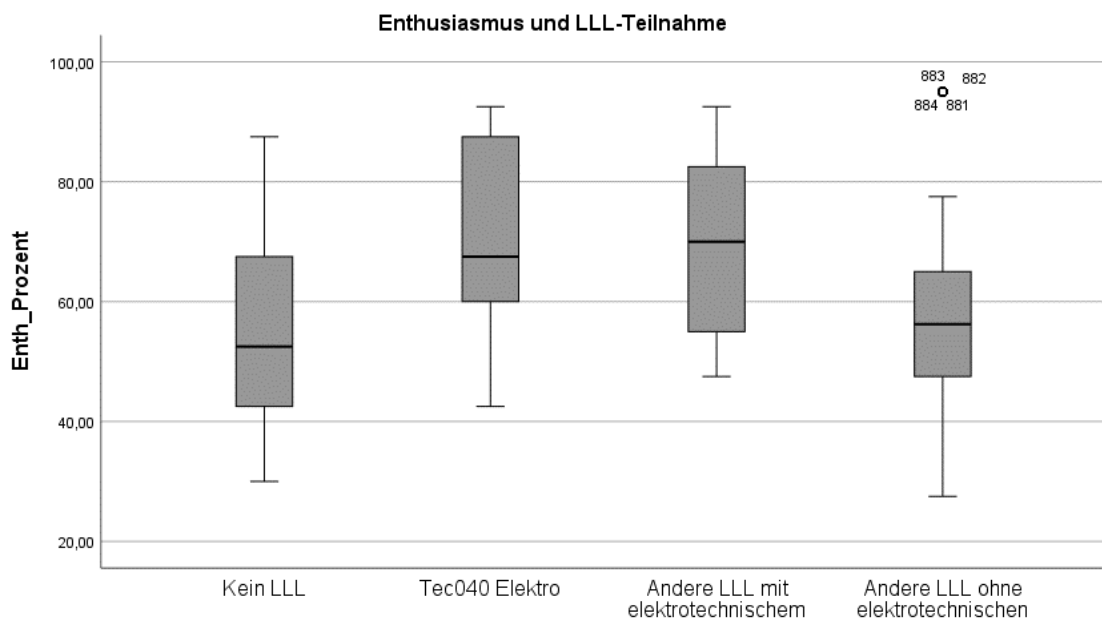


Abbildung 38: Boxplots zum Vergleich des Enthusiasmus in Abhängigkeit der gemachten Lernerfahrung in der Elektrotechnik

Beim Enthusiasmus erreichen Studierende aus der Intervention $M = 3,86$ ($SD = 0,69$, $Md = 3,70$) und Studierende mit anderem Elektro-LLL $M = 3,79$ ($SD = 0,60$, $Md = 3,80$), während die Werte bei Studierenden ohne LLL und mit nicht elektrotechnischem LLL niedriger ausfallen. Insgesamt spricht der Befund dafür, dass nicht LLL-Erfahrung allgemein, sondern insbesondere elektrotechnische Ausrichtung der LLL-Erfahrung mit höheren Ausprägungen der untersuchten Kompetenzfacetten verbunden ist.

Zur genaueren Lokalisierung der signifikanten Gruppenunterschiede wurden im Anschluss an die Kruskal-Wallis-Tests paarweise Dunn-Tests mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Die Post-hoc-Analysen zeigen, dass die Unterschiede vor allem auf höhere Werte der Studierenden mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung zurückzuführen sind. Im Bereich des fachdidaktischen Wissens unterscheiden sich Studierende ohne LLL-Erfahrung signifikant von Studierenden mit der Interventionserfahrung ($z = -4.27$, $p < .001$, $r = .47$) sowie von Studierenden mit anderen LLL-Erfahrungen mit elektrotechnischem Bezug ($z = -3.17$, $p = .009$, $r = .35$). In beiden Fällen erzielten die Gruppen mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung höhere Werte. Auch für das elektrotechnische Fachwissen zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Studierenden ohne LLL-Erfahrung und Studierenden mit Interventionserfahrung ($z = -3.70$, $p = .001$, $r = .40$), wobei die Interventionsgruppe höhere Werte erreicht. Weitere paarweise Vergleiche fielen nach Bonferroni-Korrektur hier nicht signifikant aus.

Für die fachpraktische Selbstwirksamkeit ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen Studierenden ohne LLL-Erfahrung und Studierenden der Interventionsgruppe ($z = -4.23$, $p < .001$, $r = .46$) sowie zwischen Studierenden ohne LLL und Studierenden mit anderen elektrotechnikbezogenen LLL-Erfahrungen ($z = -2.75$, $p = .036$, $r = .30$). Auch hier liegen die Werte der elektrotechnikbezogenen LLL-Gruppen höher. Ein vergleichbares Muster zeigt sich für die fachdidaktische Selbstwirksamkeit. Studierende ohne LLL-Erfahrung weisen signifikant niedrigere Werte auf als Studierende der Interventionsgruppe ($z = -4.62$, $p < .001$, $r = .50$) und als Studierende mit anderen elektrotechnikbezogenen LLL-Erfahrungen ($z = -2.93$, $p = .021$, $r = .32$). Zusätzlich unterscheiden sich Studierende der Intervention signifikant von Studierenden mit LLL-Erfahrung ohne elektrotechnischen Bezug ($z = 3.41$, $p = .004$, $r = .37$), wobei die Interventionsgruppe höhere Werte erzielt. Für die Gesamtskala der Selbstwirksamkeit bestätigt sich dieses Muster ebenfalls.

Signifikante Unterschiede bestehen zwischen Studierenden ohne LLL-Erfahrung und Studierenden der Interventionsgruppe ($z = -4.62$, $p < .001$, $r = .50$), zwischen Studierenden ohne LLL-Erfahrung und Studierenden mit anderen elektrotechnikbezogenen Erfahrungen ($z = -3.03$, $p = .015$, $r = .33$) sowie zwischen Studierenden der Interventionsgruppe und Studierenden mit LLL-Erfahrung ohne elektrotechnischen Bezug ($z = 2.80$, $p = .030$, $r = .31$). Die höheren Werte liegen jeweils bei den Gruppen mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung.

Für den Enthusiasmus gegenüber der Elektrotechnik zeigte sich nach Bonferroni-Korrektur lediglich ein signifikanter Unterschied zwischen Studierenden ohne LLL-Erfahrung und Studierenden der Interventionsgruppe ($z = -3.22$, $p = .008$, $r = .35$). Auch hier berichtet die Interventionsgruppe höhere Werte. Insgesamt verdeutlichen die Post-hoc-Analysen, dass nicht LLL-Erfahrungen im Allgemeinen, sondern insbesondere elektrotechnikbezogene LLL-Erfahrungen mit höheren fachlichen, fachdidaktischen, motivationalen und selbstwirksamkeitsbezogenen Ausprägungen einhergehen.

Tabelle 20: Prüfung der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit der Modulbelegung.

Variable	Tec040-Elektro (n = 67) M (SD) / Md (IQR)	Tec040-Elektro nicht belegt (n = 17) M (SD) / Md (IQR)	p	r
Fachdidaktisches Wissen	11,93 (6,74) / 11,00 (9,00)	4,47 (3,71) / 3,00 (6,00)	< .001***	.681
Fachwissen	10,46 (6,50) / 9,00 (10,00)	3,82 (2,88) / 3,00 (4,00)	< .001***	.678
Selbstwirksamkeit gesamt	2,57 (0,63) / 2,57 (0,87)	1,71 (0,52) / 1,57 (0,67)	< .001***	.667
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,55 (0,66) / 2,50 (0,86)	1,73 (0,54) / 1,50 (0,79)	< .001***	.623
Selbstwirksamkeit Didaktik	2,59 (0,67) / 2,67 (0,89)	1,69 (0,52) / 1,44 (0,78)	< .001***	.661
Enthusiasmus	3,53 (0,66) / 3,50 (0,90)	2,91 (0,76) / 3,10 (0,95)	.003**	.468

Auch die Belegung der Veranstaltung Tec040 Elektrotechnik geht mit deutlich höheren Werten in allen Bereichen einher (siehe Tabelle 20). Studierende die das Modul abgeschlossen haben erreichen im fachdidaktischen Wissen im Mittel $M = 11,93$ Punkte ($SD = 6,74$), $Md = 11,00$), während Studierende ohne Abschluss der Veranstaltung bei $M = 4,47$ Punkten liegen ($SD = 3,71$, $Md = 3,00$).

Auch im Fachwissen zeigt sich ein deutlicher Unterschied zugunsten der Tec040-Gruppe ($M = 10,46$, $SD = 6,50$, $Md = 9,00$) gegenüber der Gruppe ohne abgeschlossene Elektrotechnik Veranstaltung ($M = 3,82$, $SD = 2,88$, $Md = 3,00$).

Die Unterschiede zeigen sich außerdem bei den motivational-selbstbezogenen Variablen. Die elektrotechnikbezogene Selbstwirksamkeit gesamt fällt bei Studierenden mit abgeschlossener Veranstaltung höher aus ($M = 2,57$, $SD = 0,63$, $Md = 2,57$) als bei Studierenden ohne ($M = 1,71$, $SD = 0,52$, $Md = 1,57$). Auch der Enthusiasmus gegenüber Elektrotechnik ist in der Gruppe höher ausgeprägt ($M = 3,53$, $SD = 0,66$, $Md = 3,50$) als in der Vergleichsgruppe ($M = 2,91$, $SD = 0,76$, $Md = 3,10$). Die Gruppenunterschiede sind durchgehend signifikant und weisen mittlere bis hohe Effektstärken auf. Besonders stark fallen die Effekte beim fachdidaktischen Wissen, beim Fachwissen und bei der Selbstwirksamkeit aus.

Aufgrund der hohen Anzahl von Studierenden mit vorheriger Berufsausbildung respektive einem Vorstudium innerhalb der Stichprobe ($n = 54$), wurde diese Variable ebenfalls in den Gruppenvergleich einbezogen. Eine begonnene Berufsausbildung oder ein begonnenes Vorstudium geht zwar mit etwas höheren Werten in den Wissensfacetten einher, hier zeigen sich jedoch für die Selbstwirksamkeit und den Enthusiasmus keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Prüfung der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zur Berufsbiografie.

Variable	Berufsausbildung oder Vorstudium (n = 54) M / Md	Keine Ausbildung bzw. Vorstudium (n = 30) M / Md	p	r
Fachdidaktisches Wissen	11,33 (0,84) / 11,00 (7,50)	8,77 (1,41) / 7,00 (12,00)	.041*	.271
Fachwissen	10,09 (0,86) / 9,00 (10,50)	7,37 (1,18) / 5,50 (6,25)	.030*	.286
Selbstwirksamkeit gesamt	2,46 (0,10) / 2,46 (0,88)	2,28 (0,13) / 2,44 (1,03)	.304	.136
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,45 (0,10) / 2,43 (0,96)	2,27 (0,13) / 2,25 (1,11)	.329	.130
Selbstwirksamkeit Didaktik	2,47 (0,10) / 2,61 (0,78)	2,30 (0,15) / 2,22 (1,61)	.367	.120
Enthusiasmus	3,47 (0,10) / 3,35 (1,03)	3,28 (0,13) / 3,10 (1,08)	.217	.164

Zusätzlich wurde geprüft, ob sich zwischen Bachelor- und Masterstudierenden ein Unterschied feststellen lässt. Es zeigen sich insgesamt nur geringe, kaum signifikante Unterschiede (siehe Tabelle 22). Lediglich im fachdidaktischen Wissen erreichen Masterstudierende signifikant höhere Werte. Für Fachwissen, Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus ergeben sich keine bedeutsamen Unterschiede.

Tabelle 22: Prüfung der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zum Studium (Bachelor und Master).

Variable	Master M / Md	Bachelor M / Md	p	r
Fachdidaktisches Wissen	11,64 / 11,00	9,63 / 8,00	.047*	.258
Fachwissen	9,76 / 9,00	8,71 / 7,00	.247	.150
Selbstwirksamkeit gesamt	2,42 / 2,44	2,38 / 2,44	.982	.004
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,39 / 2,29	2,38 / 2,50	.905	-.016
Selbstwirksamkeit Didaktik	2,46 / 2,56	2,38 / 2,44	.759	.040
Enthusiasmus	3,38 / 3,30	3,42 / 3,40	.797	-.034

Mit Blick auf die verschiedenen Studiengänge, die im Fach Technik vertreten sind zeigt sich beim fachdidaktischen Wissen wie oben bereits vermutet ein signifikanter Unterschied zwischen den vier Studiengruppen $H(3) = 8,14$, $p = 0,043$. Die deskriptiven Werte deuten darauf hin, dass Studierende im Master Technik die höchsten Werte erreichen ($M = 12,77$, $SD = 0,96$, $Md = 12,00$).

Die niedrigsten Werte zeigen sich bei Studierenden im Bachelor Technik mit dem Schwerpunkt Sonderpädagogik sowie im Master Technik mit dem Schwerpunkt Sonderpädagogik. Bachelorstudierende im Fach Technik liegen mit $M = 10,36$ ($SD = 1,32$, $Md = 10,00$) im mittleren Bereich. Für das elektrotechnische Fachwissen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, $H(3) = 4,56$, $p = 0,207$. Auch hier lagen die beiden sonderpädagogischen Fächer etwas niedriger, jedoch sind diese Unterschiede statistisch nicht signifikant. Auch für die Selbstwirksamkeit ($H(3) = 4,61$, $p = 0,203$) und den Enthusiasmus gegenüber der Elektrotechnik ($H(3) = 0,27$, $p = 0,965$) ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen.

Tabelle 23: Vergleich der zentralen Konstrukte nach Studium (SoPäd)

Variable	Master SoPäd M / Md	Bachelor SoPäd M / Md	Master Technik M / Md	Bachelor Technik M / Md	H	df	p
Fachdidaktisches Wissen	9,36 (1,02) / 10,00 (4,00)	8,57 (1,97) / 4,00 (10,50)	12,77 (0,96) / 12,00 (8,00)	10,36 (1,32) / 10,00 (12,25)	8,14	3	.043*
Fachwissen	8,00 (1,25) / 8,00 (8,00)	7,57 (1,69) / 5,00 (7,50)	10,63 (1,30) / 9,00 (10,00)	9,50 (1,18) / 9,00 (11,25)	4,56	3	.207
Selbstwirksamkeit gesamt	2,24 (0,09) / 2,21 (0,43)	2,17 (0,17) / 2,21 (1,50)	2,50 (0,13) / 2,52 (0,77)	2,52 (0,15) / 2,74 (1,32)	4,61	3	.203
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,21 (0,11) / 2,07 (0,50)	2,10 (0,16) / 2,21 (1,43)	2,48 (0,14) / 2,42 (0,79)	2,57 (0,16) / 2,68 (1,27)	5,85	3	.119
Selbstwirksamkeit Didaktik	2,28 (0,13) / 2,22 (0,67)	2,28 (0,19) / 2,22 (1,61)	2,54 (0,13) / 2,72 (0,72)	2,45 (0,16) / 2,61 (1,44)	2,49	3	.478
Enthusiasmus	3,47 (0,22) / 3,30 (1,20)	3,38 (0,17) / 3,20 (1,10)	3,33 (0,14) / 3,25 (0,97)	3,45 (0,14) / 3,45 (1,13)	0,27	3	.965

Für die Variable der Studienphase wurde ein signifikanter Omnibus-Test lediglich im Bereich des fachdidaktischen Wissens festgestellt. Die anschließenden paarweisen Dunn-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen, dass sich Studierende des Masterstudienganges Technik signifikant von Studierenden des Bachelorstudienganges Technik mit sonderpädagogischem Schwerpunkt unterscheiden ($z = 2.83$, $p = .028$, $r = .31$). Die Masterstudierenden im Fach Technik erzielten dabei höhere Werte im fachdidaktischen Wissen. Weitere paarweise Unterschiede zwischen den Gruppen fielen nach Bonferroni-Korrektur nicht signifikant aus.

Als letzter Gruppenvergleich wurden die Schulpraktika herangezogen. Für allgemeine schulpraktische Erfahrung zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Die Werte der Studierenden mit schulpraktischer Erfahrung liegen zwar teilweise leicht höher, die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant.

Tabelle 24: Vergleich der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zu gemachten schulpraktischen Erfahrungen im ASP.

Variable	ASP (n=52) M / Md	Kein ASP (n=32) M / Md	p	r
Fachdidaktisches Wissen	10,88 (4,99) / 11,00 (6,25)	9,66 (9,16) / 4,50 (13,50)	.081	.228
Fachwissen	9,38 (5,27) / 9,00 (7,50)	8,69 (8,19) / 5,50 (15,25)	.156	.185
Selbstwirksamkeit gesamt	2,48 (0,61) / 2,50 (0,77)	2,24 (0,88) / 2,22 (1,61)	.208	.165
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,50 (0,66) / 2,50 (0,93)	2,20 (0,85) / 2,25 (1,52)	.127	.200
Selbstwirksamkeit Didaktik	2,47 (0,61) / 2,56 (0,78)	2,31 (0,95) / 2,22 (1,78)	.412	.108
Enthusiasmus	3,40 (0,68) / 3,30 (1,03)	3,42 (0,79) / 3,35 (0,90)	.934	-.011

Für das allgemeine Schulpraktikum (ASP) zeigen sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Die Werte für das Fachwissen, das fachdidaktische Wissen und die Selbstwirksamkeit liegen hier zwar leicht höher, die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Beim Enthusiasmus zeigen sich praktisch keine Unterschiede zwischen den Gruppen ($p = 0,934$, $r = -0,011$).

Tabelle 25: Vergleich der zentralen Konstrukte in Abhängigkeit zu gemachten schulpraktischen Erfahrungen im GHR 300.

Variable	GHR300 n=11 / M (SD) / Md (IQR)	Kein GHR300 n=73 / M (SD) / Md (IQR)	p	r
Fachdidaktisches Wissen	10,36 (4,13) / 10,00 (4,50)	10,42 (7,20) / 9,00 (11,00)	.816	.045
Fachwissen	7,82 (5,69) / 6,00 (6,50)	9,32 (6,62) / 9,00 (10,00)	.515	-.123
Selbstwirksamkeit gesamt	2,54 (0,44) / 2,43 (0,65)	2,37 (0,76) / 2,43 (1,17)	.503	.127
Selbstwirksamkeit Fertigkeiten	2,53 (0,53) / 2,29 (0,89)	2,36 (0,77) / 2,36 (1,07)	.550	.113
Selbstwirksamkeit Didaktik	2,56 (0,45) / 2,67 (0,56)	2,39 (0,79) / 2,44 (1,22)	.502	.127
Enthusiasmus	3,43 (0,71) / 3,10 (0,85)	3,40 (0,72) / 3,30 (1,10)	.995	.002

Auch für die Praxisphase im Master zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Die Werte der Studierenden mit GHR300-Praktikum liegen bei den meisten Variablen nahe an den Vergleichswerten der übrigen Studierenden.

6.4.9 Zusammenhangsanalysen zwischen den erhobenen Konstrukten

Zur Prüfung der Zusammenhänge zwischen den zentralen Variablen wurden Spearman-Rangkorrelationen berechnet (siehe Tabelle 26).

Tabelle 26: Rangkorrelationen zwischen den zentralen Konstrukten.

Zusammenhang	ρ	p
Fachwissen - fachdidaktisches Wissen	.790	< .001***
Fachwissen - Selbstwirksamkeit	.678	< .001***
Fachdidaktisches Wissen - Selbstwirksamkeit	.645	< .001***
Selbstwirksamkeit - Enthusiasmus	.703	< .001***
Fachwissen - Enthusiasmus	.477	< .001***
Fachdidaktisches Wissen - Enthusiasmus	.519	< .001***

Die Zusammenhangsanalysen zeigen eine enge Verschränkung der untersuchten Kompetenzfacetten. Insgesamt zeigen sich durchgehend positive und signifikante Zusammenhänge zwischen den erhobenen Konstrukten. Der stärkste Zusammenhang besteht zwischen dem elektrotechnischen Fachwissen und dem fachdidaktischen Wissen, $\rho = 0,790$, $p < 0,001$. Studierende mit höheren Fachwissenswerten haben demnach auch höhere Werte in der Bearbeitung der fachdidaktischen Vignetten erreicht.

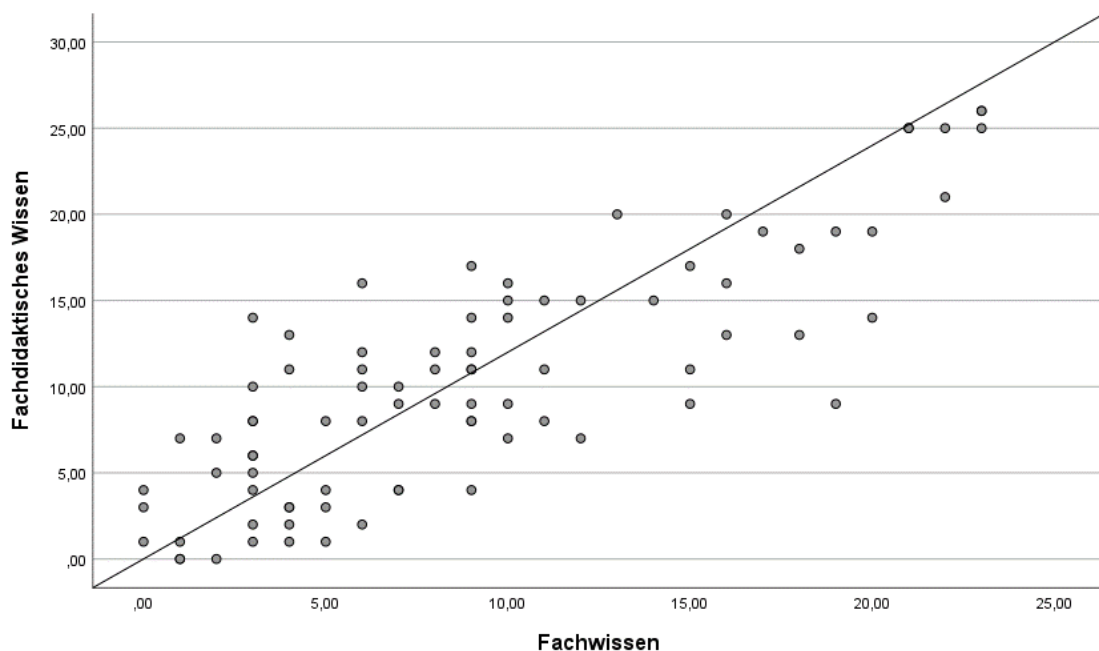


Abbildung 39: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen.

Auch zwischen Fachwissen und Selbstwirksamkeit zeigt sich ein deutlicher positiver Zusammenhang, $\rho = 0,678$, $p < .001$. Studierende, die über höheres elektrotechnisches Fachwissen verfügen, schätzen sich zugleich sicherer im Umgang mit elektrotechnischen Anforderungen ein, was darauf hindeutet, dass fachliche Sicherheit und subjektive Kompetenzeinschätzung eng miteinander verbunden sind. Ein ähnliches Muster zeigt sich zwischen fachdidaktischem Wissen und Selbstwirksamkeit, $\rho = 0,645$, $p < .001$.

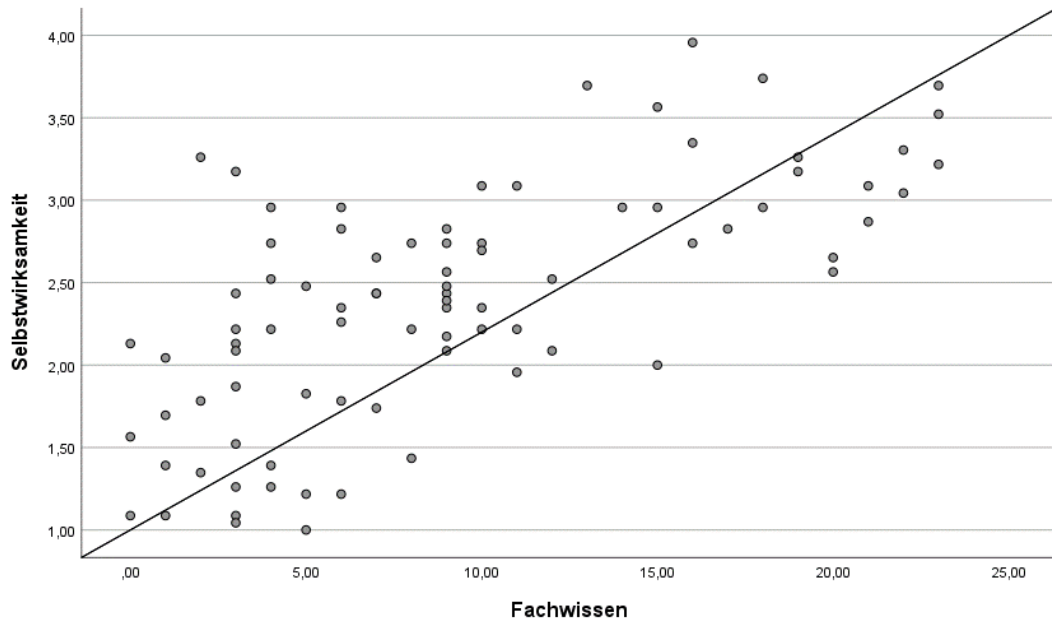


Abbildung 40: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und Selbstwirksamkeit.

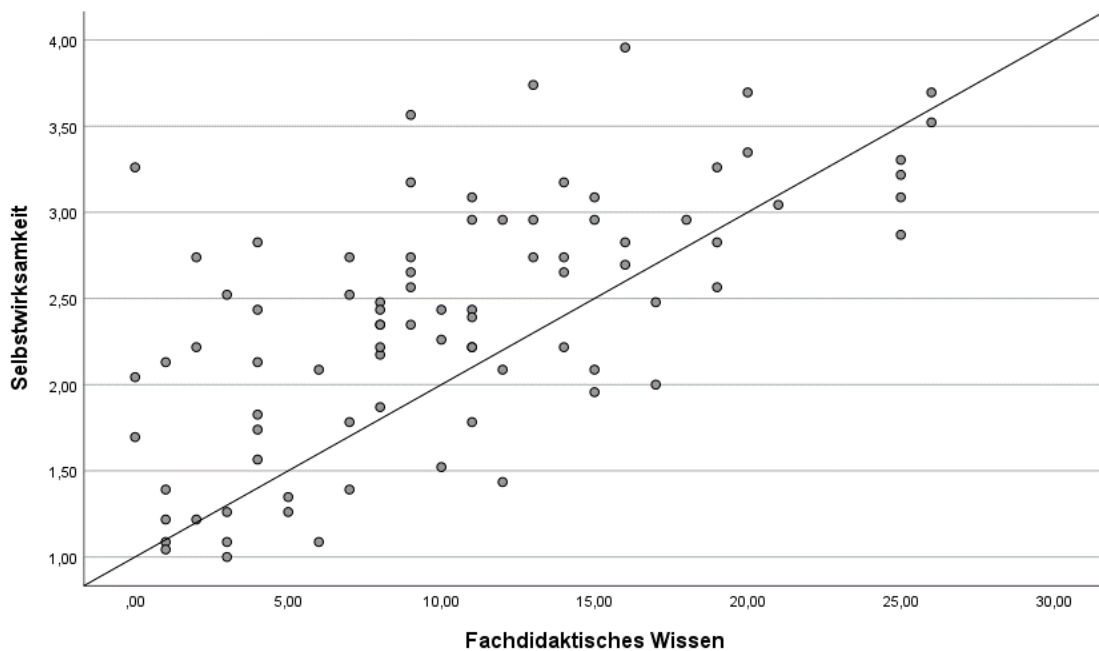


Abbildung 41: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und fachdidaktischem Wissen.

Besonders ausgeprägt ist zudem der Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus, $\rho = 0,703$, $p < 0,001$. Studierende, die sich im Umgang mit elektrotechnischen Inhalten und deren Vermittlung sicherer fühlen, zeigen zugleich eine positivere motivationale Orientierung gegenüber der Elektrotechnik.

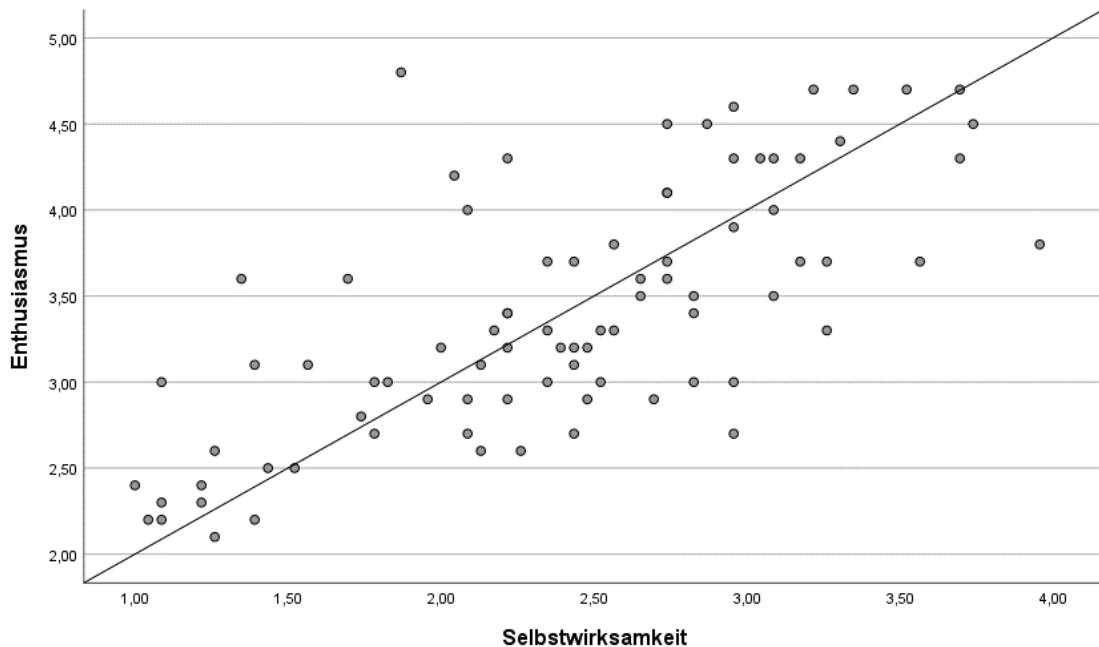


Abbildung 42: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Enthusiasmus und Selbstwirksamkeit.

Zusammenhänge zwischen den Wissensvariablen und dem Enthusiasmus fallen ebenfalls positiv und signifikant aus, sind jedoch etwas schwächer ausgeprägt als die Zusammenhänge zwischen den Wissensvariablen und der Selbstwirksamkeit. Für Fachwissen und Enthusiasmus ergibt sich ein mittlerer positiver Zusammenhang, $\rho = 0,477$, $p < 0,001$. Für fachdidaktisches Wissen und Enthusiasmus zeigt sich ebenfalls ein signifikanter positiver Zusammenhang, $\rho = 0,519$, $p < 0,001$. Damit weisen Studierende mit höheren fachlichen und fachdidaktischen Werten tendenziell auch eine positivere motivationale Orientierung gegenüber der Elektrotechnik auf.

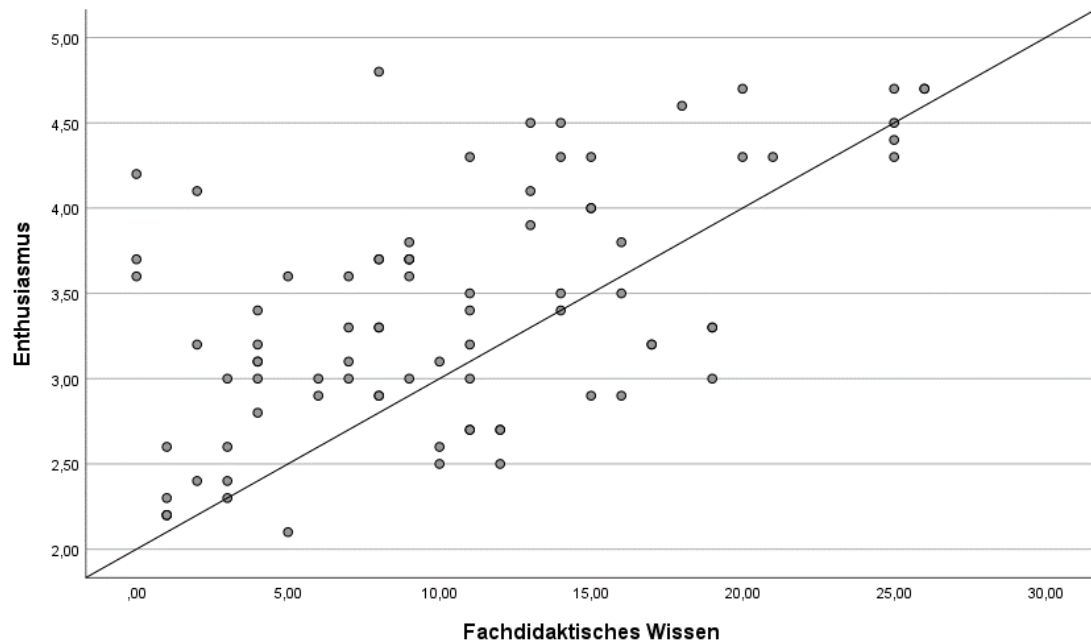


Abbildung 43: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Enthusiasmus und fachdidaktischem Wissen

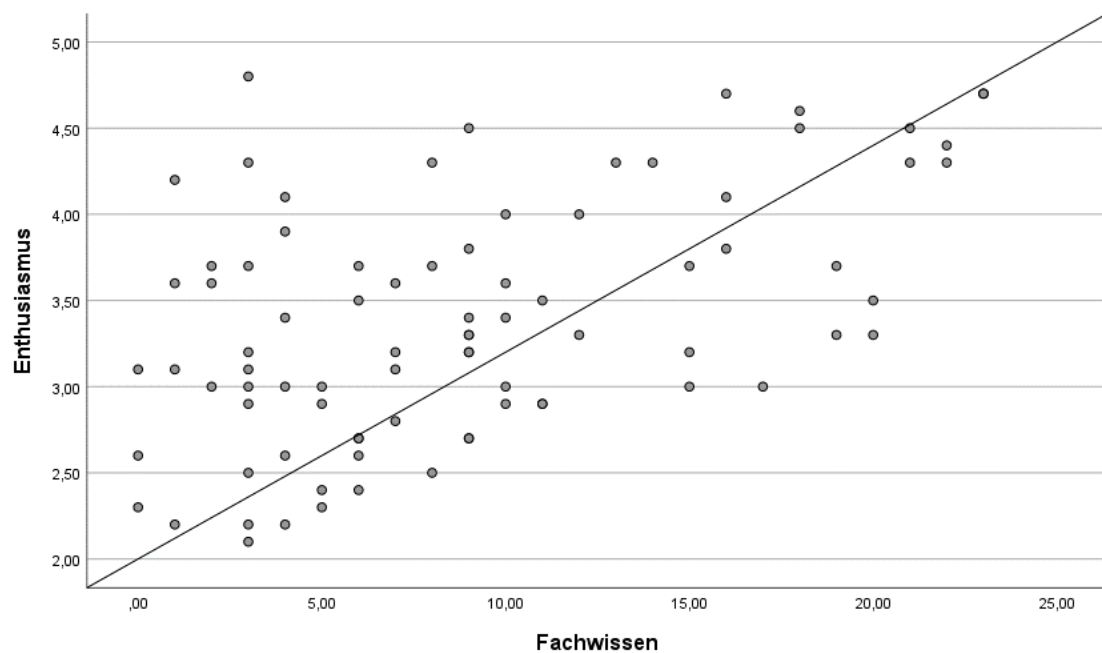


Abbildung 44: Streudiagramm zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und Enthusiasmus

Ergänzend wurde geprüft, inwieweit das Fachwissen mit der Bearbeitung einzelner Vignetten zusammenhängt. Diese Analyse ist inhaltlich besonders relevant, um zu zeigen, ob die Vignetten lediglich allgemeindidaktisches Wissen oder tatsächlich elektrotechnisch fundiertes fachdidaktisches Wissen erfassen.

Tabelle 27: Zusammenhangsanalysen zwischen einzelnen Vignetten und dem Fachwissen.

Vignette	ρ mit Fachwissen	p
Transistormodell/Medien	.609	< .001***
Strommessung Video	.598	< .001***
Widerstandsmessung	.572	< .001***
Löten Video	.565	< .001***
Spannungsmessung Video	.558	< .001***
Schülervorstellung Stromverbrauch	.545	< .001***
Steckbrett Video	.519	< .001***
Analyse-/Reparaturaufgabe	.507	< .001***
Konstruktionsaufgabe dimmbare Lampe	.463	< .001***
Unterstützung beim Löten	.462	< .001***
Fertigungsaufgabe Dämmerungsschaltung	.446	< .001***
Sicherheit Grenzwerte Spannung	.402	< .001***
Technisches Experiment Lichterkette	.313	.004**

Auf Ebene der einzelnen Vignetten zeigen sich durchgehend positive Zusammenhänge mit dem Fachwissen. Die stärksten Korrelationen bestehen bei der Vignette zum Transistormodell, $\rho = 0,609$, $p < 0,001$, bei der Strommessung $\rho = 0,598$, $p < 0,001$, bei der Widerstandsmessung, $\rho = 0,572$, $p < 0,001$, beim Löten, $\rho = 0,565$, $p < 0,001$, sowie bei der Spannungsmessung, $\rho = 0,558$, $p < 0,001$. Diese Vignetten erfordern im besonderen Maße fachliche Deutung, Messkompetenz, Modellkritik oder Schaltungsanalyse. Dass gerade hier die höchsten Zusammenhänge mit dem Fachwissen auftreten, spricht dafür, dass die Vignetten fachlich anspruchsvolle Anforderungen abbilden, die nicht allein über didaktische Routinen bearbeitet werden können. Auch die übrigen Vignetten weisen signifikante positive Zusammenhänge mit dem Fachwissen auf. Insgesamt zeigen die vignettenspezifischen Zusammenhangsanalysen, dass alle Vignetten in relevantem Maße mit elektrotechnischem Fachwissen verbunden sind.

6.5 Hypothesenübersicht und Zwischenfazit der quantitativen Teilstudie zur Elektrotechnik

Die quantitativen Analysen zielten darauf ab, Unterschiede zwischen Studierendengruppen mit unterschiedlichen elektrotechnikbezogenen Lernerfahrungen sowie Zusammenhänge zwischen den erhobenen Facetten professioneller Handlungskompetenz zu prüfen. Im Zentrum standen dabei das fachdidaktische Wissen, das elektrotechnische Fachwissen, die Selbstwirksamkeit hinsichtlich elektrotechnischer Anforderungen sowie der Enthusiasmus gegenüber der Elektrotechnik. Die gerichteten Unterschieds- und Zusammenhangshypothesen werden durch die vorliegenden Daten insgesamt gestützt. Die stärksten Befunde zeigen sich für elektrotechnikbezogene Lerngelegenheiten, insbesondere für die Teilnahme an dem elektrotechnikbezogenen LLL.

Tabelle 28: Hypothesenübersicht und Ergebnisse

Hypothese	Erwartung	Ergebnis	Bewertung
H1	Studierende mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung erzielen höhere Werte im fachdidaktischen Wissen.	$p < .001, r = .656$	gestützt
H2	Studierende mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung weisen höhere Selbstwirksamkeit auf.	$p < .001, r = .685$	gestützt
H3	Studierende mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung weisen positivere motivationale Orientierungen auf.	$p < .001, r = .502$	gestützt
H4	Studierende mit Tec040-Erfahrung erzielen höhere Fachwissenswerte.	$p < .001, r = .678$	gestützt
H5	Fachwissen hängt positiv mit fachdidaktischem Wissen zusammen.	$\rho = .790, p < .001$	gestützt
H6	Selbstwirksamkeit hängt positiv mit Motivation/Enthusiasmus zusammen.	$\rho = .703, p < .001$	gestützt

Die erste Hypothese bezog sich auf das fachdidaktische Wissen in elektrotechnischen Unterrichtssituationen. Erwartet wurde, dass Studierende mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung höhere Werte in der Vignettenbearbeitung erreichen als Studierende ohne entsprechende Erfahrung. Diese Hypothese wird durch die Ergebnisse gestützt. Die Gruppenunterschiede fallen signifikant aus und weisen mit $r = 0,656$ eine hohe Effektstärke auf.

Damit zeigt sich, dass Studierende mit Elektro-LLL kritische Punkte in den Vignetten häufiger erkennen und eher passende Handlungsalternativen formulieren können. Inhaltlich spricht dies dafür, dass die im LLL angelegte Verbindung fachlicher Auseinandersetzung, unterrichtlicher Anwendung und Reflexion mit höheren fachdidaktischen Fähigkeiten einhergeht.

Auch die zweite Hypothese zur elektrotechnikbezogenen Selbstwirksamkeit wird durch die Daten gestützt. Studierende mit LLL-Erfahrung schätzen ihre fachpraktischen und fachdidaktischen Handlungsmöglichkeiten deutlich höher ein als Studierende ohne entsprechende Erfahrung. Der Effekt fällt mit $r = 0,685$ ebenfalls hoch aus. Dies deutet darauf hin, dass die aktive Planung, Durchführung und Reflexion der elektrotechnischen Unterrichtssituationen im LLL nicht nur mit höheren Wissenswerten, sondern auch mit einem stärkeren subjektiven Sicherheitserleben verbunden ist.

Die dritte Hypothese zielt auf den Enthusiasmus gegenüber der Elektrotechnik. Auch hier zeigen sich signifikante Unterschiede zugunsten der Studierenden mit Elektro-LLL und die Effektstärke liegt im mittleren bis hohen Bereich ($r = 0,502$). Damit wird die Annahme gestützt, dass das LLL mit positiveren motivationalen Orientierungen gegenüber dem Themenfeld einhergeht. Dieser Befund ist vor allem vor dem Hintergrund der deskriptiven Ergebnisse bedeutsam, da Studierende der Elektrotechnik insgesamt durchaus Relevanz zuschreiben, die persönliche Begeisterung hingegen nicht durchgängig hoch ausfällt. Die LLL-Erfahrung scheint hier mit einer positiveren motivationalen Ausprägung verbunden zu sein.

Die vierte Hypothese bezog sich auf das elektrotechnische Fachwissen und die Tec040 Veranstaltung zur Elektrotechnik im Allgemeinen. Auch diese Hypothese wird hier gestützt und Studierende mit LLL-Erfahrung erzielen signifikant höhere Fachwissenswerte als Studierende ohne entsprechende Erfahrung. Die Effektstärke beträgt hier $r = 0,678$. Dieser Befund ist erwartungskonform, da die Veranstaltung als zentrale elektrotechnische Lerngelegenheit innerhalb des Studienverlaufes angelegt ist. Zugleich zeigt sich, dass die Veranstaltung nicht nur mit höheren Fachwissenswerten, sondern auch mit höheren Werten in weiteren Kompetenzfacetten einhergeht. Neben den Unterschiedshypothesen wurden zwei Zusammenhangshypothesen geprüft.

Die fünfte Hypothese nahm einen positiven Zusammenhang zwischen elektrotechnischem Fachwissen und dem fachdidaktischen Wissen an. Diese Hypothese wird deutlich gestützt und der Zusammenhang zwischen den beiden Konstrukten fällt mit $\rho = 0,790$ sehr stark aus. Studierende mit höheren Fachwissenswerten bearbeiten demnach auch die fachdidaktischen Vignetten erfolgreicher. Die Vignetten erfassen damit nicht nur allgemein fachdidaktische Sensibilität, sondern setzen in hohem Maße elektrotechnisches Fachwissen voraus. Dies wird zusätzlich dadurch gestützt, dass auch die einzelnen Vignetten durchgehend positiv mit dem Fachwissen korrelieren, insbesondere solche Vignetten, die Messkompetenz, Modellkritik oder Schaltungsanalyse erfordern.

Auch die sechste Hypothese wird gestützt. Zwischen Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus zeigt sich ein starker positiver Zusammenhang ($\rho = 0,703$, $p < 0,001$). Studierende, die sich im Umgang mit elektrotechnischen Anforderungen sicherer einschätzen, weisen zugleich eine positivere motivationale Orientierung gegenüber der Elektrotechnik auf.

Ergänzende Vergleichsanalysen zu Berufsausbildung respektive Vorstudium, Studiengang, Studienphase und schulpraktischen Erfahrungen zeigen ein differenziertes Bild. Teilweise treten deskriptive Unterschiede in den Wissensfacetten auf, etwa zugunsten von Studierenden mit beruflicher Vorerfahrung oder höherer Studienphase. Diese Unterschiede sind jedoch weniger konsistent und fallen schwächer aus als die Effekte der spezifisch elektrotechnikbezogenen LLL-Erfahrung. Für allgemeine schulpraktische Erfahrungen durch Praktika zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den zentralen elektrotechnikbezogenen Variablen. Damit sprechen die ergänzenden Analysen dafür, dass nicht allgemeine Praxis- oder Studienerfahrung allein erklärungskräftig ist, sondern insbesondere die fachliche Passung der Lerngelegenheiten zur Elektrotechnik.

Insgesamt ergibt sich ein konsistentes Befundmuster. Die Studierenden weisen in den wissensbezogenen Facetten insgesamt eher niedrige bis mittlere Werte auf, wobei die Streuung insbesondere im Fachwissen und im fachdidaktischen Wissen groß ist. Zugleich zeigen sich deutliche Vorteile für Studierende mit elektrotechnikbezogenen LLL-Erfahrungen.

Diese Vorteile betreffen nicht nur das Wissen, sondern auch die Selbstwirksamkeit und den Enthusiasmus. Die Zusammenhangsanalysen verdeutlichen darüber hinaus, dass die untersuchten Facetten professioneller Handlungskompetenz nicht unabhängig nebeneinanderstehen. Vielmehr hängen Wissen, Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus positiv und substantiell miteinander zusammen.

Auf dieser Grundlage lautet das Zwischenfazit zu der quantitativen Teilstudie, dass sich elektrotechnikbezogene Professionalisierung in den vorliegenden Daten nicht als isolierter Wissenszuwachs zeigt, sondern als Zusammenspiel fachlicher, fachdidaktischer und motivational-selbstbezogener Facetten. Besonders bedeutsam ist die Rolle fachlich passender Lerngelegenheiten wie dem LLL. Gleichzeitig weisen die starken Zusammenhänge zwischen den Wissensfacetten sowie zwischen Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus darauf hin, dass fachliche Sicherheit, fachdidaktische Deutungsfähigkeit und motivationale Orientierung im Bereich Elektrotechnik eng miteinander verbunden sind. Aufgrund des querschnittlichen und nicht randomisierten Designs sind die Befunde allerdings nicht kausal zu interpretieren. Sie liefern jedoch deutliche Hinweise darauf, dass fachlich fokussierte und praxisnah-reflexive Lerngelegenheiten wie das LLL für die Entwicklung elektrotechnikbezogener professioneller Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte besonders relevant sind.

Gleichzeitig bleiben die Befunde auf der Ebene standardisierter Skalen und Summenwerte begrenzt. Sie zeigen, dass Unterschiede und Zusammenhänge bestehen, geben jedoch nur eingeschränkt Aufschluss darüber, wie Studierende ihre Erfahrungen im LLL deuten, welche konkreten Lern- und Reflexionsprozesse sie beschreiben und welche Bedeutung sie dem LLL für ihre professionelle Entwicklung zuschreiben.

Vor diesem Hintergrund wird im folgenden Kapitel die im Untersuchungsdesign beschriebene qualitative Vertiefungsstudie zur Elektrotechnik vorgestellt. Sie dient dazu, die quantitativen Befunde inhaltlich zu erweitern und genauer zu rekonstruieren, welche Erfahrungen, Deutungen und Professionalisierungsprozesse aus Sicht der Studierenden mit dem LLL verbunden sind. Darüber hinaus sollen auch die Interviews Unterschiede zwischen der LLL Gruppe und anderen Studierenden aufzeigen, weshalb beide Gruppen interviewt wurden. Damit wird der Blick von den gemessenen Kompetenzfacetten auf die subjektiven Wahrnehmungen der angehenden Techniklehrkräfte erweitert.

7 Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die qualitativen Teilstudien der Arbeit dienen dazu, die standardisierten Befunde der quantitativen Studie zu vertiefen und darüber hinaus subjektive Deutungen der Studierenden in den zwei Professionalisierungskontexten zu rekonstruieren. Im Zentrum stehen einerseits die Erfahrungen und Deutungen der Studierenden im Zusammenhang mit dem LLL zur Elektrotechnik. Andererseits wurde untersucht, wie die angehenden Lehrkräfte Bildung für nachhaltige Entwicklung im Kontext technischer Bildung verstehen, welche Relevanz sie dem Themenbereich zuschreiben und welche Herausforderungen sie für die Umsetzung im Technikunterricht wahrnehmen, um ein entsprechendes LLL-Seminar zu konzipieren und zu erproben.

