

DISSERTATION

Wirkgefüge im digitalen Bildungsraum

Eine Untersuchung der Merkmale, Effekte, Mechanismen und Reaktionen von Learning-Management-Systemen am Beispiel der Lehre in Gesundheitsberufen

Interactional Frameworks in the Digital Educational Space

An Exploration of the Characteristics, Effects, Mechanisms, and Responses of Learning Management Systems Using the Example of Healthcare Education

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum medicinalium (Dr. rer. medic.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät

Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Jochen Hanisch-Johannsen M.A., M.A.

Erstbetreuung: Prof. Dr. med. Sebastian Spethmann

Zweitbetreuung: Prof.in Dr.in phil. Eva Cendon

Datum der Promotion: dd.mm.yyyy

# Inhaltsverzeichnis

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis  | 1  |
| Tabellenverzeichnis   | 5  |
| Abbildungsverzeichnis   | 5  |
| Abkürzungsverzeichnis   | 6  |
| Symbolverzeichnis   | 7  |
| Formelverzeichnis   | 7  |
| Hinweise  | 8  |
| Hinweis zum Zitationsstil . . . . .                             | 8  |
| Hinweis zum Sprachstil . . . . .                                | 8  |
| Schreibweisen für Literatur- und Abbildungsverweise . . . . .   | 9  |
| Hinweis zur Begriffsbestimmung . . . . .                        | 9  |
| 1 Einleitung und theoretischer Rahmen                           | 11 |
| 1.1 Erkenntnisinteresse, Problemstellung und Relevanz . . . . . | 11 |
| 1.1.1 Erkenntnisinteresse . . . . .                             | 12 |
| 1.1.2 Problemstellung . . . . .                                 | 13 |
| 1.1.3 Thematische Relevanz . . . . .                            | 13 |
| 1.2 Forschungsfragen und methodische Vorüberlegungen . . . . .  | 14 |
| 1.2.1 Zugrundliegende Vermutungen . . . . .                     | 14 |
| 1.2.2 Absicht, Ziel und erwünschte Wirkung . . . . .            | 15 |
| 1.3 Stand der Forschung und Forschungslücke . . . . .           | 16 |
| 1.3.1 Theoretische und empirische Vorüberlegungen . . . . .     | 16 |
| 1.3.2 Literaturrecherche . . . . .                              | 16 |
| 1.3.3 Identifikation der Forschungslücke . . . . .              | 21 |
| 1.4 Herleitung Haupt- und Unterforschungsfragen . . . . .       | 23 |
| 1.5 Aufbau und Lesepfade . . . . .                              | 25 |
| 1.5.1 Operationaler Lesepfad (linear) . . . . .                 | 25 |
| 1.5.2 Explorativer Lesepfad (nicht-linear) . . . . .            | 26 |
| 2 Theorieteil   | 28 |
| 2.1 Pädagogisch-psychologische Grundannahmen . . . . .          | 29 |
| 2.1.1 Bedürfnisse als Grundlage . . . . .                       | 29 |
| 2.1.2 Emotionen als Vermittler . . . . .                        | 29 |
| 2.1.3 Neugier als Konzept . . . . .                             | 29 |
| 2.1.4 Persönliche Ereignisse und Lernerfahrungen . . . . .      | 29 |
| 2.1.5 Dispositionale Merkmale . . . . .                         | 29 |
| 2.2 Bildungswissenschaftlich-theoretische Verortung . . . . .   | 30 |
| 2.2.1 Einleitung und Übersicht zur Theorie . . . . .            | 30 |
| 2.2.2 Systemisch-konstruktivistische Theorie . . . . .          | 30 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.3 Bildungstechnologie und Digitalität . . . . .   | 30        |
| 2.2.4 Kompetenzentwicklung im digitalen Bildungsraum . . . . .                                      | 30        |
| 2.3 Medienpädagogische Rahmung und Übergang zum Forschungsgegenstand . . . . .                      | 30        |
| 2.4 Exkurs: Technologiedefizit . . . . .  | 30        |
| 2.5 Systemische Dynamik des digitalen Bildungswirkgefüges . . . . .                                 | 31        |
| 2.5.1 Das Modell als dynamisches System . . . . .   | 31        |
| 2.5.2 Regeneration, Störung und Wirkungskurven in LMS . . . . .                                     | 31        |
| 2.5.3 Konsequenzen aus Systementkopplungen . . . . .  | 31        |
| 2.5.4 Gestaltungsprinzipien zur Kopplung im digitalen Setting . . . . .                             | 31        |
| <b>3 Beschreibung des Forschungsgegenstandes</b>  | <b>32</b> |
| 3.1 Kontext des Forschungsgegenstandes . . . . .  | 32        |
| 3.1.1 Rechtlich-funktionale Rahmung . . . . .   | 32        |
| 3.1.2 Didaktisch-strukturelle Verortung . . . . .   | 33        |
| 3.2 Entwicklung und Einbettung des LMS . . . . .  | 34        |
| 3.2.1 Entstehungskontext und konzeptionelle Grundlagen . . . . .                                    | 34        |
| 3.2.2 Implementierung in der schulseitigen Praxis . . . . .   | 36        |
| 3.2.3 Weiterentwicklung durch externe Anforderungen . . . . .                                       | 36        |
| 3.2.4 Evaluation und Reflexion . . . . .  | 38        |
| 3.3 Didaktische Architektur als Learning-Environment . . . . .                                      | 39        |
| 3.3.1 Konzeptionelle Grundkonstruktion . . . . .  | 40        |
| 3.3.2 Didaktisch-architektonische Umsetzung . . . . .   | 42        |
| 3.3.3 Prüfungsarchitektur . . . . .   | 45        |
| 3.3.4 Statistische Analyse curriculare Struktur . . . . .   | 45        |
| 3.4 Operative Architektur als Arbeits- und Lernumgebung . . . . .                                   | 49        |
| 3.5 E-Portfolio als Reflexions- und Transferinstrument . . . . .                                    | 50        |
| 3.6 Technische Rahmenbedingungen . . . . .  | 50        |
| <b>4 Methodologie</b>   | <b>51</b> |
| 4.1 Forschungsparadigma und methodologischer Ansatz . . . . .                                       | 51        |