Beide Teilstudien beruhen auf leitfadengestützten Interviews und wurden mithilfe qualitativen Inhaltsanalysen ausgewertet. Die Erhebung, Transkription, Kategorienbildung und Auswertungslogik verfolgen in beiden Studien denselben methodischen Grundsatz, weshalb dieser im Folgenden für beide gemeinsam dargelegt wird. Die Ergebnisdarstellung erfolgt anschließend getrennt nach den beiden Untersuchungsbereichen.

7.1 Interviewleitfäden zur Elektrotechnik

Die Interviewleitfäden zur Elektrotechnik wurden im Anschluss an die Fragebogenerhebung entwickelt und dienten der vertiefenden Rekonstruktion der dort erfassten Konstrukte. Während der Fragebogen standardisierte Aussagen zu elektrotechnischem Fachwissen, fachdidaktischem Wissen, Selbstwirksamkeit, Enthusiasmus sowie Einschätzungen zum LLL ermöglichte, sollten die Interviews genauer erfassen, wie Studierende diese Bereiche subjektiv deuten, welche Erfahrungen sie mit elektrotechnischen Lerngelegenheiten verbinden und welche Bedeutung sie dem LLL für ihre professionelle Entwicklung zuschreiben. Die Entscheidung für leitfadengestützte Interviews ergibt sich hier aus dem Erkenntnisinteresse der qualitativen Vertiefungsstudie.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Im Zentrum stehen professionsbezogene Überzeugungen, subjektive Theorien, Deutungsmuster, Orientierungen und Positionierungen der Studierenden. Solche subjektiven Konstrukte lassen sich nur begrenzt über geschlossene Antwortformate erfassen, da diese zwar Vergleichbarkeit herstellen, aber wenig Aufschluss darüber geben, wie Befragte ihre Erfahrungen begründen und welche Bedeutungen sie ihnen zuschreiben. Der Fragebogen hat beispielsweise eine Diskrepanz zwischen Relevanzwahrnehmung und motivationaler Orientierung aufgezeigt und von Interesse ist hier, diese Diskrepanz deuten zu können.

„Die Erhebung von subjektiven Konzepten, subjektiven Theorien, Deutungsmustern, Orientierungen, Positionierungen verträgt eine gewisse Strukturierung z.B. in Form eines Leitfadens für die Interviewführung.“
(HELFFERICH, 2011, S. 38).

Leitfadengestützte Interviews ermöglichen darüber hinaus eine Verbindung von Offenheit und thematischer Strukturierung, was eine Orientierung am Fragebogen ermöglicht. HELFFERICH (2011) betont, dass Leitfäden so offen und flexibel wie möglich, zugleich aber so strukturiert wie aufgrund des Forschungsinteresses notwendig angelegt sein sollten (S. 180 ff.). Das Grundgerüst der offenen Fragen erlaubt eine Vergleichbarkeit zwischen den Interviews, während zugleich flexibel auf den Gesprächsverlauf reagiert werden kann (DÖRING, 2023 S. 367 f.). Die Notwendigkeit einer Struktur im Leitfaden ergibt sich auch aus dem Erkenntnisinteresse hinter der Vertiefungsstudie. Es hat sich z.B. gezeigt, dass gewisse fachliche und fachdidaktische Anforderungen wie beispielsweise messtechnische Anforderungen oder tiefergreifende Analysen von Schaltungen von den Studierenden tendenziell schlechter bewältigt werden. Mit dem Leitfaden kann gezielt auf die Ergebnisse der vorangegangenen quantitativen Studie angeknüpft werden, um die Hintergründe zu den detektierten Herausforderungen sichtbar zu machen.

Die Entwicklung der Leitfäden orientierte sich an dem von HELFFERICH beschriebenen „SPSS“ Prinzip der Leitfadenerstellung. Dieses umfasst die Schritte Sammeln, Prüfen, Sortieren und Subsumieren (HELFFERICH, 2011, S. 182 ff.). Zunächst wurden auf Grundlage der Forschungsfragen, des Fragebogens und der theoretischen Vorarbeiten mögliche Interviewfragen gesammelt.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Dabei wurden insbesondere diejenigen Bereiche berücksichtigt, die im Fragebogen standardisiert erfasst wurden, nämlich die Facetten des Professionswissens, die Selbstwirksamkeit, der Enthusiasmus sowie Erfahrungen mit elektrotechnikbezogenen Lerngelegenheiten.

Im Prüfschritt wurden die Fragen daraufhin kontrolliert, ob sie offen genug formuliert sind, erzählgenerierend wirken und nicht lediglich eine Wiederholung der Fragebogenitems darstellen. Das Ziel war es hierbei, keine geschlossenen Zustimmungsaussagen zu reproduzieren, sondern Erzähl- und Reflexionsanlässe zu schaffen. Anschließend wurden die Fragen thematisch sortiert und zu übergeordneten Frageblöcken zusammengeführt. Im letzten Schritt wurden aus diesen Fragebündeln zentrale Leitfragen sowie mögliche Nachfragen generiert.

Für die Elektrotechnik wurden zwei Interviewleitfäden entwickelt, ein Leitfaden für Studierende mit LLL und ein Leitfaden für Studierende ohne LLL-Erfahrung. Die Entwicklung zweier Leitfäden war notwendig, weil beide Gruppen zwar zu vergleichbaren Konstrukten befragt werden sollten, sich ihre Erfahrungsgrundlagen jedoch unterscheiden. Beide Leitfäden enthalten daher einen gemeinsamen Kern, um eine Vergleichbarkeit der Interviews zu ermöglichen. Der gemeinsame Kern umfasst hierbei Fragen zur Bedeutung der Elektrotechnik, zu Erfahrungen mit Theorie- und Praxisanteilen, zu fachlichen Anforderungen, zur eigenen Sicherheit im Umgang mit elektrotechnischen Inhalten, zur wahrgenommenen unterrichtlichen Relevanz sowie zu motivationalen Orientierungen gegenüber der Elektrotechnik. Der Leitfaden für Studierende mit LLL-Erfahrung wurde zusätzlich um Fragen zur Planung, Durchführung und Reflexion des LLL erweitert.

Der erste Themenblock bezieht sich auf den allgemeinen Zugang zur Elektrotechnik. Die Befragten wurden gebeten, ihren Gesamteindruck zur elektrotechnischen Veranstaltung sowie zur Verbindung von Theorie und Praxis zu schildern. Dieser Einstieg diente dazu, eine offene Gesprächssituation herzustellen und zugleich erste Hinweise auf Vorerfahrungen, Interessen, Schwierigkeiten und Relevanzzuschreibungen zu erhalten. Inhaltlich knüpft dieser Block an die im Fragebogen erhobenen studienbezogenen Erfahrungen und motivationalen Orientierungen an.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Anders als im Fragebogen sollten die Studierenden hier jedoch nicht nur angeben, wie sie die Elektrotechnik einschätzen, sondern erläutern, wodurch diese Einschätzung geprägt ist. Zentrale Erzählaufforderungen zur Abbildung der Aspekte waren:

„Kannst du mir erzählen, wie dein Gesamteindruck im Hinblick auf die Elektrotechnikveranstaltung zur Theorie und Praxis ist?“

„Welche Bedeutung würdest du der Elektrotechnik insgesamt zuschreiben?“

„Gibt es etwas, was dir in der Elektrotechnik schwergefallen ist?“

Der zweite Themenblock greift das elektrotechnische Fachwissen auf. Während der Fragebogen Fachwissen über konkrete Aufgaben und Summenwerte erfasst hat, zielten die Interviewfragen darauf, subjektive Einschätzungen fachlicher Anforderungen zu rekonstruieren. Die Leitfrage zum Theorieteil zielte daher darauf, welche fachwissenschaftlichen Inhalte aus Sicht der Studierenden für die spätere Berufspraxis bedeutsam sind. Ergänzend wurde nach Herausforderungen gefragt, die entstehen können, wenn fachliche Inhalte für den Unterricht nutzbar gemacht werden sollen. Dadurch wurde insbesondere die Verbindung zwischen Fachwissen und fachdidaktischer Transformation angesprochen.

„Betrachten wir jetzt einmal den Theorieteil aus der Elektrotechnik. Was denkst du, ist davon für deine spätere Berufspraxis von Bedeutung?“

„Welche Herausforderungen können entstehen, wenn man den Fachinhalt für den Unterricht verwenden will?“

Während der zweite Teil die Theorie fokussiert, zentriert der dritte Fragenblock die Praxisanteile der Elektrotechnik. Hier wurden die Studierenden gefragt, welche praktischen Erfahrungen sie für die spätere Berufspraxis als bedeutsam einschätzen. Die Leitfragen zur Messung elektrischer Größen, zum Löten und zu hilfreichen Materialien dienten dazu, die im Fragebogen erfasste fachpraktische Selbstwirksamkeit vertiefend zu erschließen.

Ein vierter Themenblock bezieht sich auf fachdidaktische Deutungen und unterrichtsbezogene Anforderungen. Dieser Bereich knüpft an die Vignetten zur Erfassung fachdidaktischen Wissens an.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Während die Vignetten standardisiert erfassten, ob Studierende kritische Situationen erkennen und Handlungsalternativen formulieren können, sollten die Interviews rekonstruieren, wie Studierende über die Planung, Durchführung und Reflexion elektrotechnischen Unterrichts sprechen. Die Leitfragen zur Unterrichtsvorbereitung, zu didaktischen Anforderungen, zu Schwierigkeiten im Unterricht sowie zu Strategien in der Interessenförderung sollten sichtbar machen, welche fachdidaktischen Überlegungen Studierende selbst als relevant markieren.

Der fünfte Themenblock bezieht sich auf Herausforderungen und den Umgang mit ihnen. Hier wurde nach spezifischen Schwierigkeiten gefragt, die die Studierenden sehen würden, wenn sie elektrotechnische Inhalte unterrichten müssten. Ergänzend wurde nach Ressourcen und Unterstützungsmöglichkeiten gefragt, etwa nach digitalen Medien wie TinkerCAD oder nach anderen Hilfen zur Vorbereitung. Dieser Themenblock vertieft die im Fragebogen erfasste Selbstwirksamkeit, indem nicht nur das Ausmaß subjektiver Sicherheit, sondern auch deren Begründung und mögliche Bewältigungsstrategien erfasst werden.

Der Leitfaden für Studierende mit LLL-Erfahrung enthielt darüber hinaus spezifische Fragen zum LLL. Dieser Teil knüpft direkt an die im Fragebogen erhobenen Einschätzungen zum LLL an. Im Mittelpunkt standen wahrgenommene persönliche Entwicklungsfortschritte, wahrgenommene Veränderungen im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen, Sicherheit im Umgang mit Unterrichtsschwierigkeiten sowie die Frage, ob sich die Studierenden durch das LLL bestimmte unterrichtliche Handlungen eher zutrauen. Die hier gestellten Leitfragen orientieren sich hierbei an der Studie von DOHRMANN (2019, S. 257), welcher sich mit professionsbezogenen Wirkungen bei Studierenden im Physik LLL befasst hat. Damit zielte der Leitfaden darauf, die Unterschiede aus den Ergebnissen der Fragebogenstudie zugunsten der LLL-Gruppe inhaltlich zu erklären. Die Interviewfragen sollten sichtbar machen, welche konkreten Erfahrungen im LLL von den Studierenden als professionell bedeutsam erlebt wurden. Zusätzlich wurde im LLL-Leitfaden die Unterrichtsplanung und Durchführung im LLL vertieft. Hier wurde gefragt, was bei der Planung elektrotechnischen Unterrichts beachtet werden müsse, wie die Gruppen bei der Planung vorgegangen seien, welche Rolle der fachliche Inhalt gespielt habe und wie didaktische Aspekte berücksichtigt wurden.

Der Leitfaden für Studierende ohne LLL-Erfahrung enthielt demgegenüber keine Fragen zu konkreten LLL-Erlebnissen. Stattdessen wurden alternative Lerngelegenheiten, wahrgenommene Unsicherheiten und Unterstützungsbedarfe stärker fokussiert. Die Studierenden wurden ebenfalls zu Fachwissen, fachdidaktischer Einschätzung, Selbstwirksamkeit und Motivation befragt, jedoch vor dem Hintergrund ihrer bisherigen Studien- und Praxiserfahrungen ohne LLL. Dadurch blieb die Vergleichbarkeit mit der LLL-Gruppe erhalten, während zugleich die unterschiedlichen Erfahrungsgrundlagen der beiden Gruppen berücksichtigt wurden. Insgesamt wurden die Interviewleitfäden somit im Sinne des Vertiefungsmodells zum Fragebogen konzipiert. Die Konstrukte des Fragebogens bildeten die thematische Grundlage, wurden aber in offene Erzähl- und Reflexionsfragen überführt, was der Logik des Vertiefungsmodells zur Kontextualisierung der quantitativen Befunde gerecht wird (DÖRING, 2023, S. 186 f.).

7.2 Interviewleitfaden BNE und Begleitbefragung

Die Entwicklung des BNE-Leitfadens orientierte sich, analog zu den Elektrotechnikleitfäden, an dem SPSS-Prinzip nach HELFFERICH (2011). Auf Grundlage der theoretischen Vorarbeiten zur BNE-spezifischen professionellen Handlungskompetenz und den Forschungsfragen wurden zunächst mögliche Fragen gesammelt. Dabei wurden insbesondere das Verständnis von BNE, Ziele und Kompetenzen einer BNE, die Bedeutung für Schülerinnen und Schüler, das Verhältnis von Technik und nachhaltiger Entwicklung, die Umsetzung im Technikunterricht sowie wahrgenommene Herausforderungen, Unsicherheiten und Unterstützungsbedarfen in den Fokus gerückt. Das Ziel der Interviews lag hauptsächlich in der Ableitung von Konsequenzen für die inhaltliche Interventionsgestaltung wie sie in Kapitel 3.2 vorgestellt wurde. Sie sollen neben die herausgearbeiteten theoretischen Aspekte zur BNE-spezifischen professionellen Handlungskompetenz aus der Zielgruppenperspektive vertiefen und mögliche Lücken sichtbar machen, um die Veranstaltung entsprechend zu ergänzen. Der Leitfaden wurde so aufgebaut, dass zunächst ein offener Einstieg in das Begriffsverständnis von BNE erfolgt. Darauf aufbauen werden die Bedeutung von BNE für Schülerinnen und Schüler, der Zusammenhang zwischen einer nachhaltigen Entwicklung und Technik sowie die unterrichtliche Umsetzung thematisiert.

Anschließend richtet sich der Blick auf Anforderungen an Lehrkräfte und auf wahrgenommene Herausforderungen respektive Selbstwirksamkeitserwartungen im Umgang mit BNE. Am Ende wird den Befragten auch hier wieder Raum für ergänzende Anmerkungen gegeben.

Der erste Themenblock fokussiert wie dabei eingangs erwähnt das Verständnis von BNE. Die Befragten wurden zunächst gebeten, in eigenen Worten zu beschreiben, was sie unter BNE verstehen. Dieser offene Einstieg sollte verhindern, dass die Befragten frühzeitig auf eine bestimmte Definition oder theoretische Konzeption festgelegt werden. Gleichzeitig konnten zentrale Aspekte wie die ökologische, ökonomische oder soziale Perspektive, Ziele einer BNE, Gestaltungskompetenzen und bereits gemachte Erfahrungen mit BNE aufgegriffen werden. Inhaltlich knüpft der Block an die theoretische Auseinandersetzung mit BNE-spezifischer professioneller Handlungskompetenz an. Von besonderem Interesse ist, ob die Studierenden BNE vor allem als Umweltthema, als allgemeines Nachhaltigkeitskonzept, also gesellschaftlich-politische Bildungsaufgabe und darüber hinaus als domänenspezifische Aufgabe des Technikunterrichts verstehen.

Der zweite Themenblock richtet sich auf die Bedeutung von BNE für Schülerinnen und Schüler. Hier wird danach gefragt, welche Relevanz die Befragten BNE im Hinblick auf die Zukunft der Lernenden zuschreiben und inwiefern BNE an die Lebenswelt dieser anschlussfähig ist. Dieser Block vertieft die normative und lebensweltliche Facette von BNE. Themen wie intra- und intergenerationelle Gerechtigkeit, gesellschaftliche Zukunftsfragen, Klimabewegungen oder konkrete Alltagsbezüge können hier von den Befragten eingebracht werden. Ziel ist es, zu rekonstruieren, ob BNE als abstraktes bildungspolitisches Konzept oder als unmittelbar lebensweltlich bedeutsame Aufgabe des Technikunterrichts verstanden wird. Der dritte Themenblock fokussiert das Verhältnis von nachhaltiger Entwicklung und Technik. Dieser Bereich ist für die vorliegende Arbeit besonders bedeutsam, da BNE nicht allgemein, sondern im Kontext technischer Bildung untersucht wird. Die Leitfragen zielen darauf ab, wie die Studierenden Technik in Bezug auf nachhaltige Entwicklung deuten. Dabei wird ausdrücklich offengehalten, ob Technik eher als Ursache ökologischer, sozialer oder ökonomischer Probleme, als Lösungsinstrument für Nachhaltigkeitsherausforderungen oder als ambivalentes Gestaltungsfeld verstanden wird.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die Nachfragen zu Energie, Verkehr, Wasserver- und -entsorgung sowie Produktion eröffnen unterschiedliche technische Handlungsfelder, ohne eine bestimmte Bewertung vorzugeben. Das Ziel dabei ist es zu rekonstruieren, ob und wie angehende Lehrkräfte die doppelte Rolle von Technik als Problemverursacher und Problemlöser im Kontext nachhaltiger Entwicklung wahrnehmen und eine Verbindung zum theoretisch ausgearbeiteten Verhältnis zwischen einer nachhaltigen Entwicklung und Technik herzustellen.

Im vierten Themenblock wird sich auf die Umsetzung von BNE im Technikunterricht bezogen. Hier stehen fachdidaktische Überlegungen im Vordergrund und die Studierenden wurden gefragt, welche Aspekte bei der unterrichtlichen Umsetzung von BNE beachtet werden sollten, welche Methoden geeignet erscheinen und wie das Nachhaltigkeitsdreieck im Technikunterricht aufgegriffen werden kann. Von Interesse ist hier, ob die Studierenden BNE vor allem über Diskussionen, Planspiele oder Reflexionsphasen denken, oder ob sie auch genuin technikdidaktische Methoden wie technisches Experimentieren, Konstruieren oder die Fertigung in einen BNE-Kontext einordnen. Damit soll sichtbar werden, inwiefern BNE aus Sicht der Befragten in die Fachlogik des Technikunterrichts integriert werden kann.

Im fünften Themenblock werden wahrgenommene Anforderungen an Lehrkräfte fokussiert. Die Befragten wurden gebeten einzuschätzen, ob sich die Anforderungen an Lehrkräfte erhöhen, wenn BNE umgesetzt wird. Dabei stehen insbesondere Unterrichtsplanung, Interdisziplinarität, Materialauswahl und Unterrichtsdurchführung im Zentrum. Die Leitfragen zielen darauf, ob die angehenden Lehrkräfte BNE als zusätzlichen Planungsaufwand, als fachliche Erweiterung, als Kooperationsanforderung oder als didaktische Herausforderung erleben.

Bevor der letzte Abschnitt mit Raum für offene Anregungen kommt, schließt sich der sechste Themenblock an den vorangegangenen an und geht auf persönliche Herausforderungen und die Selbstwirksamkeit ein. Die Studierenden wurden danach gefragt, ob sie für sich persönlich Herausforderungen in der Umsetzung von BNE sehen, welche fachlichen Voraussetzungen ihnen wichtig erscheinen und welche Inhalte im Studium aus ihrer Sicht fehlen, um sich sicherer in der Umsetzung zu fühlen.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Begleitend zu den Interviews wurde zu Beginn der ersten LLL-Seminar-Pilotierung eine begleitende Umfrage durchgeführt.

Die Befragung orientierte sich hierbei an dem von REINKE (2022) entwickelten Fragebogen zur Erfassung BNE-spezifischer professioneller Handlungskompetenz. Von besonderem Interesse waren hierbei die Items zur Erfassung des BNE-spezifischen Konzeptwissens und zum Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung. Außerdem wurden die Items zum Enthusiasmus adaptiert (siehe Anhang 9.4).

Zusätzlich wurden Items zur Erfassung selbstwirksamkeitsbezogener Aspekte im Zusammenhang zu Technik und nachhaltiger Entwicklung entwickelt. Die Umsetzung der Begleitbefragung dient hier ausdrücklich nicht dem Zweck verallgemeinernder Aussagen, sondern zur Verdichtung der Interviewdaten und zur Identifikation möglicher weiterer Konsequenzen für die Gestaltung von Interventionen.

7.3 Durchführung der Interviews

Die Interviews fanden verteilt auf mehrere Semester an der Universität statt (zwischen dem Wintersemester 23/24 und dem Sommersemester 25). Der Zeitraum ergibt sich aus der Notwendigkeit, mehrere Kohorten der Intervention berücksichtigen zu können. Insgesamt konnten für die BNE somit $N = 11$ Studierende und in der Elektrotechnik $N = 20$ Studierende interviewt werden. Vor der eigentlichen Durchführung wurde ein Pretest durchgeführt, um die Interviewleitfäden hinsichtlich des Aspektes der Verständlichkeit zu überprüfen.

Im Zuge dieser Untersuchung wurde sich für Face-to-Face-Einzelinterviews entschieden, da diese für eine persönliche Atmosphäre sorgen und Befragungspersonen individuell angesprochen und auf ihre Antworten eingegangen werden kann, was insbesondere für vertiefende Nachfragen zum LLL entscheidend ist (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 357). Aufgerufen wurde zu den Interviews teilweise per E-Mail und in den entsprechenden Lehrveranstaltungen. Nach Rückmeldung der Studierenden zur freiwilligen Teilnahme wurden Termin und Interviewort festgelegt. Den Studierenden lagen darüber hinaus alle notwendigen Kontaktdaten vor, sodass die Möglichkeit zur Kontaktaufnahme für Rückfragen oder Ähnliches vorlag (HELFFERICH, 2011, S. 177 f.).

Außerdem wurde zu Beginn eine Testaufnahme mit dem eingesetzten Diktiergerät durchgeführt, um dieses auf Funktion und Qualität der Aufnahme zu prüfen. Es wurde bei den Interviews darauf geachtet, dass eine angenehme Nähe-Distanz-Regulation vorherrscht, indem Stühle in angemessenem Abstand gegenüber voneinander positioniert wurden. Nachdem weitere Vorbereitungen wie beispielsweise das Schließen offener Fenster für die Vermeidung von verzerrten Audioaufnahmen getroffen wurden, konnte mit den Interviews gestartet werden. Hierzu wurde der Leitfaden in ausgedruckter Form mitgebracht, sodass alle notwendigen Informationen erhalten werden können.

7.3.1 Transkription

Die Interviews wurden audioaufgezeichnet, transkribiert und anschließend anonymisiert, was einen zentralen Schritt für die anschließende qualitative Inhaltsanalyse darstellt (MAYRING, 2015, S. 55). Die Transkription erfolgte inhaltlich-semantisch geglättet. In einem ersten Schritt wurden die Audiodaten mithilfe der Software noScribe automatisch transkribiert. Für diese Software wurde sich entschieden, da sie den Vorteil bietet, dass die Forschungsdaten lokal bleiben und somit die Wahrung der Anonymisierung und der Schutz der Daten gewährleistet bleibt. Zeitgleich bietet die Software die Möglichkeit, automatische Zeitmarken zu setzen, Sprecherwechsel automatisch zu integrieren sowie die Audiodateien anschließend im Editor mit gleichzeitigem Abruf der Audiodateien zu bearbeiten. In der Bearbeitung im Editor waren einige Glättungsarbeiten zu berücksichtigen, wie die Anpassung der erkannten Sprecherwechsel sowie die Änderung nicht erkannter Schlüsselwörter.

Die Zeitmarken sind insbesondere für die anschließende Analysearbeit in der verwendeten QDA-Software zur Auswertung (MAXQDA 2024) von Vorteil, da es durch sie auch hier möglich wird, die zugehörigen Audiodateien einzubinden und relevante Passagen zur Vertiefung und Interpretation zu wiederholen. Anschließend wurden die Interviews geglättet, da im Mittelpunkt der Untersuchung nicht die gesprächsanalytische Feinstruktur, sondern die inhaltlichen Deutungen, Erfahrungen und Relevanzsetzungen der Studierenden stehen, wurden Füllwörter, nicht sinntragende Wiederholungen, offensichtliche Versprecher und längere Pausen geglättet, sofern dadurch der Sinn der Aussagen nicht verändert wurde.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die Transkripte wurden einheitlich formatiert und mit Sprecherkennzeichnung versehen, hierbei wurde die interviewende Person mit „I“ gekennzeichnet, die befragten Personen mit anonymisierten Kürzeln wie „B01“, „B02“ usw. Personenbezogene Angaben wurden entfernt oder so verändert, dass keine Rückschlüsse auf einzelne Studierende möglich sind. Für die Vertiefungsstudie zur Elektrotechnik konnten die Daten über vergebene Personal Codes in Verbindung gebracht werden, die jedoch keinerlei Rückschluss auf einzelne Personen zulassen.

7.4 Auswertungsverfahren

Für die Auswertung der Interviews wurde eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt, welche sich dadurch auszeichnet, dass eine systematische, regelgeleitete und nachvollziehbare Vorgehensweise vorherrscht, die eine intersubjektive Nachvollziehbarkeit gewährleistet (MAYRING, 2015, S. 51).

„Demgegenüber stellt die qualitative Inhaltsanalyse eine interpretative Form der Auswertung dar, hier werden Codierungen aufgrund von Interpretationen, Klassifikation und Bewertung vorgenommen; die Textauswertung und -codierung ist hier also an eine menschliche Verstehens- und Interpretationsleistung geknüpft.“ (KUCKARTZ, 2018, S. 27).

Die Festlegung eines Analysemodells ist hierbei zentral und es wurde sich hier für die inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ (2018) entschieden (siehe Abbildung 43).

Diese Analyseform erlaubt eine mehrstufige Kategorienbildung deduktiv-induktiv generierter Kategorien bei gleichzeitiger Orientierung an dem ausgewählten Untersuchungsinstrument, nämlich dem Leitfaden (ebd., S. 97). Insbesondere die nachgereichte Bildung induktiver Kategorien zur Ausdifferenzierung des Kategoriensystems ist ein ausschlaggebender Punkt für die Wahl, da auf diese Weise weitere, vorher nicht bedachte Aspekte wie etwa einzelne Aspekte der Selbstwirksamkeit in Bezug auf z.B. konkrete fachpraktische oder fachwissenschaftliche Anforderungen, zu berücksichtigen.



Abbildung 45: Ablaufmodell zur qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (KUCKARTZ, 2018, S. 100)

In einem ersten Schritt wird bei der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse das Datenmaterial zunächst gesichtet und wichtige Passagen markiert, was es ermöglicht, bereits hier relevante Aspekte für die spätere Analyse und induktive Kategorienbildung festzuhalten (ebd., S. 101). Ist die initiiierende Textarbeit erfolgt, so werden die thematischen (deduktiv abgeleiteten) Hauptkategorien gebildet, die sich in der Elektrotechnik an den leitenden Fragen der Erhebung orientieren und in der BNE an den zentralen theoretischen Konstrukten.

Nachdem die deduktive Kategorienbildung fertiggestellt ist, wird das Material erneut gesichtet und es werden induktive Kategorien (Subkategorien) gebildet, die das Hauptkategoriensystem weiter ausdifferenzieren (ebd., S. 38).

Bei der Bildung der Kategorien wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- *„eine prägnante Bezeichnung, die im Idealfall bereits Rückschlüsse auf deren Inhalt ermöglicht.“*
- *eine Beschreibung des Inhalts durch Angabe einer Indikatorenliste, in der alle Merkmale (Indikatoren) aufgelistet sind, die eine Textstelle aufweisen muss, um dieser Kategorie zugewiesen werden zu können.*
- *eine Angabe konkreter Textbeispiele aus Interviewtranskripten, die die Zuweisung zu einer Textstelle nachvollziehbar machen.“* (KAUFMANN, 2021, S. 122).

Die Auswertung selbst erfolgte direkt in MAXQDA (2024), wo es möglich ist, die oben genannten Kriterien in der Auswertung computergestützt zu berücksichtigen. Für jede Kategorie wurde eine Beschreibung samt Ankerbeispiel vorgenommen, die anhand der angehängten Codebücher nachvollzogen werden können. Die jeweils gebildeten Kategoriensysteme sind in den jeweiligen Abschnitten zu den Teiluntersuchungen abgebildet.

Im Anschluss an die Kategorienbildung fand die eigentliche Analyse der Inhalte statt, indem zunächst eine Kategorienbasierte Auswertung der Haupt- und Subkategorien vorgenommen wurde. Diese Analyse ist für die forschungsleitenden Fragestellungen dieser Arbeit zentral, da diese auf die interpretative Deutung sowie deskriptive Darstellung abzielt und fokussiert, welche Aussagen Studierende zu den zentralen Merkmalen wie der wahrgenommenen Selbstwirksamkeit und den motivationalen Orientierungen zu den beiden Themenbereichen getätigt werden (KUCKARTZ, 2018, S. 118 f.).

7.5 Gütekriterien

Die Analysen wurden nach KUCKARTZ (2018) durchgeführt, weshalb auch bei den Gütekriterien auf die von ihm dargelegten Kriterien eingegangen wird. KUCKARTZ formuliert Kriterien für die interne und die externe Studiengüte (KUCKARTZ, 2018, S. 204 ff). Die Kriterien orientieren sich hierbei an Sichtweisen zur synergetischen Nutzung quantitativer und qualitativer Maxime hinsichtlich der Studiengüte (ebd., S. 203).

Für die interne Studiengüte beschreibt KUCKARTZ Kriterien in Bezug auf die Datenerfassung und auf die Durchführung der Analyse (ebd., S. 204). Diese „Checklisten“ sollen zur Überprüfung der Güte der hier vorliegenden Studie im Folgenden sequenziell durchgegangen werden. Bezüglich der Datenerfassung ist nach KUCKARTZ darauf zu achten, dass die Daten in Form von Audio- oder Videoaufnahmen fixiert werden (ebd.). Neben den Kriterien zur Durchführung führt Kuckartz in dieser Checkliste auch Kriterien hinsichtlich der Transkription auf (ebd.). Ein Kriterium ist hierbei die vollständige Transkription der Interviews (ebd.). In Anbetracht der Forschungsökonomie wurde, wie im Kapitel 7.3.1 beschrieben, auf die Transkription des Warm-Ups verzichtet und es wurde eine inhaltlich-semantische Glättung vorgenommen. Alle Interviewbestandteile wurden allerdings aufgezeichnet, sodass alle für diese Studie relevanten Aspekte festgehalten wurden. Weiterführend nennt KUCKARTZ Kriterien zu Transkriptionsregeln und zum Transkriptionsprozess. Hierunter werden Kriterien aufgeführt, die sich auf die Offenlegung der Transkriptionsregeln, die Beschreibung des Transkriptionsprozesses inklusive transkribierende Person, das Verwenden einer Transkriptionssoftware, die Anonymisierung der Daten, das synchrone Arbeiten mit der Audio-Aufnahme und die Vollständigkeit der verschriftlichen Daten fokussieren (ebd.). Der Transkriptionsprozess wurden in Kapitel 7.3.1 dargelegt und die verwendete Software beschrieben. Außerdem befinden sich zur maximalen Transparenz alle Transkripte und Audiodateien im (digitalen-) Anhang. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Kriterien zur internen Studiengüte in Bezug auf die Datenerfassung und Transkription im Zuge dieser Arbeit eingehalten wurden.

In Bezug auf die Durchführung der qualitativen Inhaltsanalyse wird eine weitere Checkliste formuliert (ebd.). Die ersten Kriterien befassen sich mit der begründeten Auswahl der inhaltsanalytischen Methode und der Durchführung dieser (ebd.). Die inhaltlich strukturierende Analyse nach Kuckartz ist durch die einzelnen Phasen strukturiert, an die sich auch im Zuge dieser Untersuchung orientiert wurde. Weiterhin wurde für eine größtmögliche Transparenz hinsichtlich des Codierprozesses die Software MAXQDA verwendet. Das Codebuch mit Memos, Kategorienbeschreibungen und Ankerbeispielen gibt einen vertieften Blick in die jeweilig relevanten Indikatoren zur Codierung (digitaler Anhang).

Das Material selbst wurde mehrmals codiert und das daraus resultierende Kategoriensystem samt Subkategorien sind in den folgenden Kapiteln zur Auswertung der Teilstudien dargelegt. Eine Limitierung in der vorliegenden Arbeit liegt in der fehlenden Codierung des Materials durch einen weiteren Kodierer, sodass keine Inter-Coder-Reliabilität berechnet werden konnte.

Gegenüber der internen Studiengüte steht die externe Studiengüte, welche sich mit der Übertragbarkeit und der Verallgemeinerung der Ergebnisse auseinandersetzt (KUCKARTZ, 2018, S. 217 f.). Die Verallgemeinerung ist in der qualitativen anders als in der quantitativen Forschung zu betrachten, da die vergleichsweise kleinen Stichproben eher selten den Verallgemeinerungsgrad wie die der quantitativen Untersuchungen erreichen (ebd.). Mit der in dieser Untersuchung erfolgten Stichprobenzusammensetzung, wurde die Fallzusammensetzung nach dem Prinzip des „theoretical samplings“ sorgfältig getroffen, was als Kriterium für eine bessere Verallgemeinerung gilt (ebd., S. 218). Es soll hier aber bewusst noch nicht von einer Verallgemeinerung gesprochen werden. Für die Elektrotechnik sollen die Daten eine Vertiefung der quantitativen Ergebnisse leisten. Darüber hinaus ist die Untersuchung zur BNE als explorative Studie anzusehen, die sich auf die Rekonstruktion wichtiger Gestaltungskriterien für BNE-Angebote in der Lehrkräfteausbildung fokussiert.

7.6 Ergebnisse der qualitativen Vertiefungsstudie zur Elektrotechnik

Im Folgenden werden die Ergebnisse der qualitativen Vertiefungsstudie zur Elektrotechnik dargestellt. Die Ergebnisdarstellung orientiert sich an den im Auswertungsprozess gebildeten Hauptkategorien und den daran anschließenden Subkategorien. Im Zentrum stehen bei der Analyse der Kategorien jeweils die inhaltliche Rekonstruktion zentraler Deutungsmuster, Begründungen und die gemachten Erfahrungen der befragten Studierenden hinsichtlich des Lehr-Lern-Labors, aber auch in Bezug auf anderweitige Erfahrungen mit der Elektrotechnik. Die qualitative Inhaltsanalyse dient hier vornehmlich dem Zweck, eine vertiefende Rekonstruktion der quantitativen Befragung zu motivationalen Aspekten vorzunehmen.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Im Zentrum stehen im Leitfaden daher die subjektiven Deutungen der Studierenden hinsichtlich elektrotechnischer Inhalte, ihrer eigenen fachlichen und fachdidaktischen Handlungssicherheit sowie ihrer motivationalen Orientierungen.

Von besonderem Interesse ist zudem der Vergleich zwischen Studierenden mit Erfahrung im elektrotechnikspezifischen LLL und Studierenden ohne diese Erfahrung. Das entwickelte Kategoriensystem umfasst acht Hauptkategorien, die sich entlang der leitenden Fragen orientieren und an den zentralen Konstrukten des vorangegangenen Fragebogens angelehnt sind. Neben dem allgemeinen Zugang zur Elektrotechnik und den Relevanzzuschreibungen, bilden die Kategorien „Selbstwirksamkeit und Handlungssicherheit“, „Fachdidaktische Deutungen und Unterrichtsplanung“, „LLL-Erfahrung“, „Praxis und fachpraktische Fertigkeiten“, „Motivation und Enthusiasmus“ sowie „Fachwissen und Theorie“ das Hauptkategoriensystem ab. Neben den Hauptkategorien wurden die Analyseeinheiten in einem weiteren Schritt durch weitere „In-vivo-Codes“, also Subkategorien, ausdifferenziert werden (KUCKARTZ, 2018, S. 35). Die Subkategorien stellen vertiefende Erklärungsansätze der Studierenden hinsichtlich zentraler Aspekte zu den thematischen Hauptkategorien dar. Das gesamte Kategoriensystem samt Ankerbeispiele und Definitionen der Subkategorien sind dem Anhang zu entnehmen. Eine Übersicht liefert Tabelle 29.

Es ist noch anzumerken, dass die folgende Ergebnisdarstellung nicht der Reihenfolge dieses Kategoriensystems folgen wird, sondern eine Bündelung der Befunde entlang der zentralen Facetten darstellt. Zunächst wird herausgearbeitet, wie die Studierenden die Elektrotechnik insgesamt wahrnehmen und in welchem Verhältnis Relevanzzuschreibung und persönliche Distanz stehen. Anschließend werden die fachlichen und fachpraktischen Anforderungen beschrieben, bevor die fachdidaktischen Deutungen, Selbstwirksamkeitserwartungen und motivationalen Orientierungen rekonstruiert werden. Abschließend wird das LLL als spezifischer Professionalisierungsraum betrachtet.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Tabelle 29: Kategoriensystem mit deduktiv-induktiv generierten Kategorien zur Vertiefungsstudie der Elektrotechnik

Hauptkategorien:	Subkategorien:
Allgemeiner Zugang und Relevanz	• Gesamteindruck und Bewertung der Veranstaltung. • Vorerfahrungen und biografische Zugänge. • Gesellschaftliche und alltägliche Bedeutung. • Lebensweltbezug von Schülerinnen und Schülern. • Bedeutung für Studium und Beruf. • Vergleich zu anderen Technikbereichen. • Erster Zugang / Hemmschwellen.
Fachwissen und Theorie	• Fehlende fachliche Grundsубstanz. • Selbststudium und fachliche Erarbeitung. • Abstraktheit und begriffliches Verstehen. • Mathematische Anforderungen, Formeln und Überforderung. • Fachliche Grundlagen als Voraussetzung für Unterricht.
Praxis und fachpraktische Fertigkeiten	• Fehlersuche bei nicht funktionierenden Schaltungen. • Fehlende oder eingeschränkte Praxis. • Digitale Simulation und TinkerCAD. • Schaltungsaufbau, Steckbrett und Übertragung. • Messen und Multimeter. • Lötén. • Praxis als Lern- und Verstehensraum.
Fachdidaktische Deutungen und Unterrichtsplanung	• Didaktische Reduktion als Balanceproblem. • Themenwahl für die Schule. • Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. • Interesse und Motivation von Lernenden. • Unterrichtsplanung und Strukturierung.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Selbstwirksamkeit und Handlungssicherheit	• Bewältigungsstrategien und Ressourcen. • Fachdidaktisches Zutrauen zum Unterrichten. • Fachpraktisches Zutrauen. • Fachliche Unsicherheit und Wissenslücken.
Motivation und Enthusiasmus	• Geringe berufliche Anschlussfähigkeit. • Vermeidung elektrotechnischer Inhalte und geringe Bereitschaft zur Vertiefung. • Geringe persönliche Affinität. • Motivation durch Relevanz und Zukunftsbezug. • Motivation durch Praxis und Produkte. • Motivationale Distanz und Angst.
Lehr-Lern-Labor-Erfahrung	• LLL als strategisch gewählte Prüfungsform. • Mehrwert für Motivation. • Mehrwert für Selbstwirksamkeit. • Mehrwert für fachdidaktisches Wissen. • Mehrwert für Fachwissen. • Reflexion und Änderungswünsche. • Planung und Vorbereitung des LLL Unterrichts. • Entscheidung für das LLL.
Lerngelegenheiten und Rahmenbedingungen	• Corona und Online-Lernbedingungen als Professionalisierungsdefizit. • Modulorganisation und Prüfungsoptionen.

7.6.1 Elektrotechnik als relevanter, aber ambivalent besetzter Technikbereich

Über alle Interviews hinweg zeigt sich zu Beginn, dass die Elektrotechnik von den Studierenden kaum grundsätzlich als irrelevant beschrieben wird. Die Proband:innen verweisen wiederholt auf die gesellschaftliche, alltägliche und technische Bedeutung elektrotechnischer Inhalte.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Elektrotechnik wird mit elektronischen Geräten, Stromversorgung, digitalen Technologien u.v.m. verbunden und als relevant sowie lebensweltprägend betrachtet. Diese Relevanzzuschreibung ist fallübergreifend sichtbar und wird in insgesamt $N = 12$ Interviews deutlich sichtbar. Die Aussagen gehen dabei überwiegend in dieselbe Richtung und die Elektrotechnik wird als ein Bereich verstanden, ohne den gegenwärtige Technik kaum angemessen verstanden werden kann.

„Ich glaube das ist sehr wichtig, weil du ja viele Sachen bauen kannst und viel da, viel Potenzial drin ist, was du auch einfach nutzen kannst. Also es ist schon wichtig zu verstehen, was da irgendwie passiert, weil ansonsten macht der Technikunterricht ja auch irgendwie nicht wirklich Sinn. Sonst wäre es ja am Ende irgendwie nur Werken oder so. Also das heißt, es sind ja viele Dinge, die man, die man herstellen kann, die man bauen kann, die man programmieren kann. Aber da, für all das braucht man halt irgendwie ein grundlegendes Verständnis, was, wie das funktioniert.“ (B01, Pos. 6).

Eine weitere Person hebt hervor, dass ihr durch das Modul Zusammenhänge bewusst geworden seien, die zuvor nicht präsent waren:

„Ja also gerade für Leute, die nichts damit zu tun haben, gerade auch für Schüler:innen, da man sonst ja nicht irgendwie damit konfrontiert ist außer im Unterricht, dann, oder in der Physik oder so, im Physikunterricht, weil es uns ja irgendwie überall betrifft, ohne dass es uns bewusst ist. Also, das habe ich auch zum Beispiel in Elektrotechnik gelernt, auch mit den Kondensatoren, was jetzt immer mein Schwerpunktthema war im Lehr-Lern-Labor, dass sie ja zum Beispiel in fast jedem elektronischen Gerät drin sind. Und darüber war man sich ja nicht bewusst und auch nicht, was die Funktionen von diesen elektronischen Bauelementen sind. Und dafür fand ich tatsächlich grundlegend die ganze, das ganze Modul sehr gut, weil als Person, wie gesagt, die keine Ahnung davon hat, mir das schon ein paar, keine Ahnung, hat mir das schon sehr die Augen geöffnet sage ich mal.“ (B02, Pos. 6).

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die Relevanzwahrnehmung entspricht also hier den quantitativen Befunden, wo die Aussage, dass Elektrotechnik ein wichtiger Bestandteil der Lebenswelt sei, mit $M = 4,21$ und 81% deutlicher Zustimmung den höchsten Wert.

Auch die Einschätzung, dass elektrotechnische Inhalte eine Grundlage für weiterführende Themen des Technikunterrichts darstellen, wird vergleichsweise stark bejaht. Gleichzeitig fallen persönliche Begeisterung, Vermittlungsenthusiasmus und die Attraktivität der Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Technikbereichen deutlich niedriger aus. Nur 35,7% stimmten deutlich zu, allgemein von Elektrotechnik begeistert zu sein und lediglich 21,4% stimmten deutlich zu, Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Technikbereichen spannend zu finden. Eine ähnliche Relevanzzuschreibung findet sich ganz deutlich bei B07, welche als mustergültiges Beispiel für die aufgezeigte Ambivalenz herangezogen werden soll.

„Ja, also ich denke schon, dass es wichtig ist, gerade in der heutigen Zeit. Ohne Elektrotechnik geht ja irgendwie gar nichts mehr und ohne Technik. Also ich denke schon, dass es wichtig ist.“ (B07, Pos. 8).

Diese Person formuliert im weiteren Verlauf des Interviews eine deutliche persönliche Distanz zur Elektrotechnik bei gleichzeitiger Relevanzzuschreibung. Diese Aussage erklärt die oben genannte Ambivalenz deutlich, die Elektrotechnik wird zwar als lebensweltlich wichtig angesehen, für die berufliche Perspektive jedoch nicht als notwendig betrachtet:

„Ich glaube im Studienverlauf werde ich es noch öfter belegen müssen, aber für meine berufliche Zukunft, das, was ich vorhabe, dafür werde ich es, denke ich, so gut wie gar nicht brauchen.“ (B07, Pos. 12).

Die Elektrotechnik wird zwar als bedeutsam anerkannt, aber häufig nicht als persönlich naheliegender oder motivierender Technikbereich erlebt. Gleiches zeigt sich auch bei B09.

„[...] wie gesagt, da ich aus dem Holzwurm-Bereich komme, würde ich jetzt wahrscheinlich da auch später drin arbeiten. [...] Und, natürlich kann man ja auch [...] höchstwahrscheinlich diese Sachen mit übernehmen. Aber da müsste ich, da müsste ich mich ja selber wieder mehr reinfuchsen. Das wäre so eine Sache, wo ich mich dann ja auch wieder ein bisschen drauf spezialisieren müsste und das ist jetzt momentan bei mir nicht so gegeben, dass ich jetzt sage, vielleicht kommt das ja noch, wenn man sagt vielleicht habe ich da auch Lust zu, und man merkt, dass die Resonanz da größer ist, als bei dem, was ich vielleicht gerade vorhabe.“ (B09, Pos. 23).

Insgesamt zeigen sich ähnliche Aussagen in $N = 8$ Interviews, in denen sich eine deutliche Spannung zwischen anerkannter Bedeutung und persönlicher Distanz rekonstruieren lassen. Die Studierenden unterscheiden deutlich zwischen der objektiv zugeschriebenen Relevanz des Themenfeldes und der eigenen motivationalen und beruflichen Anschlussfähigkeit. Besonders prägnant zeigt sich dies in Aussagen, in denen Elektrotechnik zwar als notwendig, zugleich aber als wenig passend zur eigenen beruflichen oder biografischen Orientierung beschrieben wird. Um dies zu verdeutlichen, hier die folgende Argumentationsstruktur von B07:

„Und mein Zugang ist einfach Technik durch meine Ausbildung, die ich vorher absolviert habe. Und ich möchte später im pädagogischen Bereich arbeiten und dann eher mit Kindern und Jugendlichen und dann wahrscheinlich so im Hobbybereich, dann eher so Holz, künstlerische Gestaltung in dem Bereich arbeiten. Und Elektrotechnik, das liegt mir auch einfach nicht so wohl. [...] Also, ich glaube, ich bin da zu unsicher. Ich denke, ich kann mir mit Sicherheit auch bestimmte Dinge aneignen, so im Bereich des Hobbywesens. Aber so gerade so an die Schule, also, da habe ich einfach zu viel, viele Wissenslücken auch ganz einfach. Und ich sage das auch ganz ehrlich, ich habe keine große Lust, mich mit auseinanderzusetzen. Also, jeder hat ja so seine Felder, die einen interessieren und Elektrotechnik gehört da jetzt nicht so zu.“ (B07, Pos. 14 - 16).

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die Elektrotechnik wird hier nicht als Kern des eigenen späteren professionellen Handelns verstanden. Ähnliche Aussagen zur geringen beruflichen Anschlussfähigkeit finden sich in insgesamt sechs Interviews. Besonders auffallend sind hier Aussagen bei Studierenden mit dem Schwerpunkt Sonderpädagogik.

„Ich glaube, dass die Stimmen der Sonderpädagogen hier sehr laut sind, die sagen, das werde ich eh nie brauchen, und deswegen sagen, da mache ich mir keine Sorgen, da werde ich keine Berührungspunkte mit haben.“ (B10, Pos. 47).

7.6.2 Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Technikbereichen

Die im vorangegangenen Kapitel aufgeführte Ambivalenz gegenüber der Elektrotechnik wird besonders deutlich, wenn die Studierenden sie mit anderen Technikbereichen vergleichen. Inhaltlich ähnliche Vergleiche, in welchen Elektrotechnik als weniger greifbar, abstrakter, schwieriger oder planungsintensiver beschrieben wird als beispielsweise die Holztechnik, Metalltechnik oder andere Bereiche, finden sich in mindestens $N = 8$ Interviews.

„Ich glaube vor Elektrotechnik hat man einfach echt Angst. Aber das ist, also, zumindest ging es mir auch so. Also, ich habe ja auch Holz und Metall gleichzeitig belegt und Elektrotechnik danach, weil ich einfach davon auch ausgegangen bin, dass es einfach auch ein größerer Aufwand ist und, dass es mehr, dass es schwieriger ist, nachzuvollziehen irgendwie.“ (B01, Pos. 14).