| 4.1.1 Vorüberlegungen zur Methodologie . . . . .  | 51        |
| 4.1.2 Systemisch-forschungsfragengeleiteter Ansatz . . . . .  | 52        |
| 4.2 Datenerhebung . . . . .   | 55        |
| 4.2.1 Systematische Literaturrecherche . . . . .  | 55        |
| 4.2.2 Systematisches Literaturmanagement . . . . .  | 60        |
| 4.2.3 Visualisierungen der Literaturbasis . . . . .   | 63        |
| 4.2.4 Webcam-basiertes Eye-Tracking und KI-gestützte Codierung (Hanisch-Johannsen, 2025e) . . . . . | 65        |
| 4.2.5 Umfrage zum LMS: Instrument, Gewichtungen und Auswertung . . . . .                            | 72        |
| 4.3 Datenanalyse . . . . .  | 73        |
| 4.3.1 Grundlogik der Datenanalyse: Analysen erster bis dritter Ordnung . . . . .                    | 73        |
| 4.3.2 Primäranalysen: Analyse 1. Ordnung . . . . .  | 76        |
| 4.3.3 Sekundäranalysen: Analyse 2. Ordnung . . . . .  | 77        |
| 4.3.4 Probabilistisch-Qualitative Inhaltsanalyse (P-QIA): Analyse 3. Ordnung . . . . .              | 77        |
| 4.3.5 Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung (mdaCV) . . . . .                              | 81        |
| 4.3.6 Epistemische Verlustfunktion ( $\epsilon$ ) als Integritätsmaß . . . . .                      | 82        |
| 4.3.7 Synthese: Methodische Bedeutung für die Gesamtanalyse . . . . .                               | 82        |
| 4.3.8 Visualisierte Korrelations- und Clusteranalysen . . . . .                                     | 83        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.3.9 Auswertung: Eye-Tracking und Umfrage im Vergleich (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f)         | 87         |
| 4.4 Simulationsgestützte Modellierung der Kompetenzentwicklung . . . . .                          | 88         |
| 4.4.1 Zielstellung und Rolle im Gesamtdesign . . . . .  | 88         |
| 4.4.2 Modelllogik: gekoppelter Kompetenzverlauf in Quartalen . . . . .                            | 88         |
| 4.4.3 Unsicherheitsrelationen und Wirkungsindikatoren . . . . .                                   | 89         |
| 4.4.4 Passung zum Wirkgefüge-Konzept . . . . .  | 92         |
| 4.4.5 Grenzen und methodische Einordnung . . . . .  | 92         |
| 4.5 Reflexion der Methode . . . . .   | 92         |
| 4.5.1 Methodenkritische SWOT-Analyse zum KI-gestützten Vorgehen . . . . .                         | 93         |
| 4.5.2 Kritische Einordnung und methodische Absicherung . . . . .                                  | 94         |
| <b>5 Ergebnisse</b>   | <b>97</b>  |
| 5.1 Überblick und Einordnung . . . . .  | 97         |
| 5.2 Verteilung der Analysen nach Kernbereichen . . . . .  | 97         |
| 5.3 Beantwortung der Forschungsfragen . . . . .   | 98         |
| 5.3.1 FU <sub>3</sub> : Didaktische und technologische Merkmale . . . . .                         | 98         |
| 5.3.2 FU <sub>4a</sub> : Bildungswissenschaftliche Mechanismen . . . . .                          | 98         |
| 5.3.3 FU <sub>5</sub> : Möglichkeiten und Grenzen . . . . .                                       | 99         |
| 5.3.4 FU <sub>1</sub> : Akzeptanz und Nützlichkeit . . . . .                                      | 99         |
| 5.3.5 FU <sub>2a</sub> : Effekt auf Lernende . . . . .  | 100        |
| 5.3.6 FU <sub>4b</sub> : Technisch-gestalterische Mechanismen . . . . .                           | 101        |
| 5.3.7 FU <sub>6</sub> : LMS als Kompetenzerwerbssystem . . . . .                                  | 101        |
| 5.3.8 FU <sub>2b</sub> : Effekt auf Lehrende . . . . .  | 101        |
| 5.3.9 FU <sub>7</sub> : Erweiterung von Kausalgesetzen . . . . .                                  | 102        |
| 5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .  | 103        |
| 5.4.1 Arbeitshypothesen aus der Triangulation . . . . .   | 103        |
| <b>6 Diskussion</b>   | <b>105</b> |
| 6.1 Rückbindung an die Forschungsfragen . . . . .   | 105        |
| 6.2 Theoretische Implikationen . . . . .  | 105        |
| 6.3 Praktische und gestalterische Implikationen . . . . .   | 105        |
| 6.3.1 Interdependente Wirkgefüge als theoretischer Erweiterungsrahmen . . . . .                   | 106        |
| 6.3.1.1 Rechnerische Spur: Kopplungsindikatorik aus Unsicherheiten . . . . .                      | 106        |
| 6.3.2 Methodische Implikationen . . . . .   | 109        |
| 6.3.3 Ausblick und Forschungsperspektiven . . . . .   | 109        |
| <b>7 Conclusio und Ausblick</b>   | <b>110</b> |
| 7.1 Manifestartiger Abschluss: Interdependenz als Grundform des digitalen Bildungsraums . . . . . | 110        |
| 7.1.1 Was den digitalen Bildungsraum im Inneren zusammenhält . . . . .                            | 110        |
| 7.2 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse . . . . .  | 112        |
| 7.2.1 Fazitformel: Was das Wirkgefüge des digitalen Bildungsraums ist . . . . .                   | 112        |
| 7.2.2 Wie diese Verdichtung in der Arbeit hergeleitet wird . . . . .                              | 112        |
| 7.2.3 Empirische Verdichtung entlang der Forschungsunterfragen . . . . .                          | 113        |
| 7.3 Theoretische Schlussfolgerungen . . . . .   | 114        |
| 7.3.1 Ordnungsstruktur der Schlussverdichtung . . . . .   | 115        |
| 7.3.2 Folgerungen aus den Ergebnissen . . . . .   | 115        |
| 7.3.3 Praktische Implikationen . . . . .  | 115        |
| 7.4 Grenzen der Arbeit . . . . .  | 115        |