Die Aussage macht deutlich, dass die Elektrotechnik als Bereich mit besonderer Zugangshürde wahrgenommen wird, was im weiteren Verlauf mit der Unsichtbarkeit elektrotechnischer Prozesse beschrieben wird:

„Und ich glaube genauso wie bei Schülern da eine Hemmung ist oder eine Angst vor ist, weil es halt irgendwie nicht so ganz greifbar ist und weil es viele Regeln beinhaltet, die man ja auch irgendwie können, also die man verstehen oder wissen muss und man es ja nicht so richtig sieht, ne? Also es ist ja

*irgendwie, also, und weil man halt einfach auch jahrelang damit keine
Berührung hatte.“ (B01, Pos. 14).*

Diese Passage ist fachdidaktisch besonders relevant, weil die Person ihre eigene Unsicherheit auf mögliche Schüler:innen überträgt. Elektrotechnik erscheint nicht nur für Studierende, sondern auch für Lernende als schwer greifbar. Während bei Holz und Metalltechnik Werkzeug und Bearbeitung unmittelbar greifbar sowie sichtbar sind, müssen elektrotechnische Zusammenhänge über Modelle, Regeln, Schaltpläne, Messwerte und Funktionsannahmen erschlossen werden. Genau diese fehlende Sichtbarkeit erzeugt diese Hemmungen.

„Also Fahrrad kriegt man irgendwie so hin, ist nicht so ganz kompliziert. Textil bin ich eh mit aufgewachsen, das heißt, es war so, okay, dann mache ich, mache ich Elektro. Und da hatte ich sehr, sehr großen Respekt davor, weil es halt einfach, wie gesagt, diese vielen Unsicherheiten gibt, die ich gar nicht, also das kann ich gar nicht.“ (B01, Pos. 39).

Hier wird zudem eine starke Selbstzuschreibung von Nicht-Können deutlich und die Elektrotechnik erscheint hier nicht nur als unbekannt, sondern als ein Bereich, dem sich die Person zunächst nicht gewachsen fühlt, während andere Bereiche dagegen als handhabbarer oder biografisch vertrauter beschrieben werden. Auch B07 beschreibt Elektrotechnik im Vergleich zu Holz und Metall als komplexer und weniger unmittelbar erfolgsbezogen:

„Ich finde die Elektrotechnik halt sehr komplex und man muss halt sehr viele Sachen wissen, damit irgendwie man da auch einen Erfolg sieht und ich finde bei Holz und Metall sieht man halt eher einen Erfolg, wenn man Sachen bearbeitet, das sehe ich so.“ (B07, Pos. 18).

Diese Aussage bringt eine zentrale Differenz auf den Punkt, welche auch schon vorher deutlich wurde, nämlich, dass in Holz- und Metalltechnik Erfolg als sichtbarer Bearbeitungserfolg erlebt wird. Man bearbeitet das Material und sieht unmittelbar, was sich verändert ohne (nach Ansicht der Proband:innen) auf Fachwissen zurückgreifen zu müssen.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

In der Elektrotechnik wird Erfolg häufig erst sichtbar, wenn ein funktionaler Zusammenhang korrekt hergestellt wurde. Eine Schaltung funktioniert oder eben nicht, die Gründe dafür sind für Anfänger:innen nicht immer direkt erkennbar. Die Motivation ist daher stärker an fachliches Vorwissen, Fehlersuche und Handlungssicherheit gebunden:

„[...] also ich glaube, dass man einfach ein bisschen mehr drüber nachdenken muss und planen muss. Also, weil mir Elektro auch weniger nahe liegt als Holz oder Metall, dass ich dann eben das mehr planen müsste. Aber das für mich jetzt nicht irgendwie, das, weiß ich nicht, unattraktiver als Lehrkraft macht. Ich würde jetzt nicht sagen, boah, kein Bock was mit Elektro zu machen, weil es eben Spaß macht. Aber man muss halt schon ein bisschen mehr so drüber nachdenken, okay, welche Widerstände brauche ich, brauche ich dies, brauche ich das und sowas. Und in Holz kann ich halt Holz nehmen.“ (B14, Pos. 43).

Hier wird die Elektrotechnik nicht grundsätzlich abgelehnt, die Person betont sogar, dass sie nicht „unattraktiver“ sei. Trotzdem erscheint sie als Bereich, der mehr Planung und fachliche Vorstrukturierung verlangt. Der Satz „*Und in Holz kann ich halt Holz nehmen*“ verdichtet den Unterschied. Holz erscheint als unmittelbar verfügbares und intuitiv zugängliches Material, Elektrotechnik dagegen als System aus Bauteilen, Widerständen und Funktionsbedingungen mit möglichen Fehlerquellen. Auch B20 vergleicht mit anderen Werkstattbereichen:

„In den anderen Werkstätten, also Metall eigentlich schon. [...] Währenddessen bei Elektrotechnik, würde ich sagen, ist es ja so, wenn wir jetzt in Praxis zum Beispiel so einen Löttröpfen setzen sollen, das ist ja wirklich, das ist einfach auch Fingerspitzengefühl pur.“ (B20, Pos. 14).

Die Elektrotechnik wird hier nicht nur als abstrakt beschrieben, sondern zugleich als feinmotorisch anspruchsvoll. Es gibt jedoch auch eine Gegenposition, in der die Elektrotechnik als bevorzugten Technikbereich beschrieben wird.

„Also ich mag Elektrotechnik am liebsten. Bin ich ganz ehrlich, das war schon immer eher mein Ding, Elektrokommunikationstechnik, das fällt, was das Praktische angeht, fällt mir das auch wieder etwas leichter, als was, zum Beispiel Metallarbeiten. Metall habe ich nie wirklich Berührungspunkte gehabt und ich muss den Spaß an Metall teilweise noch finden, sag ich einfach mal so.“ (B11, Pos. 20).

Diese Aussage zeigt, dass Elektrotechnik nicht generell als weniger motivierend erlebt wird. Für einzelne Studierende ist Elektrotechnik biografisch oder interessenbezogen anschlussfähig. Insbesondere zeigt sich im gesamten Vergleich, dass die berufliche Vorbildung der Studierendenschaft einen deutlichen Einfluss auf Präferenzen hat, wie es sich im vorangegangenen Kapitel auch schon bei B07 gezeigt hat.

7.6.3 Fachwissen und Theorie als notwendige Grundlage und zugleich als Hürde

Die Interviews zeigen, dass elektrotechnisches Fachwissen von den Studierenden als notwendige Grundlage für professionelles Handeln wahrgenommen wird. Inhaltlich ähnliche Aussagen zur Notwendigkeit fachlicher Grundlagen finden sich in $N = 9$ Interviews. Zugleich finden sich in $N = 7$ Interviews Aussagen, in denen Fachwissen, Theorie, Formeln oder mathematische Anforderungen als Hürde beschrieben werden.

„Ich muss wirklich wissen, was das ist, worum es geht, die Zusammenhänge kennen, damit ich auf grundlegender Ebene jemand anderes das zeigen kann. So, ja, so das didaktische Reduzieren, um das zu können, musst du natürlich, musst du wissen, was fachlich dahintersteckt. Oder falls ein Schüler dann mal fragt, hey, wie hängt das und das eigentlich zusammen? So er möchte jetzt mal ein bisschen mehr in die Tiefe gehen, weil man macht das ja eher oberflächlich, das ist ja Realschule, man, ne, macht sich nichts vor, aber wenn jetzt jemand mal wissen möchte, wie sieht's aus, dann möchte ich natürlich auch erzählen können. Ich möchte ja nicht dann sagen, weiß ich gar nicht.“ (B20, Pos. 50).

Die Aussage zeigt eine enge Verbindung zwischen Fachwissen, professioneller Sicherheit und didaktischer Reduktion. Fachwissen wird nicht als Selbstzweck beschrieben, sondern als Voraussetzung dafür, Inhalte erklären und auf Schüler:innenfragen reagieren zu können. Die Person möchte nicht in die Situation geraten, auf Nachfragen keine Antwort geben zu können. Darüber hinaus werden elektrotechnische Inhalte als schwer zugänglich beschrieben.

„Ja also erstmal Elektrotechnik ist ja nicht so mein Steckenpferd. Ich fand den Theorieteil teilweise sehr schwer mitzukommen, auch die Lernfragen, ich habe mich sehr schwergetan, das war alles sehr zeitintensiv für mich. Und dann in Verbindung mit der Praxisveranstaltung haben sich dann doch immer mal wieder so kleine Lichtblicke, wo ich dachte, ah, okay, habe ich verstanden. Aber gerade so dieser mathematische Teil, die ganzen Formeln, da tue ich mich einfach schwer mit. [...] Ich glaube einfach auch grundsätzlich, aber auch in Elektrotechnik, also ich finde Elektrotechnik sowieso schwer greifbar. Das ist halt einfach irgendwie abstrakt.“ (B07, Pos. 4 – 6).

Die Aussage verbindet geringe Affinität, Theorieprobleme, mathematische Anforderungen und Abstraktheit. Zugleich ist sie nicht ausschließlich negativ. Durch die Praxisveranstaltung entstehen „kleine Lichtblicke“. Theorie wird also nicht grundsätzlich abgelehnt, bleibt aber ohne praktische Verankerung schwer greifbar.

Gerade diese Verbindung von Theorie und Praxis scheint für die Entwicklung von Verstehen entscheidend zu sein, aber auch hier herrschen Hürden vor:

„Also wenn man was mit Elektrotechnik macht, muss man ja verstanden haben, was die Grundlagen der Elektrotechnik sind und das, ja, erstmal Elektrizität verstanden haben, bevor man damit arbeiten kann. In Holztechnik zum Beispiel muss man dafür vielleicht den Werkstoff Holz verstehen, um damit zu arbeiten, wie sind jetzt Maserungen, damit man das Holz so einsetzen kann, dass es nicht bricht und so. Aber da muss man auch Grundlagen verstehen, um das zu machen. Vielleicht lernt man das da eher durch die Praxis als in der Elektrotechnik. Da wäre es blöd, wenn man erst irgendwo einen Kurzschluss hat und dann lernt, was das gerade war.“ (B03, Pos. 16).

Hier wird der Vergleich zur Holztechnik genutzt, um die Spezifik der Elektrotechnik zu beschreiben. In beiden Bereichen braucht es Grundlagenwissen. Elektrotechnik erscheint jedoch weniger gut über Versuch und Irrtum erschließbar, weil Fehler wie Kurzschlüsse sicherheits- und funktionsrelevant sein können. Die Aussage verweist damit auf ein spezifisches Verhältnis von Fachwissen und Verantwortung. Elektrotechnik kann nicht allein praktisch ausprobiert werden, ohne vorher zentrale Grundlagen verstanden zu haben. Insgesamt zeigt sich in den Interviews mit Personen ohne LLL-Erfahrung häufiger eine solche lineare Vorstellung professioneller Entwicklung, in welcher zunächst fachliches Verstehen aufgebaut werden muss, um danach unterrichtliche Vermittlung stattfinden zu lassen.

„Weil ich, ich wollte eher sehen, dass ich das selber verstehe, bevor ich das jemand anders beibringe. Und das war so die Sache, dass ich mich so damit eher beschäftige und wenn ich nur ein einzelnes Thema da von den ganzen raussuche, und das dann einfach nur auswendig lerne und weitergebe [...]. Außerdem fand ich den Aufwand für mich persönlich, mir das erstmal anzugucken, geringer als jetzt so ein Lern-Labor zu machen.“ (B09, Pos. 27).

Vermittlung wird hier als etwas verstanden, das erst nach ausreichendem eigenem Verstehen sinnvoll möglich ist. Die Person entscheidet sich gegen das LLL nicht aus Desinteresse an Unterricht, sondern weil sie zunächst ihre eigene fachliche Grundlage sichern möchte. Inhaltlich ähnliche Aussagen finden sich in $N = 4$ Interviews ohne LLL-Erfahrung. Demgegenüber beschreibt B02 mit LLL-Erfahrung eine andere Logik:

„Auf jeden Fall, für mich, dadurch, dass du dich mehr mit der Praxis und dem Unterricht, den du fortführst, oder führen wirst, auseinandersetzt, oder auseinandersetzen musst, weil du das ja vorbereitest, verstehst du viel mehr, was ein Kondensator zum Beispiel ist, oder was für eine Funktion er hat, wie er aufgebaut ist, was für Größen er hat, also im normalen, ich sag mal, einer Vorlesung oder so, kannst du das gar nicht so intensiv machen [...], wenn du dich selbst damit auseinandersetzen musst, weil du das den Kindern erklären musst und Fragen auftauchen können, musst du das schon wirklich wissen [...].“ (B02, Pos. 42).

Die Aussage verdeutlicht einen zentralen Unterschied zwischen LLL- und Nicht-LLL-Perspektive. Während Studierende ohne LLL-Erfahrung fachliches Verstehen häufig als Voraussetzung für Unterricht betrachten, beschreibt B02 die Unterrichtsvorbereitung als Motor fachlicher Vertiefung. Fachwissen wird durch die Notwendigkeit vertieft sowie aktiviert, Inhalte zu erklären, Fragen zu antizipieren und den Gegenstand für Lernende zugänglich zu machen.

7.6.4 Praxis, fachpraktische Fertigkeiten und Produktorientierung

Die Analyse der Interviews zeigt, dass Praxis für die Studierenden eine doppelte Funktion einnimmt. Einerseits wird fachpraktisches Handeln als Voraussetzung für Verstehen und Handlungssicherheit beschrieben. Andererseits wird Praxis vor allem dann als motivierend wahrgenommen, wenn sie in sinnvolle Produkte oder lebensweltliche Anwendungen eingebunden ist. Insgesamt geben $N = 9$ Studierende die Praxis als Verstehens- oder Motivationsraum an. Eine Auffälligkeit zeigt sich zudem zusätzlich bei Studierenden, die die Elektrotechnik während der Pandemiezeit belegt haben, die hinsichtlich der zusammenhängenden Aussagen zur Selbstwirksamkeit eine Erwähnung verdienen:

[...] dadurch, dass ich ja, also am Rechner was gemacht habe, also in Corona-Zeiten, hatte ich das Gefühl, also war eine Praxis ja nicht vorhanden, sage ich jetzt mal so. Natürlich wir hatten einen Bausatz, den wir gemacht haben, wo wir auch dran gebaut haben. Tatsächlich hat das bei mir nie funktioniert. Ich habe, wenn ich das am Rechner aufgebaut habe, mit TinkerCAD, hat das immer alles wunderbar funktioniert. Alles Messen oder sowas hat immer nicht funktioniert.“ (B01, Pos. 4).

Die Aussage zeigt, dass Simulation zwar funktionale Zusammenhänge abbilden kann, aber nicht automatisch fachpraktische Handlungssicherheit erzeugt. Im digitalen Raum funktioniert die Schaltung, im realen Aufbau entstehen Mess- und Funktionsprobleme.

Gerade diese Differenz ist für die spätere Unterrichtspraxis bedeutsam, da Lehrkräfte nicht nur wissen müssen, wie eine Schaltung theoretisch funktioniert, sondern auch mit realen Bauteilen, Messfehlern und nicht funktionierenden Aufbauten umgehen können, sodass sich hier ein deutlicher Nachholbedarf aufzeigt:

„Also mein Grundlagenmodul fand ich aufgrund der Corona-Pandemie-Situation, dadurch, dass es zu Hause mit TinkerCAD größtenteils, also nicht größtenteils, sondern zu 100% stattgefunden hat, ja, schlecht bis miserabel. Also das, die Grundlagen in der, nur in der Theorie zu machen, ohne auch nur einmal einen Lötkolben zu sehen hat mir ganz stark missfallen. [...] Das war dann okay, aber mir hat halt einfach die Basis irgendwo gefehlt.“ (B17, Pos. 8).

Hier wird fehlende Praxis als fehlende Grundsубstanz beschrieben. Die Person reflektiert den ausschließlich digitalen respektive theoretischen Zugang als unzureichend, weil er keine belastbare Basis für spätere Anwendungszusammenhänge geschaffen habe. Gleichzeitig wird TinkerCAD nicht durchgängig negativ bewertet, besonders dann, wenn es in Ergänzung zur realen Praxis eingesetzt wird. B03 beschreibt die digitale Simulation als sinnvolles Werkzeug, um Theorie zu veranschaulichen und Fehler zu meiden:

„Und TinkerCAD ist auch was, was ich mitnehmen würde, weil man da ganz toll dran bauen kann und, erst mal die Theorie noch weiter verstehen kann oder vielleicht sogar, ja, da einfach schon Fehler vermeiden kann, dass Dinge nicht schief gehen später im Unterricht.“ (B03, Pos. 49).

Die Aussagen zu TinkerCAD gehen somit nicht in eine einheitlich ablehnende Richtung. Vielmehr zeigt sich ein differenziertes Deutungsmuster. Digitale Simulation wird als Unterstützung für Verstehen und Vorbereitung anerkannt, ersetzt aber aus Sicht mehrerer Studierender, die die Erfahrung in der Pandemie gemacht haben, nicht die reale fachpraktische Erfahrung mit Bauteilen, Messgeräten und Werkzeugen. Motivational bedeutsam wird die Praxis darüber hinaus besonders dann, wenn sie mit einem Produkt verbunden ist.

„Ja, halt isoliert allein mit der Elektrotechnik kann man halt nicht so viel machen, also jetzt im Aufbaumodul, wo wir zum Beispiel eine Lampe bauen, da ist die Elektrotechnik natürlich essentiell und das, was dann die Lampe funktionsfähig macht, aber ja, alleine so durch das Stecken, da hat man dann am Ende ja nichts für sich selber geschaffen. Man hat halt die Aufgabe gelöst und baut alles wieder auseinander.“ (B10, Pos. 31).

Die Elektrotechnik wird nicht allein dadurch motivierend, dass sie praktisch ist, entscheidend ist hier, ob die Tätigkeit als sinnvoller Herstellungs- oder Funktionszusammenhang erlebt wird. Eine Schaltung, die wieder auseinandergebaut wird, erzeugt weniger „Produktstolz“ als eine Lampe, deren elektrotechnischer Anteil eine sichtbare Funktion erfüllt.

„Ja, spätestens, wenn man eine kleine LED irgendwo einbauen möchte, wenn man ein kleines Licht irgendwo reinmachen will, allgemein mit Licht arbeiten, vielleicht noch mit Sound, also einen kleinen Lautsprecher bauen, das ist hier sehr ansprechend irgendwie in Elektrotechnik, dass man was Kleines daraus macht.“ (B06, Pos. 20).

Auch hier wird die Elektrotechnik über sichtbare Effekte und Produkte motivierend, solche Aussagen finden sich bei insgesamt $N = 8$ Studierenden explizit wieder. Auch, dass die Praxis allein nicht genügt und eine Kontextualisierung notwendig wird, wird deutlich:

„Genau, immer, ich finde es immer wichtig, Kontexte zu schaffen, ich finde es immer ganz schwierig, selber bei Dingen mich zu begeistern, wenn ich einfach nur löte um des Lötens Willen quasi, finde ich immer schwierig, macht mir immer nicht so viel Spaß und da schalte ich selber auch relativ schnell ab.“ (B07, Pos. 20).

7.6.5 Fachdidaktische Deutungen und Unterrichtsplanung

In Bezug auf die Fragen zur Fachdidaktik zeigen die Interviews, dass die Elektrotechnik nicht nur fachlich, sondern auch fachdidaktisch als anspruchsvoll wahrgenommen wird.

Die wahrgenommenen Herausforderungen beziehen sich hier insbesondere auf die didaktische Reduktion, die Darstellbarkeit abstrakter Prozesse sowie zur Motivation der Lernenden ($N = 10$). Besonders häufig geht es um die Frage, wie unsichtbare Prozesse, komplexe Bauteile und mathematisch-physikalische Zusammenhänge so vereinfacht werden können, dass sie für Schüler:innen verständlich bleiben, ohne fachlich falsch zu werden:

„Könnte vielleicht Sicherheit geben, dass wenn man sagt, ich reduziere Elektrotechnik, oder Strom zu vermitteln, ist natürlich auch sehr schwer, weil man es nie sehen wird, und selbst Modelle sind ja, also, Modelle von Strom, Strom der fließt, ist ja immer noch nicht, wie Strom in der Realität funktioniert. Und das muss man ja auch immer mitvermitteln, dass das nur ein Modell ist, und ich glaube, das könnte bei vielen Schülern einen Knoten im Kopf entstehen lassen. Ja, und deswegen ist es einerseits sehr, sehr wichtig, gerade in der Elektrotechnik zu reduzieren, aber auch sehr schwer, dann später wieder zu vermitteln, wie es eigentlich ist.“ (B10, Pos. 51).

Die Aussage macht ein zentrales fachdidaktisches Balanceproblem sichtbar. Die Inhalte müssen reduziert werden, weil zentrale Prozesse nicht unmittelbar sichtbar sind, während gleichzeitig die Gefahr besteht, dass Modelle missverstanden werden oder später schwer wieder fachlich differenziert werden können. Die Person beschreibt damit nicht nur eine allgemeine Schwierigkeit, sondern ein genuin fachdidaktisches Problem, da Reduktion notwendig und riskant zugleich sein kann. Was sich darüber hinaus in den fachdidaktischen Deutungen zeigt, ist, dass Personen ohne LLL-Erfahrung oft nur hypothetisch respektive antizipierend vorgehen, während Personen mit LLL Erfahrung an die konkrete Planungs- und Durchführungserfahrung zurück beziehen:

„[...] aber dann sagen wir mal irgendwie Kondensator, das ist schon, man muss ja schon sehr viel irgendwie simplifizieren, dass man das irgendwie relativ einfach für die halt auch rüberbringt, sodass die dann nicht hopp und auf einmal sitzen und denken, hä, was arbeitet ihr da eigentlich?“ (B13, Pos. 22).

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Hingegen zeigt sich in den Aussagen von Personen mit LLL, dass das LLL fachdidaktische Überlegungen mit sich bringt, womit fachdidaktisches Wissen als aktive Transformationsleistung sichtbar wird:

„Ja, dadurch, dass wir es ja planen und aufschreiben mussten, wir mussten den Unterrichtsentwurf etc., wir mussten das ja selber machen. Also die Teile zu fotografieren, dann nochmal jetzt jeder selber zu beschreiben, ne, wenn du es jetzt jemand anderem beibringen möchtest. Wie formulierst du es gleichzeitig fachlich korrekt, aber auch verständlich, was auch eine schwierige Balance ist? Ja, in dem Sinne schon. Also ich habe mich ja gerade mehr herangeführt, weil ich es ja nochmal, ich musste es in eigene Worte fassen und ich musste auch die Bezeichnung, die Schaltzeichen etc., alle selber, müssen wir ja selber zusammentragen.“ (B20, Pos. 98).

7.6.6 Selbstwirksamkeit und Handlungssicherheit

Die Selbstwirksamkeitserwartung und Handlungssicherheit werden in den Interviews nicht allgemein beschrieben, sondern sehr konkret an elektrotechnische Handlungssituationen wie den Schaltungsaufbau, die Fehlersuche, das Messen, Löten und das Erklären von Bauteilen bezogen. Insgesamt zeigen sich hier in insgesamt $N = 11$ Interviews eindeutige Unsicherheiten. Bei Studierenden ohne LLL-Erfahrung dominieren häufig vorsichtige und konditionale Einschätzungen. B01 beschreibt, dass sie sich zunächst auf einfache Schaltungen beschränken würde:

„Ich glaube, halt tatsächlich müsste ich mich auf alle Bereiche noch sehr gut vorbereiten. Dementsprechend glaube ich, dass es am Anfang eher so leichtere Schaltungen wären, an die ich mich trauen würde, aber ich glaube auch, dass das mit Erfahrung und mit Praxis einfach da auch komplexer werden kann. Aber ich glaube am Anfang wird es eher so sein, dass ich da schon vor den komplexeren Sachen eher zurückschrecken würde und sagen würde, okay gut, dann schauen wir mal, dass ich erstmal einfachere Sachen mache.“ (B01, Pos. 56).

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Komplexe elektrotechnische Inhalte werden hier nicht ausgeschlossen, aber zeitlich verschoben. Handlungssicherheit wird als entwickelbar beschrieben, jedoch abhängig von Vorbereitung, Erfahrung und Praxis. Zudem zeigt sich, dass die Elektrotechnik eng mit diagnostischer Handlungssicherheit verbunden ist. Häufig geht es darum, dass die Sorge darin liegt, im Unterricht Fehler erkennen zu können und Lernende entsprechend zu unterstützen.

„Ich weiß es heutzutage einfach nicht. Ganz davon abgesehen, finde ich, bei Elektrotechnik ist auch immer schwierig, Fehler zu finden. Also die Analyse, warum jetzt was nicht funktioniert, ich glaube, das ist auch was, was man als Lehrkraft dann ja auf jeden Fall muss. Und, wo man auch dann Respekt davor hat, weil es so viele Faktoren gibt. Oder ja, auch die Geschichte mit dem Messgerät.“ (B01, Pos. 30).

In der LLL-Gruppe wird die Selbstwirksamkeit dagegen häufiger erfahrungsbasiert begründet:

„Okay, also ich habe mich auf jeden Fall aufgrund des Lehr-Lern-Labors, aber auch aufgrund von Elektrotechnik allgemein mehr mit Elektrotechnik auseinandergesetzt, und würde mir jetzt auch zu Hause zutrauen, mal einen Lötkolben in die Hand zu nehmen. Also ich habe es auch gemacht, ich habe einen Lötkolben aus dem Schrank geholt und hatte den auch laufen, habe was probiert, das hat leider nicht geklappt. Aber das ist, glaube ich, der große Schritt bei mir gewesen, tatsächlich mir selber zuzutrauen, mal was zu versuchen zu löten, mal was tatsächlich basteln irgendwie. Das finde, also für mich persönlich war das dann auf jeden Fall ein großer Schritt irgendwie.“ (B06, Pos. 46).

Die Aussage ist insofern bedeutsam, da die Selbstwirksamkeit hier nicht mit fehlerfreiem Können gleichgesetzt wird. Der Versuch hat nicht funktioniert, wird aber dennoch als Fortschritt beschrieben. Auch B02 beschreibt eine Zunahme fachdidaktischer Sicherheit durch die eigene Durchführung im LLL.

„Also das ist mein erster Unterrichtsentwurf, ich habe bis dato auch noch nie Unterricht gegeben, deswegen hatte ich vorher nicht so viel Ahnung, und jetzt bin ich natürlich sicherer, weil ich das erstmal durchgeführt habe. Also ich habe schon Unterrichtserfahrung gehabt, an der Schule, wie gesagt, aber es ist nochmal was anderes, selbst didaktisch vorzubereiten. Ich fühle mich sehr sicher, muss ich sagen, danach.“ (B02, Pos. 44).

Die Aussage zeigt, dass allgemeine Unterrichtserfahrung im Sinne von „mehr Praxis“ von fachspezifischer didaktischer Vorbereitung unterschieden wird. Die Person hatte bereits schulische Erfahrung, betont aber, dass selbst didaktisch vorzubereiten „nochmal was anderes“ sei. Was sich zudem erkennen lässt, ist ein Wandel von fehlender Vorstellung zu Handlungsfähigkeit:

„Also, allgemein so Unterricht in Bezug auf Elektro, das konnte ich mir halt vorher irgendwie gar nicht vorstellen. Ich war mal bei einer anderen Lehrerin an meiner Schule dabei, wo die halt was über Batterien erzählt hat und da saß ich genauso neben wie die Siebtklässler, weil ich gar keine Ahnung mehr hatte, weil es eben so lange her bei mir war. Und das ist jetzt wirklich ganz anders, weil ich mich eben damit befasst habe, eben diese ganzen Grundlagen jetzt draufhabe und sowas und ich eben auch viel handlungsfähiger bin als vorher.“ (B18, Pos. 57).

Die Aussage bringt den Professionalisierungseffekt des LLL besonders klar zum Ausdruck, da es nicht bloß um Wissenserwerb geht, sondern um die wahrgenommene Fähigkeit, dieses Wissen auch in Unterrichtssituationen nutzbar zu machen.

7.6.7 Motivation und Enthusiasmus gegenüber Elektrotechnik

Die motivationalen Orientierungen gegenüber der Elektrotechnik sind im Material besonders vielschichtig. Die Analyse zeigt hier kein einfaches Muster von Interesse oder Desinteresse.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Vielmehr lassen sich mehrere Muster unterscheiden, die von Angst und Hemmung, geringer persönlicher Affinität, beruflicher Distanzierung, Relevanzzuschreibungen bis hin zu wahrgenommener professioneller Verantwortung reichen.

Besonders häufig ($N = 9$) wird von Angst oder geringem persönlichen Interesse gesprochen. Wie sich im Abschnitt zur Fachpraxis auch schon gezeigt hat, spielen darüber hinaus in $N = 8$ Interviews Produkte und der Lebensweltbezug eine entscheidende Rolle für die Motivation.

„Ich glaube, vor Elektrotechnik hat man einfach echt Angst. [...] Ich glaube, bei Elektrotechnik ist es auch oft so, dass man Angst hat, was kaputt zu machen, weil man es nicht weiß, also, wenn ich das jetzt falsch anschließe, dann geht ja was kaputt, aber, bei Holz, ja, dann nimmt man halt ein neues Holzstück, aber dann hat man halt irgendein elektrisches Gerät kaputt gemacht. Also ich glaube, da sind auch so die Hemmungen vor.“ (B01, Pos. 14-16).

Die motivationale Distanz gegenüber der Elektrotechnik rührt also nicht nur aus fehlendem Interesse. Sie ist auch an Risikoerleben und fehlende Handlungssicherheit gebunden. Fehler in Holztechnik oder anderen Werkstattbereichen erscheinen leichter korrigierbar und nicht so folgenreich. Auch in Bezug auf die Theorie zeigt sich häufig, dass die Motivation mit Überforderung zusammenhängt:

„[...] ja, ich weiß nicht, ich glaube, dadurch, also ich hatte den Eindruck, dass alle am Anfang so ein bisschen, ich sag mal, überfordert oder überrumpelt waren, bin ich dir ehrlich. Und dadurch auch die Motivation so ein bisschen gesunken war, was zum Beispiel in Holz oder in Metall bei mir zumindest nicht so war, obwohl ich da auch gar keine Ahnung vorher hatte [...].“ (B02, Pos. 16).

Hier zeigt sich auch wieder eine inhaltspezifische Hemmung, da in Holz- und Metalltechnik zwar auch Vorerfahrungen fehlten, die Motivation dennoch nicht in gleicher Weise betroffen ist. Die Elektrotechnik erzeugt zu Beginn offenbar eine andere Form von Überforderung, die direkt motivational wirksam wird.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Gleichzeitig beschreibt die Person, dass sich diese anfängliche Überforderung im Verlauf gelegt habe, was darauf hinweist, dass Motivation veränderbar ist, wenn Zugang und Erfahrung entstehen.

Es gibt aber auch Stimmen, die sich ganz klar distanzieren:

„Und ich sage das auch ganz ehrlich, ich habe keine große Lust, mich mit auseinanderzusetzen. Also, jeder hat ja so seine Felder, die einen interessieren und Elektrotechnik gehört da jetzt nicht so zu.“ (B07, Pos. 16).

Hier ist nicht nur Unsicherheit im Zentrum, sondern eine begrenzte Bereitschaft zur Vertiefung ausgedrückt. Diese Haltung verweist auf eine professionsbezogene Herausforderung, da die Ausbildung nicht bloß Wissen vermitteln muss, sondern Studierende dabei auch zu unterstützen hat, einen Zugang zu Bereichen zu finden, die ihnen nicht unmittelbar nahe liegen. Häufig wird auch zwischen privatem Interesse und professioneller Rolle argumentiert:

„Aber mein Eigeninteresse, würde ich sagen, reicht jetzt gerade im Moment nicht aus, um jetzt nochmal das alles durchzulesen, so für mich selber, sondern es wäre dann eher, ist aber auch, das ist dann so [Name] Person und [Name] Lehrer [...], da gibt es einmal so diese intrinsische Geschichte, wie ich das selber wissen will und dann gibt es nochmal, hey, ich bin Lehrer, ich muss das können dafür [...].“ (B20, Pos. 118).

Im weiteren Verlauf wird diese Aussage mit der Selbstwirksamkeit verbunden, indem gesagt wird, dass fachliches Können allein nicht ausreicht. Entscheidend sei das Zutrauen, Inhalte zu vermitteln, wodurch sich zeigt, dass fachliches Können, Motivation und fachdidaktisches Zutrauen hier eng miteinander verbunden sind:

„[...] ich unterrichte beispielsweise auch nur Mathe, weil ich kann zwar auch gut Englisch, 13 Punkte gehabt, immer, ich hatte Leistungskurs, aber ich unterrichte kein Englisch, weil ich der Meinung bin, dass ich Englisch nicht vermitteln kann, weil ich nicht genug, aber bei Mathe habe ich dieses Selbstvertrauen, deswegen, ne, und dasselbe Selbstvertrauen bräuchte ich in Elektrotechnik auch.“ (B20, Pos. 118).

Neben den eher ablehnenden Haltungen finden sich in den Interviews auch Muster, die motivationale Zugänge beschreiben. Insbesondere der Produkt- und Lebensweltbezug erscheint häufig als relevant:

„Ich glaube, zum Teil hat es eine sehr, sehr hohe Bedeutung. Also ich glaube, es ist so ein bisschen schülerabhängig. Es gibt Schüler, die sagen, es hat überhaupt nichts mit mir zutun und ich kriege das da aus der Steckdose. Und mir ist das eigentlich vollkommen egal, was da drin ist, was da passiert. Hauptsache, es geht irgendwie so. Aber ich glaube, das ist, dass auch diese Schüler ein großes Interesse dafür, also dass bei diesen Schülern auch ein großes Interesse geweckt werden kann, wenn man dann in die Lebenswelt-Geräte reingeht, wie die funktionieren. Wie zum Beispiel, diese eine Bluetooth-Box oder so, das finden die dann schon sehr interessant, wie es dann funktioniert, wenn man das einmal dann an solchen Beispielen eher aufbaut.“
(B01, Pos. 08).

7.6.8 Lehr-Lern-Labor-Erfahrung als Transformation von Distanz und Bearbeitbarkeit

Die Aussagen zur LLL-Erfahrung zeigen, dass das LLL von den Studierenden nicht nur als alternative Prüfungsform beschrieben wird, sondern als Professionalisierungsraum wahrgenommen wird. Fachliches Verstehen, fachpraktisches Handeln, fachdidaktisch Planung, der Schüler:innenkontakt sowie die Selbstwirksamkeit werden miteinander in Beziehung gesetzt. In $N = 8$ Interviews mit Personen mit LLL-Erfahrung zeigen sich Aussagen zum Mehrwert des LLL. Ein zentraler Effekt liegt hierbei darin, Elektrotechnik als unterrichtlich bearbeitbar und erfahrbar zu machen:

„Also allgemein die Elektrotechnik, davor hatte ich immer sehr Respekt, sag ich mal, weil ich, wie gesagt, keine Berührungspunkte damit hatte, aber durch dieses Lernlabor habe ich gesehen, dass das wie jeder andere Unterricht sein kann [...].“ (B02, Pos. 54).

Auch, dass es sich bei dem LLL um einen „geschützten Rahmen“ handelt wird wahrgenommen, aber nicht negativ:

„Ja auf jeden Fall, um diese Erfahrung mit einer Schulklasse zu machen und, also, für mich war es halt irgendwie klar, ich mache das, weil ich möchte in diesen Lehrerinnenberuf und, möchte unterrichten und wenn ich jetzt die Chance habe, dann möchte ich die hier nutzen, unter Beobachtung sozusagen, in einem Safe Space irgendwie, das machen zu können und dazu kommt, dass ich, also praktisch, meiner Meinung nach, immer besser bin und war, als ich das theoretisch war und ich bin nicht mega gestresst vor Klausuren, aber ich denke mir halt schon, wenn ich die Klausur, ja, in dem Sinne nicht schreiben muss und dieses Wissen direkt anwenden kann, auf einem Themengebiet, würde ich mich immer dafür entscheiden.“ (B05, Pos. 20).

Die Person möchte Unterrichtserfahrung sammeln, wofür der begleitete Rahmen als angemessen wahrgenommen wird. Gleichzeitig wird deutlich, dass die praktische Anwendung des Wissens gegenüber einer Klausur als sinnvoller erlebt wird.

„Also, was ich auf jeden Fall, das war jetzt nicht die Frage, aber, was ich auf jeden Fall sagen muss, ist, am Ende hat es mir viel mehr Spaß gemacht, als ich ursprünglich dachte. Das war dann so, so Prüfungsleistungsgedanke ist dann eher so ein bisschen in den Hintergrund gerückt, sondern es hat einfach nur Spaß gemacht, auch den Kontakt mit den Schülern zu haben.“ (B20, Pos. 90).

Diese Aussage zeigt einen motivationalen Transformationsprozess, das LLL wird zunächst im Rahmen einer Prüfungsleistung absolviert, gewinnt aber durch die reale Interaktion mit Schüler:innen eine eigene motivierende Rolle. Zugleich zeigt sich aber auch, dass das LLL nicht alle distanzierten Haltungen auflöst. Auch Studierende mit LLL-Erfahrung beschreiben die Elektrotechnik als abstrakt oder als beruflich nicht relevant. Der Mehrwert des LLL liegt daher nicht darin, alle Studierenden zu Elektrotechnik-Enthusiast: innen zu machen. Vielmehr liegt die Stärke darin, dass Elektrotechnik trotz Distanz bearbeitbar scheint:

„Angstabbau. [...] Also, Berührungspunkte und Angstabbau und, dass halt auch gar nicht so viele Fehler passieren, die man suchen muss, wo man vorher sagt, oh Gott, ich werde die Fehler alle nie finden. Und das, halt auch, man sich immer irgendwie Hilfe holen kann, der einen dann unterstützt [...]. Und,

ich glaube, dass da haben die Labore auch geholfen, diese Angst abzubauen und zu sagen, okay, gut, man muss auch nicht alles wissen und man muss auch nicht alles bis ins Detail können und vielleicht sind da ja noch andere, die dann mehr Ahnung haben [...].“ (B01, Pos. 58-61).

7.6.9 Zwischenfazit Elektrotechnik

Zusammenfassend zeigen die qualitativen Ergebnisse, dass die Elektrotechnik für die befragten Studierenden ein ambivalent besetzter Technikbereich ist. Einerseits wird ihre Bedeutung für Alltag, Gesellschaft und schulischen Technikunterricht breit anerkannt. Andererseits wird Elektrotechnik im Vergleich zu anderen Bereichen des Technikunterrichts häufig als abstrakter, weniger greifbar, fehleranfälliger, mathematischer und voraussetzungsreicher beschrieben.

Die motivationalen Orientierungen sind entsprechend vielschichtig. In mehreren Interviews wird die Elektrotechnik mit Angst, Hemmung, fehlender Affinität oder geringer beruflicher Anschlussfähigkeit verbunden.

Aussagen die häufig auftreten wie „*Ich glaube, vor Elektrotechnik hat man einfach echt Angst.*“ (B01, Pos. 14), „*Elektrotechnik gehört da jetzt nicht so zu.*“ (B07, Pos. 16), oder „*[...] mein Eigeninteresse [...] reicht jetzt gerade im Moment nicht aus*“ (B20, Pos. 118) zeigen, dass Elektrotechnik nicht automatisch als persönlich motivierender Bereich erlebt wird. Gleichzeitig wird sie nicht pauschal abgelehnt. Motivation entsteht dort, wo Elektrotechnik praktisch, produktbezogen, lebensweltlich und professionell bedeutsam wird. Der zentrale Unterschied zwischen Studierenden mit und ohne LLL-Erfahrung liegt nicht darin, dass die LLL-Gruppe Elektrotechnik grundsätzlich positiv und die Nicht-LLL-Gruppe sie grundsätzlich negativ bewertet, sondern vielmehr in der Qualität der Bearbeitung. Ohne LLL bleibt die Elektrotechnik häufiger ein Gegenstand individueller Bewältigung, man muss sich vorbereiten, Grundlagen verstehen, einfache Schaltungen wählen oder den planbareren Prüfungsweg einschlagen. Mit LLL wird die Elektrotechnik stärker als Gegenstand professionellen Handelns erfahrbar, da die Inhalte erklärt, reduziert, praktisch umgesetzt und mit Schüler:innen bearbeitet und reflektiert werden müssen.

Die qualitativen Ergebnisse liefern damit eine vertiefende Erklärung für die quantitativen Befunde, welche zeigt, dass die Studierenden Elektrotechnik zwar mehrheitlich als lebensweltlich bedeutsam einschätzen, die persönliche Begeisterung und die Attraktivität im Vergleich zu anderen Technikbereichen jedoch deutlich geringer ausfallen. Zugleich weisen die quantitativen Befunde auf Vorteile der Gruppe mit elektrotechnischer LLL-Erfahrung in Fachwissen, fachdidaktischem Wissen, Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus hin. Die qualitative Analyse zeigt hier, wie diese Unterschiede zustande kommen. Das LLL verbindet fachliche Klärung, fachpraktische Erprobung, didaktische Transformation und reale Unterrichtserfahrung in einem geschützten, aber realitätsnahem Erfahrungsraum, was von den Studierenden auch entsprechend wahrgenommen und positiv bewertet wird.

Die Elektrotechnik ist also für viele Studierende kein intrinsisch bevorzugter Bereich, sondern ein als wichtig anerkannter, aber häufig distanzierter Bereich, welcher angstbesetzt ist. Die Professionalisierung zeigt sich in diesem Zusammenhang nicht darin, dass alle Studierenden Begeisterung für die Elektrotechnik entwickeln, sondern sie zeigt sich darin, dass Studierende lernen, trotz begrenzter persönlicher Affinität, trotz Unsicherheit und trotz abstrakter Anforderungen, handlungsfähig zu werden. Genau an dieser Stelle liegt der besondere Beitrag des LLL.

7.7 Ergebnisse der qualitativen Teilstudie zur BNE

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Darstellung der Interviewergebnisse zur BNE, welche ebenfalls an die kategorienbasierte Auswertung nach KUCKARTZ (2018) angelehnt sind. Im Zentrum stehen hier die Deutungsmuster der Studierenden hinsichtlich des Konzeptes der BNE, des Spannungsfeldes zwischen nachhaltiger Entwicklung und Technik, wahrgenommener unterrichtlicher Ansprüche sowie hinsichtlich wahrgenommener Herausforderungen im Zusammenhang mit der Umsetzung von BNE.

Die erste Hauptkategorie beinhaltet alle Aussagen hinsichtlich des Verständnisses zum Konzept der BNE. Hier wurde in der ergänzenden Befragung (siehe Anhang 9.4) in Anlehnung an REINKE (2022) zentrale Aspekte des Konzeptes erfasst, um die erfassten Konstrukte zu vertiefen.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Tabelle 30: Deduktiv-induktiv generiertes Kategoriensystem zur BNE.

Hauptkategorien:	Subkategorien:
(B)NE Verständnis	• BNE als Aufklärung • Nachhaltigkeitsverständnis • Nachhaltigkeitsdreieck • Nachhaltigkeit als Folgenabschätzung • Interdisziplinarität • Inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit
Ziele und Kompetenzen der BNE	• Transfer in Alltag und Lebenswelt • Bewusstsein schaffen • Gestaltungs- und Problemlösekompetenz • Handlungsfähigkeit und Selbstwirksamkeit der Lernenden • Informations- und Bewertungskompetenz • Kritisches Denken und Konsumreflexion
Herausforderungen, Selbstwirksamkeit und Motivation	• Fächerübergreifendes Arbeiten • BNE als Mehrbelastung • Didaktische Unsicherheit • Fachliche Unsicherheit
BNE im Technikunterricht	• Rolle der Lehrkraft • Interdisziplinarität im Unterricht • Handlungsorientierung und praktische Erprobung • Nachhaltigkeitsdreieck / Mehrperspektivität • Methodische Umsetzung • BNE als integrierter Unterrichtsinhalt
Technik und nachhaltige Entwicklung	• Reparatur und Kreislaufdenken • Ambivalenz von Technik • Technik als Problemverursacher • Technik als Lösungs- und Gestaltungsfeld
BNE bezogene Erfahrungen im Studium (LLL)	• BNE Theorie in der Unterrichtsplanung • Wahrgenommener Lernzuwachs durch LLL • Erfahrungen mit Schüler:innen • Erfahrungen mit BNE-Seminaren

Die zweite Kategorie fokussiert die von den Proband:innen wahrgenommenen Ziele einer BNE, während die dritte Kategorie wahrgenommene Herausforderungen, die Aussagen zur Selbstwirksamkeit sowie Motivation umfasst.

Alle Aussagen der Studierenden im Zusammenhang zur BNE im Technikunterricht sind in der darauffolgenden Kategorie zusammengefasst, worauf der wahrgenommene Zusammenhang zwischen Technik und einer nachhaltigen Entwicklung folgt. In der letzten Kategorie wurden alle Aussagen aufgenommen, die die Proband:innen im Zusammenhang zu gemachten Erfahrungen im Studium und insbesondere in LLL-Kontexten gemacht haben. Zu den jeweiligen Kategorien wurden am Material wieder induktive Kategorien gebildet, wodurch das in Tabelle 30 dargestellte, deduktiv-induktiv entwickelte, Kategoriensystem ergibt.

7.7.1 Verständnis von BNE

Das Verständnis von BNE ist in den Interviews durch einen starken Zukunfts- und Lebensweltbezug geprägt und es besteht eine hohe Relevanzzuschreibung. Die Studierenden verbinden BNE mit der Aufgabe, Schülerinnen und Schüler auf gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen vorzubereiten, ihnen Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen und sie für Folgen des eigenen Handelns zu sensibilisieren. Solche Aussagen, in denen BNE als Vorbereitung auf Zukunft, als Sensibilisierung für Nachhaltigkeit oder als Befähigung zu reflektiertem Handeln beschrieben wird, finden sich in nahezu allen Interviews. B01 beschreibt BNE als Bildung, die über den schulischen Kontext hinaus auf das gesamte Leben zielt:

„Unter dem Begriff verstehe ich die Bildung zukünftiger Schülerinnen und Schüler beziehungsweise junger Menschen dahingehend, wie man mit der Welt umgehen sollte und wie sich die Welt weiterentwickeln sollte. Also wie man nachhaltig mit den Ressourcen umgeht, wie man nachhaltig sein Leben gestaltet, vor allem auch. Damit ist nicht nur Bildung in der Schule gemeint, es soll vielmehr das ganze Leben beeinflussen. Auch wenn „beeinflussen“ vielleicht etwas schwierig klingt, geht es darum, den Blick für den Umgang mit der Welt zu öffnen.“ (B01, Pos. 4)

Der Unterricht soll nicht nur Wissen über Nachhaltigkeit vermitteln, sondern den Blick auf den eigenen Umgang mit Welt, Ressourcen und Lebensgestaltung verändern.

Gleichzeitig zeigt die vorsichtige Relativierung des Wortes „beeinflussen“, dass BNE von den Studierenden auch als normativ sensibles Feld wahrgenommen wird. Es geht nicht darum, Schülerinnen und Schüler zu einem bestimmten Verhalten zu drängen, sondern ihren Blick zu öffnen und Reflexionsprozesse anzustoßen. Auch B03 beschreibt BNE als Vorbereitung auf Gegenwart und Zukunft und betont dabei besonders die Verbindung zwischen eigenem Handeln und Konsequenzen:

„Ja also für mich ist das so ein bisschen die Vorbereitung auf die Gegenwart und Zukunft der Schülerinnen und Schüler, und irgendwie dafür, zu sensibilisieren, ja, so ein bisschen im Sinne der Nachhaltigkeit zu handeln, also erstmal ein Grundverständnis irgendwie schaffen, über die Problematiken, die wir heutzutage haben, und dann eben, wie man selber handeln kann und dann auch so eine Verknüpfung herzustellen zwischen dem eigenen Handeln und, ja, auch den Konsequenzen, die mein Handeln hat.“ (B03, Pos. 4).

In dieser Aussage wird BNE als Verbindung von Problemverständnis, Sensibilisierung und Handlungsperspektive rekonstruiert. Schülerinnen und Schüler sollen nicht nur erfahren, dass Nachhaltigkeitsprobleme existieren, sondern verstehen, wie ihr eigenes Handeln mit Folgen verbunden ist. B05 formuliert ein ähnliches Verständnis, rückt jedoch stärker Klimaschutz, Ressourcenschonung und kritische Konsumententscheidungen in den Vordergrund:

„Ich verstehe darunter ein, ein System, was Schülerinnen und Schülern nahegebracht wird, um praktisch auf die Zukunft vorzubereiten, im Hinblick auf, Klimaschutz, im Blick auf Ressourcensparen, im Hinblick auf Nachhaltigkeit, was kann man einfach tun, um praktisch die Welt besser zu erhalten, weil im Moment, das sieht sehr aus, als würde es so ein bisschen den Bach runtergehen. Und, um praktisch da so ein bisschen es anzuregen, dass sie so ein bisschen vielleicht auch das eine oder andere kritisch hinterfragen und halt auch vielleicht überhaupt mal überlegen, okay, wenn ich das jetzt mache, was hat das denn eigentlich für Folgen für meine Zukunft [...] vielleicht sollte ich nicht mehr alle zwei Wochen ein neues Handy kaufen, sondern vielleicht mal ein bisschen, schon da mit meinen Ressourcen, die ich besitze, umgehe.“ (B05, Pos. 4).

Die Aussage enthält eine deutliche Krisenwahrnehmung. BNE wird als Reaktion auf eine als problematisch wahrgenommene Gegenwart verstanden. Gleichzeitig bleibt die Perspektive nicht abstrakt, sondern wird auf konkrete Konsumhandlungen bezogen. Der Kauf eines neuen Handys wird zum Beispiel für die Reflexion von Ressourcenverbrauch und Zukunftsfolgen. Dadurch wird sichtbar, dass BNE aus Sicht der Studierenden besonders dann greifbar wird, wenn globale Nachhaltigkeitsfragen mit alltäglichen Entscheidungen verbunden werden. In den vorangegangenen Aussagen zeigt sich zudem, dass BNE als Art der Aufklärung über das eigene Verhalten angesehen wird.

B02 entwickelt ein deutlich breiteres und stärker interdisziplinäres Verständnis von BNE:

„Ich verstehe unter BNE eine, ja, im Grunde die trans- und interdisziplinäre Bildung, bei der es um Themen rund um, ja, eine nachhaltige Entwicklung geht. Also einmal die nachhaltige Entwicklung der Welt, aber auch die nachhaltige Entwicklung der Schülerinnen und Schüler, die eben damit auch auf die Welt, in der wir leben, vorbereitet werden sollen und auch auf das, auf ihre Handlungsmöglichkeiten in der Welt hingewiesen werden sollen. Un das ist eben auch der Blick auf die Welt, wo ganz viele Fächer zusammenfließen und wo man dann eben die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Disziplinen erkennt und eben so ein ganzheitliches Denken entwickelt, was pragmatisch ist, nah am Menschen, nah an der Welt und einfach auch, ja, neue Handlungsmöglichkeiten eröffnet gegenüber von Disziplinen und Fächern, die sich auf ihr Fach beschränken.“ (B02, Pos. 4).

Diese Passage ist besonders aufschlussreich, weil BNE nicht nur als Nachhaltigkeitsthema, sondern als Strukturprinzip eines ganzheitlichen Lernens beschrieben wird. BNE wird als „trans- und interdisziplinäre Bildung“ gefasst, in der verschiedene Fächer zusammenfließen. Im Zentrum steht dabei nicht nur die nachhaltige Entwicklung der Welt, sondern auch die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler selbst. BNE soll Handlungsmöglichkeiten eröffnen und das Denken über Fachgrenzen hinweg fördern, womit zentrale Aspekte der Gestaltungskompetenz (siehe Kapitel 2.6) angesprochen sind. Diese breite Perspektive findet sich jedoch nicht in allen Interviews.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Einige Studierende fassen BNE deutlich enger, vor allem ökologisch und ressourcenbezogen. B01 beschreibt Nachhaltigkeit auf Nachfrage zunächst als „für die Zukunft erhaltend“ und ergänzt:

„Da stehen für mich Ressourcen und ähnliche Aspekte im Vordergrund.“ (B01, Pos. 8).

Auf die Nachfrage nach weiteren Perspektiven sagt B01:

„Mir fällt gerade nichts ein, was darüber hinausgeht. Das ist schon der Kern der Sache würde ich sagen.“ (B01, Pos. 10).

Hier zeigt sich ein ressourcenbezogenes Nachhaltigkeitsverständnis, das zwar zentral für BNE ist, aber soziale, ökonomische oder politische Perspektiven zunächst nicht systematisch entfaltet. Ein ähnliches Muster findet sich bei B11. Auch hier wird die ökologische Perspektive als dominierend beschrieben:

„Also die ökologische würde ich für mich persönlich als am wichtigsten bezeichnen, weil der Untergang der Menschheit ja immer näher wirkt. Aber, ne, ansonsten, also anders habe ich diesen Begriff nie verstanden.“ (B11, Pos. 8)

Diese Aussage ist doppelt aufschlussreich. Einerseits zeigt sie eine hohe Dringlichkeitswahrnehmung. Der ökologische Bezug wird mit dem „Untergang der Menschheit“ verbunden. Andererseits wird sichtbar, dass BNE in diesem Fall kaum mehrperspektivisch verstanden wird. Andere Facetten nachhaltiger Entwicklung treten nicht hervor. Damit zeigt sich im Material eine Spannweite und BNE wird durchgehend als relevant beschrieben, aber nicht bei allen Studierenden gleichermaßen differenziert, mehrperspektivisch oder systemisch gefasst. Nachhaltigkeit wird breit als wichtig angesehen, aber das Begriffsverständnis variiert stark. Besonders auffällig ist, dass ressourcenbezogene und ökologische Deutungen sehr präsent sind, während soziale, ökonomische oder politische Dimensionen zwar vorkommen, aber nicht bei allen Studierenden selbstverständlich mitgedacht werden. Damit wird eine zentrale Differenz sichtbar. Die Studierenden befürworten BNE sehr deutlich, sind aber nicht durchgängig sicher in der begrifflichen und konzeptionellen Fundierung.

7.7.2 Zielhorizonte von BNE

Die mit BNE verbundenen Ziele werden in den Interviews vor allem über Bewusstseinsbildung, kritisches Denken, Reflexion des eigenen Handelns, Informationskompetenz, Problemlösefähigkeit und Selbstwirksamkeit beschrieben. BNE wird dabei nicht als bloße Vermittlung von Nachhaltigkeitswissen verstanden, sondern als Bildung, die Schülerinnen und Schüler dazu befähigen soll, eigene Entscheidungen zu treffen, diese zu begründen und Folgen abzuschätzen. Aussagen zu Bewusstseinsbildung, kritischer Reflexion und Alltagstransfer finden sich in nahezu allen Interviews.

B01 beschreibt kritisches Denken und Informationsbewertung als Kern von BNE:

„Kritische Auseinandersetzung, kritisches Denken und das Analysieren von Gegebenheiten, zum Beispiel von Konsum. Es geht darum, den Umgang mit Dingen, Materialien oder Energie kritisch zu hinterfragen und nicht, das ist immer da und deswegen nutze ich das. Das heißt, dieser Blick weiter über den Tellerrand hinaus und das Verständnis, dass nicht immer einfach alles da ist. Das ist ja das Problem, dass in der Gesellschaft jetzt ganz viel, das so wahrgenommen wird, die Sachen sind da und deswegen nutze ich sie auch. Und warum sollte ich sie denn nicht nutzen? Oder warum sollte ich mir nicht noch ein zehntes Handy kaufen? Dieses kritische Hinterfragen umfasst die Kompetenz, sich damit auseinanderzusetzen und sich da auch die Informationen zu holen. Dazu gehört auch die Frage der Informationsbeschaffung, woher bekomme ich welche Informationen und wie kann ich gute von schlechten Informationen unterscheiden? Ich glaube, das wird eine Kernkompetenz sowieso in der Zukunft ja werden, also es ist ja jetzt schon, aber es wird, glaube ich, auch immer noch mal wichtiger. Ja, das ist so, finde ich, der Hauptkernpunkt für Bildung für nachhaltige Entwicklung.“
(B01, Pos. 6)

Die Aussage macht deutlich, dass BNE nicht auf richtiges Verhalten reduziert wird. Vielmehr steht die Fähigkeit im Vordergrund, Konsum, Materialnutzung, Energieverbrauch und gesellschaftliche Selbstverständlichkeiten kritisch zu hinterfragen. Besonders relevant ist die Betonung der Informationskompetenz.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Schüler:innen sollen nicht nur nachhaltiges Verhalten übernehmen, sondern lernen, Informationen zu suchen, zu prüfen und gute von schlechten Informationen zu unterscheiden. BNE wird damit als Zukunftskompetenz in einer komplexen Informationsgesellschaft verstanden.

B07 akzentuiert ebenfalls die Reflexion alltäglicher Konsumententscheidungen:

„Naja, zum einen halt, dass sie halt, sich immer die Frage stellen, ob das halt notwendig ist, dass das, was sie gerade machen möchten oder was sie gerade, an Ressourcen verwenden möchten, wenn sie jetzt neue Produkte kaufen möchten oder, irgendwelche Freizeitaktivitäten machen, wie zum Beispiel, keine Ahnung, Urlaubsreisen oder sowas, dass man sich halt immer die Frage stellt, ist das halt auch, vereinbar oder muss das jetzt sein oder, muss das jetzt so oft sein, dass sie sich halt wirklich die Frage stellen, ob sie, ob das, was sie machen jetzt gerade sein muss, also, die Notwendigkeit besteht, dass, das jetzt gerade vollführt wird, brauche ich jetzt eine neue Jeans, brauche ich jetzt einen neuen Pullover, kann ich vielleicht, komme ich vielleicht mit dem hin, was ich habe, dass man halt bewusster einkauft auch, bewusster plant.“
(B07, Pos. 6)

BNE wird hier als reflexive Konsumbildung verstanden. Die Schülerinnen und Schüler sollen nicht nur wissen, dass Ressourcenverbrauch problematisch sein kann, sondern konkret prüfen, ob Konsumhandlungen notwendig sind. Kleidung, Freizeitaktivitäten und Reisen werden als Beispiele verwendet, an denen Nachhaltigkeit in den Alltag übersetzt werden kann. B07 ergänzt diese Perspektive um Fragen sozialer Gerechtigkeit und globaler Verantwortung:

„Vielleicht noch die Frage stellen, ob es sozial gerecht ist, wäre vielleicht noch eine Maßnahme, dass man vielleicht sagt, keine Ahnung, ich kaufe jetzt kein Wasser bei Nestle, die in Afrika fördern, weil die Menschen, die halt da leben, die können dann halt kein Wasser mehr fördern, sondern dass man dann halt sagt, versuche ein bisschen regionaler und auch ein bisschen, ja, in meinem Umfeld mich zu bewegen und jetzt nicht die Avocados aus Südafrika zu kaufen, das wäre vielleicht noch eine Maßnahme.“

Und ich glaube auch, dass die Schülerinnen und Schüler halt immer ihr Handeln auch verstehen müssen. Viele wissen wahrscheinlich gar nicht, welche Konsequenzen das Handeln hat und ich erhalte es auch, ich erdenke auch, dass es wichtig ist, dass man sich halt immer der Konsequenzen seiner Handlung auch bewusst ist.“ (B07, Pos. 8)

Diese Aussage zeigt, dass BNE nicht nur auf individuelle Ressourcenschonung bezogen wird. Konsumhandlungen werden in globale Produktions- und Gerechtigkeitsverhältnisse eingeordnet. Die Beispiele Nestlé, Wasserförderung, Regionalität und Avocados verdeutlichen, dass Nachhaltigkeit als Verflechtung lokaler Entscheidungen mit globalen Folgen verstanden wird. Ziel von BNE ist hier, Schülerinnen und Schülern die Konsequenzen ihres Handelns bewusst zu machen.

B02 stellt besonders deutlich die Selbstwirksamkeit der Lernenden in den Mittelpunkt:

„Einmal sollten Schülerinnen und Schüler natürlich ihre Selbstwirksamkeit so erfahren, dass sie wissen, wo, was für einen Wert der einzelne Mensch in der Gesellschaft hat und wie man diese Entwicklung vorantreiben kann. Und dass man eben auch die Werte vermittelt, dass wir als Weltgemeinschaft, die ja im Grunde diese 17 Nachhaltigkeitsziele verfolgen sollte, damit es der Weltgemeinschaft gut geht, dass Bildung und nachhaltige Entwicklung das eben, oder Bildung für nachhaltige Entwicklung, das vermittelt, wie das funktionieren kann. [...] Und dann natürlich so dieses pragmatische und praktische Denken in der Welt, das sollte auch vermittelt werden. Das ist ja auch Teil der Selbstwirksamkeit, dass man Probleme lösen kann und dass man sich selber Gedanken machen kann über Themen und nicht alle Lösungen von weiter oben erwartet. Zum Beispiel, ja, einmal in technischer Perspektive, wie kann man Dinge reparieren, wie kann man upcyclen, wie funktioniert das überhaupt und dass man diese Kreativität weckt [...]“ (B02, Pos. 6)

BNE wird nicht als Belehrung oder reine Problematisierung verstanden, sondern als Erfahrungsraum von Selbstwirksamkeit.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Schüler:innen sollen erkennen, dass sie selbst etwas beitragen können und nicht ausschließlich auf Lösungen „von weiter oben“ warten müssen. Reparatur, Upcycling und Kreativität erscheinen als technische Handlungsmöglichkeiten, durch die Selbstwirksamkeit praktisch erfahrbar wird.

Auch B10 grenzt BNE von einem wissenszentrierten Unterrichtsverständnis ab und betont Handlungskompetenz:

„Ich denke eine ganze Menge, also wenn es richtig umgesetzt wird, dann verleiht man nicht nur vielleicht nach dem alten Modell gewisses Wissen, sondern gerade nach BNE-Modell Handlungskompetenz, also zunächst erstmal die Werkzeuge, die ich als Mensch brauche, um überhaupt ein Problem zu verstehen und mir, also in einer gewissen Art von, wie heißt das deutsche Wort, von Ingenuity, Einfallsreichtum vielleicht so. Also die, also die nötige Innovation, die es braucht, um mit neuen Lösungen auf aktuelle und vor allen Dingen vielschichtige und komplexe Probleme einzugehen. Und gerade in Anbetracht der Probleme unserer Zeit würde ich sagen, dass es notwendige Werkzeuge sind, die im Unterricht einen festen Platz haben oder deren Anleitung Teil des Unterrichts sein sollte.“ (B10, Pos. 8).

BNE wird hier als Kompetenzansatz verstanden, der über Wissensvermittlung hinausgeht. Schülerinnen und Schüler sollen Werkzeuge erwerben, um Probleme zu analysieren, Zusammenhänge zu verstehen und innovative Lösungen zu entwickeln. Besonders auffällig ist die Betonung von „vielschichtigen und komplexen Problemen“. BNE wird damit nicht als einfaches Alltagsthema, sondern als Zugang zu Komplexität und Gestaltungsfähigkeit beschrieben.

7.7.3 Technik und nachhaltige Entwicklung: Technik als ambivalentes Gestaltungsfeld

Ein weiteres zentrales Ergebnis der Interviews liegt in der ambivalenten Deutung des Verhältnisses von Technik und nachhaltiger Entwicklung. Technik wird von den Studierenden weder eindeutig als Problem noch eindeutig als Lösung beschrieben.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Vielmehr erscheint Technik als ein Gestaltungsfeld, dessen Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung davon abhängt, wie Technik entwickelt, produziert, genutzt, bewertet und entsorgt wird. Inhaltliche Aussagen, in denen Technik zugleich als Problem- und Lösungsfeld nachhaltiger Entwicklung beschrieben wird, finden sich in mindestens N = 8 Interviews.

B11 beschreibt diese Ambivalenz besonders prägnant:

„Aktuell ja negativ, bei vielen, ne, wenn wir von Obsoleszenz, sprechen, aber eigentlich, also so gesehen neutral, aber es ist machbar, positive Anreize zu schaffen. Genauso wie man jetzt negative Anreize schaffen kann, wenn man, wenn man bewusst Materialien einsetzt, die eine kurze [...] Lebensdauer haben.“ (B11, Pos. 24–25)

Technik wird hier nicht grundsätzlich moralisch bewertet. Vielmehr wird sie als gestaltbar verstanden. Obsoleszenz und kurze Lebensdauer stehen für problematische technische und ökonomische Gestaltungslogiken. Zugleich wird betont, dass auch positive Anreize möglich sind. Damit wird Technik als ambivalenter Gegenstand technischer Bildung sichtbar, da nicht die Technik an sich nachhaltig oder nicht nachhaltig ist, sondern ihre Entwicklung, Nutzung und Bewertung.

B05 beschreibt Technik ebenfalls als ambivalent, rückt aber stärker die Lösungsperspektive erneuerbarer Energien in den Vordergrund:

„Ah ja, ja, schon auf jeden Fall mit Windkraftanlagen, mit Solarenergie, das ist ja schon irgendwie was, was in den nächsten Jahren ja, glaube ich, immer präsenter wird, weil es ist schon, es gibt schon Sinn, wieso die Atomkraftwerke nicht mehr laufen und wieso auch die, Kohlekraftwerke nach und nach ja auch alle vom Netz gehen. Und dass man da Technik halt auch einfach nutzen kann, um praktisch BNE umzusetzen. Einmal, ja, klar kann Technik dazu führen, dass es sich verschlechtert, aber es kann halt auch das Gegenteil bewirken.“ (B05, Pos. 24)

Diese Aussage zeigt Technik als Mittel der Umsetzung nachhaltiger Entwicklung. Windkraft, Solarenergie und der Rückbau konventioneller Energieformen werden als technische und gesellschaftliche Transformationsfelder beschrieben.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Gleichzeitig bleibt die Ambivalenz erhalten. Technik kann negative Entwicklungen verstärken, aber auch nachhaltige Entwicklungen ermöglichen.

B07 problematisiert diese Ambivalenz am Beispiel der Elektromobilität besonders differenziert:

„[...] das ist natürlich eine Technologie, die im Nutzen nachher umweltfreundlich sein kann, aber nicht sein muss, und das ist es halt immer, wenn ich meinen Strom trotzdem aus dem Kohlekraftwerk kaufe, um mein Auto zu tanken und dann auch noch die umweltfeindlichen Akkus herstelle, ist natürlich eine Sache, die der Wirtschaft sehr gut tut und wo man natürlich sagt, so hey, ich verkaufe neue Autos auf dem Markt, also der Wirtschaft wird das mal angekurbelt, aber wenn man sich nachher die Komplettbilanz anguckt [...] dann ist das für mich ein Beispiel, was vielleicht in die falsche Richtung gehen könnte [...].“ (B07, Pos. 28).

Die Aussage zeigt ein systemisches Technikverständnis. Elektromobilität wird nicht nur über die Nutzung bewertet, sondern über Stromherkunft, Akkuherstellung, wirtschaftliche Interessen und Gesamtbilanz. Technische Lösungen dürfen nicht isoliert als „grün“ oder „nachhaltig“ bewertet werden, sondern müssen in ihren ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen betrachtet werden. Der Begriff der „Komplettbilanz“ verweist auf die Notwendigkeit einer Technikbewertung, die über das einzelne Artefakt hinausgeht. B02 beschreibt das Verhältnis von Technik und nachhaltiger Entwicklung am Beispiel des Wasserkreislaufs und wassertechnischer Infrastruktur:

„Also Wasserkreislauf, erstmal ist sowieso ein Thema, was sehr stark in den BNE-Bereich reingehört, weil, Wasserkreisläufe sind das, was uns am Leben erhält und die Wasserkreisläufe sind eben durch den Klimawandel auch sehr bedroht und die Technik kann insofern eine Rolle spielen, als dass Wasser einerseits vielleicht sehr gut aufbereitet werden kann, aber das muss auch in einigen Regionen vielleicht gejalten werden und vielleicht muss es da auch künstlich gehalten werden, damit die Regionen weiterhin bewohnbar sind und da ist Technik vielleicht, also ohne Technik funktioniert sowas nicht, das sind ja riesige Infrastrukturprojekte [...].“ (B02, Pos. 24).

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Technik wird hier als Infrastruktur sichtbar. Wasseraufbereitung, Wasserrückhalt, Nutzbarmachung von Brauchwasser und Anpassung an Klimawandelfolgen werden als technische und gesellschaftliche Aufgaben beschrieben.

7.7.4 BNE im Technikunterricht

Der Technikunterricht wird wie zuvor beschrieben von den Studierenden als besonders geeigneter Ort für BNE beschrieben, weil Nachhaltigkeit hier an konkreten Gegenständen, Materialien, technischen Verfahren und Produkten bearbeitet werden kann. Inhaltlich ähnliche Aussagen zur Relevanz von Reparatur, Upcycling, Materialwahl, Energie, Mobilität, Wasserinfrastruktur oder Produktlebensdauer finden sich in mindestens N = 9 Interviews. Der Technikunterricht erscheint dadurch als Fach, in dem nachhaltige Entwicklung nicht nur abstrakt diskutiert, sondern praktisch und gegenständlich erfahrbar gemacht werden kann. B05 beschreibt Reparatur und Upcycling als zentrale Zugänge:

„Ja, zum Beispiel, indem man Schülerinnen und Schülern zeigt, wie Fahrräder repariert werden, was man aus alten Sachen machen kann, dass man daraus neue Möbel herstellen kann, oder, dass man sagt, okay, ich schraube meinen PC einfach auf und entstaub den mal und dann funktioniert er wieder, um einfach, ich glaube, da ein bisschen zu sensibilisieren.“ (B05, Pos. 16).

Diese Aussage zeigt BNE als handlungsorientierte Sensibilisierung. Nachhaltigkeit wird nicht nur über Diskussionen oder Informationsvermittlung angebahnt, sondern über praktische Erfahrungen: Fahrräder reparieren, alte Dinge umnutzen, Möbel herstellen, PCs öffnen und instand setzen. Damit wird Technikunterricht zu einem Raum, in dem Schülerinnen und Schüler erleben können, dass technische Produkte nicht zwangsläufig ersetzt werden müssen, sondern repariert oder weitergenutzt werden können. B11 argumentiert ähnlich über Reparatur und Produktlebensdauer:

„[...] dass man dann den Schülerinnen und Schülern einfach bewusst wird, dass Reparatur und, das Nicht-Wegwerfen von Technik, die defekt ist, halt nicht zielführend ist, sondern dass man wirklich gucken muss, muss ich mir eine neue Jacke kaufen [...] oder ob man dann doch lieber sich eine, eine gebrauchte

Ware holt oder sich was reparieren lässt, dass man diese, diese, dass man diese Reparatur-Werkstätte nicht nur mitgestaltet in den Schulen [...] sondern auch sich bewusst werden, dass das einen Nutzen hat für alle Beteiligten [...].“

(B11, Pos. 6–7)

Auch hier wird BNE über konkrete Alternativen zur Wegwerfgesellschaft gefasst. Reparaturwerkstätten, gebrauchte Waren und die Frage nach der Notwendigkeit eines Neukaufs werden als Unterrichtsanlässe beschrieben. Nachhaltigkeit wird damit als technische, ökonomische und alltägliche Praxis erfahrbar.

B02 betont besonders stark den Lebensweltbezug. Als mögliche Themen nennt die Person Mobilität, Fahrräder, E-Bikes, alte Radios, Bluetooth-Umbauten, Schulgarten und Kochen:

„[...] und in dem Alter hat man natürlich ganz vieles im Kopf, außer vielleicht Schule und Lehr- und Lerninhalte, aber zum Beispiel Mobilität ist für die ein Thema, weil die möchten auch immer mal irgendwie irgendwohin und flexibel sein, da kann man sich damit beschäftigen, wie die Mobilität der Zukunft funktionieren kann, da habe ich, schon immer mal was zu Fahrrädern gemacht und das kommt auch bei denen gut an, auch wenn man Fahrräder zu E-Bikes umbaut, das ist vor allem im ländlichen Raum ein guter Punkt, um die Schülerinnen und Schüler zu erreichen, weil die da auch echt Spaß dran haben und dann eben auch einen Mehrwert für sich haben und ihre Lebenswelt [...]“

(B02, Pos. 18)

Diese Passage zeigt, dass BNE im Technikunterricht aus Sicht der Studierenden besonders dann anschlussfähig ist, wenn sie mit der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler verbunden wird. Mobilität ist für Jugendliche relevant, weil sie mit Selbstständigkeit und Alltagspraxis zusammenhängt. Technische Projekte wie Fahrradreparatur oder E-Bike-Umbauten verbinden Nachhaltigkeit, Technik und persönliche Relevanz. Dadurch entsteht ein Mehrwert, der über abstrakte Nachhaltigkeitsappelle hinausgeht. B03 hebt ebenfalls die Bedeutung von Alltagsgegenständen hervor:

„Also, ich fand zumindest das Thema mit Handy oder Controller, also irgendwas, Alltagsgegenstände, die meisten ja derzeit schon nutzen, also ist ja ein großes Thema. Da war auf jeden Fall ein großes Interesse und da war auf jeden Fall immer so ein Aha-Moment vorhanden, wo die Schülerinnen und Schüler selber gesagt haben, da hätte ich ja doch selber mal was machen können. Also, gerade die Themen, die für die auch selber privat aktuell sind, in dem Bereich halte ich es auf jeden Fall für, also wo die Konsequenzen auch schnell zu sehen sind.“ (B20, Pos. 20).

Der „Aha-Moment“ entsteht, weil die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass sie selbst an technischen Alltagsgegenständen handeln können. Nachhaltigkeit wird dadurch nicht nur als globales Problem, sondern als konkrete Möglichkeit im eigenen Alltag erfahrbar. Besonders relevant ist die Aussage, dass Konsequenzen „schnell zu sehen“ seien. BNE wird dann wirksam, wenn die Folgen und Handlungsmöglichkeiten für Lernende unmittelbar nachvollziehbar werden.

B01 weist zugleich auf eine zentrale Herausforderung produktorientierten Technikunterrichts hin:

„Ich finde eine große Herausforderung ist es bei Werkstücke, also bei Dingen, die man herstellt mit den Schülerinnen und Schülern im Technikunterricht, da nachhaltig zu sein. Aus dem einfachen Grunde, weil ganz viele Projekte einfach schön sind, dass man sie macht, aber da ist es so: Die Schülerinnen und Schüler lernen dabei handwerklich was oder so, aber am Ende landet das Ganze im Müll. Und das ist, finde ich, eine große Herausforderung, da die passenden Projekte zu den passenden Schülerinnen und Schülern zu finden, dass das nicht einfach nur verschwendetes Material ist oder passende Projekte zu finden, wo man die Sachen dann wiederverwenden kann [...].“ (B01, Pos. 73).

BNE wird hier nicht nur als zusätzlicher Inhalt verstanden, sondern als kritische Reflexion der Unterrichtspraxis selbst. Technikunterricht kann Nachhaltigkeit thematisieren und zugleich durch kurzlebige, ungenutzte oder materialintensive Werkstücke nicht nachhaltige Praktiken reproduzieren. BNE im Technikunterricht verlangt daher, auch die Materialität und Produktlogik des Unterrichts zu hinterfragen.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Welche Werkstücke werden hergestellt? Werden sie gebraucht? Können Materialien wiederverwendet werden? Führt das Projekt zu einem nachhaltigen Umgang mit Ressourcen oder lediglich zu einem weiteren Produkt ohne Nutzungsperspektive?

7.7.5 Lehrkraftrolle

Die Rolle der Lehrkraft wird in den Interviews überwiegend als moderierend, unterstützend und rahmend beschrieben. Die Studierenden betonen, dass BNE-Unterricht Schülerinnen und Schüler zu eigenem Denken, Urteilen und Handeln befähigen soll. Deshalb soll die Lehrkraft nicht einfach vorgeben, welche Meinung oder welches Verhalten richtig ist. Gleichzeitig darf sie sich nicht vollständig zurückziehen, sondern muss Wissen bereitstellen, Perspektiven eröffnen, Diskussionen strukturieren und Orientierung geben. Inhaltlich ähnliche Aussagen zu einer moderierenden oder zurückhaltenden Lehrkraftrolle finden sich in mindestens N = 7 Interviews.

B01 beschreibt die Lehrkraft im BNE-Unterricht als Moderatorin bzw. Coach:

„Die Lehrkraft sollte sich in manchen Fällen zurücknehmen und eher als Moderatorin beziehungsweise Moderator oder Coach auftreten, nicht nur als Lehrkraft im klassischen Sinne. Ich glaube, das ist eine Sache, die auch viel intrinsisch kommen muss von den Schülerinnen und Schülern, weil ansonsten ist es nicht, ist es auch bei den Schülerinnen und Schülern nicht nachhaltig, und wir wollen ja, dass ein Bewusstsein entsteht und nicht ein, ich lerne das jetzt auswendig und es wurde gesagt, dass das so ist und deswegen schlucke ich das jetzt runter und mach das jetzt. Also, sondern es geht ja darum, das zu verstehen und es zu durchdringen und zu einem eigenen Verständnis zu machen.“
(B01, Pos. 55)

Diese Aussage macht im Kontrast zu den Deutungen zum BNE Begriff am Anfang deutlich, dass BNE nicht als Belehrung funktionieren soll. Nachhaltigkeit soll nicht auswendig gelernt oder unreflektiert übernommen werden. Schülerinnen und Schüler sollen ein eigenes Verständnis entwickeln. Die Lehrkraft soll diesen Prozess ermöglichen, nicht ersetzen. Damit wird BNE als Bildungsprozess verstanden, der auf Verstehen, Durchdringen und eigene Urteilsbildung zielt.

B03 formuliert eine ähnliche Rolle und betont die Bedeutung von Meinungsfreiheit:

„Also ich denke eher nicht, wie im Bereich Politik, nicht allzu wertend. Also es muss sich auch jeder irgendwo einen eigenen Standpunkt bilden können. Also vielleicht eher so ein bisschen, ja, als Moderator und, Unterstützer in gewissen, Punkten. Ich finde es wichtig, dass die Leute nicht irgendwo zu gedrängt oder gelenkt werden. Und, es dürfen auch, also es müssen eine gute Meinungsfreiheit auf jeden Fall herrschen. Also wenn jemand auch wirtschaftliche Standpunkte vor ökologischen Aspekten erst mal stellt, gilt es auf jeden Fall, das zu reflektieren und auch sich anzuhören, warum das eben so ist. häufig überwiegt ja als erstes immer, ja, im Kontext BNE, finde ich, so, ja, die ökologischen Aspekte. Genau, also auf jeden Fall nur so eine moderierende, und unterstützende Haltung einnehmen als Lehrkraft. Ja, und irgendwie auch als Wissensvermittler oder die Grundsteine müssen irgendwie gebildet werden.“
(B03, Pos. 34)

Diese Passage zeigt die professionelle Balance, die BNE-Unterricht erfordert. Die Lehrkraft soll nicht wertend oder lenkend auftreten, aber dennoch Grundwissen vermitteln und Themenbereiche eröffnen. Besonders anschlussfähig ist die Bemerkung, dass wirtschaftliche Standpunkte gegenüber ökologischen Aspekten ebenfalls gehört und reflektiert werden müssen. BNE wird dadurch als kontroverser und mehrperspektivischer Unterricht verstanden. Die Lehrkraft muss vermeiden, ökologische Positionen unreflektiert als einzig legitime Perspektive zu setzen, und zugleich dafür sorgen, dass unterschiedliche Perspektiven fachlich eingeordnet werden.

B02 sieht ebenfalls davon ab, Schülerinnen und Schülern Meinungen vorzugeben:

„Das ist, glaube ich, auch im Rahmen, im Rahmen von BNE wichtig, dass das Spielräume sind für die Schülerinnen und Schüler und, dass man keine Meinungen vorgibt. Das finde ich auch wichtig, dass man nicht irgendwie versucht, in eine Richtung zu beeinflussen, wie man denken muss oder wie, wie nur die Welt funktionieren kann zum Beispiel. Weil, glaube ich nicht, dass das funktioniert und, letztendlich sollen ja die Schülerinnen und Schüler dazu ausgerichtet werden, sich selber Gedanken zu machen und die Welt zu verstehen und in ihren Strukturen zu denken [...].“ (B02, Pos. 34).

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die Aussage zeigt eine deutliche Sensibilität gegenüber Indoktrination. BNE soll nicht bedeuten, Schülerinnen und Schüler in eine bestimmte Richtung zu beeinflussen, sondern sie dazu anregen, selbst zu denken und Strukturen zu verstehen. Damit wird eine Haltung sichtbar, die BNE als normativ bedeutsam, aber didaktisch offen versteht.

B05 beschreibt die Lehrkraft im Technikunterricht ebenfalls als begleitende Instanz:

„Also, für mich ist das nur so eine begleitende Rolle, die über die Schultern schaut und so eine beobachtende Perspektive einnimmt, um einfach, wenn irgendwas ist, immer da ist, aber sonst einfach auch den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gibt, einfach mal zu machen.“
(B05, Pos. 60)

Die Lehrkraft soll unterstützen, aber Schülerinnen und Schülern Raum zum eigenen Tun lassen. BNE wird damit nicht nur als Diskursraum, sondern auch als praktischer Erfahrungsraum verstanden.

7.7.6 Didaktische Herausforderungen

Obwohl BNE von den Studierenden überwiegend positiv bewertet wird, beschreiben sie die Umsetzung als anspruchsvoll. Inhaltlich ähnliche Aussagen zu erhöhter Anforderung, Mehraufwand, Zeitdruck, Aktualitätsdruck, didaktischer Unsicherheit oder strukturellen Problemen finden sich in mindestens $N = 8$ Interviews. Die Herausforderungen beziehen sich sowohl auf die Unterrichtsplanung als auch auf die Durchführung und die professionelle Rolle der Lehrkraft.

B02 beschreibt den Mehraufwand vor allem über die Notwendigkeit, aktuelle Entwicklungen einzuordnen und Unterrichtsmaterialien regelmäßig zu überarbeiten:

„So, wenn man BNE in den Unterricht integriert, dann muss man ja Dinge einordnen können und das ist schon ein Aufwand, das erstmal zu machen, weil man ja auch irgendwie in der Zeit bleiben muss, man kann nicht Unterrichtsmaterialien für das ganze Berufsleben verwenden, das wird immer wieder aktualisiert werden müssen, weil man ja auch am Zahn der Zeit bleiben muss und da ist es schon wichtig, dass man sich immer weiter da reinliest, aber

ich glaube, das schadet den Lehrkräften auch nicht, wenn man weiß, wo die Welt steht und wo die Welt hingeht, also das ist ja auch ja für uns lebenslanges Lernen [...] Also ich wäre bereit, diesen Mehraufwand da zu leisten.“
(B02, Pos. 45)

Die Aussage zeigt eine positive, aber realistische Haltung. BNE bedeutet Mehraufwand, weil Themen aktuell bleiben müssen und nicht mit unveränderten Materialien über viele Jahre unterrichtet werden können. Gleichzeitig wird dieser Aufwand als Teil professionellen lebenslangen Lernens legitimiert. B02 beschreibt eine klare Bereitschaft, diesen Mehraufwand zu leisten.

B03 betont Zeit und Komplexität als zentrale Herausforderungen:

„Also im schulischen Kontext natürlich immer die Zeit. Also, Projekte müssen, glaube ich, häufig weit vorbereitet werden, auch durch die Lehrkraft. [...] Also man muss schon, glaube ich, gerade im Bereich Technik viel Zeit auch in der Vorbereitung einplanen, weil man es sonst in den Unterrichtsstunden auch nicht sinnvoll umgesetzt bekommt. Genau, also Zeit ist immer ein großer Faktor. Ja und auch die Komplexität, also man muss ja auch erstmal irgendwie immer Grundlagen schaffen, bis man wirklich an einen komplexen Bereichen dann auch arbeiten kann.“ (B03, Pos. 40).

Komplexe Themen können nicht ohne Vorstrukturierung bearbeitet werden. B04 beschreibt die strukturellen Grenzen des Schulalltags besonders deutlich:

„Aber dieses, wie gesagt, diese grundsätzliche Arbeitshaltung und dieses grundsätzlich, ey, sucht euch mal selbst ein Thema, behandelt das und so weiter, ich glaube, das braucht einfach sehr viel Zeit und das muss eingeräumt werden. [...] Aber, so im Schulalltag sehe ich es als schwierig an, gleichzeitig diesen ganzen, ja, Alltagswahnsinn zu bewältigen. Man muss ja eine Klausur entscheiden, man muss die Noten haben am Ende und so weiter und so fort. Aber, die sollen auch selber machen und selber lernen und sich entwickeln [...] es ist dann für mich immer so eine wirkliche Zeitfrage, weil gerade in der Technik, die hat man ja jetzt auch nicht die ganze Woche [...]“
(B04, Pos. 20)

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Diese Passage zeigt ein wahrgenommenes Implementationsproblem. BNE benötigt Zeit, Offenheit und eigenständige Lernprozesse, trifft aber auf schulische Anforderungen wie Notengebung, Klausuren, begrenzte Fachstunden und organisatorischen Druck. BNE wird dadurch nicht inhaltlich infrage gestellt, aber strukturell als schwer umsetzbar beschrieben.

B05 sieht eine Herausforderung vor allem in der Breite des Themenfeldes:

„Ja, weil es, also für mich ist es zu weit gefächert und ich glaube, ich wäre überfordert, weil es gibt so viele coole Projekte und ich wüsste gar nicht, was ich umsetzen soll, weil einfach, also für mich, manchmal wäre es, glaube ich, schön, wenn das noch ein bisschen mehr runtergebrochen wäre, was, also in so einzelne Kategorien [...] wäre für mich schöner, weil es dann einfach noch ein bisschen planbarer wäre.“ (B05, Pos. 62).

Diese Aussage zeigt didaktische Unsicherheit nicht aus Ablehnung, sondern aus Überfülle. BNE bietet viele mögliche Zugänge, Projekte und Perspektiven, wodurch Planungsunsicherheit entsteht.

B01 verweist zusätzlich auf gesellschaftliche Widerstände und mögliche Konflikte mit Elternhäusern:

„Also ich glaube das ist, das ist schon sehr herausfordernd, damit dann umzugehen. Wenn jemand sagt, ja mein Papa sagt, wir brauchen jeden Tag Fleisch, weil wir sonst tot umfallen. Ja, da musst du erstmal dagegen argumentieren, das heißt, es ist viel Grundlagenarbeit, die da noch geleistet werden muss [...]. Und zusätzlich der Gegenwind, der dann ja noch aus den Elternhäusern kommen kann, also, das ist ja auch nicht ganz so einfach, warum erzählen Sie das meinem Sohn, so ungefähr. Das ist ja, da muss man ja auch drüber nachdenken, dass das auch schwierig sein kann. Also, es ist schon eine erhöhte Belastung auf jeden Fall.“ (B01, Pos. 67).

Hier wird BNE als gesellschaftlich sensibles Unterrichtsfeld wahrgenommen. Nachhaltigkeitsthemen können mit familiären Überzeugungen, Alltagsgewohnheiten und politischen Konfliktlinien kollidieren. Die Lehrkraft muss dann nicht nur fachlich und didaktisch, sondern auch kommunikativ und professionell sicher handeln.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

B08 beschreibt den Mehraufwand pragmatisch, bewertet ihn aber positiv:

Könnte schon, natürlich, ja es ist vielleicht schon so, dass manchmal ein bisschen, ein bisschen mehr Aufwand ist [...]. Aber die Frage ist natürlich, ob das, dass es, ob das im Verhältnis steht. Also ich meine, man hat ja dann im Endeffekt auch ein gutes, ein tolles und sinnvolles Ziel damit erreicht. Und, wenn das mit minimalem Mehraufwand zu erreichen ist, dann finde ich, sollte man da auch den wohl in Kauf nehmen.“ (B08, Pos. 52).

Diese Aussage bringt ein wichtiges Haltungsmuster auf den Punkt, welches bereits bei B02 feststellbar war, BNE wird als zusätzlicher Aufwand gesehen, aber dieser Aufwand erscheint gerechtfertigt, weil das Ziel als sinnvoll erlebt wird.

7.7.7 BNE bezogene Erfahrungen im Studium und im LLL

Die Studierenden berichten unterschiedliche Erfahrungen mit BNE. Einige haben kaum Berührungspunkte mit BNE, andere begegneten dem Thema in Modulen, im Schulpraktikum, in Lehr-Lern-Laboren, im Kontext von Reparaturkultur oder in der Intervention zur Wasserinfrastruktur.

B03 beschreibt eine konkrete Erfahrung aus dem Lehr-Lern-Labor und hebt hervor, dass Schülerinnen und Schüler eigene Lösungswege benötigen:

„Also ich finde vor allem wichtig, in diesen Unterrichtsentwürfen vorher auch mal Freiräume einzuplanen und auch die Schülerinnen und Schüler mal was machen zu lassen. Also, auch einfach Finger weg und lass mal, erst mal, ja, die mit dem Problem selber irgendwie konfrontieren und gucken, ob die eine Lösung finden. [...] Nicht immer direkt einzugreifen, das ist so eine Erfahrung, die mir das Lernlabor auf jeden Fall gebracht hat [...]“
(B03, Pos. 46–47)

Diese Passage zeigt einen zentralen Professionalisierungseffekt des LLL. Die Studierenden lernen, nicht sofort zu intervenieren, sondern Lernenden Raum für eigene Problembearbeitung zu geben. Lernende sollen nicht nur angeleitet werden, sondern selbst mit Problemen konfrontiert werden und Lösungen entwickeln.

B05 beschreibt einen deutlichen Lernzuwachs durch die BNE-bezogene Erfahrung:

„Ja, deutlich mehr. Weil ich hab mich deutlich davor, ja klar, man hat sich ein bisschen damit beschäftigt, aber ja nicht wirklich und dadurch ja doch schon deutlich intensiver und das, ich fand das richtig interessant und manche Aspekte wusste ich auch einfach noch nicht.“ (B05, Pos. 68).

BNE wird hier durch konkrete Planung und Erfahrung zu einem intensiveren Lerngegenstand. Die Person beschreibt, dass die vorherige Auseinandersetzung eher oberflächlich war und durch das Modul respektive die Umsetzung vertieft wurde. Die Aussage verweist darauf, dass BNE-bezogene Professionalisierung nicht nur über Theorie, sondern über konkrete didaktische Bearbeitung und eigene Unterrichtserfahrungen gestärkt wird. Auch, die Berücksichtigung der Ambivalenz von Technik im LLL-Szenario wird positiv reflektiert und mit gemachten Erfahrungen im Basisstudium verglichen, die motivational hemmenden Einfluss hatten:

„Das ist jetzt ja mehr geworden und gerade da ja auch die BNE-Module sehr viel mit Schülerinnen und Schülern arbeiten, weil da braucht man einfach auch ein bisschen Erfahrung glaube ich. Und ich glaube das findet man relativ wenig an den Schulen, wenn man im Praktikum ist oder so. [...] Ich glaube, ein bisschen mehr Hintergrundwissen. Wir hatten ja auch Technikphilosophie und da fehlte mir immer so dieser Schritt des Lösungsansatzes. Also man hat immer, in Technikphilosophie war es ja so, dass jeder auch so sein Produkt beschrieben hat und gesagt hat, was daran so schlecht ist, wie viel Wasser verbraucht ist. Das ist schön und gut, dass man sich mit einem Produkt auch gut auseinandersetzen muss und dann einem das auch vor Augen geführt wird. Aber der Schritt darüber hinaus, wo sind denn Lösungsansätze oder wie kann man Lösungsansätze finden, der fehlte mir im Basismodul tatsächlich vollkommen. Also das heißt, es hat, glaube ich, gestartet mit ein paar grundlegenden Geschichten, also grundlegenden Texten dazu und dann diese Vorträge. Aber dieser Schritt, alles ist blöd, wir werden alle sterben und so. Dann der Schritt weiter zu sagen, okay, aber was ist denn der Weg da raus oder wo können wir was tun? Der hat einfach gefehlt.“ (B01, Pos. 75).

B06 beschreibt die LLL-Erfahrung nicht nur als fachlich-didaktisches, sondern auch als
professionsbiografisches Ereignis:

*„Also ich muss sagen, ich habe eine Menge über Unterricht gelernt [...] wie
lange die Vorbereitung auf Unterricht dauert, wo ich mich auch tatsächlich
verschätzt habe [...] und für mich persönlich war es einfach sehr schön, weil
es [...] mich persönlich in dem, was ich mache hier, und das ist ja irgendwie
Lehrer werden, nochmal auf persönlicher Ebene gesichert, dass ich daran Spaß
habe [...] dieser Umgang mit den Schülern und dem was zeigen und mit denen
zusammen irgendwie was erreichen, hat super viel Spaß gemacht und hat so
ein bisschen Erfüllung gebracht.“ (B06, Pos. 38).*

Die Aussage zeigt, dass LLL-Erfahrungen nicht nur Wissen und didaktische
Kompetenzen fördern, sondern auch Berufsmotivation stabilisieren können. Der Umgang
mit Schülerinnen und Schülern, das gemeinsame Erreichen eines Ziels und das Erleben
von Sinn werden als erfüllend beschrieben. Damit wird das LLL zu einem Raum, in dem
BNE als konkrete pädagogische Praxis erfahrbar wird, die insbesondere BNE spezifische
Momente wie hier zum Beispiel dem Umgang mit Lösungsoffenheit fokussieren:

*„Also ich finde vor allem wichtig in diesen Unterrichtsentwürfen vorher auch
mal Freiräume einzuplanen und auch die Schülerinnen und Schüler mal was
machen zu lassen. Also auch einfach Finger weg und lass mal, erstmal, ja die
mit dem Problem selber irgendwie konfrontieren und gucken, ob die eine
Lösung finden. Nicht immer direkt einzugreifen, das ist so eine Erfahrung, die
mir das Lehlabor auf jeden Fall gebracht hat, weil man neigt ja doch schnell
dazu, wenn es irgendwie nicht klappt und man sofort sieht, okay das ist die
falsche Herangehensweise, ich greife sofort ein und gebe eine Lösung vor. Aber
ich glaube, dass das nicht den Fortschritt, Lernfortschritt bringt, als würde man
die Schüler wenigstens erstmal richtig daran auch mal scheitern lassen, also
auch scheitern üben und eventuell, also in manchen Fällen kommen die ja
selber sogar auf die Lösung oder eben auf eine andere, die man vorher nicht
berücksichtigt hat und ja, das musste ich, so im Prozess des Lehr-Lern-Labors
oder dieser Praxiseinheiten auch erstmal für mich lernen.“ (B03, Pos. 46).*

In Bezug auf die Intervention zum Wasserkreislauf und zur wassertechnischen Infrastruktur war zudem von Interesse, inwiefern die angesetzte Transdisziplinarität von den Studierenden wahrgenommen wird und welchen Beitrag die verschiedenen Akteure zur Schärfung des Bewusstseins beitragen. Insgesamt kann aus den Interviews entnommen werden, dass die Authentizität und Relevanzwahrnehmung durch die Einbindung der verschiedenen Akteure einen positiven Einfluss erfahren haben. Eine Person berichtet beispielsweise von dem Gastvortrag zu den regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserkreislauf im Zusammenhang zur Salzwasserintrusion in den Küstengebieten:

„[...] zum Beispiel durch den einen Gastvortrag, den zweiten, den fand ich sehr interessant, überhaupt diese Wasserintrusion und Wasserlinsen [...] ich fand auch die Exkursion, die wir gemacht haben zum Wasserwerk, war sehr eindrücklich, eigentlich wie banal das ist, was da gemacht wird sozusagen vom Filter her.“ (B06, Pos. 62).

Außerdem wird die „verborgene Technik“ hinter der Wasseraufbereitung wahrgenommen:

„Die Aufbereitung des Wassers. Das ist ein großer Part, wie viel kann aufbereitet werden und wie wird es aufbereitet? Dann hatten wir uns ja das Wasserwerk an sich angeschaut. Das heißt, da ist ja auch die Frage, wie viel Technik steckt dahinter? Das war auch sehr beeindruckend, dass man da in die Hallen reinkam und das einfach auch wirklich alleine warm war durch diese, durch die Technik, die da steckte, diese Pumpen, die da pumpen und so. Das sind schon viele technische Aspekte, die da ja auch hinter stecken.“ (B01, Pos. 45).

7.7.8 Ergebnisse der ergänzenden Befragung

Die Ergebnisse der begleitenden Zusatzbefragung sollen hier deskriptiv als Ergänzung und zur Vertiefung der Aspekte zur Rekonstruktion der wichtigen Aspekte für die Intervention herangezogen werden, sie sind aufgrund der kleinen Stichprobe nicht inferenzstatistisch zu interpretieren.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Der erste Teil der Befragung konzentriert sich auf das Verständnis hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung und zum Konzept der BNE. Die Fragen sind offen und fokussieren die Vorstellungen der Studierenden hinsichtlich der Ziele einer BNE, des Konzepts der nachhaltigen Entwicklung im Allgemeinen sowie zum Verhältnis von Technik und einer nachhaltigen Entwicklung und der unterrichtlichen Umsetzung.

Hinsichtlich der Ziele einer BNE zeigt sich, dass BNE von den Studierenden wie in den Interviews überwiegend als Sensibilisierung für nachhaltiges Handeln beschrieben wird. Häufig werden Bewusstseins-schaffung, Umweltbewusstsein, Ressourcenschonung, Klimaschutz, verantwortliches Handeln und eine zukunftsorientierte Lebensweise genannt. Mehrere Antworten betonen, dass Schüler:innen lernen sollen, ihr eigenes Konsumverhalten zu reflektieren:

„Den Aufklären und bewusst machen der jetzigen Umweltsituation und Lösungen Probleme zu beheben.“

Eine weitere Antwort lautet:

„Die Lernenden sollen sensibilisiert werden nicht immer neue Dinge wie beispielsweise Multimedialgeräte haben zu wollen und zu kaufen.“

Daneben finden sich aber auch Antworten, die BNE stärker gesellschaftlich und transformativ deuten. Genannt werden Schlagworte wie Armut und Ungleichheit, Menschenrechte, Friedens- und Lebenssicherung, transformative Bildung, trans- und interdisziplinäre Bildung sowie die Befähigung zur aktiven Beteiligung an Veränderungsprozessen. Das Bild ist also insgesamt sehr heterogen und die grundsätzliche Relevanz wird von den Studierenden in Teilen erkannt. Ein umfassender Zugriff, der Gestaltung, Partizipation, systemisches Denken und gesellschaftliche Transformation verbindet zeigt sich hier nicht.