|   |     |
|---|-----|
| 7.5 Ausblick . . . . .  | 115 |
| Literaturverzeichnis  | 117 |
| Anhang  | 134 |
| Verzeichnis zentraler Begriffe . . . . .  | 135 |
| Prompt zur Analyse einer Quelle . . . . .   | 139 |
| Prompt zur probabilistisch-qualitativen Inhaltsanalyse (P-QIA) . . . . .                        | 144 |
| Reproduzierbares Vorgehen (Agenten-Workflow) . . . . .  | 145 |
| Übersicht der P-QIA-Einstellungen je Forschungsunterfrage . . . . .                             | 148 |
| Analysen dritter Ordnung (P-QIA-Metaanalysen) . . . . .   | 150 |
| FU1 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .   | 150 |
| FU2a – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .  | 157 |
| FU2b – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .  | 165 |
| FU3 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .   | 175 |
| FU4a – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .  | 184 |
| FU4b – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .  | 192 |
| FU5 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .   | 198 |
| FU6 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .   | 205 |
| FU7 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA) . . . . .   | 211 |
| Übersicht Berufliche Handlungssituationen . . . . .   | 217 |
| Struktur der Suchordner . . . . .   | 219 |
| Fortschrittsübersichten . . . . .   | 220 |
| Zusatzvisualisierungen zur Literaturbasis . . . . .   | 221 |
| A.13.1 Indizes (Korpusfokus) . . . . .  | 221 |
| A.13.2 Tags (Such- und Tagginglogik) . . . . .  | 222 |
| A.13.3 FU-Zuordnung (thematische Schwerpunktsetzung) . . . . .                                  | 223 |
| A.13.4 Relevanz je FU (Materialqualität nach FU) . . . . .                                      | 224 |
| A.13.5 Relevanz je Kategorie (Textsorten-/Kategorienqualität) . . . . .                         | 225 |
| A.13.6 Relevanz je Suchbegriff (Suchstring-Treffgüte) . . . . .                                 | 226 |
| A.13.7 Quellenstatus (Screening und Qualitätsgate) . . . . .                                    | 227 |
| A.13.8 Top-Autor*innen (Diskursstruktur) {#sec:A-13-top-authors} . . . . .                      | 228 |
| A.13.9 Sprachen (Diskursraum) . . . . .   | 229 |
| A.13.10 Sprachen nach Dokumententyp (Basis der Evidenz) . . . . .                               | 230 |
| Prompt zur systemisch-forschungsfragengeleiteten Auswertung der Eye-Tracking-Visualisierungen . | 231 |
| Reproduzierbares Vorgehen (Referenz: P-QIA-Qualitäts-/Quantitätslogik) . . . . .                | 233 |
| Eye-Tracking-Visualisierungen (nach Jahrgang) . . . . .   | 235 |
| Korrelationsatlas . . . . .   | 236 |
| Prompt/Vorlage zur systemisch-forschungsfragengeleiteten Auswertung der LMS-Umfrage (UM1) .     | 237 |
| Umfrageergebnisse (UM1) . . . . .   | 239 |
| Datenbasis und Hinweis zur Interpretation . . . . .   | 239 |
| Kurzvergleich der Items (Mittelwerte je Jahrgang) . . . . .                                     | 239 |
| Freitext (Anmerkungen/Feedback): inhaltliche Tendenzen . . . . .                                | 241 |

## Tabellenverzeichnis

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  | Datenbankrecherche BASE . . . . .   | 17  |
| 2  | Datenbankrecherche Google Scholar . . . . .   | 17  |
| 3  | Datenbankrecherche LearnTechLib . . . . .   | 18  |
| 4  | Datenbankrecherche National Library of Medicine (PubMed) . . . . .  | 19  |
| 5  | Datenbankrecherche Zeitschrift Gesundheitsberufe . . . . .  | 19  |
| 6  | Auswahlkriterien der Literaturrecherche . . . . .   | 20  |
| 7  | Konsequenzen für das LMS innerhalb der rechtlich-funktionalen Rahmung . . . . .                           | 33  |
| 8  | Retrospektiv-vergleichende Darstellung der LMS-Entwicklung im Kontext pandemischer Umstellungen . . . . . | 37  |
| 9  | Zuordnung der Bearbeitungsmethoden zu den Forschungsunterfragen . . . . .                                 | 53  |
| 10 | Jährliche Entwicklung der Clusterbildung und Silhouette-Scores . . . . .                                  | 58  |
| 11 | Übersicht Primäre Suchbegriffe . . . . .  | 60  |
| 12 | Übersicht Sekundäre Suchbegriffe . . . . .  | 61  |
| 13 | Übersicht Tertiäre Suchbegriffe . . . . .   | 61  |
| 14 | Stimulusauswahl . . . . .   | 71  |
| 15 | SWOT-Analyse des KI-gestützten methodischen Vorgehens . . . . .   | 93  |
| 16 | Verzeichnis zentraler Begriffe . . . . .  | 135 |
| 17 | Übersicht Berufliche Handlungssituationen . . . . .   | 217 |
| 18 | Semantisch-hierarchische Struktur der angelegten Suchordner . . . . .                                     | 219 |