Bei der Frage, wie einer Schülerin der Begriff Nachhaltigkeit bzw. nachhaltige Entwicklung erklärt werden sollte wird nachhaltige Entwicklung wie in den Interviews am häufigsten als Ressourcenschonung beschrieben. Der Kerngedanke der Nachhaltigkeit ist demnach durchaus vorhanden und es wird häufig auf die inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit hingewiesen. Die Antworten bleiben insgesamt jedoch unsystematisch und beziehen kaum mehrere Perspektiven aufeinander.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die Nennungen sind inhaltlich grundsätzlich nicht falsch, zeigen aber, dass die Perspektiven nachhaltiger Entwicklung teilweise eher als einzelne Themenfelder verstanden werden und eine systematische Verbindung der zentralen Perspektiven der Nachhaltigkeit bleibt aus.

Zum Verhältnis von nachhaltiger Entwicklung und Technik beschreiben viele Studierende die in der Theorie aufgezeigte Ambivalenz von Technik. Auf die Frage „*Wie beeinflussen sich die nachhaltige Entwicklung und Technik Ihrer Meinung nach gegenseitig?*“ beschreiben viele Studierende Technik einerseits als Lösungsfeld, etwa durch erneuerbare Energien, effizientere Verfahren, langlebige Produkte, Reparaturmöglichkeiten oder technische Innovationen. Andererseits wird Technik auch als Problemfeld markiert, etwa durch Massenproduktion, Ressourcenverbrauch, Konsumsteigerung, problematische Herstellung oder kurzlebige Produkte.

Eine Antwort bringt dies knapp auf den Punkt:

„Technik schafft viel positives für NE aber auch viel negatives.“

Eine andere Antwort beschreibt Technik als zentralen Faktor nachhaltiger Entwicklung:

„Technik ist einer der größten Mitspieler in der nachhaltigen Entwicklung.“

Eine weitere Antwort formuliert metaphorisch:

„Wäre BNE ein Zug, wäre Technik die Oberleitung.“

Diese Antworten zeigen, dass Technik als zentraler, aber nicht unproblematischer Faktor nachhaltiger Entwicklung wahrgenommen wird. Technik wird als notwendig, wirksam und gestaltbar beschrieben, zugleich aber nicht von ihren problematischen Folgen entkoppelt. Die Antworten bleiben aber auch hier insgesamt ziemlich vage und sehr allgemein.

In Bezug auf die Fragen zur BNE im Technikunterricht ist das Bild ebenso sehr heterogen. Auf die Frage, welche Themen des Technikunterrichts als besonders relevant im BNE Kontext angesehen werden, nennen die Studierenden vor allem regenerative Energien, Verkehr, Rohstoffe, Reparatur und Produktion.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Es finden sich also durchaus anschlussfähige Themen, die weiter aufgeschlüsselt werden in Fehleranalysen mit anschließender Reparatur, die Thematisierung von Technikfolgen, nachhaltige Materialwahl u.v.m. Die Antworten zeigen, dass die Studierenden zentrale technische Gegenstandsbereiche identifizieren, an denen nachhaltige Entwicklung konkret bearbeitet werden kann. Auch in Bezug auf die Rolle der Lehrkraft zeigt sich ein sehr klares Bild und die Befragten bevorzugen überwiegend eine moderierende, zurückhaltende und unterstützende Lehrkraftrolle.

Ein besonderer Befund ergibt sich aus der ergänzenden Kurzbefragung zur Gestaltungskompetenz. Während die Interviews zeigen, dass viele Studierende zentrale Elemente von Gestaltungskompetenz inhaltlich ansprechen, etwa kritisches Denken, Folgenabschätzung, Problemlösefähigkeit, Selbstwirksamkeit, Partizipation und Handlungsfähigkeit, ist der Begriff selbst nicht durchgängig sicher verfügbar.

Die offene Frage „Was ist unter der Gestaltungskompetenz in der BNE zu verstehen?“ zeigt deutliche Unterschiede zwischen begrifflich elaborierten, intuitiv anschlussfähigen und unklaren bzw. falschen Deutungen. Ein Teil der Antworten trifft den Kern der Gestaltungskompetenz relativ präzise. Eine Antwort beschreibt Gestaltungskompetenz als Fähigkeit, nachhaltige Veränderungen aktiv mitzugestalten:

„Gestaltungskompetenz beschreibt die Fähigkeit, nachhaltige Veränderungen aktiv mitzugestalten. Dazu gehören vorausschauendes Denken, vernetztes Denken, Partizipation, kritisches Reflektieren und Kooperationsfähigkeit.“

Diese Antwort ist vergleichsweise elaboriert, weil sie zentrale Facetten von Gestaltungskompetenz benennt. Nachhaltige Entwicklung wird nicht nur als Wissen oder Haltung verstanden, sondern als aktive Mitgestaltung. Die genannten Aspekte wie vorausschauendes Denken, vernetztes Denken, Partizipation, Reflexion und Kooperation greifen zentrale Elemente eines kompetenzorientierten BNE-Verständnisses auf. Auch hier wird Gestaltungskompetenz als problemlösende und handlungsorientierte Fähigkeit verstanden. Die Antwort bleibt weniger differenziert als die erste, verweist aber auf den Kern, nachhaltige Lösungen entwickeln zu können. Eine weitere Antwort betont Entscheidung und Umsetzung.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

„Die Fähigkeit und die Bereitschaft Dinge in Bezug auf die Nachhaltigkeit mitzuentcheiden und in Tat umzusetzen.“

Gestaltungskompetenz wird dadurch nicht rein kognitiv verstanden, sondern mit Motivation, Verantwortung und Umsetzung verbunden. Andere Antworten sind intuitiv anschlussfähig, bleiben aber weniger präzise. Eine Antwort beschreibt Gestaltungskompetenz als Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, selbst über nachhaltiges Leben zu entscheiden:

„Dass SuS für sich entscheiden können, wie und ob sie nachhaltig leben wollen und aktiv werden können.“

Diese Deutung enthält zentrale Elemente von Selbstbestimmung und Handlungsfähigkeit. Zugleich bleibt offen, ob Nachhaltigkeit mehrperspektivisch, kooperativ oder systemisch verstanden wird. Gestaltungskompetenz wird hier vor allem als individuelle Entscheidungsfähigkeit gefasst.

Auffällig ist, dass mehrere Studierende Gestaltungskompetenz mit Unterrichtsgestaltung oder didaktischer Aufbereitung verwechseln.

Eine Antwort lautet:

„Etwas veranschaulichen oder im Modell darstellen.“

Eine andere Antwort formuliert:

„Die Gestaltung des Unterrichts.“

Eine weitere Antwort nennt:

„Didaktik zum Beispiel.“

Auch die Antwort

„Die didaktische Reduktion. Themen so leicht den SuS nah bringen um die Umsetzung zu erleichtern.“

zeigt diese Verschiebung. Diese Antworten deuten Gestaltungskompetenz nicht als Kompetenz der Schülerinnen und Schüler zur Mitgestaltung nachhaltiger Entwicklung, sondern als Kompetenz der Lehrkraft zur Gestaltung von Unterricht.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Didaktische Reduktion, Veranschaulichung und Unterrichtsgestaltung sind für BNE-Unterricht wichtig, treffen aber nicht den Kern des Begriffs Gestaltungskompetenz. Hier zeigt sich ein deutliches begriffliches Problem. Der Begriff wird sprachlich mit „Gestalten“ im Sinne von Unterricht gestalten oder Modelle gestalten assoziiert, nicht mit Gestaltung nachhaltiger Entwicklung. Diese Unsicherheiten sind besonders bedeutsam, weil sie auf eine Differenz zwischen intuitiver Zustimmung zu BNE und begrifflicher Fundierung hinweisen. Viele Studierende können beschreiben, dass Schülerinnen und Schüler kritisch denken, Verantwortung übernehmen, Probleme lösen oder nachhaltige Entscheidungen treffen sollen. Der spezifische Kompetenzbegriff der Gestaltungskompetenz ist jedoch nicht bei allen sicher verankert.

Der zweite Teil der Befragung fokussierte den Enthusiasmus gegenüber der BNE sowie die Selbstwirksamkeitserwartung. Die Studierenden wurden aufgefordert, auf einer vierstufigen Skala (1 = stimme nicht zu bis 4 = stimme zu) einzuschätzen. Die deskriptiven Kennwerte zeigen hier eine deutliche Differenz zwischen motivationaler Zustimmung und selbst eingeschätzter Handlungssicherheit. Die motivationale Orientierung gegenüber BNE im Technikunterricht fällt mit $M = 3.37$ ($SD = 0.23$) hoch aus. Die Studierenden bewerten nachhaltige Entwicklung, BNE und die Integration von BNE in den Technikunterricht demnach überwiegend positiv. Die negativ formulierten Items wurden für die Auswertung umkodiert.

Die BNE-bezogene Selbstwirksamkeit liegt dagegen mit $M = 2.71$ ($SD = 0.38$) nur im mittleren Bereich (Item-Auswertung siehe Tabelle 31). Die höchste Zustimmung innerhalb der Selbstwirksamkeitsskala findet sich bei der Aussage, einen Zusammenhang zwischen technischen Themen und nachhaltiger Entwicklung herstellen zu können. Auch die theoretischen Grundlagen im Zusammenhang zum Klimawandel sind den meisten Studierenden nach eigener Einschätzung bewusst. Ebenfalls hoch fallen die Einschätzungen zur Thematisierung gesellschaftlicher Auswirkungen von Technik sowie zur Vermittlung der Notwendigkeit nachhaltiger Entwicklung aus. Schwächer ausgeprägt sind hingegen jene Items, die direkt auf die unterrichtliche Umsetzung von BNE im Technikunterricht zielen.

Besonders niedrig fällt die Zustimmung zur Aussage aus, genügend Methoden zu kennen, um BNE in den Technikunterricht zu integrieren.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Nur 4 von 21 Studierenden stimmen dieser Aussage eher oder voll zu. Auch die Aussage, zu wissen, wie BNE-Themen in den Technikunterricht allgemein integriert werden können, wird nur von 10 Studierenden eher oder voll bestätigt. Zudem geben 13 Studierende an, eher oder voll zu wenig Konzeptwissen zur BNE zu besitzen.

Tabelle 31: Deskriptive Auswertung der Selbstwirksamkeit in Bezug auf die Umsetzung von BNE.

Item	M	SD
Zusammenhang zwischen technischen Themen und nachhaltiger Entwicklung herstellen.	3.14	0.64
Keine Schwierigkeit, BNE in späteren Technikunterricht einzubinden.	2.77	0.81
Nachhaltigkeitsfragen in methodische Entscheidungen einbinden.	2.73	0.63
Zu wenig Konzeptwissen BNE.	2.82	0.80
Nicht wissen, wie BNE in Methoden des Technikunterrichts eingebunden werden kann.	2.36	0.79
Gestaltungspotenziale im Sinne von BNE ausmachen können.	2.68	0.65
Technische Spannungsfelder interdisziplinär betrachten.	2.77	0.87
Notwendigkeit nachhaltiger Entwicklung vermitteln.	2.95	0.58
Theoretische Grundlagen zum Klimawandel bewusst.	3.09	0.61
Verbindung NE und Technik wegen fehlenden Hintergrundwissens schwer.	2.36	0.90
Fehlende konkrete technische Beispiele zu NE.	2.64	0.79
Gesellschaftliche Auswirkungen von Technik thematisieren.	3.00	0,76
Grundprinzipien der BNE erklären.	2.55	0,74
Genug Methoden kennen, um BNE in Technikunterricht zu integrieren.	2.18	0,59
Bedeutung SDGs kennen.	2.64	0,90
Beispiele für Nachhaltigkeitsthemen im Technikunterricht kennen.	2.86	0,71
Zusammenhang Nachhaltigkeitsdreieck und Technik bewusst.	3.00	0.76
Wissen, wie BNE-Themen in Technikunterricht integriert werden können.	2.55	0.67
Aktuelle technische Themen im Zusammenhang zur NE thematisieren.	2.68	0.65

Die motivationale Orientierung gegenüber BNE fällt insgesamt deutlich positiver aus als die Selbstwirksamkeit. Besonders hohe Zustimmung zeigt sich in der Aussage, dass nachhaltige Entwicklung ein wichtiges Anliegen sei. Alle Studierende stimmen dieser Aussage eher oder voll zu, wobei 18 Personen voll zustimmen. Ebenso stimmen alle Befragten der Aussage zu, dass Inhalte nachhaltiger Entwicklung gerne unterrichtet würden. Auch die Integration von BNE in den Technikunterricht wird von allen als wichtig eingeschätzt (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32: Deskriptive Auswertung zur motivationalen Orientierung gegenüber BNE

Item	M	SD
Interesse am Thema Klimawandel.	3.64	0.58
NE als wichtiges Anliegen.	3.82	0.39
Inhalte NE gerne im Unterricht unterrichten.	3.59	0.50
NE wird zu viel Gewicht beigemessen.	1.59	0.80
BNE als wichtiges Anliegen.	3.68	0.48
Jugendliche langweilen sich bei Themen einer NE.	2.45	0.74
Gemeinsam mit jungen Menschen etwas in Richtung NE bewirken.	3.19	0.68
BNE kann keinen Beitrag leisten.	2.05	0.80
Kann dazu beitragen, dass Jugendliche ihr Verhalten überdenken.	3.05	0.59
Technikunterricht nicht geeignet, um NE zu thematisieren.	1.48	0.75
Unterricht zu NE zu aufwendig.	1.71	0.64
Viele interessante und wichtige technische Themen im Zusammenhang zu NE.	3.24	0.54
Grundwissen über NE wichtig für aktuelle Technikthemen.	3.19	0.51
Integration von BNE in Technikunterricht wichtig.	3.52	0.51
Eigene Fähigkeiten und Kenntnisse zu BNE erweitern.	3.67	0.48
Viele gute Beispiele, um BNE in Technikunterricht einzubinden.	3.24	0.44
Technische Produkte sollten recycelt oder wiederverwendet werden können.	3.81	0.40

7.8 Zwischenfazit BNE

Die qualitative Teilstudie zeigt, dass BNE von den Studierenden überwiegend als relevantes und notwendiges Bildungsanliegen verstanden wird. BNE wird mit Zukunftsfähigkeit, Ressourcenbewusstsein, kritischer Konsumreflexion, Bewusstseinsbildung, Verantwortungsübernahme und Handlungsfähigkeit verbunden. Die Studierenden beschreiben BNE nicht nur als Vermittlung von Nachhaltigkeitswissen, sondern als Befähigung, komplexe Probleme zu erkennen, Folgen des eigenen Handelns abzuschätzen und eigene Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Gleichzeitig zeigt sich, dass das BNE-Verständnis unterschiedlich breit ausgeprägt ist. Einige Studierende fassen BNE vor allem ökologisch und ressourcenbezogen. Andere beziehen soziale, ökonomische, politische, intergenerationelle und interdisziplinäre Perspektiven stärker ein.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Diese Spannweite wird durch die Kurzbefragung bestätigt. Während viele Studierende Ressourcen, Klima, Konsum, Langlebigkeit und Recycling nennen, werden Mehrperspektivität, Gestaltungskompetenz und systemische Zusammenhänge nicht durchgängig differenziert entfaltet. Besonders der Begriff der Gestaltungskompetenz ist nicht bei allen Studierenden sicher verfügbar. Mehrere Antworten zeigen eine Verwechslung mit Unterrichtsgestaltung oder didaktischer Reduktion, andere Antworten bleiben unsicher oder benennen den Begriff ausdrücklich als unbekannt. Daraus ergibt sich ein Professionalisierungsbedarf im Bereich der begrifflich-theoretischen Fundierung von BNE.

Für den Technikunterricht ergibt sich aus Sicht der Studierenden ein besonders starkes Anschlussmoment. Technik wird in den Interviews und Befragungen als ambivalentes Feld beschrieben. Sie kann nicht nachhaltige Entwicklungen verursachen oder verstärken, etwa durch Ressourcenverbrauch, Obsoleszenz, Massenproduktion, kurzlebige Produkte oder problematische Gesamtbilanzen. Zugleich kann Technik nachhaltige Entwicklung ermöglichen, etwa durch Reparatur, Upcycling, Wasserinfrastruktur, erneuerbare Energien, langlebige Produkte, technische Effizienz, nachhaltige Mobilität und reflektierte Gestaltung. Gerade diese Ambivalenz macht den Technikunterricht zu einem geeigneten Ort für BNE. Nachhaltigkeit kann hier nicht nur besprochen, sondern an Produkten, Materialien, Verfahren, Infrastrukturen und technischen Systemen konkret untersucht und gestaltet werden.

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass BNE hohe wahrgenommene Anforderungen an Lehrkräfte stellt. BNE-Unterricht benötigt Zeit, aktuelle fachliche Einordnung, didaktische Strukturierung, Offenheit für kontroverse Diskussionen und professionelle Sicherheit im Umgang mit normativen Fragen. Die Lehrkraft wird überwiegend als Moderatorin, Lernbegleiterin und strukturierende Unterstützung beschrieben. Gleichzeitig darf sie sich nicht vollständig zurückziehen. Sie muss Grundwissen bereitstellen, Perspektiven eröffnen, Diskussionen rahmen und Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung eigener Urteile unterstützen.

Die ergänzende Befragung bestätigt dieses Rollenverständnis deutlich. Die große Mehrheit der Befragten bevorzugt eine zurückhaltende, unterstützende Lehrkraftrolle, die Diskussionen ermöglicht, ohne Ergebnisse autoritär vorzugeben.

Qualitative Teilstudien zur professionellen Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte

Die LLL- und Seminarerfahrungen zeigen, dass BNE besonders dann professionell wirksam wird, wenn Studierende konkrete Erfahrungen mit Unterricht, Materialien und Schülerinnen und Schülern sammeln. Reparaturkultur, Wasserinfrastruktur, Fahrradreparatur, technische Alltagsgegenstände, ressourcenschonende Materialwahl oder produktorientierte Projekte machen BNE erfahrbar. Das LLL kann dazu beitragen, BNE von einem abstrakten Querschnittsthema in einen konkreten Handlungsraum zu überführen. Studierende lernen dabei nicht nur Inhalte, sondern auch, wie Schülerinnen und Schüler mit offenen Problemen umgehen, wie viel Struktur notwendig ist und wann Zurückhaltung professionell sinnvoll sein kann.

Weiterhin wird eine Spannung zwischen positiver Haltung und Umsetzungsunsicherheit verdeutlicht. Alle Befragten halten BNE für wichtig und wollen nachhaltigkeitsbezogene Inhalte später gerne unterrichten. Zugleich meinen nur 4 von 21 genügend Methoden zu kennen, um BNE in den Technikunterricht zu integrieren. 13 von 21 geben an, zu wenig Konzeptwissen zur BNE zu haben. 11 von 21 fehlt es an konkreten Beispielen technischer Themen im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung. Damit wird sichtbar, dass die Studierenden BNE nicht ablehnen, sondern konkrete Professionalisierungsangebote benötigt. Insbesondere methodische Ansätze und eine sichere begriffliche Fundierung. Diese Erkenntnis wurde unter anderem auch als zentrale Entwicklungsaufgabe für die Veranstaltungsgestaltung aufgefasst und Inputs zum BNE Konzept sowie BNE Methoden wurden in die Intervention integriert (siehe Kapitel 3.2).

8 Diskussion

Die vorliegende Arbeit untersuchte die professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte in zwei Inhaltsbereichen, der Elektrotechnik und der BNE. Im Zentrum stand die Frage, welche Bedeutung LLL für die Entwicklung fachlicher, fachdidaktischer, motivationaler und selbstwirksamkeitsbezogener Facetten professioneller Handlungskompetenz besitzen. Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass LLL in beiden Inhaltsbereichen als Professionalisierungsräume verstanden werden können, in denen fachliches Wissen, didaktische Transformation, praktische Erprobung, Reflexion und professionsbezogene Selbstverortung miteinander verbunden werden. Dieses Ergebnis ist anschlussfähig an das im Theorieteil entfaltete Verständnis professioneller Handlungskompetenz als facettenreiches Konstrukt, wie es im Modell professioneller Handlungskompetenz dargelegt wird, das neben Professionswissen auch motivationale Orientierungen, Überzeugungen und selbstregulative Fähigkeiten umfasst (siehe Kapitel 2.3). Zugleich machen die Ergebnisse deutlich, dass Professionalisierung nicht allein als Wissenszuwachs beschrieben werden kann. Professionalisierung im Sinne des COACTIV-Modells vollzieht sich als Zusammenspiel kognitiver und nicht-kognitiver Dispositionen, die im LLL gleichzeitig adressiert werden und zeigt sich in der Fähigkeit, komplexe und teilweise ambivalent besetzte Inhaltsbereiche in unterrichtlich bearbeitbare Gegenstände zu überführen.

Für die Elektrotechnik zeigt sich ein besonders konsistentes Befundmuster. Quantitativ weisen Studierende mit elektrotechnikbezogener LLL-Erfahrung höhere Werte im fachdidaktischen Wissen, in der Selbstwirksamkeit und im Enthusiasmus auf. Darüber hinaus hängen Fachwissen und fachdidaktisches Wissen sowie Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus stark positiv zusammen. Qualitativ wird hierbei erklärbar, wie diese Zusammenhänge entstehen können. Die Elektrotechnik wird von vielen Studierenden als relevant, aber zugleich als abstrakt, fehleranfällig, mathematisch geprägt und (oft auch dadurch) motivational distanziert erlebt. Das Lehr-Lern-Labor verändert diese Wahrnehmung nicht notwendigerweise in Richtung einer uneingeschränkten Begeisterung, aber es macht Elektrotechnik als Unterrichtsgegenstand erfahrbar und bearbeitbar.

Studierende lernen, fachliche Inhalte zu klären, praktisch umzusetzen, didaktisch zu reduzieren, auf mögliche Schülerfragen vorzubereiten und mit Unsicherheit produktiv umzugehen.

Für den Bereich BNE zeigt sich ein ähnliches, aber anders gelagertes Muster. BNE wird von den Studierenden überwiegend als wichtiges und zukunftsrelevantes Bildungsanliegen beschrieben. Gleichzeitig variiert die begriffliche und kompetenztheoretische Tiefe des BNE-Verständnisses deutlich. Während viele Studierende BNE mit Ressourcenbewusstsein, Klimaschutz, Konsumreflexion und nachhaltigem Handeln verbinden, werden Mehrperspektivität, Gestaltungskompetenz und systemische Zusammenhänge nicht durchgängig differenziert entfaltet. Gerade der Begriff Gestaltungskompetenz ist in der ergänzenden Befragung nur teilweise sicher verfügbar. Die Studierenden erkennen also häufig intuitiv zentrale Ziele von BNE, verfügen aber nicht immer über eine begrifflich gefestigte Kompetenzperspektive. Auch hier können Lehr-Lern-Labore und handlungsorientierte Lerngelegenheiten eine Brückenfunktion übernehmen, indem sie BNE nicht nur als abstraktes Querschnittsthema, sondern als konkrete technische, gesellschaftliche und pädagogische Gestaltungsaufgabe erfahrbar machen. Die Forschungsfragen zu den beiden Bereichen sollen in den folgenden Abschnitten synthetisierend beantwortet werden.

8.1 Elektrotechnikbezogene Professionalisierung

Die Ergebnisse zur Elektrotechnik zeigen zunächst, dass der Themenbereich von den Studierenden kaum grundsätzlich infrage gestellt wird. Elektrotechnik wird als gesellschaftlich, technisch und schulisch relevant beschrieben. Sie erscheint als unverzichtbarer Bestandteil moderner technischer Allgemeinbildung, weil elektronische Geräte, digitale Technologien, Stromversorgung, Mobilität, Kommunikation und Automatisierung ohne elektrotechnische Grundlagen kaum verstanden werden können. Gleichzeitig zeigt sich eine deutliche Differenz zwischen Relevanzzuschreibung und persönlicher Anschlussfähigkeit.

Viele Studierende erkennen zwar an, dass Elektrotechnik wichtig ist, beschreiben sie aber nicht als bevorzugten oder persönlich naheliegenden Technikbereich. In den Interviews wird Elektrotechnik wiederholt als abstrakt, schwer greifbar, regelgebunden, fehleranfällig und anspruchsvoll beschrieben. Besonders im Vergleich zu anderen Bereichen wie der Holztechnik erscheint Elektrotechnik weniger unmittelbar erfahrbar. Während materialbezogene Technikbereiche sichtbare Bearbeitungserfolge ermöglichen, wird elektrotechnischer Erfolg häufig erst sichtbar, wenn ein funktionaler Zusammenhang korrekt hergestellt wurde, was überwiegend als Herausforderung wahrgenommen wird. Dieser Befund zeigt, dass angesehene fachliche Relevanz allein nicht ausreicht, um Motivation und Handlungssicherheit zu erzeugen. Die Studierenden müssen Elektrotechnik nicht nur als gesellschaftlich bedeutsam erkennen, sondern auch als für sie selbst bearbeitbaren Unterrichtsgegenstand erfahren. Genau an dieser Stelle wird die Rolle des LLL sichtbar.

Die qualitative Analyse zeigt, dass das LLL Elektrotechnik nicht zwingend zu einem intrinsisch bevorzugten Technikbereich macht. Auch Studierende mit LLL-Erfahrung äußern weiterhin Distanz, Unsicherheit oder geringe persönliche Affinität. Der zentrale Effekt liegt vielmehr darin, dass Elektrotechnik als planbar, erklärbar und unterrichtlich gestaltbar erfahren wird (FF-E3). Dieser Befund ist unmittelbar anschlussfähig an BANDURAS Konzept der Selbstwirksamkeit und insbesondere an die Bedeutung von „Meistererfahrungen“ als stärkster Quelle von Selbstwirksamkeitsüberzeugungen (siehe Kapitel 2.3.3).

Das LLL schafft genau jene Situationen, in denen solche Erfahrungen entstehen können. Studierende bauen Schaltungen auf, erklären Funktionen, begleiten Lernende bei praktischen Aufgaben und erleben, dass sie fachpraktische und didaktische Anforderungen bewältigen können. Nicht das fehlerfreie Gelingen, sondern das erlebte Bewältigten unter realen Bedingungen stärkt dabei die Überzeugung, elektrotechnische Themen auch im späteren Unterricht handlungsfähig angehen zu können (FF-E2).

Darüber hinaus lassen sich die quantitativen Befunde noch differenzierter interpretieren. Die höheren Werte der LLL-Gruppe im fachdidaktischen Wissen, in der Selbstwirksamkeit und im Enthusiasmus sind nicht als einfache Folge zusätzlicher Unterrichtspraxis zu verstehen.

Entscheidend scheint die spezifische Qualität der Lerngelegenheit zu sein. Das elektrotechnikbezogene LLL verlangt, fachliche Inhalte in didaktische Strukturen zu überführen, Materialien vorzubereiten, typische Lernschwierigkeiten zu antizipieren, praktische Abläufe zu planen und mit realen oder antizipierten Schülerfragen umzugehen.

Dadurch werden genau jene Facetten professioneller Handlungskompetenz aktiviert, die in der quantitativen Studie Vorteile der LLL-Gruppe zeigen. Studierende mit LLL-Erfahrung beschreiben Theorie- und Praxisanteile nicht als getrennte Lernelemente, sondern als aufeinander bezogene Bereiche, die gleich bedeutsam sind. Das LLL wird hierbei als Professionalisierungsgelegenheit wahrgenommen, in der Theorie- und Praxisanteile miteinander verknüpft werden und die das Zutrauen in die eigene Handlungsfähigkeit stärkt (FF-E5).

Der starke Zusammenhang zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen lässt sich aus den qualitativen Daten ebenfalls plausibilisieren. Die Interviews zeigen, dass fachdidaktische Entscheidungen in der Elektrotechnik in hohem Maße fachlich fundiert sein müssen. Didaktische Reduktion, Modellbildung, Fehlerdiagnose, Messkompetenz und die Erklärung von Bauteilfunktionen setzen fachliches Verstehen voraus. Wenn Studierende sagen, sie müssten „wirklich wissen“, worum es geht, um Inhalte auf grundlegender Ebene erklären zu können, wird genau diese Verbindung sichtbar. Fachdidaktisches Wissen erscheint in der Elektrotechnik nicht als fachunabhängige Methodik, sondern als Transformation fachlicher Zusammenhänge in lernförderliche Darstellungen, Aufgaben und Handlungssituationen. Auch der starke Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus wird durch die qualitativen Ergebnisse erklärbar. Motivation gegenüber Elektrotechnik entsteht nicht primär aus abstrakter Relevanz, sondern aus erlebter Machbarkeit. Studierende, die sich zutrauen, Schaltungen aufzubauen, Fehler zu finden, Bauteile zu erklären oder Unterricht zu planen, beschreiben Elektrotechnik eher als zugänglich und unterrichtlich bearbeitbar. Umgekehrt führen Unsicherheit, Angst vor Fehlern, fehlende Praxis und geringe fachliche Souveränität zu motivationaler Distanz. Elektrotechnikbezogener Enthusiasmus ist damit eng an Selbstwirksamkeit gekoppelt. Diese Kopplung ist besonders wichtig, weil sie zeigt, dass motivationale Orientierungen in der Lehrkräftebildung nicht nur durch Begeisterungsappelle, sondern durch konkrete Erfahrungen von Kompetenz und Handlungsfähigkeit gefördert werden können.

Fachwissen und fachdidaktisches Wissen hängen eng zusammen, weil elektrotechnische Transformationsleistungen fachliches Verstehen voraussetzen. Höhere Selbstwirksamkeit geht mit positiveren motivationalen Orientierungen einher, weil das Erleben von Bewältigbarkeit die Bereitschaft stärkt, sich dem Gegenstand zuzuwenden. Die Kompetenzfacetten stehen also offensichtlich nicht isoliert nebeneinander, sondern bilden ein wechselseitig bedingtes Gefüge, in dem Wissen, Können, Zutrauen und Motivation sich gegenseitig verstärken (FF-E4).

8.2 Fachdidaktisches Wissen

Ein zentraler Diskussionspunkt liegt darüber hinaus in der spezifischen Bedeutung fachdidaktischen Wissens in der Elektrotechnik. Die Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden fachdidaktische Anforderungen vor allem dort wahrnehmen, wo fachliche Komplexität, Unsichtbarkeit von Prozessen und praktische Fehleranfälligkeit zusammenkommen. Elektrotechnik verlangt nicht nur, Inhalte zu erklären, sondern sie modellhaft, anschaulich und handlungsbezogen zu strukturieren. Strom, Spannung, die Wirkung von Bauelementen oder Messvorgänge sind nicht unmittelbar sichtbar. Ihre Vermittlung erfordert Repräsentationen, Analogien, Modelle, Medien, Experimente und praktische Aufgaben, die fachlich tragfähig und für Lernende zugänglich sind.

Die Interviews zeigen, dass Studierende ohne LLL-Erfahrung fachdidaktische Herausforderungen durchaus erkennen. Sie benennen didaktische Reduktion, mögliche Überforderung von Schülerinnen und Schülern, die Schwierigkeit von Strommodellen oder die Notwendigkeit einfacher Schaltungen. Diese Deutungen bleiben jedoch häufiger hypothetisch. Sie beruhen auf Antizipation, eigener Lernerfahrung oder allgemeiner Vorstellung von Unterricht. Studierende mit LLL-Erfahrung beschreiben fachdidaktische Anforderungen dagegen stärker an konkreten Planungs- und Umsetzungserfahrungen. Sie mussten Bauteile fotografieren, Begriffe erklären, Schaltzeichen zusammentragen, Unterrichtsentwürfe schreiben, Funktionsweisen in eigene Worte fassen und fachlich korrekte sowie verständliche Formulierungen und Anschauungen finden. Das LLL verschiebt fachdidaktisches Wissen damit von einer antizipierten Herausforderung zu einer realen Transformationsaufgabe.

Studierende mit LLL-Erfahrung unterscheiden sich von solchen ohne LLL-Erfahrung nicht primär im Wissen um Unterrichtsprinzipien, sondern in der Fähigkeit, fachdidaktische Anforderungen an konkreten, gegenstandsspezifischen Situationen zu erkennen und zu begründen. Fachdidaktisches Wissen zeigt sich nicht nur in der Kenntnis geeigneter Methoden, sondern in der Fähigkeit, fachliche Inhalte unter Berücksichtigung von Lernvoraussetzungen, typischen Schwierigkeiten und Unterrichtszielen zu transformieren, wo sich eindeutige Vorteile durch die LLL-Teilnahme zeigen (FF-E1). Gerade in der Elektrotechnik wird diese Transformation anspruchsvoll, weil fachliche und fachpraktische Anforderungen eng verschränkt sind. Eine Lehrkraft muss nicht nur wissen, was ein Kondensator ist, sondern auch entscheiden, wie seine Funktion für Schülerinnen und Schüler verständlich gemacht werden kann. Sie muss nicht nur eine Schaltung verstehen, sondern auch typische Fehlerquellen diagnostizieren und Lernende bei der Fehlersuche unterstützen können.

Die Ergebnisse sprechen daher dafür, fachdidaktisches Wissen für die Elektrotechnik in der Techniklehrkräftebildung stärker situativ zu modellieren. Elektrotechnikbezogenes fachdidaktisches Wissen ist nicht einfach allgemeines technikdidaktisches Wissen, das auf einen neuen Inhalt angewendet wird. Es ist in hohem Maße von den spezifischen Eigenschaften des Gegenstandes abhängig, nämlich von „Unsichtbarkeit“, Abstraktheit, Mathematisierung, Messabhängigkeit, Sicherheitsaspekten und Fehleranfälligkeit.

8.3 Selbstwirksamkeit

Die Ergebnisse weisen der Selbstwirksamkeit eine zentrale Vermittlungsfunktion zu. Quantitativ zeigt sich ein starker Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus. Qualitativ wird sichtbar, warum dieser Zusammenhang gerade in der Elektrotechnik bedeutsam ist. Studierende beschreiben Elektrotechnik nicht nur als Wissensgegenstand, sondern als Handlungsfeld, in dem Fehler auftreten, Materialien versagen, Schaltungen nicht funktionieren, Messwerte falsch interpretiert werden können und Lernende Unterstützung benötigen. Selbstwirksamkeit bezieht sich daher nicht nur auf die Frage, ob man Elektrotechnik versteht, sondern ob man in konkreten, potenziell unsicheren Unterrichtssituationen handlungsfähig bleibt.

Besonders deutlich wird dies in den Aussagen zur Fehlersuche. Die Sorge, im Unterricht nicht herauszufinden, warum eine Schaltung nicht funktioniert, ist für mehrere Studierende eine zentrale Hemmschwelle. Das LLL scheint diese Selbstwirksamkeit vor allem dadurch zu fördern, dass es Erfahrungen bearbeitbarer Unsicherheit ermöglicht (FF-E2, FF-E6). Dieser Befund theoretisch anschlussfähig, da nicht das bloße Scheitern oder Gelingen die Selbstwirksamkeit stärkt, sondern die eigene Leistungserfahrung als größte Quelle der Selbstwirksamkeit wirkt (siehe Kapitel 2.3.3). Studierende mit LLL-Erfahrung zeichnen sich nicht durch das Fehlen von Unsicherheit aus, sondern durch eine veränderte Haltung ihr gegenüber, da Unsicherheit als bearbeitbar erlebt wird statt als Bedrohung und angstbesetzt. Studierende berichten nicht, dass sie nach dem LLL alles wissen oder alle Fehler lösen können. Vielmehr beschreiben sie, dass sie sich eher trauen, einen Lötkolben in die Hand zu nehmen, etwas auszuprobieren, Unterricht vorzubereiten, Schülerinnen und Schüler zu begleiten oder sich Unterstützung zu holen. Professionelle Handlungssicherheit entsteht damit nicht als vollständige Kontrolle, sondern als reflektierter Umgang mit begrenztem Wissen und unsicheren Situationen (FF-E2, FF-E6).

Dieser Befund ist auch strukturtheoretisch anschlussfähig. OEVERMANN (2008) und HELSPER (2014) beschreiben pädagogisches Handeln als grundsätzlich von Ungewissheit und Unvorhersehbarkeit geprägt – als „Krise im Normalfall“. Im elektrotechnischen Unterricht kommt eine fachpraktische Facette dieser Unsicherheit hinzu, nämlich, dass Schaltungen scheitern können, Messwerte irritieren oder Materialien unerwartet reagieren. Das LLL bietet einen geschützten Raum, in dem solche Ungewissheiten erfahrbar und reflexiv bearbeitbar werden.

Die Studierenden lernen damit, was Helsper als routinierten Habitus bezeichnet, nämlich nicht die vollständige Kontrolle, sondern der handlungsfähige Umgang mit dem Unplanbaren (siehe Kapitel 2.1).

8.4 Motivation und Enthusiasmus

Die motivationalen Befunde zur Elektrotechnik sollten nicht verkürzt als „mehr oder weniger Interesse oder Motivation“ interpretiert werden.

Die qualitativen Ergebnisse zeigen, dass Motivation gegenüber Elektrotechnik vielschichtig ist. Einige Studierende äußern klare Distanz, geringe Lust zur Vertiefung oder geringe berufliche Anschlussfähigkeit. Andere beschreiben Angst, Respekt oder Unsicherheit. Wieder andere erleben Elektrotechnik über Produkte, Licht, Sound, Reparatur oder konkrete Anwendungen als interessant. Motivation entsteht also nicht allein aus dem Gegenstand, sondern aus dem Verhältnis von Gegenstand, Person, Vorerfahrung, Selbstwirksamkeit und Lerngelegenheit.

Besonders relevant ist die Unterscheidung zwischen privatem Eigeninteresse und professioneller Verantwortung. Wenn Studierende formulieren, ihr Eigeninteresse reiche nicht aus, sie müssten Elektrotechnik aber als Lehrkraft können, wird eine professionsbezogene Motivationsform sichtbar. Nicht jeder relevante Inhaltsbereich muss hier zu einem persönlichen „Lieblingsbereich“ werden. Professionalisierung bedeutet vielmehr, auch solche Themen unterrichtlich bearbeiten zu können, die nicht primär aus intrinsischem Interesse gewählt werden. Entscheidend ist, ob Studierende eine professionelle Bearbeitungsbereitschaft entwickeln. Damit wird Enthusiasmus, wie er im COACTIV-Modell als Teil der motivationalen Orientierungen modelliert wird, nicht als stabile Fachbegeisterung, sondern als dynamische, erfahrungsabhängige Orientierung sichtbar (siehe Kapitel 2.3.3). Die Unterscheidung zwischen Fachenthusiasmus und Unterrichtsenthusiasmus ist dabei aufschlussreich, denn während der Fachenthusiasmus bei vielen Studierenden gering ausgeprägt bleibt, kann Unterrichtsenthusiasmus durch das LLL gestärkt werden. Die höheren Werte der LLL-Gruppe in ihrem Enthusiasmus sind nicht zwangsweise Ausdruck intrinsischer Fachbegeisterung, sondern einer gestärkten professionsbezogenen Zuversicht, Elektrotechnik sinnvoll unterrichten zu können. Motivationale Orientierungen im LLL entstehen weniger durch Begeisterungsappelle als durch konkrete Erfahrung von Kompetenz, Relevanz und Machbarkeit. Das LLL scheint genau diese Bearbeitungsbereitschaft zu stärken. Es erzeugt nicht bei allen Studierenden Begeisterung, aber es ermöglicht Erfahrungen von Sinn, Unterrichtsrelevanz und Machbarkeit. Der Kontakt mit Schülerinnen und Schülern, die Notwendigkeit der Unterrichtsvorbereitung und die Erfahrung, dass Elektrotechnik „wie jeder andere Unterricht“ planbar sein kann, tragen dazu bei, eine distanzierte Haltung in professionelle Handlungsfähigkeit zu überführen.

Höhere motivationale Werte in der LLL-Gruppe müssen nicht bedeuten, dass alle LLL-Studierenden Elektrotechnik intrinsisch „lieb gewinnen“. Sie können auch Ausdruck einer gestärkten professionsbezogenen Zuversicht sein, Elektrotechnik sinnvoll unterrichten zu können (FF-E3).

Damit wird Enthusiasmus in der Elektrotechnik weniger als stabile Fachbegeisterung, sondern stärker als dynamische, erfahrungsabhängige Orientierung sichtbar. Sie wird durch Selbstwirksamkeit, Produktorientierung, Lebensweltbezug sowie Unterrichtserfahrung gestützt. Für die Ausbildung bedeutet dies, dass motivationale Orientierungen nicht nur durch interessante Inhalte, sondern durch gelingende Lerngelegenheiten gefördert werden sollten, in denen Studierende ihre eigene Handlungsfähigkeit erfahren. Was sich hier in den Interviews besonders gezeigt hat, ist, dass insbesondere der Einstieg in die Elektrotechnik eine große Hürde darstellt und Motivation vor allem durch Produkte und „Produktstolz“ einhergehen könnte. Hier wäre eine Konsequenz für die Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung abzuleiten, nämlich, dass es durchaus relevant sein könnte, zu Beginn einen praktischen, produktbezogenen und phänomenologischen Einstieg zu wählen, der deutliche Effekte sichtbar macht. Interessant wäre hier die Untersuchung unterschiedlicher Zugänge von induktivem und deduktivem Lernen. Sollten zunächst die Gesetzmäßigkeiten und der Formalismus geklärt werden, oder ergibt sich ein besserer Zugang, wenn diese über lebensweltbezogene Produkte erschlossen werden?

8.5 BNE-spezifische Professionalisierung

Die Ergebnisse zur BNE zeigen ein anderes, aber komplementäres Professionalisierungsproblem. Während Elektrotechnik für viele Studierende vor allem durch fachliche Abstraktheit und praktische Unsicherheit herausfordernd ist, liegt die Herausforderung bei BNE stärker in Komplexität, Mehrperspektivität, normativer Sensibilität und begrifflicher Schärfe. BNE wird von den Studierenden fast durchgängig als relevant beschrieben. Die Befragten verbinden BNE mit Zukunftsfähigkeit, Ressourcenbewusstsein, Klimaschutz, Konsumreflexion, Verantwortung und nachhaltigem Handeln. Damit ist die grundsätzliche Akzeptanz des Bildungsanliegens hoch.

Gleichzeitig zeigt sich eine deutliche Spannweite im Verständnis. Einige Studierende fassen BNE stark ökologisch und ressourcenbezogen, seltener beziehen andere soziale, ökonomische, politische und interdisziplinäre Perspektiven ein. Diese Spannweite ist nicht überraschend aber professionell bedeutsam, wenn man sich die Äußerungen zu gemachten Erfahrungen mit BNE anschaut, in der eben jene „vermittelte“ Engführung zentralisiert und zum Ausgangspunkt fehlender Selbstwirksamkeit gemacht wird. Studierende verlangen in den Interviews ganz offen einen anderen Weg von klassischer „Dilemma-Pädagogik“ in der Technik hin zu konkreten, „positiv konnotierten“ Gestaltungsfeldern als „Handwerkszeug“ für die Implementierung im Technikunterricht (FF-BNE3).

BNE verlangt gerade die Fähigkeit, ökologische, ökonomische und soziale Dimensionen nachhaltiger Entwicklung miteinander in Beziehung zu setzen. Wenn BNE vor allem als Ressourcenschonung oder Klimaschutz verstanden wird, besteht die Gefahr einer Engführung. Diese Engführung steht auch im direkten Spannungsverhältnis zum im Theorieteil entfalteten Verständnis von BNE als transformativem Bildungsanliegen. DE HAAN (2008) beschreibt Gestaltungskompetenz als Fähigkeit, nachhaltige Entwicklung aktiv mitzugestalten, durch vorausschauendes Denken, interdisziplinäre Perspektivübernahme und partizipatives Handeln. BERTSCHY et al. (2013) betonen zudem, dass BNE-spezifische professionelle Handlungskompetenz analog zum COACTIV-Modell das Zusammenspiel mehrerer Facetten erfordert.

Das BNE-Verständnis der Studierenden ist häufig ökologisch verengt und noch nicht systematisch kompetenztheoretisch fundiert ist. Technikunterricht könnte dann auf sparsamen Materialeinsatz oder erneuerbare Energien reduziert werden, ohne Zielkonflikte, Verteilungsfragen, Technikfolgen, wirtschaftliche Interessen oder soziale Gerechtigkeit angemessen zu thematisieren (FF-BNE1).

Besonders aufschlussreich ist die ergänzende Befragung zur Gestaltungskompetenz. Viele Studierende sprechen in Interviews und offenen Antworten zentrale Elemente von Gestaltungskompetenz. Kritisches Denken, Folgenabschätzung, Problemlösefähigkeit, Selbstwirksamkeit, Partizipation und Handlungsfähigkeit etwa werden genannt. Der Begriff selbst ist jedoch nicht bei allen sicher verfügbar.

Einige beschreiben Gestaltungskompetenz treffend als Fähigkeit, nachhaltige Veränderungen aktiv mitzugestalten. Andere verwechseln den Begriff mit Unterrichtsgestaltung, didaktischer Reduktion oder methodischer Veranschaulichung. Wieder andere geben an, den Begriff nicht zu kennen.

Die rekonstruierten Vorstellungen zeigen, dass BNE als normatives Anliegen geteilt wird, aber als unterrichtliches Handlungsfeld noch nicht hinreichend verfügbar ist. Die Studierenden erkennen, was BNE leisten soll, aber nicht durchgängig, wie sie es systematisch planen, strukturieren und evaluieren können (FF-BNE3). Der Begriff der Gestaltungskompetenz bleibt dabei oft unverfügbar, was auf eine Lücke zwischen intuitiver Zustimmung zu BNE-Zielen und ihrer theoretisch fundierten Umsetzung verweist.

Dieser Befund zeigt eine Diskrepanz zwischen intuitivem BNE-Verständnis und theoretischer Kompetenzmodellierung. Die Studierenden teilen vielfach die normative Zielrichtung von BNE, verfügen aber nicht durchgängig über ein tragfähiges begriffliches Instrumentarium, um BNE-Kompetenzen systematisch zu planen und zu reflektieren. Für die Lehrkräftebildung sowie die Implementierung in LLL-Seminare ergibt sich daraus die Notwendigkeit, BNE nicht nur als Thema oder Haltung zu behandeln, sondern stärker kompetenztheoretisch zu fundieren, um ein gemeinsames Begriffsverständnis zu entwickeln. Gestaltungskompetenz sollte dabei nicht abstrakt eingeführt, sondern an konkreten technischen Problemstellungen, Entscheidungsprozessen sowie Gestaltungsaufgaben erfahrbar gemacht werden.

Die auf dieser Grundlage entwickelte Intervention hatte hier zum Ziel, mit dem Wasserkreislauf und der wassertechnischen Infrastruktur ein genuin technisches Gestaltungsfeld entlang der BNE zu konzeptionieren. Anschlussfähig wäre eine weiterführende Untersuchung, die diese BNE-spezifische Intervention analog zur Elektrotechnikstudie hinsichtlich mehrerer Facetten professioneller Handlungskompetenz empirisch überprüft.

8.6 BNE im Technikunterricht

Die Ergebnisse zur BNE zeigen zudem besonders deutlich, dass Technikunterricht in den Augen der Studierenden ein hohes Potenzial für BNE besitzt. Die Studierenden nennen Reparatur, Upcycling, Energie, Mobilität, Werkstoffe, Rohstoffe, Produktion, Wasserinfrastruktur, Materialauswahl, Produktlebensdauer und Technikbewertung als zentrale Anknüpfungspunkte.

Ein zentrales Ergebnis liegt hier in der ambivalenten Deutung von Technik. Technik wird weder pauschal problematisiert noch unkritisch idealisiert, womit die Vorstellungen hier theoretisch anschlussfähig sind (siehe Kapitel 2.6.2). Vielmehr erkennen die Studierenden, dass Technik nachhaltige Entwicklung sowohl behindern als auch ermöglichen kann. Die ergänzende Befragung bestätigt diese Interpretation. Alle Befragten lehnen die Aussage ab, dass zwischen Technikbewertung und nachhaltiger Entwicklung kein Zusammenhang bestehe. Zugleich stimmen die meisten zu, dass Technik bei Nachhaltigkeitsthemen nicht schlecht geredet werden sollte, sondern auch ihre Vorteile für nachhaltige Entwicklung thematisiert werden müssen. Daraus ergibt sich eine reflektierte technikbezogene Haltung und Technik soll weder als Rettungsversprechen noch als Ursache allen Übels behandelt werden. Sie ist ein gestaltbares, folgenreiches und bewertungsbedürftiges Feld.

Die Studierenden beschreiben das Verhältnis von Technik und nachhaltiger Entwicklung somit nicht als eindeutig, sondern als ambivalent und gestaltungsoffen. Technik wird als bewertungsbedürftiges Feld verstanden, weder als Rettungsversprechen noch als Problemquelle, sondern als Gegenstand, der hinsichtlich seiner Bedingungen, Wirkungen und Folgen analysiert und bewertet werden muss (FF-BNE2).