## Abbildungsverzeichnis

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | Abfolge der Forschungsunterfragen: von Bedeutung und Effekten über Mechanismen und Konzeption hin zu Kompetenzen, Kausalgesetzen und Wirkgefüge. . . . .                                   | 24 |
| 2  | Explorativer Lesepfad als systemische Schleife. . . . .  | 27 |
| 3  | Systemisches Modell des eingesetzten Learning Management Systems mit Rückkopplung zwischen curricularen Handlungssituationen, LMS-Kern und kohortenspezifischen Ausbildungskursen. . . . . | 41 |
| 4  | Ablaufschema der systematischen Literaturrecherche und -analyse. . . . .   | 57 |
| 5  | Zeitreihe der Publikationszahlen im Korpus. . . . .  | 58 |
| 6  | Silhouette-Scores und Fallzahlen pro Jahr. . . . .   | 59 |
| 7  | Volumengewichtete Abweichung $\Delta SC_n$ der Clusterkohärenz pro Jahr. . . . .   | 60 |
| 8  | Bool'sche Logik der Suchordner und Quotensteuerung. . . . .  | 62 |
| 9  | Gesamtüberblick der Suchergebnisse. . . . .  | 64 |
| 10 | Verteilung der Kategorien im Quellenkorpus. . . . .  | 65 |
| 11 | Stichprobenverteilung der Eye-Tracking-Teilnehmenden nach Ausbildungsjahr (Hanisch-Johannsen, 2025e). . . . .  | 66 |
| 12 | Kumulative Zahl potenziell generierter Eye-Tracking-Bilder (Hanisch-Johannsen, 2025e). . . . .   | 67 |
| 13 | Pfaddiagramm der Datenflüsse und Kategorien im Quellenkorpus. . . . .  | 68 |
| 14 | Netzwerkdarstellung der Beziehungen zwischen Suchbegriffen, Tags und Kategorien. . . . .   | 69 |
| 15 | Verteilung der Analysen erster Ordnung auf die Forschungsunterfragen FU1-FU7 . . . . .   | 77 |
| 16 | Ablauf der P-QIA-gestützten Inhaltsanalyse. . . . .  | 79 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 17 | Deduktive k-means-Clusteranalyse des Quellenkorpus.  | 83  |
| 18 | Kompetenzniveau in quartalsweiser Monte-Carlo-Simulation (Beispiel: konstruktivistischer „Standardlernender“, $n = 25$ Durchläufe).                        | 89  |
| 19 | Modellinterne Kopplungsindikatorik: Bildungswirkfaktor $\nu(t)$ und Bildungswirkindikator $\iota(t)$ (Beispiel: konstruktivistischer „Standardlernender“). | 90  |
| 20 | Nebenabbildung: Unsicherheitskomponenten im Modellbeispiel (konstruktivistischer „Standardlernender“).   | 91  |
| 21 | Nebenabbildung: Dynamische Unsicherheitsrelation im Modellbeispiel (konstruktivistischer „Standardlernender“).   | 91  |
| 22 | Korrelationsdynamik Neugier-Motivation als Prozesspur über die Quartale (Beispiel: konstruktivistischer „Standardlernender“).                              | 107 |
| 23 | Kopplung von Schlagworten, Folgen und Implikationen.   | 115 |
| 24 | Verteilung zentraler Indizes im Quellenkorpus.   | 221 |
| 25 | Tag-Struktur der verarbeiteten Quellen.  | 222 |
| 26 | Zuordnung der Quellen zu den Forschungsunterfragen.  | 223 |
| 27 | Relevanzverteilung je Forschungsunterfrage.  | 224 |
| 28 | Relevanzverteilung je Kategorie.   | 225 |
| 29 | Relevanzverteilung je Suchbegriff.   | 226 |
| 30 | Statusübersicht der Quellen (z. B. akzeptiert, ausgeschlossen, in Prüfung).  | 227 |
| 31 | Top-Autor*innen nach Häufigkeit im Korpus.   | 228 |
| 32 | Sprachenverteilung der Quellen.  | 229 |
| 33 | Sprachenverteilung nach Dokumententyp.   | 230 |

## Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung       | Bedeutung   |
|-----------------|---|
| AOI             | Area of Interest  |
| ET              | Eye-Tracking  |
| E-Portfolio     | Digitales Portfolio   |
| FU              | Forschungsunterfrage (FU1–FU7)  |
| KI              | Künstliche Intelligenz  |
| KH              | Kernhypothese   |
| LMS             | Learning-Management-System  |
| LXP             | Learning Experience Platform  |
| mdaCV           | Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung                          |
| MOOC            | Massive Open Online Course  |
| HRT             | High Responsibility Teams   |
| NH              | Nebenhypothese  |
| NotSan-APrV     | Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäter:innen          |
| NotSanG         | Notfallsanitätergesetz  |
| NotSan / NFS    | Notfallsanitäter:in   |
| EpiGesAusbSichV | Verordnung zur Sicherung der Ausbildungen in den Gesundheitsfachberufen |
| TEI             | Training Evaluation Inventory   |
| P-QIA           | Probabilistisch-Qualitative Inhaltsanalyse                              |
| SC              | Silhouette-Score  |

Ausführliche Begriffsdefinitionen finden sich im Verzeichnis zentraler Begriffe im Anhang.

## Symbolverzeichnis

| Symbol     | Beschreibung   |
|------------|--|
| $\beta$    | Standardisierter Regressionskoeffizient.                                       |
| $\Delta$   | Effekt- bzw. Varianzanteil eines Modellfaktors.                                |
| $\Delta E$ | Emotionale Unsicherheit innerhalb der Kompetenzentwicklung.                    |
| $\Delta K$ | Kognitive Unsicherheit innerhalb der Kompetenzentwicklung.                     |
| $\epsilon$ | Epistemische Verlustfunktion zur Bewertung der Integrität der mdaCV (Gl.~(1)). |
| $\iota$    | Bildungswirkindikator; Steigung des Bildungswirkfaktors.                       |
| $k$        | Anzahl der Cluster im k-Means-Algorithmus.                                     |
| $\nu$      | Bildungswirkfaktor als aggregiertes Maß der Kompetenzwirkung.                  |
| $S$        | Silhouette-Score als Maß der Clusterdifferenzierung.                           |
| $t$        | Zeitvariable der Dynamikmodelle.   |

## Formelverzeichnis

| Gleichung | Beschreibung  |
|-----------|---|
| (1)       | Epistemische Verlustfunktion zur Bewertung der Integrität der mehrdimensional-analytischen Clustervalidierung (mdaCV).                      |
| (2)       | Zielfunktion des k-Means-Algorithmus zur Minimierung der quadrierten Abstände der Datenpunkte zu ihren jeweiligen Clusterzentren.           |
| (3)       | Bildungswirkfaktor $\nu(t)$ als zeitabhängiges Aggregatmaß aus emotionaler und kognitiver Unsicherheit ( $\Delta E(t) \cdot \Delta K(t)$ ). |
| (4)       | Bildungswirkindikator $\iota(t)$ als zeitliche Änderungsrate des Bildungswirkfaktors ( $d\nu(t)/dt$ ).                                      |
| (5)       | Dynamischer Unsicherheitswert $C$ zur Koppelungsprüfung zwischen $\Delta E$ und $\Delta K$ (Korrelationsstärke und Streuung).               |

## Hinweise

Diese Hinweise gewährleisten durch einheitliche und transparente Vorgaben die wissenschaftliche Nachvollziehbarkeit und vermitteln Lesenden ein Verständnis der angewandten Prinzipien. Der gewählte APA-Zitationsstil (7. Ausgabe) ermöglicht eine standardisierte Referenzierung und trägt zur internationalen Anschlussfähigkeit der Arbeit bei. Die Prinzipien der gendergerechten Sprache spiegeln den gesellschaftlichen Wandel wider und fördern die Inklusion in der akademischen Kommunikation. Die kontextbezogene Begriffsdefinition verortet zentrale Konzepte präzise innerhalb des spezifischen Diskussionsrahmens und minimiert Missverständnisse.

Damit wird eine Grundlage für die Struktur und Verständlichkeit der Arbeit geschaffen. Die Darstellung der Zitations- und Sprachstandards sowie der Begriffsverwendung stärkt die methodische Stringenz, die inhaltliche Kohärenz und die wissenschaftliche Qualität.

### Hinweis zum Zitationsstil

Der Zitationsstil dieser Arbeit basiert auf der 7. Ausgabe der American Psychological Association (2024). Zur Verwaltung der Zitate wird die Software Zotero (Version 7.0.29) verwendet, alle Referenzen sind als BibLaTeX-Zitierschlüssel angelegt und in der PDF-Fassung von Referenzen zu Text umgewandelt worden.

Innerhalb der Zitationen werden diese Regeln angewendet:

- Direkte Zitate: Die Quellenangabe erfolgt unmittelbar nach dem wörtlichen Zitat.
- Indirekte Zitate innerhalb eines Satzes: Die Quellenangabe bezieht sich auf den gesamten Satz, der durch Satzzeichen abgeschlossen ist.
- Indirekte Zitate in einem Nebensatz: Die Quellenangabe bezieht sich auf den betreffenden Satzteil.
- Indirekte Zitate am Ende eines Absatzes: Die Quellenangabe bezieht sich auf den gesamten Absatz.
- Indirekte Zitate vor einer Aufzählung: Die Quellenangabe bezieht sich auf die gesamte Aufzählung.
- Mehrere indirekte Zitate: Die Quellenangaben beziehen sich auf die Reihenfolge der Argumentation.

Auslassungen sind durch „(...)“ dargestellt und Ergänzungen innerhalb von Zitaten erscheinen in eckigen Klammern „[...; Anmerkung des Autors]“, während Hervorhebungen durch den Autor mit „[Hervorhebung durch den Autor]“ kenntlich gemacht werden. Übersetzungen, die dem Original wörtlich entsprechen, werden wie direkte Zitate behandelt und mit der Anmerkung „(Übersetzung durch den Autor)“ versehen.

Sofern in den Abbildungsunterschriften nichts anderes angegeben ist, stammen alle Abbildungen aus eigener Darstellung und basieren auf den in dieser Arbeit erhobenen, ausgewerteten oder rekonstruierten Daten.

### Hinweis zum Sprachstil

Die Arbeit folgt den Prinzipien einer gendergerechten Sprache. Orientierung bietet der Vorschlag von Koehler & Wahl (2021), dass „die Gleichstellung aller Geschlechter und die Anerkennung aller Identitätsgeschlechter“ (Koehler & Wahl, 2021, S. 2) ihren sprachlichen Ausdruck innerhalb der scientific community finden muss.

Hieraus ergeben sich folgende, stilentsprechende Implikationen:

- Inklusion und Diversität: Alle Geschlechter und Identitäten werden sprachlich anerkannt und einbezogen.
- Gleichstellung: Sprachliche Gleichbehandlung fördert die Gleichstellung der Geschlechter in der Wissenschaft.
- Wissenschaftliche Relevanz: Gendergerechte Sprache reflektiert den gesellschaftlichen Wandel und wird in der scientific community zunehmend anerkannt.