Dieses Verständnis entspricht in vielerlei Hinsicht der in Kapitel 2.6.3 entwickelten Synthese technischer Bildung für nachhaltige Entwicklung, in der Technik als normativ gerahmtes Gestaltungsfeld begriffen wird.

8.7 LLL als Räume doppelter Professionalisierung

Über beide Inhaltsbereiche hinweg zeigen die Ergebnisse, dass Lehr-Lern-Labore eine besondere Funktion für die Professionalisierung angehender Technik Lehrkräfte einnehmen. Sie verbinden universitäre Theorie, fachliche Inhalte, didaktische Planung, praktische Umsetzung, Schülerkontakt und Reflexion.

Damit adressieren sie sowohl kompetenztheoretische als auch strukturtheoretische Anforderungen an Professionalisierung. Damit greifen LLL exakt jene Professionalisierungsanforderungen auf, die HELSPER (2014) mit dem Konzept der doppelten Professionalisierung beschreibt, nämlich die untrennbare Verschränkung eines routinierten und eines reflexiven Habitus.

Studierende mit LLL-Erfahrung in der BNE beschreiben diese stärker als konkrete pädagogische Gestaltungsaufgabe, während Studierende ohne LLL-Erfahrung BNE häufiger als abstraktes Bildungsanliegen ohne klare Handlungsperspektive schildern. Der Unterschied liegt nicht im Grad der Zustimmung zum Konzept der BNE, sondern in der Fähigkeit, BNE unterrichtlich umzusetzen (FF-BNE4).

LLL ermöglichen darüber hinaus die Entwicklung fachlicher und fachdidaktischer Wissensbestände sowie motivationaler und selbstwirksamkeitsbezogener Facetten. In der Elektrotechnik zeigt sich dies besonders deutlich. Das LLL verlangt die Überführung fachlicher Inhalte in konkrete Unterrichtssituationen. Dadurch werden Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Praxis und Selbstwirksamkeit gleichzeitig aktiviert. In der BNE wird das LLL bedeutsam, weil es ein abstraktes Querschnittsthema in konkrete technische und pädagogische Handlungsräume überführt. Studierende erleben, wie Schülerinnen und Schüler auf offene Probleme reagieren, wie viel Struktur notwendig ist und wann Zurückhaltung der Lehrkraft sinnvoll sein kann. Strukturtheoretisch bieten LLL einen Raum, in dem pädagogische Ungewissheit erfahrbar und reflexiv bearbeitbar wird. Unterricht ist nicht vollständig planbar und lebt von Kontingenz (siehe Kapitel 2.3).

In der Elektrotechnik können Schaltungen nicht funktionieren, Schülerinnen und Schüler Fehler machen oder unerwartete Fragen stellen und in der BNE können kontroverse Meinungen, normative Konflikte oder offene Diskussionen entstehen.

Das LLL ermöglicht, solche Situationen in einem geschützten Rahmen zu erleben, zu reflektieren und in professionelles Handlungswissen zu überführen. Die Ergebnisse zeigen damit, dass LLL nicht nur Praxisgelegenheiten sind. Ihr besonderer Wert liegt in der Verbindung von Praxis und Reflexion. Eine bloße Unterrichtserfahrung wäre nicht ausreichend, wenn sie nicht vorbereitet, begleitet und reflexiv ausgewertet wird. Ebenso reicht eine theoretische Auseinandersetzung nicht aus, wenn Studierende keine Gelegenheit erhalten, Inhalte in Unterrichtshandeln zu übersetzen.

Dabei sollte das LLL nicht idealisiert werden. Die Interviews zeigen, dass auch LLL-Erfahrung nicht automatisch zu stabiler Begeisterung, vollständiger Sicherheit oder umfassender Kompetenz führt. Studierende mit LLL-Erfahrung äußern weiterhin Unsicherheiten, Distanz oder begrenztes Interesse. Der Mehrwert des LLL liegt daher nicht in der vollständigen Auflösung professioneller Unsicherheit, sondern in ihrer Bearbeitung. Gerade darin liegt seine Bedeutung, da Studierende erfahren, dass sie auch mit begrenztem Wissen, Unsicherheit und komplexen Anforderungen handlungsfähig werden können.

8.8 Implikationen für die Lehrkräftebildung im Fach Technik

Aus den Ergebnissen ergeben sich mehrere Implikationen für die Techniklehrkräftebildung. Fachlich anspruchsvolle Inhaltsbereiche wie die Elektrotechnik sollten nicht nur über Vorlesungen, Übungen oder Prüfungen vermittelt werden, sondern frühzeitig mit praxisnahen, produktorientierten und fachdidaktisch reflektierten Lerngelegenheiten verbunden werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Theorie und Praxis nicht getrennt gedacht werden können. Fachliches Verstehen wird gerade dort vertieft, wo Inhalte erklärt, angewendet und didaktisch transformiert werden müssen. Elektrotechnische Lerngelegenheiten sollten stärker an sinnvolle Produkte, Lebensweltbezüge und sichtbare Funktionen gebunden werden. Die Studierenden erleben Elektrotechnik besonders dann als motivierend, wenn sie nicht isoliert Schaltungen stecken oder Formeln anwenden, sondern wenn elektrotechnische Inhalte ein Artefakt funktionsfähig machen.

Licht, Sound, Mobilität, Ladegeräte, Reparatur, Sensorik oder Automatisierung können solche Zugänge eröffnen. Gleichzeitig müssen diese produktorientierten Zugänge fachlich sorgfältig gerahmt werden, damit sie nicht nur motivieren, sondern tragfähiges Verständnis fördern.

Als dritte Konsequenz lässt sich ableiten, dass Fehlersuche als zentrale professionelle Kompetenz stärker in der Ausbildung verankert werden sollte. Die Interviews zeigen, dass die Angst vor nicht funktionierenden Schaltungen und unklaren Fehlern eine zentrale Hemmschwelle darstellt. Lehramtsstudierende benötigen daher nicht nur gelingende Demonstrationen, sondern auch Erfahrungen mit Fehlern, Diagnoseprozessen und Reparaturstrategien. Gerade im LLL können solche Erfahrungen reflektiert werden.

Für die BNE ergibt sich vor allem eine zentrale Konsequenz, nämlich, dass sie nicht nur thematisch, sondern kompetenztheoretisch fundiert werden muss. Die Ergebnisse zur Gestaltungskompetenz zeigen, dass zentrale BNE-Ziele zwar intuitiv verstanden werden, der Kompetenzbegriff aber nicht durchgängig sicher ist. Lehrveranstaltungen sollten daher stärker verdeutlichen, wie Gestaltungskompetenz, Technikbewertung, Folgenabschätzung, Partizipation und systemisches Denken in technischen Aufgabenformaten konkret werden. Hier hat sich gezeigt, dass die Wahl eines rekonstruktiven Untersuchungssettings im Kontrast zur wohldefinierten Elektrotechnik sinnvoll ist, da die Studierenden teilweise kein gefestigtes, oder enggeführtes Verständnis aufweisen.

Aus dieser Engführung resultiert die Konsequenz, dass BNE-Aufgaben konsequent mehrperspektivisch angelegt werden müssen. Technische Effizienz, Materialwahl oder Funktionalität sind wichtige Kriterien, reichen aber nicht aus. Nachhaltigkeitsbezogene Technikaufgaben sollten ökologische, ökonomische, soziale und gesellschaftliche Perspektiven verbinden. Planspiele, Konstruktionsaufgaben, Reparaturprojekte, Technikfolgenbewertungen und Materialanalysen bieten hierfür geeignete Formate, sofern sie nicht auf rein technische Optimierung verkürzt werden.

8.9 Methodische Reflexion und Limitationen

Die Ergebnisse der Arbeit sind vor dem Hintergrund des Untersuchungsdesigns zu interpretieren. Die quantitativen Analysen beruhen auf Gruppenvergleichen in einem nicht-randomisierten Design. Die Zugehörigkeit zur LLL-Gruppe war nicht zufällig, sondern ergab sich aus Studienverlauf, Veranstaltungswahl und Prüfungsformaten. Daher können die quantitativen Unterschiede nicht als kausale Wirkungen des LLL interpretiert werden.

Die Ergebnisse zeigen Zusammenhänge und gerichtete Unterschiede, die durch die qualitativen Daten plausibilisiert werden, aber keine experimentell abgesicherten Wirkungsnachweise darstellen. Zugleich zeigt die qualitative Analyse, dass die Entscheidung für oder gegen das LLL selbst durch Motivation, Prüfungslogik, Zeitressourcen und Selbstwirksamkeit beeinflusst sein kann. Einige Studierende wählen das LLL gerade, weil sie praktische Erfahrungen mit Schülerinnen und Schülern sammeln möchten, andere wählen die Klausur, weil sie berechenbarer erscheint. Damit können Selbstselektionseffekte nicht ausgeschlossen werden. Diese Selbstselektion ist jedoch nicht nur methodisches Problem, sondern zugleich inhaltlich relevant. Sie zeigt, dass Lerngelegenheiten in der Lehrkräftebildung nicht unabhängig von studentischen Haltungen, Zeitstrukturen und Prüfungslogiken wirken.

Eine weitere Limitation betrifft die Erfassung der Kompetenzfacetten. Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Selbstwirksamkeit und Enthusiasmus wurden über spezifische Instrumente operationalisiert, die zwar domänenspezifisch angelegt sind, aber professionelle Handlungskompetenz nicht vollständig abbilden können. Insbesondere fachdidaktisches Wissen wurde über Vignetten erfasst. Vignetten ermöglichen standardisierte Einblicke in Wahrnehmungs- und Begründungsprozesse, ersetzen jedoch keine umfassende Beobachtung realen Unterrichtshandelns. Die qualitativen Interviews ergänzen diese Perspektive, bleiben aber retrospektive Selbstdeutungen. Kritisch zu hinterfragen ist auch, ob die Vignetten zum fachdidaktischen Wissen durch die inhaltspezifische Auslegung nicht zu viel Fachwissen voraussetzen und damit keine eindeutige Trennschärfe zwischen beiden Konstrukten vorliegt.

Für die BNE-Teilstudie ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass die ergänzende Befragung unterschiedliche Antworttiefen aufweist. Einige Studierende geben ausführliche, differenzierte Antworten, andere antworten knapp oder unsicher. Dies betrifft insbesondere den Begriff der Gestaltungskompetenz. Der Befund einer begrifflichen Unsicherheit ist daher belastbar als Hinweis auf Professionalisierungsbedarf, sollte aber nicht als umfassende Kompetenzdiagnose missverstanden werden. Das Ziel dieser Teilstudie lag in der Rekonstruktion für die Entwicklung der BNE-spezifischen Intervention hinsichtlich des Konzeptwissens und didaktisch zu berücksichtigenden Aspekten.

8.10 Gesamtfazit

Die Arbeit zeigt, dass professionelle Handlungskompetenz angehender Techniklehrkräfte domänenspezifisch verstanden werden muss. Elektrotechnik und BNE stellen unterschiedliche Anforderungen, weisen aber eine gemeinsame Struktur auf. Beide Inhaltsbereiche sind relevant, aber anspruchsvoll, beide verlangen spezielles fachliches und fachdidaktisches Wissen, beide sind mit motivationalen und selbstwirksamkeitsbezogenen Orientierungen verbunden und beide profitieren von Lerngelegenheiten, in denen Studierende Inhalte in konkrete Unterrichtspraxis überführen können. Für die Elektrotechnik besteht die zentrale Herausforderung darin, einen abstrakten, fehleranfälligen und häufig distanziert wahrgenommenen Inhaltsbereich in bearbeitbare Unterrichtsgegenstände zu transformieren. Die Professionalisierung zeigt sich hier darin, fachliches Verstehen, fachpraktische Sicherheit, didaktische Reduktion und motivationale Bearbeitungsbereitschaft miteinander zu verbinden. Für die BNE besteht die zentrale Herausforderung darin, ein normativ bedeutsames, komplexes und mehrperspektivisches Querschnittsthema so in den Technikunterricht zu integrieren, dass es nicht auf Ressourcenappelle oder technische Effizienz verkürzt wird. Professionalisierung zeigt sich hier darin, nachhaltige Entwicklung als technische, gesellschaftliche und pädagogische Gestaltungsaufgabe zu verstehen.

LLL leisten in beiden Bereichen einen wichtigen Beitrag, weil sie fachliche Klärung, didaktische Transformation, praktische Erprobung, Schülerkontakt und Reflexion verbinden. Ihr Wert liegt nicht darin, Unsicherheit vollständig zu beseitigen.

Vielmehr ermöglichen sie, Unsicherheit professionell bearbeitbar zu machen. Damit tragen sie zu einer Form der Professionalisierung bei, die über Wissenszuwachs hinausgeht und angehende Techniklehrkräfte in ihrer fachlichen, fachdidaktischen, motivationalen und selbstwirksamkeitsbezogenen Entwicklung unterstützt.

Die eingangs mit SHAW'S Zitat aufgerufene Abwertung des Lehrens als Ersatz für fachliches Können erweist sich damit gerade im Technikunterricht als unhaltbar. Technik zu unterrichten bedeutet nicht weniger, sondern mehr als Technik zu können, denn technische Inhalte müssen fachlich verstanden, didaktisch transformiert, praktisch erfahrbar und im Horizont gesellschaftlicher Verantwortung reflektiert werden.

Literaturverzeichnis

- ACATECH (2013). *Technikwissenschaften. Erkennen – Gestalten – Verantworten* (acatech IMPULS). Heidelberg u.a.: Springer
- ANDERSEN, L.B., FRYDENDAHL, A.J., LISBORG, S., JENSEN, J.J., LAURSEN, J.D., SCHIERMER-MORKEBERG, C.W., NIELSEN, C.B., SCHRODER, V. (2025). Technology education for sustainable development – a scoping review. In: *International Journal of Technology and Design Education*. 36. S. 1425-1443.
- BANDURA, A. (1995). *Self-efficacy in Changing Societies*. Cambridge University Press.
- BANDURA, A. (1977). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. In: *Psychological Review*, Vol. 84, No. 2. S. 191-215.
- BAUMERT, J., KUNTER, M. (2006). Stichwort: Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9 (4). S. 469-520.
- BAUMERT, J., KUNTER, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In: KUNTER, M., BAUMERT, J., BLUM, W., KLUSMANN, U., KRAUSS, S., NEUBRAND, M. (Hrsg.). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster / New York / München / Berlin: Waxmann Verlag. S. 29-53
- BAUMERT, J., KUNTER, M. (2013). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: GOGOLIN, I., KUPER, H., KRÜGER, H-H., BAUMERT, J. (Hrsg.). *Stichwort: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. Wiesbaden: Springer VS. S. 277- 338.
- BEHRENDT, S., GÖLL, E., KORTE, F. (2018). *Effizienz, Konsistenz, Suffizienz. Strategieanalytische Betrachtung für eine Green Economy*. Berlin: IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- BERLINER, D-C. (1987). Der Experte im Lehrerberuf: Forschungsstrategien und Ergebnisse. In: *Unterrichtswissenschaft* 15 (1987) 3, S. 295-305. <https://doi.org/10.25656/01:5455>
- BENDER, S., GROTH, M., SEIPOLD, P., GEHRKE, J.M. (2019): *Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des Klimawandels – Synergien und Zielkonflikte im Rahmen kommunaler Konzepte und Strategien*. 1 Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Hereon.

- BERTSCHY, F., KÜNZLI, C., LEHMANN, M. (2013). Teachers' Competencies for the Implementation of Educational Offers in the Field of Education for Sustainable Development. In: *Sustainability* 2013, 5. S. 5067-5080.
- BLÖMEKE, S., KÖNIG, J., SUHL, U., HOTH, J., DÖHRMANN, M. (2015). Wie situationsbezogen ist die Kompetenz von Lehrkräften? Zur Generalisierbarkeit der Ergebnisse von videobasierten Performanztests. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 61 (2015) 3, S. 310-327. <https://doi.org/10.25656/01:15350>.
- BMBF (2017). *Nationaler Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der deutsche Beitrag zum UNESCO-Weltaktionsprogramm*. Online abgerufen unter: https://www.bne-portal.de/bne/shareddocs/downloads/files/nationaler_aktionsplan_bildung-er_nachhaltige_entwicklung_neu.pdf?__blob=publicationFile (zuletzt geprüft am 03.06.2026).
- BMUV (o.D.). *Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro-Dokumente-Agenda21*. Online abgerufen unter: https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nachhaltige_Entwicklung/agenda21.pdf (zuletzt geprüft am: 03.06.2026)
- BMUV (2023): *Nationale Wasserstrategie. Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023*
- BORICH, G-D., KLINZING, H-G. (1987). Paradigmen der Lehrereffektivitätsforschung und ihr Einfluss auf die Auffassung von effektivem Unterricht. In: *Unterrichtswissenschaft* 15, 1. S. 90-111. <https://doi.org/10.25656/01:5444>.
- BROMME, R. (1992/2014). Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens. In: ROST, H. (Hrsg.). *Standardwerke aus Psychologie und Pädagogik Reprints*. Band 7. Münster, New York: Waxmann.
- BROMME, R., HAAG, L. (2008). Forschung zur Lehrerpersönlichkeit. In: HELSPER, W., BÖHME, J. (Hrsg.). *Handbuch der Schulforschung*. 2., durchgesehene und erweiterte Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 803-819.
- BRÜNING, AK., KÄPNICK, F., WEUSMANN, B., KÖSTER, H., NORDMEIER, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirischkonstruktive Begriffskennzeichnung. In: PRIEMER, B., ROTH, J. (Hrsg.). *Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Berlin: Springer. S. 14-25.

- BUB, F., RABE, T. Orientierungen von Physiklehrkräften zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (2023) 29:7.
- BÜNNING, F., HAVERKAMP, H., LANG, M., POHL, M., RÖBEN, P. (2018). Lehramtsstudierende mit dem Unterrichtsfach Technik. Eine Ausbildungsstandortübergreifende-Analyse. In: *Journal of Technical Education Band 6, 2018, Heft 4*.
- COLLINGRIDGE, D. (1980). *The social control of technology*. St Martin, New York.
- DE HAAN, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept für Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. In: Bormann, I., De Haan, G. (Hrsg.). *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Waxmann: *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*. 43, Heft 1. S. 11-19.
- DENN, A.-K., HESS, M. (2018). Hoch und niedrig inferente Methoden der Videoanalyse. In: *Zeitschrift für Soziologie der Erziehung und Sozialisation* 38(2). S. 212-222.
- DERTINGER, A. (2023). Zwischen normativen Erwartungen und habitueller Handlungspraxis. Eine rekonstruktive Studie zum unterrichtlichen Medienhandeln von Lehrpersonen. In: HEINRICH, M., WERNET, A. (Hrsg.). *Rekonstruktive Bildungsforschung. Band 43*. Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-40642-4>.
- DOHRMANN, R. (2019). *Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*. Berlin: Logos Verlag.
- DOHRMANN, R., NORDMEIER, V. (2015). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore (LLL): Ein Projekt zur forschungsorientierten Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung- Förderung von Professionswissen, professioneller Unterrichtswahrnehmung und Reflexionskompetenz im LLL Physik. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Frühjahrstagung Wuppertal. DPG. Berlin. S. 1-7.

- DOUVILLE, H., K. RAGHAVAN, J. RENWICK, R.P. ALLAN, P.A. ARIAS, M. BARLOW, R. CEREZO-MOTA, A. CHERCHI, T.Y. GAN, J. GERGIS, D. JIANG, A. KHAN, W. POKAM MBA, D. ROSENFELD, J. TIERNEY, O. ZOLINA (2021): Water Cycle Changes. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S.L., CONNORS, S. PEAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M.I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T.K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKCI, R. YU, B. ZHOU (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. S. 1055-1210
- DÖRING, N., BORTZ, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin: Springer.
- DÖRING, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 6., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin: Springer.
- ERMEL, D. (2023). *Entwicklung und Evaluation eines Fachpraktikums für das Lehramtsstudium Technik zur Förderung fachpraktischer Kompetenzen*. RWTH Aachen: Dissertation.
- European Commission (2020). *Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe*. doi:10.2779/05068
- ETC/CE (2023). *Consumption and the environment in Europe's circular economy*. ETC CE Report 2023/8.
- FAUTH, B., LEUDERS, T. (2022). *Kognitive Aktivierung im Unterricht. Wirksamer Unterricht Band 2*. Institut für Bildungsanalysen Baden-Württemberg (IBBW). 2., aktualisierte Auflage.
- FRANZ, J.H. (2021). *Nachhaltige Entwicklung technischer Produkte und Systeme. Der Ingenieurberuf im Wandel*. Wiesbaden: Springer.
- GEELS, F.W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *Research Policy Vol. 31*. S. 1257-1274.

- GILLINGHAM, K., RAPSON, D., WAGNER, G. (2016). The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy. In: *Review of environmental economics and policy*, 2016-01, Vol. 10 (1). S. 68-88.
- GOODWIN, C. (1994). Professional Vision. In: *American Anthropologist*, 96 (3), S. 606-633.
- GORETH, S. (2017). *Erfassung und Modellierung professioneller Unterrichtswahrnehmung angehender Lehrkräfte im technikbezogenen Unterricht*. In: GEIßEL, B., GSCHWENDTNER, T. (Hrsg.). *Beiträge zur Technikdidaktik, Band 4*. Berlin: Logos-Verlag.
- GORETH, S., SCHRAY, H., REHM, M., GEIßEL, B. (2016). Die Entwicklung einer technikdidaktischen Expertennorm als Referenzkriterium zur Auswertung von Unterrichtsvignetten. In: GEIßEL, B., GSCHWENDTNER, T. (Hrsg.). *Beiträge zur Technikdidaktik (1), Aktuelle Forschungsarbeiten und unterrichtspraktische Beispiele*. Berlin: logos. S. 33-62.
- GRÄSEL, C. (2020). Prozess-Produkt-Paradigma in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In: CRAMER, C., KÖNIG, J., ROTHLAND, M., BLÖMEKE, S. (Hrsg.). *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung 1. Auflage*. Verlag Julius Klinkhardt. DOI: 10.36198/9783838554730. S. 148-153.
- GRÄSEL, C., TREMPER, K. (2017). Einleitung. In: GRÄSEL, C., TREMPER, K. (Hrsg.). *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals. Interdisziplinäre Betrachtungen, Befunde und Perspektiven*. Wiesbaden: Springer VS. S. 1-13.
- GRÄSEL, C., GÖBEL, K. (2022). Unterrichtsqualität. In REINDERS, H., BERGS-WINKELS, D., PROCHNOW, A., POST, I. (Hrsg.). *Empirische Bildungsforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 663-674.
- GRUNWALD, A. (2010). *Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Zweite, grundlegend überarbeitete und wesentlich erweiterte Auflage*. Berlin: edition sigma.
- GRUNWALD, A. (2025). *Technikfolgenabschätzung: Einführung. 3., vollständig aktualisierte und erweiterte Auflage*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.
- HAUFF, V. (1987). *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Greven: Eggenkamp Verlag.
- HATTIE, J. (2009). *Visible Learning. A Synthesis of over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Routledge.

- HELFFERICH, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. 4. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- HELLBERG-RODE, G., SCHRÜFER, G., HEMMER, M. (2014). Brauchen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) spezifische professionelle Handlungskompetenzen? Theoretische Grundlagen, Forschungsdesign und erste Ergebnisse. In: *Zeitschrift für Geographiedidaktik*, 42 (2014) 4, S. 257-281.
- HELLBERG-RODE, G., SCHRÜFER, G. (2016). Welche spezifischen professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)? In: *Zeitschrift für Didaktik Der Biologie (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen*, 20(1). S. 1-29.
- HELSPER, W. (2004). Pädagogische Professionalität als Gegenstand des erziehungswissenschaftlichen Diskurses. Einführung in den Thementeil. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 50 (2004) 3, S. 303-308. DOI: 10.25656/01:4811.
- HELSPER, W. (2014). Lehrerprofessionalität – der strukturtheoretische Professionsansatz zum Lehrberuf. In: Terhart, E., Bennewitz, H., Rothland, M. (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage. Münster / New York: Waxmann. S. 216-240.
- HOLFELDER, A. (2016). *Orientierungen von Jugendlichen zu Nachhaltigkeitsthemen. Zur didaktischen Bedeutung von implizitem Wissen im Kontext BNE*. Wiesbaden: Springer VS.
- HUGET, J. (2024). *Die Methode der didaktisch orientierten Rekonstruktion. Systematisierung und beispielhafte Anwendung auf die Gesetze der großen Zahlen*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-42642-2>.
- HUGHES, T.P. (1986). The Evolution of Large Scale Technological Systems. In: BIJER, W., HUGHES, T.P., PINCH, T. (Hrsg.). *The Social Construction of Technological Systems*. MIT Press.
- IDEL, T-S., SCHÜTZ, A., THÜNEMANN, S. (2021). Professionalität im Handlungsfeld Schule. In: GRUNERT, C. (Hrsg.). *Professionalität und Professionalisierung in pädagogischen Handlungsfeldern; Schule, Medienpädagogik, Erwachsenenbildung. Band II*. Opladen & Toronto: Verlag Barbara Budrich. S. 13-82.

- JUNKER, R., RAUTERBERG, T., MÖLLER, K., & HOLODYSKI, M. (2020). Videobasierte Lehrmodule zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von heterogenitätssensiblen Unterricht. In: *Herausforderung Lehrer*innenbildung – Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*. S. 236–255.
- KAUFMANN, S.H. (2021). *Schülervorstellungen zu Geradengleichungen in der vektoriellen Analytischen Geometrie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- KELLE, U. (2008). *Die Integration qualitativer und quantitativer Methoden in der empirischen Sozialforschung: Theoretische Grundlagen und methodologische Konzepte (2. Auflage)*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- KELLE, U. (2022). Mixed Methods. In: BAUR, N., BLASIUS, J. (Hrsg.). *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- KLIEME, E. (2019). Unterrichtsqualität. In M. HARRING, C. ROHLFS, & M. GLÄSER-ZIKUDA (Hrsg.), *Handbuch Schulpädagogik*. Waxmann. S. 393–408.
- KLIEME, E., LEUTNER, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 52 (2006) 6, S. 876–903.
- KRAPP, A., RYAN, R.M. (2002). Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. Eine kritische Betrachtung der Theorie von Bandura aus Sicht der Selbstbestimmungstheorie und der pädagogisch-psychologischen Interessentheorie. In: JERUSALEM, M., HOPF, D. (Hrsg.). *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*. Weinheim: Beltz (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 44). S. 54–82.
- KRAPP, A. (1992). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: KRAPP, A., PRENZEL, M. (Hrsg.). *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. In: *Arbeiten zur sozialwissenschaftlichen Psychologie, Heft 24*.
- KRAUS, S., LINDL, A., SCHILCHER, A., HILBERT, S. (2024). Das Kaskadenmodell als Integration einschlägiger Lehrkraftkompetenzmodelle Modelle der Unterrichtsqualität sowie Paradigmen in der Forschung zu Lehrkräften. In: *Symposium Deutschdidaktik*. https://sdd2024.uni-mainz.de/files/2024/04/Panel_6_Hesse_et_al._SDD2024.pdf.

- KRAUSS, S. (2020). Expertise-Paradigma in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In: CRAMER, C., KÖNIG, J., ROTHLAND, M., BLÖMEKE, S. (Hrsg.). *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung 1. Auflage*. Verlag Julius Klinkhardt. DOI: 10.36198/9783838554730. S. 154-162.
- KRAUSS, S., BRUCKMAIER, G. (2014). Das Experten-Paradigma in der Forschung zum Lehrerberuf. In: TERHART, E., BENNEWITZ, H., ROTHLAND, M. (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage*. Münster / New York: Waxmann. S. 241-261.
- KRAUSS, S., BLUM, W., BRUNNER, M., NEUBRAND, M., BAUMERT, J., KUNTER, M., BESSER, M., ELSNER, J. (2011). Konzeptualisierung und Testkonstruktion zum fachbezogenen Professionswissen von Mathematiklehrkräften. In: KUNTER, M., BAUMERT, J., BLUM, W., KLUSMANN, U., KRAUSS, S., NEUBRAND, M. (Hrsg.). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster / New York / München / Berlin: Waxmann Verlag. S. 135-161.
- KUCKARTZ, U. (2014). *Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Springer VS.
- KUCKARTZ, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage*. Weinheim: Beltz Juventa.
- KULGEMEYER, C., BOROWSKI, A., FISCHER, H., GRAMZOW, Y., REINHOLD, P., RIESE, J., SCHECKER, H., TOMCZYSZYN, E., WALZER, M. (2012). ProfiLe-P – Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik – Vorstellung eines Forschungsverbundes. In: *PhyDid B - Didaktik der Physik -Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Mainz*.
- KUNTER, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz – Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In: Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. (Hrsg.). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster / New York / München / Berlin: Waxmann Verlag. S. 259-275.
- KUNTER, M., VOSS, T. (2013). The model of instructional quality in COACTIV: A multicriteria analysis. In: KUNTER, M., BAUMERT, J., BLUM, W., KLUSMANN, U., KRAUSS, S., NEUBRAND, M. (Hrsg.). *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and*

Professional Competence of Teachers. Results from the COACTIV Project. New York: Springer Science + Business. S. 97-124.

KUNTER, M., TRAUTWEIN, U. (2018). *Psychologie des Unterrichts.* Paderborn: Ferdinand Schöningh.

KUNTER, M., BAUMERT, J., BLUM, W., KLUSMANN, U., KRAUSS, S., NEUBRAND, M. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV.* Münster / New York / München / Berlin: Waxmann Verlag.

LIPOWSKY, F. (2014). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In: TERHART, E., BENNEWITZ, H., ROTHLAND, M. (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage.* Münster, New York: Waxmann. S. 511-541.

Liebert, W., Schmidt, J.C. (2010). Collinridge's dilemma and technoscience. An attempt to provide a clarification from the perspective of the philosophy of science. In: *Poiesis Prax (2010).* 7. Springer Verlag. S. 55-71

LIST, M.K., SCHÖNENBERGER, S., HARTIG, J. (2024). Spezifizierung des COACTIV-Modells der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften für den Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 29. S. 229-250. <https://doi.org/10.1007/s11618-024-01224-9>

MARKARD, J. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. In: *Research Policy* Vol. 34. S. 596-615.

MARKARD, J., RAVEN, R., TRUFFER, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. In: *Research Policy* 41 (2012). S. 955-967.

MAYR, J. (2014). Der Persönlichkeitsansatz in der Forschung zum Lehrerberuf. Konzepte, Befunde und Folgerungen. In: TERHART, E., BENNEWITZ, H., ROTHLAND, M. (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage.* Münster / New York: Waxmann. S. 189-215.

MAYR, J., HANFSTINGL, B., NEUWEG, G.-H. (2020). Persönlichkeitsansatz in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In: CRAMER, C., KÖNIG, J., ROTHLAND, M., BLÖMEKE, S. (Hrsg.). *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung.* Klinkhardt. S. 141-147.

- MAYRING, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11., überarbeitete Auflage*. Weinheim: Beltz.
- MAYRING, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarbeitete Auflage*. Weinheim: Beltz.
- MCCRAE, R-R., COSTA, P-T. (1999). A Five-Factor Theory of Personality. In: Pervin, L-A., John, O-P. (Eds.). *Handbook of personality: Theory and research (2nd ed.)*. New York: Guilford. S. 139-153.
- MENER, G. (o.D.). „*Sonnenwärme, Sonnenlicht – Geschichte der Solarenergie-Forschung*“. Leipzig: Stadtwerke Leipzig GmbH.
- MICHELSSEN, G., RIECKMANN, M. (2013): Bildung für nachhaltige Entwicklung zum Thema „Wasser“. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 57(3). S. 116-125.
- NEPPER, H.H. (2019). *Die situierte Fehlersuche an elektronischen Schaltungen im Anschluss an den Cognitive Apprenticeship Ansatz. Eine empirische Untersuchung im technikbezogenen Unterricht an der Sekundarstufe 1 zu differenziellen Effekten von methodischen Entscheidungen auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung*. Pädagogische Hochschule Ludwigsburg: Dissertation.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2012). Kerncurriculum für die Oberschule Technik. Hannover: Niedersächsisches Kultusministerium.
- OEVERMANN, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionellen Handelns. In: COMBE, A., HELSPER, W. (Hrsg.). *Pädagogische Professionalität. Untersuchungen zum Typus pädagogischen Handelns*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag. S. 70-182.
- OEVERMANN, U. (2008). Profession contra Organisation? Strukturtheoretische Perspektiven zum Verhältnis von Organisation und Profession in der Schule. In: HELSPER, W., HUMMRICH, M., KRAMER, R-T. (Hrsg.). *Pädagogische Professionalität in Organisationen. Neue Verhältnisbestimmungen am Beispiel der Schule*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. S. 55-77.
- OEVERMANN, U. (2016). „Krise und Routine“ als analytisches Paradigma in den Sozialwissenschaften. In: BECKER-LENZ, R., FRANZMANN, A., JANSEN, A., JUNG, M. (Hrsg.). *Die Methodensuche der Objektiven Hermeneutik. Eine Bestandsaufnahme*. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 43-114.

- OP'T, E., DE CORTE, P., VERSCHAFFEL, L. (2002). Framing students' mathematics-related beliefs: A quest for conceptual clarity and a comprehensive categorization. In: LEDER, G.C., PEHKONEN, E., TÖRNER, G. (Eds.). *Beliefs: A hidden variable in mathematics education*. Dordrecht: Kluwer. S. 13-36.
- OSER, F. (1996). Wann lernen Lehrer ihr Berufsethos? In: LESCHINSKY, A. (Hrsg.). *Die Institutionalisierung von Lehren und Lernen. Beiträge zu einer Theorie der Schule*. Weinheim u.a.: Beltz. (*Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 34*). S. 235-243.
- OSER, F., BLÖMEKE, S. (2012). Überzeugungen von Lehrpersonen. Einführung in den Thementeil. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 58, 4, S. 415-421. <https://doi.org/10.25656/01:10405>.
- PAJARES, M.F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning up a Messy Construct. In: *Review of Educational Research*, Vol. 62, No. 3. S. 307-332.
- PAUSE, G. (1970). Merkmale der Lehrerpersönlichkeit. Deutsche Bearbeitung des Kapitels 11: The Teacher's Personality and Characteristics von J.W. Getzels, University of Chicago und P.W. Jackson, University of Chicago. In: INGENKAMP, K., PAREY, E. (Hrsg.). *Handbuch der Unterrichtsforschung Teil II. Zentrale Faktoren in der Unterrichtsforschung. Deutsche Bearbeitung der Kapitel 10-14 des „Handbook of Research on Teaching“, ed. By N.L. Gage*. Weinheim u.a.: Verlag Julius Beltz. S. 1356-1526.
- PINCH, T.J., BIJKER, W.E. (1984). The Social Construction of Facts and Artefacts: or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit Each Other. In: *Social Studies of Science (SAGE, London, Beverly Hills and New Delhi)*, Vol. 14. S. 399-441.
- PFITZNER-EDEN, F. (2016). Why Do I Feel More Confident? Bandura's Sources Predict Preservice Teachers' Latent Changes in Teacher Self-Efficacy. In: *Front. Psychol.* 7:1486. doi:10.3389/fpsyg.2016.01486.
- Purkovic, D., Kovacevic, S., Lutzenberger, L.R. (2022). Attitudes of Croatian Pupils on the relationship of Environmental Issues and Sustainable Development with Technology and Engineering. In: *International Journal of Technology and Design Education (2023)* 33. S. 1285-1307.

- RAU, F., RIECKMANN, M. (2023). Bildung in einer Kultur der Nachhaltigkeit und Digitalität. Eine vergleichende Betrachtung grundlegender Diskurse und Konzepte. In: *Medienpädagogik*. 52 (gerecht – digital – nachhaltig). S. 21-46. <https://doi.org/10.21240/mpaed/52/2023.02.02.X>
- RAUCH, F., STEINER, R. (2012). Welche Kompetenzen braucht Bildung für Nachhaltige Entwicklung. In: *Haushalt in Bildung & Forschung 1 (2012) 1*. S. 13-24.
- RAUCH, F., STREISLER, A., STEINER, R. (2008). *Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung (KOM-BiNE)*. Wien: Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur.
- RAUTHMANN, J-F. (2017). *Persönlichkeitspsychologie: Paradigmen – Strömungen – Theorien*. Berlin: Springer Verlag GmbH.
- REHEIS, F. (2005). *Nachhaltigkeit, Bildung und Zeit. Zur Bedeutung der Zeit im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- REHFELDT, D., KLEMPIN, C., BRÄMER, M., SEIBERT, D., ROGGE, I., LÜCKE, M., SAMBANIS, M., NORDMEIER, V., KÖSTER, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie (2020)*, 34 (3-4). DOI: <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000270>. S. 149-169
- REINKE, VERENA (2022): *Professionelle Handlungskompetenzen von BNE-Akteurinnen und -Akteuren. Eine vergleichende Studie zwischen Geographielehrkräften und außerschulischen Bildungsakteurinnen und -akteuren am Beispiel Klimawandel*. Norderstedt: BoD- Books on Demand Verlag.
- REUSSER, K., PAULI, C. (2014). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In: Terhart, E., Bennewitz, H., Rothland, M. (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage. Münster: Waxmann. S. 642-661.
- RICHTER, C., KOMOREK, M. (2022). Rückwärtsplanung und Lesson Study. In: Habig, S., van Vorst, H. (Hrsg.). *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtueller Tagungsband 2021*. S. 196-199.
- ROPOHL, G. (2009). *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. 3., überarbeitete Auflage. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.

- ROTHLAND, M. (2021). Die „Lehrerpersönlichkeit“: das Geheimnis des Lehrberufs? In: *Die Deutsche Schule* 113, 2. S. 188-198.
- ROTH, J., PRIEMER, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbunds. In: PRIEMER, B., ROTH, J. (Hrsg.). *Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*. Berlin: Springer. S. 1-10.
- RÖBEN, P. (2014). Geschichte der Sonnenenergienutzung – von Mouchot bis Quarzazate. In: *tu-Zeitschrift für Technik im Unterricht* 39 (152). S. 11-19.
- RÖBEN, P. (2023a). Die Hydrotechnik im Problem- und Handlungsfeld Versorgen und Entsorgen. In: PENNING, I., BINDER, M., FRIESE, M. (Hrsg.). *Teilhabe an gesellschaftlicher Transformation stärken. Der Beitrag der Arbeitsbezogenen und der Technischen Bildung. Berufsbildung, Arbeit und Innovation, Reihe 79*. Bielefeld: Wbv. S. 53-70
- RÖBEN, P. (2023b). Die Gestaltungsorientierung in der Technikdidaktik als Leitidee für den Technikunterricht. In: *tu* 187 / 1.Quartal 2023.
- RUTSCH, J., SEIDENFUß, M., VOGEL, M., DÖRFLER, T., REHM, M. (2017). Fachdidaktische Unterrichtsvignetten in Forschung und Lehre: Überblick über Forschungsarbeiten und Einsatzmöglichkeiten. In: *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 35 (2017) 3. S. 487-505.
- RUTSCH, J., VOGEL, M., SEIDENFUß, M., DÖRFLER, T., REHM, M. (2018). Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen. In: RUTSCH, J., REHM, M., VOGEL, M., SEIDENFUß, M., DÖRFLER, T. (Hrsg.). *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung. Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- RYSER, S. (2021). Bildung für nachhaltige Entwicklung im technischen und textilen Gestalten. Eine Schweizer Perspektive. In: *technik-education (tedu) Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht* 1 (2021) 2. S. 3-11.

- SAATHOFF, M., RÖBEN, P. (2020). Der Einfluss der Praxisphase in einem technischen Lehr-Lern-Labor auf die subjektiven Theorien Lehramtsstudierender – Entwicklung und Erprobung eines reflexionsfördernden Settings unter Verwendung der Repertory-Grid Methode. In: ZINN, B., TENBERG, R., PITTICH, D. (Hrsg.). *Jornal of Teknikcal Education (JOTED)*, Bd. 8 Nr. 1. DOI: <https://doi.org/10.48513/joted.v8i1.192>.
- SAATHOFF, M. (2025). *Der Einfluss von Lehr-Lern-Laboren auf die Vorstellungen Lehramtsstudierender des Faches Technik. Eine Untersuchung subjektiver Theorien unter Verwendung der Repertory-Grid-Methode*. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg: Dissertation.
- SCHEID, C. (2020). Der Lehrberuf als Profession. In: SCHNELL, C., PFADENHAUER, M. (Hrsg.): *Handbuch Professionssoziologie*. Wiesbaden: Springer VS. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13154-8>. S. 1-21.
- SCHMIDT, J.C. (2009). Interdisziplinäre Technikbildung. Ein programmatischer Entwurf. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 18 Jg. Heft 3*. S. 48-55.
- SCHRAY, H., GEIßEL, B. (2016). Cognitive Apprenticeship als Gestaltungsansatz für die Fehlersuche im allgemein bildenden Elektrotechnikunterricht. In: *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4 Jg. H. 2. S. 151-170.
- SCHULZ, E., SCHARUN, C. (2023): Bestimmungsfaktoren für landwirtschaftliche Bewässerungsbedarfe und regionale Governance-Ansätze zur Konfliktreduktion in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt. In: *Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie*, 28. S. 189-205.
- SEIDEL, T., STÜRMER, K. (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, S. 296–306.
- SHERIN, M.G. (2001). Developing a professional vision of classroom events: Teaching elementary school mathematics. In: *Beyond classical pedagogy: Teaching elementary school mathematics*. S. 74-93.
- SHERIN, M. G., & VAN ES, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. In: *Journal of Teacher Education*, 60(1). S. 20-37.
- SHULMAN, L-S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teachnig. In: *Educational Researcher*, Vol. 15, No. 2. S. 4-14.

- SHULMAN, L-S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. In: *Harvard Educational Review*, 57. S. 1-22.
- SMOOR, S. (2018). *Lehr-Lern-Labore als Instrument der Professionalisierung im Lehramtsstudium Physik. Zyklische Gestaltungs- und Reflexionsprozesse von Lehramtsstudierenden der Physik im Theorie-Praxis-Raum Lehr-Lern-Labor*. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg: Dissertation.
- SMOOR, S., KOMOREK, M. (2017). Zyklisches Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor empirisch untersuchen. In: Maurer, C. (Hrsg.). *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017. S. 527-530
- STAWITZ, L., VIEBACK, L., BRÄMER, S., BÜNNING, F. (2019). Technische Bildung für nachhaltige Entwicklung (TBNE). Ansatz einer ganzheitlichen Sensibilisierung für und durch Lehramtsstudierende des Unterrichtsfachs Technik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. In: RÖBEN, P., DUTZ, K., WEGNER, H. (Hrsg.). *Reparatur in der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Tagungsband der RETIBNE-Abschlusstagung*. S. 84-96.
- STEFFENSKY, M., & KLEINKNECHT, M. (2016). Wirkungen videobasierter Lernumgebungen auf die professionelle Kompetenz und das Handeln (angehender) Lehrpersonen. Ein Überblick zu Ergebnissen aus aktuellen (quasi-)experimentellen Studien. In: *Unterrichtswissenschaft*, 44(4). S. 305–321.
- STEFFENSKY, M., NEUHAUS, B-J. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In. KRÜGER, D., PARCHMANN, I., SCHECKER, H. (Hrsg.). *Theorien der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer Verlag GmbH. S. 299-313.
- STRAUB, F. (2020). *Erfassung fachdidaktischer Kompetenzfacetten angehender Lehrpersonen technikbezogenen Unterrichts. Empirische Untersuchungen zur Erweiterung und längsschnittlichen Erprobung des Vignettentestinstrumentes PCK-T*. In: GEIßEL, B., GSCHWENDTNER, T. (Hrsg.): *Beiträge zur Technikdidaktik, Band 7*. Berlin: Logos Verlag.
- TARDENT-KUSTER, J. (2019). *Unterrichtsplanungen von angehenden Lehrpersonen zum experimentellen Handeln. Eine videogestützte Analyse von Unterrichtsplanungen*. Dissertation, pädagogische Hochschule Heidelberg <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:he76-opus4-3539>.

- TENORTH, H-E. (2006). Professionalität im Lehrerberuf. Ratlosigkeit der Theorie, gelingende Praxis. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9. Jahrg., Heft 4/2006. S. 580-597.
- TERHART, E. (2011). Lehrerberuf und Professionalität: Gewandeltes Begriffsverständnis – neue Herausforderungen. In: HELSPER, W., TIPPELT, R. (Hrsg.). *Pädagogische Professionalität*. Weinheim u.a.: Beltz 2011, 288 S. – (*Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft* 57), DOI: 10.25656/01:7084. S. 202- 224.
- TIEMANN, R., KÖRBS, C. (2014). Die Fragebogenmethode, ein Klassiker der empirischen didaktischen Forschung. In: KRÜGER, D., PARCHMANN, I., SCHECKER, H. (Hrsg.). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. S. 283-295
- TILLMANN, K-J. (2014). Konzepte der Forschung zum Lehrerberuf. In: TERHART, E., BENNEWITZ, H., ROTHLAND, M. (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage*. Münster / New York: Waxmann. S. 308-316.
- UN (1992). *Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung*. Online abgerufen unter: <https://www.un.org/german/sites/default/files/2024-09/rio.pdf> (zuletzt geprüft am: 03.06.2026)
- UN (2015). *Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015*. Online abgerufen unter: https://digitallibrary.un.org/record/3923923/files/A_RES_70_1-DE.pdf (zuletzt geprüft am 03.06.2026).
- USSLEPP, N., HÜBNER, N., STOLL, G., SPENGLER, M, TRAUTWEIN, U., NAGENGAST, B. (2020). RIASEC interest and the Big Five personality traits matter for life success – But do they already matter für educational track choices? In: *Journal of Personality* (88, No. 5). S. 1007-1024.
- VON HAUFF, M. (2014). *Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung. 2., aktualisierte Auflage*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- VOSS, T, KLEICKMANN, T., KUNTER, M., HACHFELD, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In: KUNTER, M., BAUMERT, J., BLUM, W., KLUSMANN, U., KRAUSS, S., NEUBRAND, M. (Hrsg.). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster / New York / München / Berlin: Waxmann Verlag. S. 235-257.

- WBGU (2011). *Hauptgutachten. Welt im Wandel Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin: WBGU.
- WEINERT, F-E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In. WEINERT, F-E. (HRSG.). *Leistungsmessung in Schulen*. WEINHEIM: BELTZ. S. 17-31.
- WIEMER, T. (2018). *Technisches Wissen – Kategorienbildung für die allgemeine technische Bildung*. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg: Dissertation.
- ZINN, B. (2017). Editorial: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften für Technik – Besonderheiten und Ansatzpunkte für die fachdidaktische Forschung. In: ZINN, B., TENBERG, R., PITTICH, D. (Hrsg.). *Journal of Technical Education (JOTED) Band 5, 2017, Heft 1*. DOI: <https://doi.org/10.48513/joted.v5i1.96>.

9 Anhang

9.1 Fragebogen Elektrotechnik



Liebe*r Student*in diese Befragung dient der Erfassung Ihrer Kenntnisse und Eindrücke zum Themenbereich Elektrotechnik. Die aus der Befragung gewonnenen Erkenntnisse dienen ausschließlich wissenschaftlichen Interessen. Ihre Teilnahme an der Befragung ist freiwillig. Ein Nicht-Ausfüllen des Fragebogens hat für Sie keinerlei Nachteile. Auch ein unvollständiges Ausfüllen hat keine Nachteile. Zudem ist die Befragung anonym. Die abschließende Auswertung der anonym ausgefüllten Fragebögen und die Veröffentlichung von Ergebnissen erfolgt nach wissenschaftlichen Gütekriterien. Vielen Dank für Ihre Teilnahme! Dani Hamade

Teil A: Angaben zur Person

Einleitend bitte ich Sie um einige Angaben zu Ihrer Person:

A1.

Personal Code: Durch diesen Code können wir nicht mehr nachvollziehen, wer diesen Fragebogen ausgefüllt hat, jedoch Fragebögen untereinander zuordnen.

Beispiel:

männlich, geboren im September 2001, seine Mutter heißt Andrea: Der Code würde so ausschauen: M0901AN

Geschlecht (m, w oder d eingeben)

Geburtsmonat (01-12)

Geburtsjahr (z.B. 98 für 1998 oder 01 für 2001)

Name Mutter (die ersten zwei Buchstaben)

A2. Geben Sie hier Ihr Geschlecht an

männlich ☐

weiblich ☐

divers ☐

A3. Wie alt sind Sie?

≤ 20 Jahre ☐

21 - 25 Jahre ☐

26 - 30 Jahre ☐

≥ 31 Jahre ☐




A4. Wie wurde an Ihrer Schule Technik unterrichtet?

Technik als Thema in Naturwissenschaften ☐

Technik als eigenes Schulfach ☐

kein Technikunterricht ☐

A5.

Geben Sie hier an, in welchem Semester Sie sich im Fach Technik befinden.