- Lesbarkeit und Verständlichkeit: Gendergerechte Sprache erhöht bei bewusster Formulierung die Verständlichkeit.
- Sensibilisierung: Gendergerechte Sprache sensibilisiert für das Thema der Geschlechtergerechtigkeit in akademischen Texten.
- Sprachliche Präzision: Geschlechtsneutrale Begriffe und Formulierungen fördern die sprachliche Präzision und vermeiden stereotype Geschlechtszuschreibungen.
- Rechtliche und institutionelle Anforderungen: Universitäten und Institutionen verlangen oder empfehlen die Anwendung gendergerechter Sprache in akademischen Arbeiten.

Der angewendete Sprachstil möchte die genannten Barrieren überwinden und damit einen Beitrag zur Lebendwirklichkeit aller Personen leisten, was sich zudem in der Verwendung des Asterisks beim Gendern ausdrückt. Hierdurch können typografische Verzerrungen im Vorfeld auf ein Minimum reduziert und eine weite Beteiligung aller erreicht werden (Koehler & Wahl, 2021, Kapitel 7 und 8).

#### Schreibweisen für Literatur- und Abbildungsverweise

Im Fließtext werden die Begriffe „Kapitel“, „Tabelle“, „Abbildung“ und „Seite“ in der Regel ausgeschrieben (z.B. „wie in Kapitel 2.2 dargestellt“, „siehe Tabelle 4“). Klammerangaben und technische Verweise werden mit diesen standardisierten Abkürzungen referenziert:

- S. = Seite (z.B. „(Döring, 2023, S. 4–5)“)
- Kap. = Kapitel (z.B. „(Döring, 2023, Kapitel 2.2)“)
- Abb. = Abbildung (z.B. „siehe Abbildung 3“)
- Tab. = Tabelle (z.B. „vgl. Tab.\ref{tab:methoden\_FU}“)

Die Abkürzung „z.B.“ („zum Beispiel“) wird vor allem in Klammern und Fußnoten genutzt; im Fließtext wird nach Möglichkeit die ausgeschriebene Form „zum Beispiel“ verwendet; nur in Ausnahmefällen wird „bspw.“ genutzt.

#### Hinweis zur Begriffsbestimmung

In dieser Arbeit erfolgen die Definition, Herleitung und Begründung zentraler Begriffe an den Stellen, an denen die jeweilige Terminologie erstmalig eingeführt wird. Diese Vorgehensweise gewährleistet eine Erklärung der Begriffsverwendung im spezifischen Kontext des jeweiligen Bezugsrahmens und verdeutlicht die Relevanz des Begriffs für die jeweilige Diskussion. Die kontextbezogene Einführung fördert eine Verknüpfung zwischen theoretischem Rahmen und Begriffsnutzung, was zur Stärkung der Verständlichkeit und Kohärenz der Argumentation beiträgt. Eine weitergehende Unterscheidung unterschiedlicher Definitionstypen (z.B. Nominal- vs. Realdefinition) sowie deren formale Analyse wird, in Anlehnung an die einschlägige Methodikliteratur, nicht vertieft, da sie für die empirische Forschungspraxis nachrangig ist. (Döring, 2023, S. 226–227)

Das hier gewählte Verfahren ermöglicht eine kontextualisierte Begriffseinführung und vermeidet isolierte oder zu abstrakte Bestimmungen (Döring, 2023, S. 227). Durch die unmittelbare Einführung in die Argumentation erhalten Lesende eine Verbindung zwischen Begriff und Diskussionszusammenhang. Zusätzlich bleibt die Flexibilität des Aufbaus erhalten, da Begriffe erst dann eingeführt werden, wenn sie für die Argumentation von Bedeutung sind.

Diese Vorgehensweise birgt gleichzeitig Herausforderungen. Lesende könnten einen höheren Orientierungsaufwand haben, da Begriffe an unterschiedlichen Stellen der Arbeit erscheinen und der Verzicht auf eine zentrale Zusammenführung der Begriffsbestimmungen die Übersichtlichkeit einschränken kann. Zudem besteht das Risiko, dass Begriffe in verschiedenen Kontexten mehrfach erläutert werden müssen, was zu Red-

undanzen führen kann. Zur Minderung dieser Herausforderungen wird ein Verzeichnis zentraler Begriffe eingefügt, das die zentrale Übersicht aller relevanten Begriffe mit den zugehörigen Seitenzahlen enthält (vgl. Abschnitt A.1). Dies ermöglicht es den Lesenden, Begriffsdefinitionen schnell und gezielt aufzufinden, wodurch der Orientierungsaufwand verringert und die Übersichtlichkeit gesteigert wird. Gleichzeitig bleibt die Vorteilhaftigkeit der kontextbasierten Einführung der Begriffe im Text erhalten.