(Anzahl der Semester als Zahl)

Gesamtanzahl der Semester (Bachelor und Master)

A6. Geben Sie hier bitte Ihr weiteres Fach neben Technik an.

A7. Falls Sie noch ein drittes Fach studieren, geben Sie dieses Fach bitte hier kurz an.

Nur angeben, falls Sie noch ein Drittfach studieren.

A8. Gibt es in Ihrem FreundInnen- und Verwandtenkreis Personen, die in einem technischen Beruf arbeiten?

Ja ☐

Nein ☐

A9. Gibt es in Ihrem FreundInnen- und Verwandtenkreis Personen, die LehrerInnen sind?

Ja ☐

Nein ☐



A10. Falls Sie Freunde bzw. Verwandte haben, die in einem technischen Beruf arbeiten: Hat das Ihre Studienwahl beeinflusst?

Falls Sie keine Personen in Ihrem Umfeld haben, auf die das zutrifft, kreuzen Sie: "Keine Freunde bzw. Verwandte mit technischem Beruf" an.

Ja ☐

Nein ☐

Keine Freunde bzw. Verwandte mit technischem Beruf ☐

A11. Falls Sie Freunde bzw. Verwandte haben, die LehrerInnen sind: Hat das Ihre Studienwahl beeinflusst?

Falls Sie keine Personen in Ihrem Umfeld haben, auf die das zutrifft, kreuzen Sie: "Keine Freunde bzw. Verwandte sind Lehrkräfte" an.

Ja ☐

Nein ☐

Keine Freunde bzw. Verwandte sind Lehrkräfte ☐

A12. Hatten Sie Anknüpfungspunkte zu elektrotechnischen Themen in Ihrer Kindheit?

In der Schule. ☐

Ich habe privat viele kleine Experimente zur Elektrotechnik durchgeführt. ☐

Ich hatte keine Berührungspunkte damit. ☐

Dadurch, dass jemand aus meiner Familie etwas in der Richtung gemacht hat, habe ich mich schon früh dafür interessiert. ☐

In meinem Freundeskreis haben wir uns viel mit kleinen Experimenten zur Elektrotechnik beschäftigt. ☐

In meinem Umfeld gab es Jemanden, der/die sich viel damit beschäftigt hat, aber ich habe mich nicht dafür interessiert. ☐

A13. Holen Sie sich in Ihrem Technikstudium privat Unterstützung, um Herausforderungen zu meistern?

Mehrfachauswahl möglich!

Ja, bei Herausforderungen, die mit didaktischen Themen zusammenhängen. ☐

Ja, zu fachlichen Inhalten bei Personen, die etwas Technisches gelernt haben. ☐

Ja, zu fachlichen Inhalten bei Personen, die nichts Technisches gelernt haben. ☐

Ich habe privat keine Möglichkeiten, Unterstützung heranzuziehen. ☐

Ich habe keine Herausforderungen, bei denen ich anderweitige Unterstützung benötige. ☐

A14. Greifen Sie in Ihrem privaten Umfeld auf Unterstützung zu elektrotechnischen Themen zurück?

Ja, für Inhalte zur Theorie der Grundlagen der Elektrotechnik (z.B. Formeln zur Berechnung von Bauteilwerten). ☐

Ja, um meine praktischen Fähigkeiten aus den Grundlagen der Elektrotechnik zu verbessern (z.B. Löten oder Messen). ☐

Nicht direkt für die Grundlagen der Elektrotechnik, aber für aufbauende Inhalte (z.B. Automatisierungstechnik). ☐

Nein, keiner in meinem privaten Umfeld kann mir bei Elektrotechnik weiterhelfen. ☐

Ich benötige in Elektrotechnik keine Unterstützung. ☐



Ja, für didaktische Fragestellungen im Zusammenhang zur Elektrotechnik. ☐

A15. Welche Basismodule haben Sie bereits abgeschlossen?

Falls Sie noch keine Basismodule abgeschlossen haben, können Sie zur nächsten Frage springen.

- Tec010 (Technikgeschichte) ☐
- Tec010 (Technikphilosophie) ☐
- Tec020 (Einführung in Fusion 360 + Grundlagen der Technik oder Grundlagen sonderpädagogischen Handelns im Technikunterricht) ☐
- Tec030 (Technikdidaktik Vorlesung+Seminar)) ☐
- Tec040 (Metall- und Kunststofftechnik) ☐
- Tec040 (maschinelle Holzbearbeitung) ☐
- Tec040 (Elektrotechnik und Elektronik) ☐

A16.

Falls Sie die Veranstaltung zu den Grundlagen der Elektrotechnik/Elektronik bereits belegt haben:

Wie viele Semester sind seither vergangen?

Falls Sie den Kurs noch nicht belegt haben, kreuzen Sie: "Nicht belegt" an.

- Ein Semester ☐
- Zwei Semester ☐
- Drei Semester ☐
- Vier Semester ☐
- Fünf Semester ☐
- Mehr als fünf Semester ☐
- Nicht belegt ☐

A17.

Welche Aufbaumodule haben Sie bereits abgeschlossen?

(Falls Sie noch in den Basismodulen studieren, können Sie diese Frage überspringen).

- tec110 (energieverarbeitende Systeme) ☐
- tec140 (regenerative Energien) ☐
- tec130 (Informationsverarbeitende Systeme) ☐
- tec150 (Automatisierungstechnik) ☐
- tec160 (Technik und Ethik in der Schule) ☐



tec210 (Inklusion im Technikunterricht) ☐

tec120 (Stoffverarbeitende Systeme) ☐

tec190 (Bauen und Wohnen) ☐

tec180 (Projektmodul) ☐

tec170 (Verkehrstechnik) ☐

A18. In welcher Phase Ihres Studiums befinden Sie sich?

Masterstudiengang Technik ☐

Masterstudiengang Technik (Sonderpädagogik) ☐

Bachelorstudiengang Technik ☐

Bachelorstudiengang Technik (Sonderpädagogik) ☐

A19. Haben Sie bereits eines der Schulpraktika abgeschlossen oder befinden Sie sich gerade in einem Schulpraktikum?

Haben Sie z.B. das allgemeine Schulpraktikum im Bachelor abgeschlossen? Sie sind im Master und befinden sich gerade in der Praxisphase bzw. haben die Praxisphase an der Schule schon abgeschlossen, dann kreuzen Sie bitte beides an.

Allgemeines Schulpraktikum (ASP) ☐

Praxisphase im Master (GHR300) ☐

Ich habe noch kein Praktikum an der Schule durchgeführt und mache auch gerade keines. ☐

A20. Falls Sie bereits ein Schulpraktikum abgeschlossen haben bzw. sich gerade in einer Praxisphase befinden, aus welchen Veranstaltungen des Studiums haben Sie Inhalte im Technikunterricht verwenden können?

Falls Sie sich gerade nicht in einem Praktikum befinden und auch noch keines absolviert haben, kreuzen Sie bitte die letzte Antwort "Ich bin in keinem Praktikum" an!

Holztechnik ☐

Metall- und Kunststofftechnik ☐

Automatisierungstechnik ☐

Regenerative Energien ☐

Elektrotechnik ☐

Technikgeschichte ☐

CAD (z.B. Tinkercad oder Fusion 360) ☐

Verkehrstechnik ☐

Stoffverarbeitende Systeme ☐

Bauen und Wohnen ☐

Informationsverarbeitende Systeme ☐



Energieverarbeitende Systeme ☐

Technikethik bzw. Technikphilosophie ☐

Ich bin in keinem Praktikum oder in meinem Praktikum habe ich keinen Technikunterricht durchgeführt. ☐

A21. Diese Frage bezieht sich auf die vorherige Frage zu den Unterrichtsinhalten in Ihrer Praxisphase. Wie haben Sie sich für die unterrichtlichen Inhalte entschieden?

Wenn Sie an keiner Praxisphase teilnehmen/teilgenommen haben, kreuzen Sie bitte die letzte Antwort "Ich bin (war bisher) in keinem Praktikum"

Ich habe die Themen selbst gewählt. ☐

Die LehrerInnen haben die Themen vorgegeben. ☐

Ich habe mich am (schulinternen) Curriculum orientiert. ☐

Ich bin (war bisher) in keinem Praktikum. ☐

A22. Falls Sie gerade ein Praktikum an einer Schule durchführen oder bereits ein Praktikum absolviert haben: Kreuzen Sie zutreffendes zu den im Praktikum unterrichteten Inhalten an.

Falls Sie noch kein Praktikum absolviert haben (oder sich gerade in keinem Praktikum befinden), kreuzen Sie "Ich bin/war in keinem Praktikum" an.

Die Inhalte, die ich unterrichtet habe, waren von Beginn an für mich interessant. ☐

Ich hätte lieber etwas Interessanteres unterrichtet. ☐

Mein Interesse an den Inhalten ist durch das Unterrichten gestiegen. ☐

Die Themen erschienen mir zu Beginn sehr schwer, was sich im Verlauf der Unterrichtsvorbereitung aber gelegt hat. ☐

Es fiel mir leicht, praktische Anteile zu den Inhalten zu finden und im Unterricht umzusetzen. ☐

Da mein Interesse an den anderen Themenbereichen höher ist, fiel es mir schwer, passende praktische Beispiele für den Unterricht zu finden. ☐

Ich finde es nicht gut, wenn die Themen für den Unterricht vorgegeben werden, da ich gerne mehr zu anderen Themen ausprobiert hätte. ☐

Ich war/bin in keinem Praktikum. ☐

A23. Haben Sie im Praktikum praktische Erfahrungen in der Elektrotechnik/Elektronik sammeln können? Falls ja, geben Sie in dem Kommentarfeld kurz an, in welchem Zusammenhang Sie diese Erfahrungen gemacht haben.

Falls Sie noch kein Praktikum hatten und sich in keinem befinden, kreuzen Sie bitte "Ich bin (war bisher) in keinem Praktikum" an!

ja ☐

nein ☐

Ich bin (war bisher) in keinem Praktikum. ☐



A24. Haben Sie bereits an Lehr-Lern-Laboren (Schülerlabor) im Technikstudium mitgewirkt?

Lehr-Lern-Labor bedeutet, dass Sie bereits Unterricht in einem Modul für eine Schülergruppe geplant und umgesetzt haben.

Ja ☐
Nein ☐

A25.

Falls Sie bereits an einem (oder mehreren) Lehr-Lern-Labor(en) teilgenommen haben, welche(n) thematische(n) Schwerpunkt(e) hatte(n) Ihre Lehr-Lern-Sequenz(en)?

(Beispielangabe:

Schülerlabor in tec040 Schwerpunkt: Elektrotechnik,

Oder z.B.:

Schülerlabor in tec160 Schwerpunkt: Reparatur, Fahrradtechnik)

Bitte geben Sie den Schwerpunkt in Stichworten an. Falls Sie keine Lehr-Lern-Labor-Erfahrungen gemacht haben, tragen Sie einfach das Wort "keine" ein.

Teil B: Berufserfahrung

B1. Haben Sie vor diesem Studium bereits eine Berufsausbildung oder ein Studium begonnen?

(Falls ja, tragen Sie in der Kommentarseite die Art der Ausbildung/ des Studiums ein.

ja ☐
nein ☐



B2. Falls Sie eine Ausbildung oder ein Studium begonnen hatten: Haben Sie die Ausbildung / das Studium auch abgeschlossen?

Falls Sie hier "nein" ankreuzen, geben Sie im Kommentarfeld kurz an, nach wie vielen Wochen / Monaten die Ausbildung oder das Studium abgebrochen wurde.

ja ☐

nein ☐

B3. Hatte Ihre vorherige Ausbildung/ ihr vorheriges Studium einen Einfluss auf die Wahl des Faches Technik?

Falls Sie vorher keine Ausbildung/Studium begonnen bzw. abgeschlossen haben, kreuzen Sie "keine Ausbildung" an.

Ja ☐

Nein ☐

Keine Ausbildung / Studium vorher ☐

B4. Ich profitiere im Studiengang Technik von meinen Vorerfahrungen aus der Berufsausbildung/aus meinem vorherigen Studium.

Falls Sie vorher kein Studium bzw. eine Ausbildung angefangen bzw. abgeschlossen haben, kreuzen Sie "keine Ausbildung / Studium vorher" an.

Ja ☐

Nein ☐

Keine Ausbildung / Studium vorher ☐

B5. Welche Hochschulzugangsberechtigung haben Sie?

Abitur ☐

Abschluss: staatl. geprüfter Techniker ☐

Feststellungsprüfung ☐

Berufserfahrung (Berufsausbildung + mind. 3-jährige Tätigkeit) ☐

Fachgebundene Hochschulreife ☐

Abschluss: Meisterbrief ☐

Z-Prüfung ☐Sonstiges ☐

Sonstiges

- B6. Haben Sie vor Beginn des Studiums anderweitig bereits praktische Erfahrungen gesammelt?**

*Mehrfachnennung möglich!*Ja, im technischen Bereich ☐Ja, im schulischen Bereich ☐Ja, ich habe bereits mit Kindern und Jugendlichen gearbeitet (z.B. Sportverein, kirchl. Gemeinde, THW, FSJ, FOJ etc.) ☐Nein, ich habe keine praktischen Erfahrungen gesammelt. ☐

- B7. Wenn Sie bereits anderweitige Erfahrungen im technischen Bereich gesammelt haben, geben Sie bitte kurz an, in welchem Kontext diese gemacht wurden sowie die ungefähre Dauer.**

Falls Sie keine Erfahrungen in diesem Bereich gemacht haben, geben Sie "0" ein.

- B8. Meine Erfahrungen im technischen Bereich haben dazu beigetragen, dass ich mich für den Studiengang Technik entschieden habe.**

Ja ☐Nein ☐Keine Erfahrungen in diesem Bereich ☐

- B9. Wenn Sie bereits schulische Erfahrungen gesammelt haben, geben Sie bitte kurz die ungefähre Dauer in Monaten an.**

Falls Sie keine Erfahrungen in diesem Bereich gemacht haben, geben Sie "0" ein.

- B10. Meine Erfahrungen im schulischen Bereich haben dazu beigetragen, dass ich mich für den Studiengang Technik entschieden habe.**

Ja ☐Nein ☐Keine Erfahrungen in diesem Bereich ☐



- B11. Wenn Sie bereits mit Kindern bzw. Jugendlichen (sowohl im schulischen Bereich als auch außerschulisch) gearbeitet haben, nennen Sie den Bereich, in dem Sie tätig waren und geben Sie die Dauer der Arbeit an.**

- B12. Meine Erfahrungen mit Kindern und Jugendlichen haben dazu beigetragen, dass ich mich für den Studiengang Technik entschieden habe.**

Ja ☐Nein ☐Keine Erfahrungen in diesem Bereich ☐

- B13. Bei elektrotechnischen Themen des Studiums profitiere von meinen gesammelten Erfahrungen vor dem Studium.**

Ja, durch meine Ausbildung ☐Ja, durch mein vorheriges Studium ☐Ja, durch meine Anknüpfungspunkte aus meiner Kindheit ☐Ja, durch meine anderweitigen Vorerfahrungen im technischen Bereich ☐Ich habe keine Vorerfahrungen, die diesen Themenbereich betreffen ☐

Teil C: Entscheidung für das Studium

- C1. Warum haben Sie sich für den Studiengang Technik entschieden?**

Stimme voll zu Stimme eher zu Stimme weniger zu Stimme nicht zu

Ich habe nur für diesen Studiengang eine Zulassung erhalten. ☐ — ☐ — ☐ — ☐

Ich hatte schon immer vor, etwas Technisches zu studieren ☐ — ☐ — ☐ — ☐

Ich interessiere mich für Technik ☐ — ☐ — ☐ — ☐

Im Technikstudium werden mehr praktische Anteile (Experimente, Tätigkeiten in den Werkstätten) als in anderen Fächern vermittelt. ☐ — ☐ — ☐ — ☐

Ein reines ingenieurwissenschaftliches Studium erschien mir zu schwer ☐ — ☐ — ☐ — ☐

Mir hat der Technikunterricht in meiner Schulzeit immer gefallen ☐ — ☐ — ☐ — ☐




	Stimme voll zu	Stimme eher zu	Stimme weniger zu	Stimme nicht zu
Meine praktischen Erfahrungen im technischen Bereich waren für meine Wahl ausschlaggebend.	☐	☐	☐	☐
Der Studiengang ist zulassungsfrei.	☐	☐	☐	☐

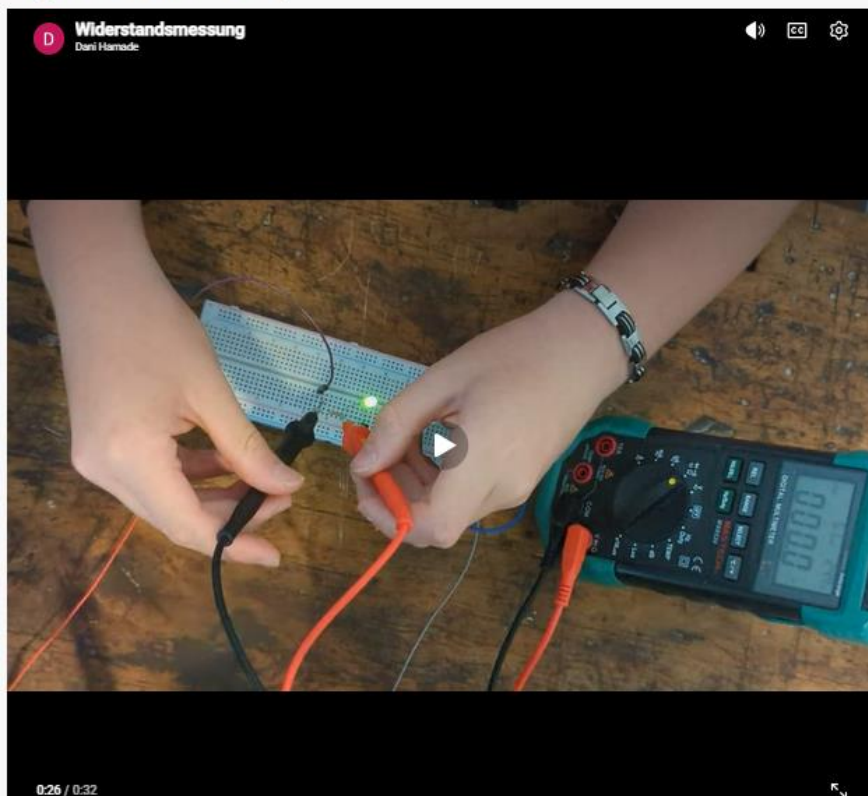
C2. Wie sehen Sie Ihren weiteren Studienverlauf?

	ja	nein	vielleicht
Am liebsten möchte ich das Fach Technik nochmal wechseln.	☐	☐	☐
Ich möchte mein zweites Fach noch einmal wechseln.	☐	☐	☐
Nach dem Bachelor möchte ich einen lehramtsbezogenen Master absolvieren.	☐	☐	☐
Nach dem Bachelor möchte ich in einen nicht-lehramtsbezogenen Master wechseln.	☐	☐	☐
Ich habe noch keine klaren Vorstellungen.	☐	☐	☐

Vignetten zum fachdidaktischen Wissen:

*Die Mehrheit einer Klasse hat die Vorstellung, dass elektrischer Strom beispielsweise von einer Glühlampe verbraucht wird. Beschreiben Sie mindestens eine mögliche praxisbezogene Herangehensweise zum Umgang mit dieser Schülervorstellung.

Die LED erscheint dem Schüler etwas zu hell, weshalb er nochmal nachmessen möchte, ob er den richtigen Widerstand verbaut hat. Hierbei hat der Schüler allerdings Probleme. Beurteilen Sie die Herangehensweise bei der Widerstandsmessung.



Anhang

*Für ihre 9. Klasse hat die Lehrerin Frau Fuchs detailliert die Anforderungen zur Konstruktion einer dimmbaren Lampe ausgearbeitet, die methodisch mit einer Konstruktionsaufgabe umgesetzt werden soll. Dafür hat sie die für die Lernenden zu bearbeitende Problemstellung vorab im Rahmen der Unterrichtsvorbereitungen erst einmal selber gelöst.

In der nächsten Unterrichtsstunde stellt sie die dabei entstandene Lampe samt Schaltung auf das Pult und erklärt ausführlich, wie sie dabei vorgegangen ist und worauf es bei der Entwicklung des Schaltungslayouts ankommt. Zur Orientierung lässt sie das Modell auf dem Pult stehen. Sie bittet die Lernenden daraufhin selbst eine Schaltung für eine dimmbare Lampe zu entwickeln. Die Schüler(innen) machen sich umgehend an die Arbeit.

Bewerten Sie den methodischen Umgang innerhalb der Konstruktionsaufgabe aus fachdidaktischer Sicht und begründen Sie Ihr Urteil. Nennen Sie ggf. Optimierungsmöglichkeiten für die methodische Auslegung aus fachdidaktischer Sicht.

*Nachdem Herr Meyer die Grundlagen zu Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen abgeschlossen hat, möchte er mit den Schülerinnen und Schülern eine LED-Lichterkette für die Sommerfeier herstellen.

Zur Erkundung des Verhaltens von LEDs in Reihen- und Parallelschaltung soll dazu ein technisches Experiment durchgeführt werden. Hierzu sollen verschiedene elektrische Größen gemessen sowie Vor- und Nachteile der jeweiligen Schaltung abgeleitet werden. Als Einstieg stellt Herr Meyer die Fragestellung: Welche Vor- und Nachteile hat die jeweilige Schaltungslogik für die Lichterkette? Herr Meyer hat die Versuchsanordnung schon vorbereitet, sodass die Schüler(innen) direkt mit dem Messen und Auswechseln der Lampen starten können.

Beurteilen Sie diese Herangehensweise für das technische Experiment aus fachdidaktischer Sicht und begründen Sie Ihr Urteil. Beschreiben Sie ggf. Optimierungsmöglichkeiten im methodischen Ablauf.

*In einer Unterrichtsstunde soll auf einer Lötaugenplatte eine Reihenschaltung aufgebaut werden. Zur Einführung hat der Lehrer eine kurze Instruktion zum Löten für die gesamte Klasse gegeben. Einige Schüler(innen) sind schon weit vorangeschritten und arbeiten ohne Mühe, während andere große Anstrengung zeigen. Alle Schüler(innen) arbeiten mit voller Motivation an ihrem Werkstück.

Max kommt nur langsam voran, da er die Bauteile aufgrund seiner zitterigen Hand nicht richtig auf der Lötaugenplatte fixieren kann. Der Lehrer lässt Max fortfahren, damit er selber feststellen kann, was er an seiner Handhabung verbessern kann. Max wird die Schaltung voraussichtlich nicht mehr wie alle Anderen in der Stunde fertigstellen.

Bewerten Sie die Reaktion des Lehrers in Bezug auf die Werkzeughandhabung und begründen Sie Ihre Bewertung. Beschreiben Sie ggf., ob man mit diesem aufgetretenen Problem ihrer Meinung nach anders umgehen kann.

*Herr Meyer hat sich für eine Fertigungsaufgabe die Gartenlampe mit Dämmerungsschaltung überlegt. Nachdem er die Phase der Ausführung der Fertigung mit der Klasse abgeschlossen hat, sagt Herr Meyer, dass die Schülerinnen und Schüler die Lampe mit nach Hause nehmen können und sie dort gerne testen dürfen, wenn sie Lust haben, für eine Funktionsprüfung ist keine Zeit mehr. In der nächsten Stunde wird dann die nächste Schaltung gelötet, da in der aktuellen Einheit bereits eine Stunde mehr als geplant aufgewendet wurde.

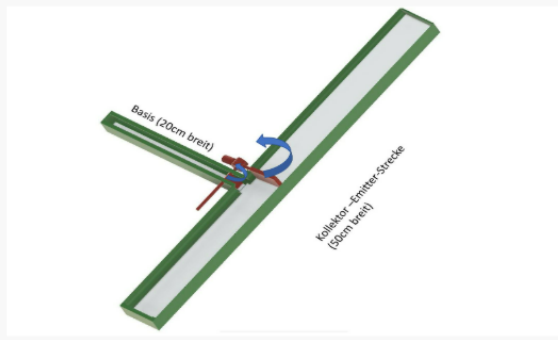
Beurteilen Sie die Umsetzung der Fertigungsaufgabe aus fachdidaktischer Sicht und begründen Sie Ihr Urteil.

*Herr Müller hat den Theorie und Praxisteil zu den elektrischen Stromkreisen abgeschlossen und möchte, dass die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen nun anwenden. Hierzu sollen die Schülerinnen und Schüler im Rahmen einer Reparaturaufgabe eine fehlerhafte Schaltung untersuchen und eine Fehleranalyse durchführen. Herr Müller teilt die defekten Schaltungen aus und gibt den Schülerinnen und Schülern einen Leitfaden zur Bearbeitung dazu. In diesem Leitfaden stehen genaue Messpunkte und eine Anleitung zum Austausch der defekten elektronischen Komponenten. Außerdem legt Herr Müller alle notwendigen Bauteile zur Reparatur vorne aus.

Beurteilen Sie die Durchführung der Reparaturaufgabe und begründen Sie Ihre Antwort!

Anhang

* Da seine Schülerinnen und Schüler Probleme damit haben, die Funktionsweisen des Transistors zu verstehen, hat Herr Müller das folgende Modell entwickelt, welches er herstellt und den Schülerinnen und Schülern zur Anschauung mitbringt. Über die Klappen, welche sich über den Mechanismus zusammen bewegen (siehe Pfeile) wird Wasser entweder durchgelassen oder eben nicht.

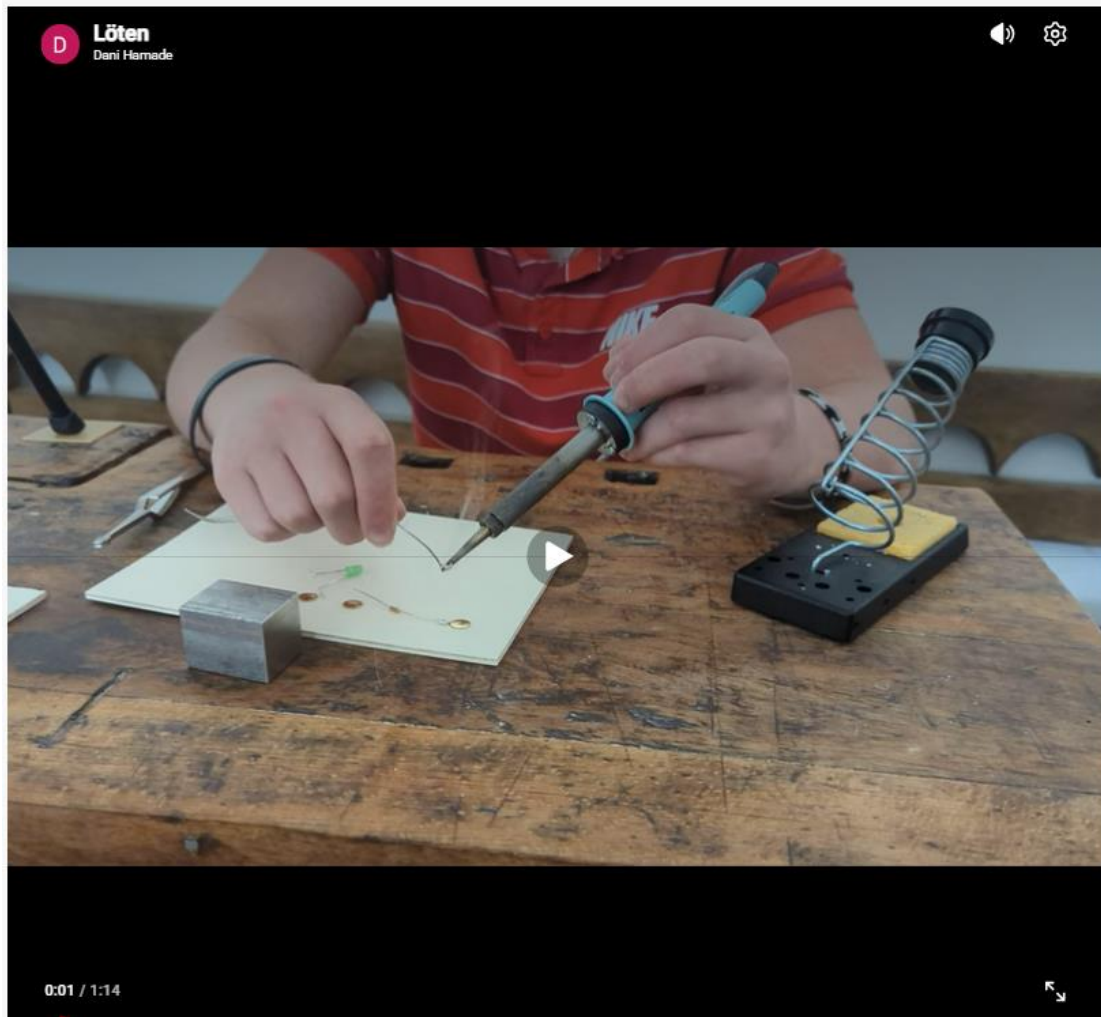


Beurteilen Sie die Auslegung des Modells im Hinblick auf die Zielstellung (welche Funktionen des Transistors ließen sich Ihrer Meinung nach gut bzw. weniger gut darstellen?) und begründen Sie Ihre Antwort. Beschreiben Sie wenn nötig alternative Auslegungsmöglichkeiten für das Modell.

* Nennen Sie die maximalen Spannungswerte für Gleich- und Wechselspannung, mit denen im Unterricht ohne erweiterte Maßnahmen (z.B. SELV, PELV) gearbeitet werden darf.

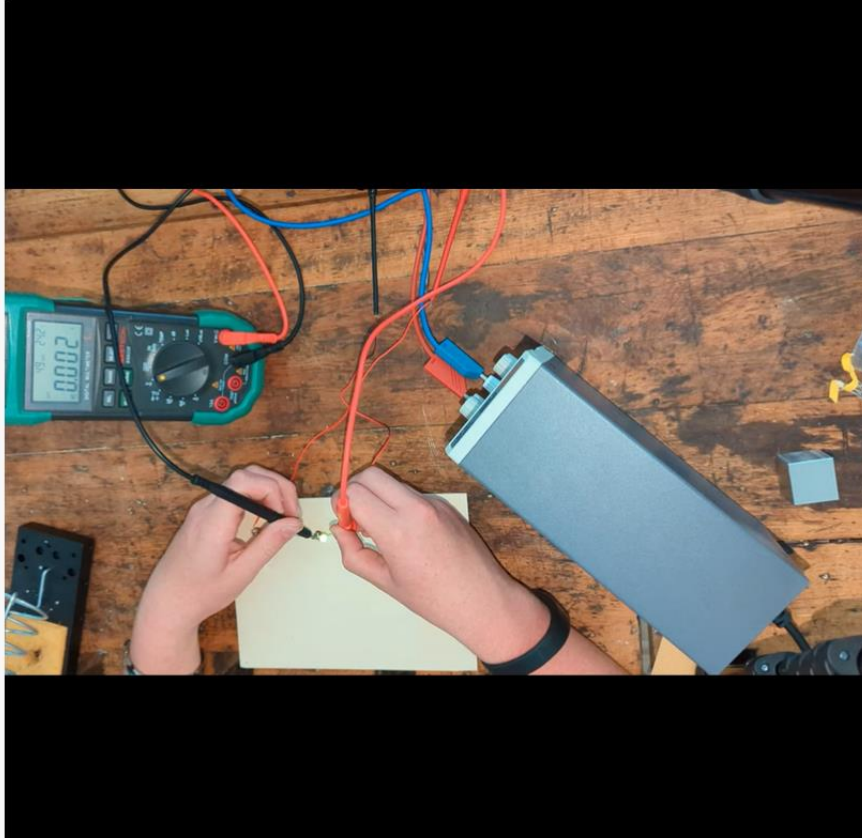
Anhang

*Schauen Sie sich den im Video ausgeführten Lötvorgang des Schülers an und beurteilen Sie anschließend die Ausführung.

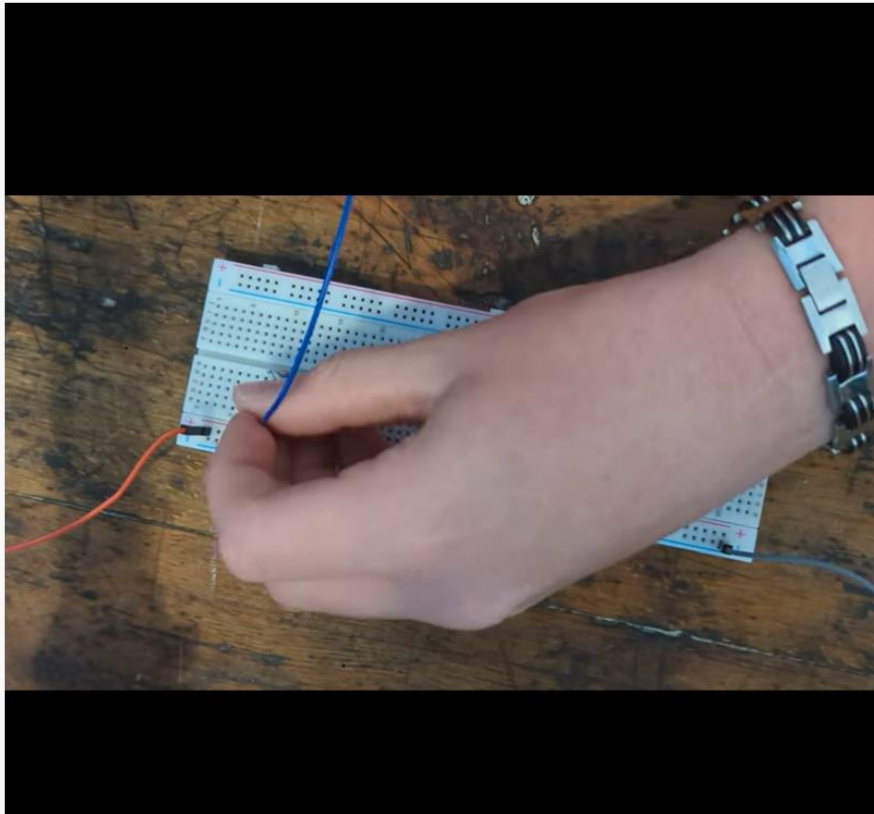


Anhang

Der Schüler hat im folgenden Video Probleme mit der Spannungsmessung. Beurteilen Sie seine Herangehensweise bei der Messung und beschreiben Sie Möglichkeiten zum Umgang mit diesem Problem.



Es soll eine Schaltung auf dem Steckbrett aufgebaut werden. Die Schaltung des Schülers im Video funktioniert nicht. Beurteilen Sie die Herangehensweise des Schülers beim Schaltungsaufbau.



Anhang

Für die Schaltung zur LED mit Vorwiderstand soll nun die Gesamtstromstärke gemessen werden, um die theoretischen Erwartungen mit den Realwerten abzugleichen. Obwohl die Schaltung mit seinem Messaufbau funktioniert, misst der Schüler im Video keinen angemessenen Wert. Beurteilen Sie die Herangehensweise des Schülers bei der Strommessung.



Fragen zum Fachwissen

* Bild a zeigt einen Widerstand in einer Schaltung. Jetzt wird, wie in Bild b dargestellt, ein zweiter Widerstand hinzugefügt. Wie verändert sich der Gesamtwiderstand durch das Hinzufügen des zweiten Widerstandes?

Bild a:

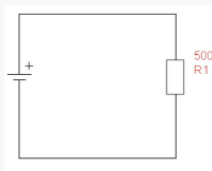
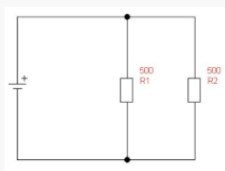


Bild b:

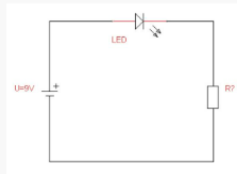


Wählen Sie alle zutreffenden Optionen

- ☐ Der Gesamtwiderstand wird durch die Parallelschaltung insgesamt höher.
- ☐ Der Widerstand halbiert sich.
- ☐ Der Gesamtwiderstand verdoppelt sich.
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

Anhang

* In der unten abgebildeten Schaltung soll eine Leuchtdiode (LED) betrieben werden. Die Stromstärke soll 20mA betragen und die Betriebsspannung der LED liegt bei $U=2V$. Kreuzen Sie an, wie man den Vorwiderstand für die LED korrekt berechnet.



Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- ☐ Da die LED eine Spannung von 2V hat und ein Strom von 20mA fließen soll, setze ich die beiden Werte in das ohmsche Gesetz ein und berechne den Widerstand R.
- ☐ Der Widerstand wird berechnet, indem man die Eingangsspannung von 9V nimmt und mit der gegebenen Stromstärke im ohmschen Gesetz einsetzt, um R zu ermitteln.
- ☐ Die Spannung der LED muss erst von der Eingangsspannung abgezogen werden. Anschließend teilt man diesen Wert durch die Stromstärke von 20mA und man erhält den korrekten Widerstand.
- ☐ Der Vorwiderstand sitzt an der falschen Position, er sollte vor der LED sitzen.
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

* Was ist die Bedingung dafür, dass bei einem NPN-Transistor ein Strom zwischen Kollektor und Emitter fließen kann.

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- ☐ Wenn zwischen Kollektor und Emitter des Transistors mindestens eine Spannung von 0,7V erreicht wird.
- ☐ Erst wenn zwischen Basis und Emitter ein Strom fließt, der groß genug ist, wird die Kollektor-Emitter-Strecke geöffnet.
- ☐ Es muss zunächst zwischen Basis und Kollektor ein Strom fließen.
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

* Woran macht man die Polarität bei einer Leuchtdiode am Bauteil selbst fest? Nennen Sie mindestens zwei Eigenschaften.

(Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie: "Keine Antwort" in das Feld).

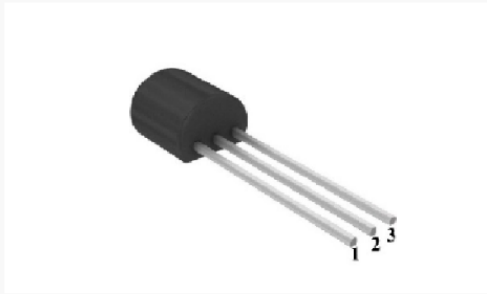
* Kreuzen Sie den korrekten Zusammenhang an, über welchen die elektrische Leistung berechnet werden kann.

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- ☐ $P=U \cdot R$
- ☐ $P=U \cdot I$
- ☐ $P=R \cdot I$
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

Anhang

Beschrifte die Anschlüsse des npn-Transistors:



1=

2=

3=

*Nennen Sie die zwei Hauptfunktionen eines Bipolartransistors.

[\(Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie: "Keine Antwort" in das Feld\).](#)

*Unten abgebildet ist ein Elektrolytkondensator. Nennen Sie mindestens zwei Eigenschaften, durch die man erkennen kann, wie ein solcher Kondensator einzubauen (bzw. einzulöten) ist (Polung).



[\(Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie: "Keine Antwort" in das Feld\).](#)

*Betrachtet wird eine normale Siliziumdiode mit einer p-Schicht und einer n-Schicht. Kreuzen Sie die Lösung an, die korrekt angibt, was mit dem Silizium gemacht wird, damit die Diode ihre Eigenschaft erhält.

[Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:](#)

- ☐ In die p-Schicht werden Fremdatome mit Elektronenüberschuss gegeben.
- ☐ Silizium selbst hat die Eigenschaft, daher muss nichts damit gemacht werden.
- ☐ Das Silizium wird mit verschiedenen Fremdatomen "verunreinigt". Es entsteht ein p-Leiter (Donor) und ein n-Leiter (Akzeptor).
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

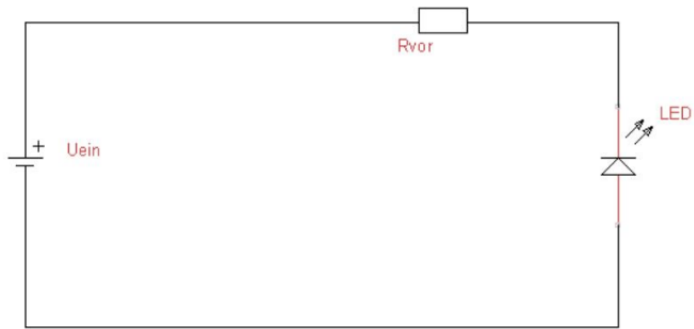
*Kreuzen Sie die korrekte Aussage in Bezug auf den Leitungswiderstand an!

[Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:](#)

- ☐ Der Widerstand eines Leiter hängt nicht vom Material, sondern nur von seinem Querschnitt ab.
- ☐ Der Leitungswiderstand ist proportional zur Querschnittsfläche.
- ☐ Leitungswiderstände zu bestimmen erfordert die Kenntnis über den spezifischen Widerstand des jeweiligen Materials.
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

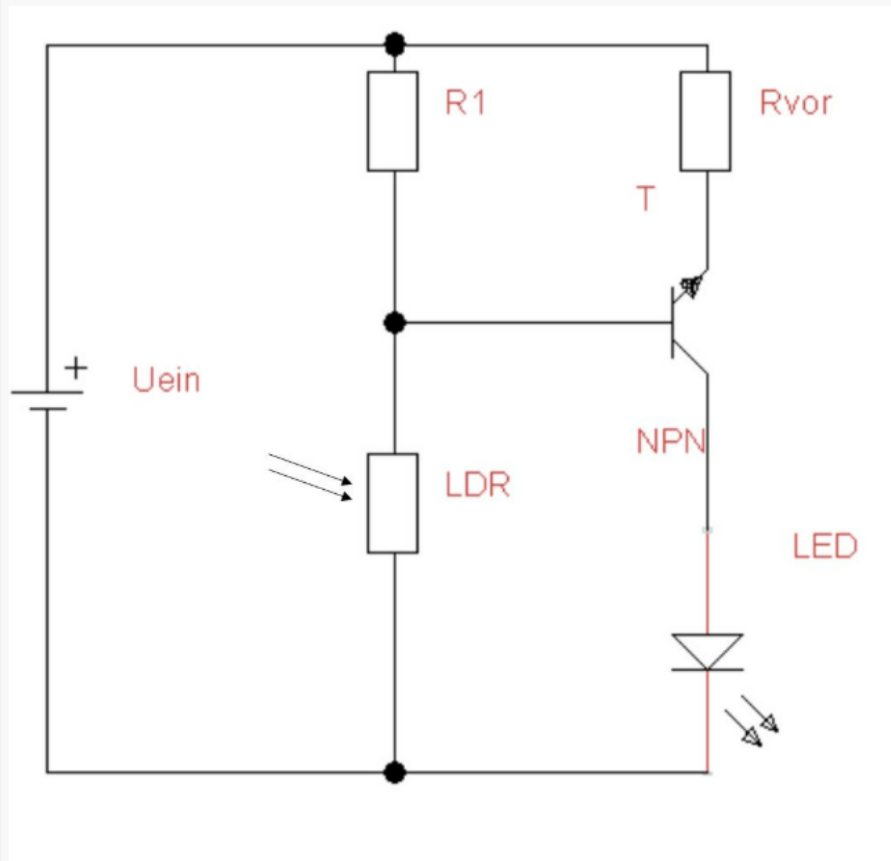
Anhang

*Betrachtet wird die unten abgebildete Schaltung. Nennen Sie den Grund, weshalb die Schaltung nicht funktionieren wird (alle Bauteilwerte sind korrekt).



• (Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie: "Keine Antwort" in das Feld).

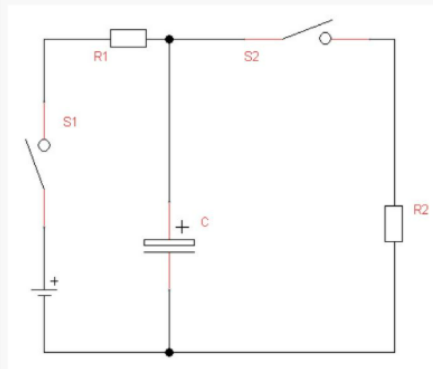
*Auch bei der hier im Bild vorliegenden Schaltung wurden alle Bauteile korrekt ausgewählt. Trotzdem funktioniert die Dämmerungsschaltung nicht. Nennen Sie den Grund, weshalb die Schaltung nicht funktioniert.



• (Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie: "Keine Antwort" in das Feld).

Anhang

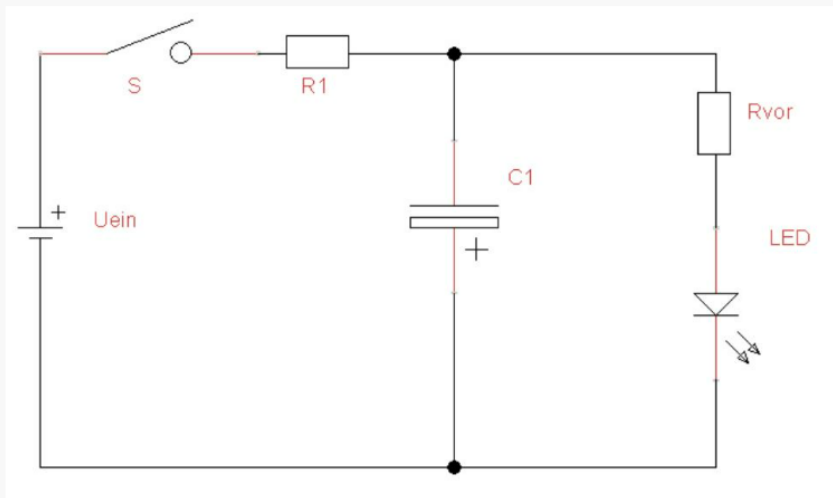
* In der unten abgebildeten Schaltung wird ein Kondensator durch das Betätigen von Schalter 1 über den Widerstand R1 aufgeladen. Sobald der Kondensator voll aufgeladen ist, wird Schalter 1 wieder geöffnet und dafür Schalter 2 geschlossen. Der Kondensator entlädt sich dann über den Widerstand R2. Kreuzen Sie den korrekten Ansatz an, mit dem sich die Entladezeit des Kondensators bestimmen lässt.



Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

- ☐ Man multipliziert den Wert von R1 mit der Kapazität des Kondensators.
- ☐ Man multipliziert R2 mit der Kapazität des Kondensators und erhält in etwa die Gesamtdauer des Entladevorgangs.
- ☐ Die Dauer des Entladevorgangs kann bestimmt werden, indem mal die Kapazität mit 5 multipliziert.
- ☐ Man erhält die Zeit, in der der Kondensator nahezu entladen ist, indem man R2 mit der Kapazität des Kondensators multipliziert und dann nochmal mit 5 multipliziert.
- ☐ Ich weiß die Antwort nicht.

* Eine Lampe soll nach dem Ausschalten noch etwas länger leuchten, weshalb überlegt wurde, einen Kondensator wie unten abgebildet in die Schaltung zu integrieren. Die Schaltung funktioniert allerdings nicht. Nennen Sie den Grund für die fehlende Funktion (alle Bauteile sind korrekt gewählt).



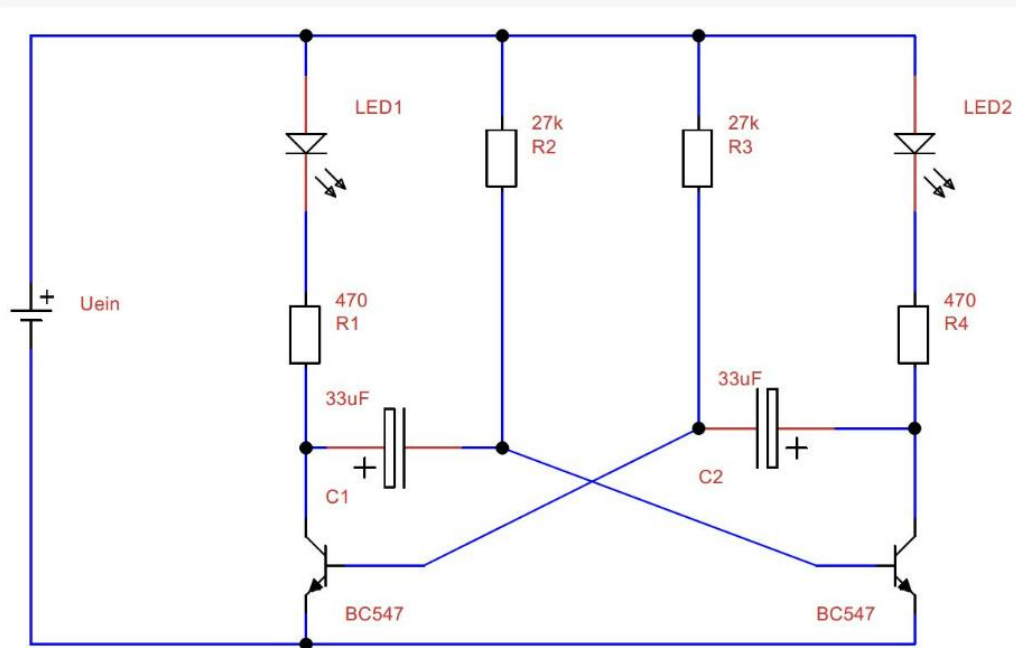
(Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie: "Keine Antwort" in das Feld).

* Wie kann man eine Diode durch Messen im Hinblick auf ihre ordnungsgemäße Funktion überprüfen?

(Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie rein: "Keine Antwort").

Anhang

* Welche Funktion hat die unten abgebildete Schaltung?



ⓘ (Falls Sie die Antwort nicht kennen, schreiben Sie: "Keine Antwort" in das Feld).

* Wann ist ein npn-Transistor defekt?

🔵 Wählen Sie alle zutreffenden Optionen

- ☐ Wenn der Transistor zwischen Basis und Emitter bei der Durchgangsmessung hochohmig ist.
- ☐ Wenn der Transistor zwischen Kollektor und Basis bei der Durchgangsmessung hochohmig ist.
- ☐ Wenn der Transistor zwischen Emitter und Basis bei der Durchgangsmessung hochohmig ist.
- ☐ Wenn der Transistor zwischen Basis und Emitter bei der Durchgangsmessung niederohmig ist.
- ☐ Wenn der Transistor zwischen Emitter und Basis bei der Durchgangsmessung niederohmig ist.

Teil F: Motivation und SWE

F1. Bitte nehmen Sie eine Einschätzung zu den unten angegebenen Aspekten vor.

	stimmt nicht	stimmt kaum	stimmt eher	stimmt genau
Ich kann die für den Fertigungsprozess von elektronischen Schaltungen notwendigen Werkzeuge fachgerecht wählen.	☐	☐	☐	☐
Ich kann sicher mit dem Lötkolben umgehen.	☐	☐	☐	☐
Schaltungen auf dem Steckbrett aufzubauen bereitet mir Probleme.	☐	☐	☐	☐
Das Messen elektrischer Größen (z.B. Strom und Spannung) mit dem Multimeter fällt mir leicht.	☐	☐	☐	☐
Das Berechnen elektrischer Größen fällt mir schwer.	☐	☐	☐	☐
Ich traue mir zu, Schaltungen auf der Lochrasterplatine zu designen und umzusetzen.	☐	☐	☐	☐
Ich kann Formeln anwenden, um elektrische Komponenten (z.B. Widerstände oder Kondensatoren) auszulegen.	☐	☐	☐	☐
Ich kann selbstständig Schaltpläne entwerfen.	☐	☐	☐	☐
In anderen Bereichen des Technikunterrichts (z.B. Holz- und Metalltechnik) fühle ich mich viel sicherer als bei elektrotechnischen Themen.	☐	☐	☐	☐
Das Messen elektrischer Größen fällt mir schwer.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir sicher, dass ich die Sicherheitsregeln im Zusammenhang zur Arbeit mit elektrischer Energie gut genug beherrsche.	☐	☐	☐	☐
Schaltpläne zu lesen bereitet mir keine Probleme.	☐	☐	☐	☐
Ich benötige viel mehr Praxiserfahrung, um mich im Experimentieren mit elektrischer Energie sicher zu fühlen.	☐	☐	☐	☐
Der Übertrag einer Schaltung vom Schaltplan in die Realität fällt mir schwer.	☐	☐	☐	☐

F2. Bitte nehmen Sie eine Einschätzung zu den unten angegebenen Aspekten vor.

	stimmt nicht	stimmt kaum	stimmt eher	stimmt genau
Ich bin mir sicher, dass ich praktische Tätigkeiten in der Elektrotechnik (z.B. das Löten) gut unterrichten kann.	☐	☐	☐	☐
Die Anwendung fachdidaktischer Methoden (z.B. Fertigungsaufgabe oder Konstruktionsaufgabe) auf die Elektrotechnik fällt mir leicht.	☐	☐	☐	☐



	stimmt nicht	stimmt kaum	stimmt eher	stimmt ganz
Ich kenne die Bedeutung des Messens elektrischer Größen für den Lernprozess.	☐	☐	☐	☐
Fachinhalte der Elektrotechnik didaktisch zu reduzieren bereitet mir keine Probleme.	☐	☐	☐	☐
Ich bin sicher darin, elektronische Schaltungen so auszulegen, dass diese im Unterricht eingesetzt werden können.	☐	☐	☐	☐
Ich kann passende Hilfsmittel bei Schwierigkeiten in der Praxis der Elektrotechnik (z.B. bei der Schaltungsfertigung) einsetzen.	☐	☐	☐	☐
Ich weiß, wie die korrekte Werkzeughandhabung für den Bereich der Elektrotechnik im Unterricht zu vermitteln ist.	☐	☐	☐	☐
Ich bin sicher darin, Fehler in Schaltungen zu identifizieren, sodass der Unterrichtsfluss dadurch nicht gestört wird.	☐	☐	☐	☐
Im Umgang mit Schülervorstellungen zu elektrotechnischen Themen bin ich sicher.	☐	☐	☐	☐

F3. Nehmen Sie bitte eine Einschätzung im Hinblick auf die unten genannten Aspekte vor.

	trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft teil- weise zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu
Ich begeistere mich für Themen der Elektrotechnik.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich finde besonders die praktischen Tätigkeiten in der Elektrotechnik spannend und möchte meine Fähigkeiten dahingehend unbedingt erweitern.	☐	☐	☐	☐	☐
Die anderen Bereiche des Technikunterrichts finde ich viel spannender als die Elektrotechnik.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich finde besonders die fachlichen Neuerungen im Zusammenhang zu Themen mit elektrotechnischem Bezug spannend.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Themen der Elektrotechnik bilden einen wichtigen Bestandteil unserer Lebenswelt.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich glaube, dass Jugendliche sich bei Themen der Elektrotechnik langweilen.	☐	☐	☐	☐	☐
Ich finde Elektrotechnik spannend und ich bin mir sicher, dass ich diese Begeisterung an Schüler*innen weitergeben kann.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Elektrotechnik hat keinen Bezug zu meiner Lebenswelt.	☐	☐	☐	☐	☐
Der Nutzen von den Schaltungen in der Elektrotechnik erschließt sich mir nicht.	☐	☐	☐	☐	☐
Die Elektrotechnik bildet einen wichtigen Bestandteil für weiterführende Themen des Technikunterrichts.	☐	☐	☐	☐	☐



F4.

Kreuzen Sie die zutreffenden Aussagen an, falls Sie an einem Lehr-Lern-Labor im Zusammenhang zu elektrotechnischen Themen teilgenommen haben.

Falls Sie kein Lehr-Lern-Labor in diesem Themenfeld mitgemacht haben, können Sie diesen Teil überspringen.

	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
Durch das Lehr-Lern-Labor kann ich besser einschätzen, was vom Umfang im Unterricht zur Elektrotechnik realistisch ist.	☐	☐	☐	☐
Die Inhalte für den Unterricht habe ich mir vorher viel komplexer vorgestellt, als es im Lehr-Lern-Labor war.	☐	☐	☐	☐
Das Lehr-Lern-Labor war sehr aufwendig.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir durch das Lehr-Lern-Labor sicherer in der Unterrichtsplanung.	☐	☐	☐	☐
Die praktischen Inhalte zu vermitteln hat mir genau so viel Spaß bereitet, wie die Vermittlung der Theorie.	☐	☐	☐	☐
Ich habe mir Unterricht zur Elektrotechnik vor dem Lehr-Lern-Labor schwieriger vorgestellt.	☐	☐	☐	☐
Im Lehr-Lern-Labor ist man in einem geschützten Raum, davon lässt sich kaum etwas auf die Realität in der Schule übertragen.	☐	☐	☐	☐
Im Lehr-Lern-Labor-Seminar wurde deutlich, wie wichtig die Inhalte aus der Theorie- und Praxisveranstaltung für das Unterrichten sind.	☐	☐	☐	☐
Das Lehr-Lern-Labor hat mir nicht weitergeholfen.	☐	☐	☐	☐
Ich hatte sehr viel Freude am Unterrichten.	☐	☐	☐	☐
Das Lehr-Lern-Labor hat mir gezeigt, dass ich auch komplexere Themen wie Elektrotechnik unterrichten kann.	☐	☐	☐	☐
Mir hat das Vermitteln praktischer Tätigkeiten mehr Freude bereitet als die Vermittlung der theoretischen Inhalte.	☐	☐	☐	☐
Ich bin durch das Lehr-Lern-Labor sicherer in der Anwendung fachdidaktischer Methoden geworden.	☐	☐	☐	☐

F5. Falls Sie bereits an einem Lehr-Lern-Labor teilgenommen haben, würde ich mich darüber freuen, wenn Sie hier kurz beschreiben, inwiefern Sie denken, dass die Lehr-Lern-Labore sinnvoll für Sie waren und was Sie ggf. nicht so gut daran fanden.

9.2 Kodiermanual / Bewertungsmatrix zum fachdidaktischen Wissen auf Grundlage der Expertenurteile

Item	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	Expertenanker
FDW01 Schülervorstellung Stromverbrauch	– Keine Antwort, fachlich falsche Antwort oder bloße Wiederholung der Schülervorstellung ohne didaktischen Umgang.	Allgemeine Thematisierung der Vorstellung oder unspezifische Erklärung, dass Strom „nicht verbraucht“ wird; Messung/Unterrichtshandlung bleibt vage.	Konkrete, praxisorientierte Herangehensweise, die die Schülervorstellung diagnostisch aufgreift und fachlich klärt, z. B. durch Messung vor und nach dem Verbraucher sowie anschließende Auswertung.	Kognitiver Konflikt; Stromstärke vor und nach Verbraucher/Widerstand bzw. Glühlampe messen; einfacher Stromkreis mit Batterie, Lampe, Schalter und Amperemeter; Strom bleibt erhalten, Energie wird umgewandelt; ggf. Spannung/Strom vergleichen; Energiegesetz erläutern; Analogie „Kugeln in einer Bahn“.
FDW02 Konstruktionsaufgabe e dimmbare Lampe	– Keine fachdidaktische Bewertung oder reine Zustimmung/Ablehnung ohne Bezug zur Konstruktionsaufgabe.	Erkennt einzelne Probleme, etwa dass das Beispiel zum Nachbauen verleitet, begründet dies aber nur oberflächlich oder ohne konkrete Optimierung.	Explizite fachdidaktische Bewertung mit Begründung: zu viele Vorgaben bzw. Vorwegnahme der Lösung reduzieren Freiheitsgrade und Problemorientierung; dazu konkrete Optimierung.	Gefahr des Nachbaus; eher Fertigungs- als Konstruktionsaufgabe, wenn Schaltung/Layout/Lampe sichtbar oder detailliert erklärt werden; Lehrkraft darf eigene Lösung zur Antizipation von Fehlern entwickeln, sollte sie aber nicht als Lösung vorgeben; Funktionen einzelner Bauteile statt Leiterbahnen erklären; Schaltung/Layout durch Lernende entwickeln lassen; Simulation/Tinkercad als Zwischenschritt; Materialien/Informationskarten zur Differenzierung.

Anhang

Item	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	Expertenanker
FDW03 – Technisches Experiment LED-Lichterkette	Keine Bewertung der experimentellen Anlage oder reine Beschreibung der Situation.	Teilweise Kritik, z. B. dass der Aufbau vorbereitet ist, jedoch ohne klare Begründung mit Blick auf Experimentierlogik oder Lernprozess.	Fachdidaktisch begründete Bewertung: zentrale Phasen des technischen Experiments dürfen nicht vorweggenommen werden; Lernende sollen Vermutungen entwickeln, Versuche planen/aufbauen, messen und auswerten.	Versuchsanordnung von den Schüler:innen selbst aufbauen lassen; Hypothesen aufstellen; Reihen-, Parallel- und ggf. gemischte Schaltungen untersuchen; Messwerte vergleichen; Vorwissen zu Reihen-/Parallelschaltung klären; Fragestellung ggf. vereinfachen; 5-V-Frage als Differenzierung; Tippkarten statt fertigem Aufbau.
FDW04 – Werkzeughandhabung beim Löten: zittrige Hand	Keine Bewertung oder Aussage, Max solle einfach fortfahren, ohne Unterstützungsbedarf zu erkennen.	Erkennt Unterstützungsbedarf, nennt aber nur allgemeine Hilfe oder unspezifische Hinweise.	Bewertet die Reaktion als unangemessen bzw. unzureichend und nennt konkrete adaptive Unterstützung für die fachpraktische Handlung.	Lehrkraft sollte schneller eingreifen; Instruktion, Vormachen, gemeinsames Finden einer Lösung; Hilfsmittel wie dritte Hand/helfende Hand, Klemmpinzette, Biegehilfe, Lötlgewicht, Handballen ablegen; Förderung und Differenzierung bei heterogener Lerngruppe; ggf. größere Schaltung oder Steckmodule.

Anhang

Item	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	Expertenanker
FDW05 – Lötstellen beurteilen	Keine fachliche Einschätzung der Lötstellen oder fachlich falsche Diagnose.	Erkennt, dass die Lötstellen nicht gelungen sind, benennt aber Ursache oder Instruktion nur allgemein.	Fachlich präzise Diagnose der fehlerhaften Löttechnik mit konkreter Instruktion zur Verbesserung.	Lötstellen schlecht/als Zinnhaufen; „Tupfen“ bzw. Zinn zuerst auf den LötKolben; Löttauge/Bauteile nicht ausreichend erhitzt; alle zu verbindenden Teile erwärmen; ggf. verzinnen und erneut erhitzen; Lötvorgang visualisieren; Schüler kann Lötstellen anhand von Kriterien selbst analysieren.
FDW06 – Messfehler: 0 V trotz funktionierender Schaltung	Keine oder falsche Erklärung des Messfehlers.	Erkennt eine falsche Multimetereinstellung oder allgemeinen Bedienfehler, erklärt dies aber nicht weiter oder ohne Unterrichtsreaktion.	Korrekte fachliche Diagnose des Messfehlers und konkrete didaktische Reaktion zur Klärung von Messbereich und Grundbegriffen.	Messung im AC- statt DC-Bereich; Unterschied zwischen Gleichspannung und Wechselspannung klären; richtige Multimetereinstellung thematisieren; Umgang mit dem Messgerät einüben; ggf. Oszilloskop zur Veranschaulichung; Selbstkontrollkarte/Abbildung der relevanten Einstellung.
FDW10 – Fertigungsaufgabe Gartenlampe: fehlende Testphase	Keine fachdidaktische Bewertung oder Akzeptanz der Mitnahme ohne Funktionsprüfung.	Erkennt, dass eine Prüfung sinnvoll wäre, begründet aber kaum fachdidaktisch.	Bewertet das Auslassen der Test-/Bewertungsphase als zentralen fachdidaktischen Mangel und begründet die Notwendigkeit der Funktionsprüfung.	Testphase/Bewertung der Fertigung darf nicht fehlen; Lampe in der Schule bzw. im Klassenverbund prüfen; nur funktionstüchtige Werkstücke mitnehmen lassen; Ergebnisse ggf. in Folgestunde thematisieren; ohne Bewertung/Funktionsprüfung wird das Projekt nicht sinnvoll abgeschlossen; Frustration bei nicht funktionierender Lampe vermeiden.

Anhang

Item	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	Expertenanker
FDW12 – Technisches Experiment Kondensator/Standlicht	Keine Bewertung oder Zustimmung zum Austeilen der passenden Kondensatoren ohne Bezug zum Experiment.	Teilweise Kritik an der Lösungsvorgabe, aber ohne Bezug auf Messauswertung, Hypothesenprüfung oder Urteilsbildung.	Explizite fachdidaktische Bewertung: Das Austeilen der passenden Kondensatoren entwertet die experimentelle Erkenntnisphase; Lernende müssen Messergebnisse vergleichen und selbst begründet entscheiden.	Vorgegebene Lösung zerstört das Experiment bzw. nimmt ein wichtiges Lernmoment; Messergebnisse müssen verglichen und interpretiert werden; Schüler:innen sollen eigenständig auf den geeigneten Kondensator kommen; Versuchsaufbau ggf. gemeinsam planen; hohe kognitive Anforderung kann durch Strukturierung/Tippkarten unterstützt werden, ohne das Ergebnis vorzugeben.
FDW14 – Konstruktionsaufgabe kompakte Taschenlampe	Keine fachdidaktische Bewertung oder reine Wiederholung der Problemstellung.	Erkennt einzelne Vorgaben als problematisch, bleibt aber ohne klare Abgrenzung von Konstruktion und Fertigung.	Begründete Bewertung: Durch Schaltplan, Beispiellayout und vollständige Materialvorgabe wird die Konstruktion stark eingeschränkt bzw. zur Fertigung reduziert; konkrete Reduktion der Lösungsvorgabe wird vorgeschlagen.	Zu viel vorgegeben; eher Fertigungs- als Konstruktionsaufgabe; „möglichst kompakt“ präzisieren; Informationsmaterialien/Regeln zur Konstruktion statt Schaltplan/Beispiellayout; Materialangebot ggf. differenziert oder mit überzähligen Bauteilen; entdeckendes bzw. problemorientiertes Arbeiten ermöglichen.
FDW15 – Reparaturaufgabe / Fehleranalyse	Keine Bewertung oder Gleichsetzung von Austausch nach Anleitung mit Reparatur-/Fehleranalyse.	Erkennt Übersteuerung durch Leitfaden, bleibt aber ohne klare Begründung oder Alternative.	Bewertet die Durchführung differenziert: genaue Messpunkte und Austauschanleitung reduzieren die Reparaturaufgabe zu einer Austauschaufgabe; die eigene Fehlerdiagnose und Anwendung des Wissens müssen erhalten bleiben.	Eher Austausch-/Fließbandaufgabe als Reparaturaufgabe; Lernende werden direkt zum Defekt geführt; geringe kognitive Anforderung; Wissen wird kaum angewandt; Leitfaden sollte Strategie statt Lösung vorgeben; Tippkarten, Kontrollstationen oder gestufte Hilfen statt genauer Messpunkte/Austauschanleitung.

Anhang

Item	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	Expertenanker
FDW16 – Produktanalyse Taschenlampe im demontierten Zustand	Keine Bewertung oder keine Berücksichtigung der Methode Produktanalyse.	Erkennt, dass Demontage relevant ist, begründet aber nur knapp oder ohne didaktische Konsequenz.	Begründete Bewertung: Die Übergabe im demontierten Zustand nimmt der Produktanalyse eine zentrale Phase; Funktion, Aufbau und Demontage sollten von den Lernenden selbst untersucht werden.	Demontage ist wichtiger Bestandteil der Produktanalyse; Funktion des Produkts kann im demontierten Zustand nicht bzw. schlechter geprüft werden; Lernende sollten Taschenlampe selbst demontieren; ggf. zuerst Funktion prüfen, dann Aufbau und Komponenten analysieren; Tippkarten als Impulse zur Herangehensweise.
FDW17 – Modell zur Funktionsweise des Transistors	Keine Bewertung des Modells oder fachlich falsche Erklärung des Transistors.	Benennung einzelner Stärken oder Grenzen, ohne diese auf Modellfunktion und Lernziel zu beziehen.	Differenzierte Modellkritik mit Bezug auf Zielstellung: Welche Funktion lässt sich darstellen, welche Aspekte bleiben verzerrt oder fehlen?	Gut darstellbar: Grundfunktion des Schaltens, Basisstrom und Zusammenhang zur Schaltfunktion; Wasser/Fluss kann anschaulich sein. Grenzen: NPN/PNP nicht vollständig abgebildet, kein echter Stromfluss, Verstärkung/Verstärkungsfaktor und Proportionen des Basis- zum Kollektorstrom problematisch; Modellgrenzen explizit thematisieren.
FDW19 – Videovignette Lötvorgang: Unterstützungsbedarf	Keine Diagnose des Lötfehlers oder keine Aussage zum Unterstützungsbedarf.	Erkennt Hilfebedarf oder „falsches Löten“, bleibt aber ohne präzise fachpraktische Instruktion.	Präzise Diagnose des fehlerhaften Lötvorgangs und konkrete Unterstützung im Sinne fachpraktischer Handlungsanleitung.	Schüler braucht Hilfe; klassisches Tupfen/Erhitzen des Zinns auf der Lötspitze; Bauteile korrekt positionieren; beide Komponenten verzinnen bzw. richtig erhitzen; Helping Hand/Block zum Beschweren nutzen; spätestens beim Umkippen der LED intervenieren; Leitfähigkeit/Flussmittel/Lötvorgang thematisieren.

Anhang

Item	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	Expertenanker
FDW20 – Steckbrettschaltung beurteilen	Kein oder falsches Erkennen des Schaltungsfehlers.	Erkennt einen Fehler, z. B. falsche Polung oder falsche Reihe, erklärt ihn aber unvollständig.	Korrekte Diagnose der Steckbrettfehler mit fachlicher Begründung und ggf. didaktischer Konsequenz.	Beide Leitungen im Plusbereich; LED in falscher Reihe bzw. nicht im richtigen Knotenpunkt; evtl. LED in Sperrichtung/falsch herum; dadurch kein Stromfluss; Spannungsquelle erst nach Aufbau anschließen; Polung der LED und Belegung/Leiterbahnen des Steckbretts thematisieren; Lernende ggf. selbst Fehleranalyse durchführen lassen.

9.3 Interviewleitfäden

9.3.1 Leitfäden Elektrotechnik

Leitfaden für Studierende mit LLL:

Leitfrage (Erzählaufforderung) Leitfaden mit LLL Personal Code mit aufschreiben!!!	Check – wurde das erwähnt? Memo für mögliche Nachfragen- nur stellen, wenn von allein nicht angesprochen! Formulierung anpassen.	Konkrete Fragen – bitte an passender Stelle (auch am Ende möglich) in dieser Formulierung stellen.	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen
Teil 1: Elektrotechnik allgemein Ich möchte zu Beginn erstmal ganz allgemein über deinen Eindruck zur Elektrotechnik-Veranstaltung sprechen. Später kommen wir dann auch nochmal auf das LLL zu sprechen. <i>Kannst du mir erzählen, wie dein Gesamteindruck im Hinblick auf die Elektrotechnik Veranstaltungen zur Theorie und zur Praxis ist?</i>	- Bedeutung im Hinblick auf die Lebenswelt der SuS? - Fachlicher Anteil: Berechnung? - Praktischer Anteil: Löten und Messen? Steckbrett, Platine? - Vergleich zu Holz und Metall? - Elektrotechnik als Voraussetzung für die Aufbaumodule?	• Welche Bedeutung würdest du der Elektrotechnik insgesamt zuschreiben (wieso ist E-Technik wichtig)? • Gibt es etwas, was dir in der Elektrotechnik schwergefallen ist? • Wenn du mal an das praktische Arbeiten im E-Labor zurückdenkst, siehst du dort Schwierigkeiten? • Wenn du die Elektrotechnik mit anderen Bereichen aus dem Studium vergleichst, welche Unterschiede gibt es in deinen Augen? • Was denkst du, welche Bedeutung könnte die Elektrotechnik für deinen weiteren Studienverlauf haben?	- Kannst du dazu noch mehr erzählen? - Und dann? - Kannst du ... noch ausführlicher beschreiben?

		Ihr durftet ja am Ende wählen zwischen der klassischen Prüfung und der Teilnahme am LLL. Erzähl doch mal bitte, wieso du dich für das LLL entschieden hast.	
Teil 2: Theorie <i>Betrachten wir jetzt einmal den Theorieteil aus der Elektrotechnik, was denkst du ist davon für deine spätere Berufspraxis von Bedeutung?</i>	- Heranziehen von Fachwissen zur Unterrichtsplanung - Fachwissen ist wichtig für didaktische Reduktion?	- Welche Bedeutung hat der fachwissenschaftliche Anteil in deinen Augen für die spätere Unterrichtspraxis? - Beschreibe doch mal, ob es z.B. Herausforderungen geben könnte, mit denen man als Lehrkraft konfrontiert ist, wenn man den Fachinhalt für den Unterricht verwenden will.	
Teil 3: Praxis <i>Neben der Theorie gab es die Praxisveranstaltungen. Beschreibe doch mal, was du davon für deine spätere Berufspraxis von Bedeutung hältst.</i>	- Sichtbarmachung elektrischer Größen - Werkzeughandhabung - Unterstützungsmaterial (Helfende Hände etc.).	- Welche Bedeutung kommt der Messung elektrischer Größen im Hinblick auf die Schulpraxis zu? - Wie sicher fühlst du dich beispielsweise das Löten als praktischen Vorgang unterrichten zu können? - Beschreibe doch mal, ob es Materialien gibt, die du als besonders hilfreich empfunden hast und inwiefern du diese in deinem späteren Unterricht einsetzen würdest. - Gibt es etwas aus dem Praxisteil, was du nicht übernehmen würdest?	
Teil 4: Lehr-Lern-Labor <i>Wo siehst du durch das LLL in der Elektrotechnik persönliche Entwicklungsfortschritte?</i>	- Anwendung von Fachwissen - Anwendung von Methoden - Struktur von Unterricht - Umgang mit Schwierigkeiten in der Praxis?	Wenn du jetzt nochmal zurückdenkst an die Zeit vor dem LLL, wie sicher warst du dir in Bezug auf die Planung und	

		Durchführung von Unterricht generell? • Siehst du durch das LLL persönliche Entwicklungsfortschritte in Bezug auf dein Fachwissen in der Elektrotechnik? • Wo siehst du persönliche Entwicklungsfortschritte in Bezug auf dein fachdidaktisches Wissen? • Inwieweit fühlst du dich durch das LLL im Falle von auftretenden Schwierigkeiten im Unterricht vorbereitet? • Gibt es etwas, das du dir durch das LLL in der Elektrotechnik jetzt eher zutrauen würdest, wo du vorher dachtest, dass es zu schwer ist?	
Teil 5: Unterrichtsplanung und Durchführung <i>Kannst du mir im Hinblick auf deine Erfahrungen im LLL sagen, was in der Unterrichtsplanung für die Elektrotechnik unbedingt beachtet werden muss?</i>	- Gruppendynamik in der Unterrichtsplanung - Methoden, Medien - Didaktische Reduktion des Inhalts - Schülervorstellungen/Vorwissen	• Wie seid ihr bei der Planung des Unterrichts vorgegangen? • Inwiefern wurden didaktische Aspekte bei der Planung berücksichtigt (welche Methoden, Medien und warum)? • Welche Rolle spielte der fachliche Inhalt für die Unterrichtsplanung? • Wie seid ihr vorgegangen, um den fachlichen Inhalt für die Stunde vorzubereiten? • Welche Schwierigkeiten können deiner Meinung nach auftreten, wenn man Elektrotechnik unterrichtet und wie kann man	

		diese in der Planung berücksichtigen? • Welche Strategien könnten deiner Meinung nach dazu beitragen, das Interesse von SuS an der E-Technik zu wecken bzw. zu fördern? • Gibt es etwas, das du anders machen würdest, wenn es nochmal die Möglichkeit eines LLL gibt (z.B. in Bezug auf die Methodik)?	
Teil 6: Herausforderungen und Umgang damit Gibt es spezifische Herausforderungen, die du sehen würdest, wenn du Elektrotechnik unterrichten müsstest?	- Medieneinsatz (z.B. Tinkercad)	• Welche Ressourcen bzw. Unterstützungsmöglichkeiten würdest du heranziehen, um diese Herausforderungen anzugehen?	
Teil 8: Abschluss <i>Zum Abschluss möchte ich noch ein paar kurze Fragen stellen, zuerst möchte ich wissen, ob dir in Bezug auf das LLL irgendetwas in der Veranstaltung zur Vorbereitung gefehlt hat?</i>		<i>Haben wir in Bezug auf das LLL noch etwas vergessen, dass du noch ansprechen möchtest?</i> <i>Gibt es noch etwas, was du unbedingt in Bezug auf die Elektrotechnik im Allgemeinen loswerden möchtest?</i> <i>Ansonsten bedanke ich mich für deine Zeit!</i>	

Leitfaden für Studierende ohne LLL:

Leitfrage (Erzählaufforderung)	Check – wurde das erwähnt? Memo für mögliche Nachfragen- nur stellen, wenn von allein nicht angesprochen! Formulierung anpassen.	Konkrete Fragen – bitte an passender Stelle (auch am Ende möglich) in dieser Formulierung stellen.	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen
Teil 1: Elektrotechnik allgemein Ich möchte zu Beginn erstmal ganz allgemein über deine Eindrücke zur Elektrotechnik-Veranstaltung sprechen. Kannst du mir erzählen, wie dein Gesamteindruck im Hinblick auf die Elektrotechnik Veranstaltungen zur Theorie und zur Praxis ist?	- Bedeutung im Hinblick auf die Lebenswelt der SuS? - Fachlicher Anteil: Berechnung? - Praktischer Anteil: Löten und Messen? Steckbrett, Platine? - Vergleich zu Holz und Metall? - Elektrotechnik als Voraussetzung für die Aufbaumodule?	• Welche Bedeutung würdest du der Elektrotechnik insgesamt zuschreiben? • Gibt es etwas, was dir in der Elektrotechnik schwergefallen ist? • Wenn du mal an das praktische Arbeiten im E-Labor zurückdenkst, siehst du dort Schwierigkeiten? • Wenn du die Elektrotechnik mit anderen Bereichen aus dem Studium vergleichst, welche Unterschiede gibt es in deinen Augen? • Was denkst du, welche Bedeutung könnte die Elektrotechnik für deinen weiteren Studienverlauf haben? • Ihr durftet ja zwischen LLL und klassischen Prüfungen wählen, magst du mir einmal beschreiben, warum du diese Entscheidung getroffen hast?	- Kannst du dazu noch mehr erzählen? - Und dann? - Kannst du ... noch ausführlicher beschreiben?

Teil 2: Theorie <i>Betrachten wir jetzt einmal den Theorieteil aus der Elektrotechnik, was denkst du ist davon für deine spätere Berufspraxis von Bedeutung?</i>	- Heranziehen von Fachwissen zur Unterrichtsplanung - Fachwissen ist wichtig für didaktische Reduktion?	• Welche Bedeutung hat der fachwissenschaftliche Anteil in deinen Augen für die spätere Unterrichtspraxis? • Beschreibe doch mal, ob es z.B. Herausforderungen geben könnte, mit denen man als Lehrkraft konfrontiert ist, wenn man den Fachinhalt für den Unterricht verwenden will.	-
Teil 3: Praxis <i>Neben der Theorie gab es die Praxisveranstaltungen. Beschreibe doch mal, was du davon für deine spätere Berufspraxis von Bedeutung hältst.</i>	- Sichtbarmachung elektrischer Größen (z.B. Schülervorstellungen) - Werkzeughandhabung und Sicherheit - Unterstützungsmaterial (Helfende Hände etc.).	• Welche Bedeutung kommt der Messung elektrischer Größen im Hinblick auf die Schulpraxis zu? • Wie sicher fühlst du dich beispielsweise das Löten unterrichten zu können? • Beschreibe doch mal, welche Materialien du als besonders hilfreich empfunden hast und inwiefern du diese in deinem späteren Unterricht einsetzen würdest.	-
Teil 4: Elektrotechnik und Unterricht Jetzt soll es darum gehen, inwiefern du denkst, dass du die Inhalte in der Elektrotechnik in Unterrichtssituationen umsetzen kannst. <i>Magst du mir vielleicht erstmal erzählen, was in deinen Augen für die Vorbereitung von Unterricht in der Elektrotechnik wichtig ist?</i>	- Anwendung von Fachwissen - Anwendung von Methoden - Struktur von Unterricht - Umgang mit Schwierigkeiten in der Praxis?	• Was ist aus didaktischer Sicht in deinen Augen zu berücksichtigen, wenn man Elektrotechnik unterrichten möchte? • Wo könnten deiner Meinung nach Schwierigkeiten auftreten, wenn man Unterricht in der Elektrotechnik durchführt? • Gäbe es Bereiche aus der Elektrotechnik, die du tendenziell für den Unterricht eher meiden würdest? • Welche Strategien könnten deiner Meinung nach dazu beitragen, das Interesse von SuS an der E-Technik zu wecken bzw. zu fördern?	

Teil 5: Herausforderungen und Umgang damit <i>Gibt es spezifische Herausforderungen, die du sehen würdest, wenn du Elektrotechnik unterrichten müsstest?</i>	- Einsatz von Medien (Tinkercad etc.)	- Welche Ressourcen bzw. Unterstützungsmöglichkeiten würdest du heranziehen, um diese Herausforderungen anzugehen?	
--	---------------------------------------	--	--

9.3.2 Leitfaden BNE

Leitfrage (Erzählaufforderung)	Check – wurde das erwähnt? Memo für mögliche Nachfragen- nur stellen, wenn von allein nicht angesprochen! Formulierung anpassen.	Konkrete Fragen – bitte an passender Stelle (auch am Ende möglich) in dieser Formulierung stellen.	Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen
Teil 1: Verständnis BNE <i>Kannst du mir zu Beginn einmal beschreiben, was du unter dem Begriff BNE verstehst?</i>	Verständnis BNE: - Ökonomie, Ökologie soziales Ziele BNE - Gestaltungskompetenzen - Fähigkeit, Wissen über NE anwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können.	• Welche Ziele verfolgt eine BNE in deinen Augen? • Was sollten Schülerinnen und Schüler für Kompetenzen im Sinne einer BNE anbahnen? • Welche praktischen Erfahrungen hast du schon mit BNE sammeln können? • BNE ist ja eine Aufgabe für alle Fächer geworden und soll umgesetzt werden. Was kann man mit BNE als Konzept deiner Meinung nach mit SuS erreichen? • Inwiefern hast du dich im Studium bereits mit BNE auseinandergesetzt?	- Kannst du dazu noch mehr erzählen? - Und dann? - Kannst du ... noch ausführlicher beschreiben?

Teil 2: BNE Bedeutung <i>Welche Bedeutung hat die BNE deiner Meinung nach im Hinblick auf die Zukunft der SuS?</i>	• Intra- und intergenerationelle Gerechtigkeit. • Fridays for future / letzte Generation	• Inwiefern ist es möglich, BNE in einen Lebensweltbezug der SuS zu setzen? • Wie denkst du, reagieren SuS auf Themen, die im Zusammenhang zu NE stehen?	
Teil 3: NE und Technik <i>Inwiefern denkst du, gibt es einen Zusammenhang zwischen einer nachhaltigen Entwicklung und Technik?</i>	• Energiesektor (regenerative Energien) • Verkehrssektor (E-Mobilität?) • Versorgungssektor (Wasserver- und entsorgung) • Produktionssektor	• Inwiefern beeinflusst Technik eine nachhaltige Entwicklung? • Welche technischen Bereiche sind für den Bereich NE relevant? • Gibt es Technik, die eher zu Problemen nicht NE beiträgt? • Gibt es Technik, die gezielt dazu eingesetzt wird, zu einer NE beizutragen? Für die, die nicht am Seminar teilgenommen haben: • Nehmen wir mal das Beispiel des Wasserkreislaufs an, wie denkst du hängt dies mit Technik und NE zusammen?	
Teil 4: BNE im Technikunterricht Gibt es Aspekte, die man bei der unterrichtlichen Umsetzung von BNE beachten sollte?	- Methoden außerhalb der fachdidaktischen Methoden (Planspiel etc.) - Technisches Experiment, Konstruktion, Fertigung im Kontext NE. - Interdisziplinarität (wo kann man sich Unterstützung holen	• Kannst du mir beschreiben, inwiefern sich BNE deiner Meinung nach im TU umsetzen lässt? • Gibt es methodische Aspekte, die berücksichtigt werden sollten, wenn man BNE Themen umsetzt? • Wie kann das Nachhaltigkeitsdreieck (also die Aspekte Ökonomie, Ökologie	-

	bzw. welche Kooperationen sind sinnvoll?)	und Soziales) im Kontext des TUs umgesetzt werden? • Kannst du mir an einem Beispiel beschreiben, wie sich eine Methode aus der Fachdidaktik in einem BNE Kontext umsetzen ließe? • Gibt es etwas, das auf inhaltlicher Ebene berücksichtigt werden sollte?	
Teil 5: BNE und Anforderungen an Lehrkräfte <i>Magst du mir vielleicht erzählen, ob sich die Anforderungen an Lehrkräfte deiner Meinung nach erhöhen, wenn sie BNE umsetzen.</i>	- Unterrichtsplanung - Interdisziplinarität (Einbezug verschiedener Disziplinen, ASL) - Material	- Gibt es im Zusammenhang zur Unterrichtsplanung Dinge, bei denen du sagen würdest, dass durch die BNE ein Mehraufwand anfällt? - Wie schaut es mit der Unterrichtsdurchführung aus?	
Teil 6: BNE Herausforderungen (SWE) <i>Siehst du für dich persönlich Herausforderungen, in der Umsetzung von BNE?</i>	- Sicherheit in der Anwendung des Nachhaltigkeitsdreiecks - Themenfindung - Interdisziplinarität	- Gibt es aus fachlicher Sicht Dinge, die für dich noch wichtig wären, um erfolgreich BNE implementieren zu können? - Gibt es Inhalte, die dir in Bezug auf BNE im Studium fehlen, sodass du dich sicherer in der Umsetzung fühlen würdest?	
Teil 7: Abschluss Wir sind nun am Ende des Interviews angekommen, gibt es noch etwas, das du im Zusammenhang zur Thematik BNE gerne loswerden würdest?			

9.4 Fragebogen Zusatzbefragung BNE



Liebe*r Student*in

diese Befragung dient der Erfassung Ihrer Kenntnisse und Kompetenzen im Bereich „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) im Zusammenhang zum Technikunterricht. Die aus der Befragung gewonnenen Erkenntnisse dienen ausschließlich wissenschaftlichen Interessen. Ihre Teilnahme an der Befragung ist freiwillig. Ein Nicht-Ausfüllen des Fragebogens hat für Sie keinerlei Nachteile. Auch ein unvollständiges Ausfüllen hat keine Nachteile. Zudem ist die Befragung anonym: Im Fragebogen werden weder Ihre Name noch Informationen, die Rückschluss auf Ihre Identität zulassen würden, abgefragt oder eingetragen. Die abschließende Auswertung und Veröffentlichung der anonym ausgefüllten Fragebögen erfolgt nach wissenschaftlichen Gutekriterien.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Dani Hamade

Teil A: NE

A1.

Personal Code: Durch diesen Code können wir nicht mehr nachvollziehen, wer diesen Fragebogen ausgefüllt hat, jedoch Fragebögen untereinander zuordnen.

Beispiel:

männlich, geboren im September 2001, seine Mutter heißt Andrea: Der Code würde so aussehen: M0901AN

Geschlecht (m oder w eingeben)

Geburtsmonat (01-12)

Geburtsjahr (z.B. 98 für 1998 oder 01 für 2001)

Name Mutter (die ersten zwei Buchstaben)



A2. Haben Sie bereits Erfahrungen mit Bildung für nachhaltige Entwicklung sammeln können?

Ja, im Schulpraktikum ☐

Ja, im Lehr-Lern-Labor ☐

Ja, anderweitig im Studium ☐

Keine Erfahrungen ☐

Sonstiges ☐

Sonstiges

A3. Welche Ziele verfolgt eine Bildung für nachhaltige Entwicklung Ihrer Meinung nach?

A4. Eine Schülerin fragt Sie, was "Nachhaltigkeit bzw. nachhaltige Entwicklung" bedeutet. Beschreiben Sie, was das Wichtigste ist, was gesagt werden sollte, um das Thema zu erklären.

A5. Nennen Sie grundlegende Perspektiven, die bei der Auseinandersetzung mit Themen einer nachhaltigen Entwicklung berücksichtigt werden sollten.



A6. Wie beeinflussen sich die Nachhaltige Entwicklung und Technik ihrer Meinung nach gegenseitig?

A7.

Kreuzen Sie die Ihrer Meinung nach zutreffenden Aussagen an.

	Stimme überhaupt nicht zu.	Stimme eher nicht zu.	Stimme eher zu.	Stimme voll und ganz zu.
Wenn es um nachhaltige Entwicklung geht, sollte man die Schüler*innen darüber aufzuklären, dass sie mit Ressourcen sparsam umgehen sollen.	☐	☐	☐	☐
Bei Technik in Verbindung zu einer nachhaltigen Entwicklung geht es nicht ausschließlich um technische Themen.	☐	☐	☐	☐
Zwischen Technikbewertung und nachhaltiger Entwicklung besteht kein Zusammenhang, es geht dabei um die Beurteilung von Produkten, die im Unterricht entstanden sind.	☐	☐	☐	☐
Damit das Fach gestärkt wird, sollte die Technik bei Nachhaltigkeitsthemen nicht schlecht geredet werden. Es sollten vielmehr die Vorteile von Technik für eine nachhaltigere Entwicklung angesprochen werden.	☐	☐	☐	☐
Bildung für nachhaltige Entwicklung heißt für den Technikunterricht, dass sparsam mit Materialien umgegangen werden soll.	☐	☐	☐	☐
Alte, umweltschädliche Technik (z.B. der Verbrennungsmotor) sollte im Unterricht nicht mehr thematisiert werden.	☐	☐	☐	☐

A8. Falls Sie bereits Erfahrungen mit Bildung für nachhaltige Entwicklung und Technik sammeln konnten, geben Sie hier kurz an, in welchem Kontext Sie diese gemacht haben und was die Themenschwerpunkte waren.



Teil B: BNE

B1.

Worauf sollte in der Unterrichtsplanung im Zusammenhang zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung Ihrer Meinung nach besonders Wert gelegt werden?

B2.

Welche Themen des Technikunterrichtes sehen Sie im Zusammenhang zur BNE (Bildung für nachhaltige Entwicklung) als besonders relevant an?

B3. Beschreiben Sie, ob es Ihrer Meinung nach Sinn macht, Themen einer nachhaltigen Entwicklung in fachdidaktische Methoden wie z.B. die Fertigungsaufgabe oder die Konstruktionsaufgabe einzubinden und wenn ja, wie man dies umsetzen kann?

B4. Welche Rolle sollte die Lehrkraft möglichst einnehmen, wenn sich Schülerinnen und Schüler mit BNE-Themen auseinandersetzen? Kreuzen Sie die zutreffende Antwort an.

- | | |
|--|--------------------------|
| Aufgrund der Komplexität der Themen sollte die Lehrkraft stark anleiten. | ☐ |
| Bei BNE besteht die Gefahr, dass man zu keiner Lösung am Ende der Stunde kommt, deshalb sollte die Lehrkraft Lösungswege vorgeben. | ☐ |
| Damit die Schülerinnen und Schüler eine anregende Diskussion führen können, sollte die Lehrkraft eine eher zurückhaltende Rolle einnehmen und nur bei Bedarf unterstützen. | ☐ |
| Die Lehrkraft sollte die Stunde nie ohne Ergebnis enden lassen. | ☐ |



B5.

Eine Lehrkraft möchte für die Umsetzung von BNE im Technikunterricht ein Planspiel zu dem Thema der Windparkplanung durchführen. Hierzu sollen die Schülerinnen und Schüler in die Rolle eines Ingenieurs schlüpfen, der die Planung vornimmt. Es folgt die Auseinandersetzung mit vielen damit zusammenhängenden technischen Themen. Am Ende soll der aus technischen Gesichtspunkten effizienteste Standort gewählt werden.

Beurteilen Sie die Herangehensweise der Lehrkraft unter BNE-Gesichtspunkten.

B6. Was ist unter der Gestaltungskompetenz in der BNE zu verstehen?



A2.

Im Folgenden sollen Sie eine kurze Einschätzung Ihrer Fähigkeiten in Bezug auf das Thema Bildung für nachhaltige Entwicklung einnehmen.

Bitte kreuzen Sie zutreffendes an!

	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher nicht zu	stimme nicht zu
Ich bin sicher darin, einen Zusammenhang zwischen technischen Themen und einer nachhaltigen Entwicklung herzustellen.	☐	☐	☐	☐
Ich hätte keine Schwierigkeiten damit, das Konzept Bildung für nachhaltige Entwicklung in meinen späteren Technikunterricht einzubinden.	☐	☐	☐	☐
Ich traue mir zu, Fragestellungen im Zusammenhang zur nachhaltigen Entwicklung in methodische Entscheidungen für den Unterricht einzubinden.	☐	☐	☐	☐
Ich habe zu wenig Konzeptwissen zur Bildung für nachhaltige Entwicklung.	☐	☐	☐	☐
Ich wüsste nicht, wie ich Bildung für nachhaltige Entwicklung in die Methoden des Technikunterrichtes einbinden kann.	☐	☐	☐	☐
Ich fühle mich sicher darin, Gestaltungspotentiale im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung auszumachen.	☐	☐	☐	☐
Ich traue mir zu, technische Spannungsfelder im Kontext der Nachhaltigkeit interdisziplinär zu betrachten.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir sicher, dass ich die Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit Themen einer nachhaltigen Entwicklung gut vermitteln kann.	☐	☐	☐	☐
Die theoretischen Grundlagen im Zusammenhang zum Klimawandel sind mir bewusst.	☐	☐	☐	☐
Es ist für mich schwer, eine Verbindung zwischen einer nachhaltigen Entwicklung und technischen Themen herzustellen, da mir ausreichend technisches Hintergrundwissen fehlt.	☐	☐	☐	☐
Mir fehlen konkrete Beispiele zu technischen Themen, die ich im Zusammenhang zur nachhaltigen Entwicklung im Unterricht thematisieren könnte.	☐	☐	☐	☐
Ich bin sicher darin, gesellschaftliche Auswirkungen von Technik zu thematisieren.	☐	☐	☐	☐
Ich kann die Grundprinzipien der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) erklären.	☐	☐	☐	☐
Ich kenne genug Methoden, um BNE in den Technikunterricht zu integrieren.	☐	☐	☐	☐
Ich verstehe die Bedeutung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (SDGs)	☐	☐	☐	☐
Ich kenne Beispiele für Nachhaltigkeitsthemen, die im Technikunterricht behandelt werden können.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit Technik bewusst.	☐	☐	☐	☐
Ich weiß, wie ich BNE-Themen in den Technikunterricht integrieren kann.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir sicher, aktuelle technische Themen im Zusammenhang zum Klimawandel (z.B. Energiewende) thematisieren zu können.	☐	☐	☐	☐



Teil B: Motivation

B1. Bitte kreuzen Sie die zutreffende Antwort an!

	stimmt	stimmt eher	stimmt eher nicht	stimmt nicht
Ich finde das Thema Klimawandel interessant.	☐	☐	☐	☐
Eine nachhaltige Entwicklung ist mir ein wichtiges Anliegen.	☐	☐	☐	☐
Inhalte, die mit nachhaltiger Entwicklung zu tun haben, werde ich in meinem Unterricht gerne unterrichten.	☐	☐	☐	☐
Der nachhaltigen Entwicklung wird zu viel Gewicht beigemessen.	☐	☐	☐	☐
Bildung für nachhaltige Entwicklung ist für mich ein wichtiges Anliegen.	☐	☐	☐	☐
Ich glaube, dass Jugendliche sich bei Themen der nachhaltigen Entwicklung langweilen.	☐	☐	☐	☐
Ich bin überzeugt, gemeinsam mit jungen Menschen etwas in Richtung nachhaltigere Entwicklung bewirken zu können	☐	☐	☐	☐
Bildung für nachhaltige Entwicklung kann keinen Beitrag zu einer nachhaltigeren Entwicklung leisten, da sollten zunächst andere Bereiche wie die Industrie etwas verändern.	☐	☐	☐	☐
Ich glaube, dass wir als Multiplikatoren letztlich schon dazu beitragen können, dass Jugendliche ihr Verhalten überdenken.	☐	☐	☐	☐
Der Technikunterricht ist nicht dafür geeignet, um über Themen nachhaltiger Entwicklung zu sprechen.	☐	☐	☐	☐
Unterricht im Zusammenhang zur nachhaltigen Entwicklung ist zu aufwendig und nicht umsetzbar.	☐	☐	☐	☐
Es gibt viele interessante und wichtige technische Themen, die im Zusammenhang zur nachhaltigen Entwicklung stehen.	☐	☐	☐	☐
Grundwissen über das Konzept der nachhaltigen Entwicklung ist wichtig, um aktuelle Themen der Technik durchdringen zu können.	☐	☐	☐	☐
Ich halte die Integration von BNE in den Technikunterricht für wichtig.	☐	☐	☐	☐
Ich bin mir sicher, dass ich meine Fähigkeiten und Kenntnisse zur BNE erweitern kann, sodass ich dies erfolgreich im Unterricht umsetzen werde.	☐	☐	☐	☐
Es gibt viele gute Beispiele, um BNE im Technikunterricht einzubinden.	☐	☐	☐	☐
Ich finde es wichtig, dass technische Produkte so gestaltet werden, dass sie recycelt oder wiederverwendet werden können.	☐	☐	☐	☐



B2.

Zum Abschluss der Umfrage würde ich Ihnen gerne noch die folgende Frage stellen:

Gibt es Inhalte, die Ihnen in Bezug auf BNE im Studium fehlen, sodass Sie sich sicherer in der Umsetzung fühlen würden?