Arbeitsversion

# 1 Einleitung und theoretischer Rahmen

Bildungsräume sind dynamische Konstrukte, die sich in Abhängigkeit gesellschaftlicher, technologischer und organisatorischer Entwicklungen stetig verändern. Während in traditionellen Bildungssettings räumliche und zeitliche Strukturen maßgeblich für die Gestaltung von Lernprozessen waren, eröffnen digitale Systeme neue Möglichkeiten der Interaktion, des Wissenszugangs und der Kollaboration. Mit zunehmender Digitalisierung von Bildungsprozessen entstehen neue Lehr- und Lernformate mit strukturellen Veränderungen in der Organisation und Steuerung von Bildungsräumen. Digitale Systeme ermöglichen orts- und zeitunabhängige Kommunikation, automatisierte Rückkopplungen sowie die systematische Verarbeitung von Wissens- und Kenntnisbeständen. Dadurch entsteht ein Wirkgefüge, das über die reine Bereitstellung von Inhalten hinausgeht und die Art der Wissensvermittlung sowie die Interaktion zwischen Akteuren aktiv mitgestaltet. In diesem Gefüge bleibt Bildung räumlich eingebettet. Diese Räume sind dynamisch, fluide sowie systemisch wirksam und entwickeln Akteure, Technologien und Strukturen, die in ihnen interagieren. Im digitalen Bildungsraum entsteht eine neue Form der Verbindlichkeit, in der Wissen vermittelt, durch digitale Mechanismen strukturiert, zurückgekoppelt und in Echtzeit verarbeitet wird. Dies verändert die Bedingungen des Lernens auf didaktischer Ebene und in den fundamentalen Mechanismen, die Lernen ermöglichen.

Diese Arbeit beginnt zudem mit einer Rückkopplung und entfaltet sich als ein zyklischer Prozess, in dem jeder Abschnitt Erkenntnisse liefert, die zugleich auf das Gesamtsystem der Untersuchung rückgeführt werden. Der digitale Bildungsraum, den diese Dissertation untersucht, ist Gegenstand der Analyse und zugleich eine Struktur, die sich durch Feedback, Reflexion und Reentry formt – Mechanismen, die zugleich die methodische und theoretische Grundlage dieser Arbeit bilden. Im Zentrum der Untersuchung steht die systemisch orientierte Frage, auf welche Weise ein digitaler Bildungsraum seine Wirkung entfaltet. Diese Frage erschließt sich als Teil eines rekursiven Systems. In diesem System sind sowohl einzelne Inhalte oder Methoden, die das Lernen bestimmen, als auch die Wechselwirkungen zwischen Struktur, Akteuren und Prozessen zentral wirksam. Operationen wie Feedback, Reflexion und Reentry, die bestimmen, wie Wissen und Können aufgenommen, verarbeitet und zurückgespiegelt wird, sind methodische Werkzeuge und konstitutive Elemente des digitalen Bildungsraums selbst.

Die aktuellen Novellierungen in der Ausbildung der Gesundheitsberufe zielen darauf ab, gesetzliche Rahmenbedingungen für Gesundheitsberufe anzupassen, die Kompetenzanforderungen zu erweitern und diese zu präzisieren. So wird besonderer Wert auf die Förderung fachspezifischer, sozialer und methodischer Kompetenzen gelegt, die sich an den wachsenden Herausforderungen im Gesundheitswesen orientieren. Dies spiegelt sich sowohl in den neuen Ausbildungsrichtlinien als auch in den erweiterten Kompetenzprofilen der jeweiligen Berufsgruppen wider (Bundesrepublik Deutschland, 2023; Pflegekammer NRW, 2023).

## 1.1 Erkenntnisinteresse, Problemstellung und Relevanz

#todo (#15): - Erkenntnisinteresse skizzieren

Die Ausbildung im Rettungsdienst wurde durch das Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters (NotSanG) zum 01.01.2014 gem. § 5 (1) NotSanG (2023) von einer zweijährigen zu einer dreijährigen Qualifikation geändert. Der Gesetzgeber transformierte hierdurch die Tätigkeit weg von einem Assistenzberuf hin zu einer beruflichen Qualifikation, in deren Mittelpunkt das kompetenzorientierte und selbstverantwortliche Handeln nach § 4 NotSanG (2023) als Ausbildungsziel definiert wurde. Der Referentenentwurf (2012) zum NotSanG verdeutlicht die intendierte Absicht (Bundesgesundheitsministerium, 2012, S. 44–45): Die Auszubildenden sollen insbesondere interdisziplinäre Fachlichkeit erlangen, die zur selbstständigen Lösung aller berufsrelevanter Handlungen sowie deren kritischen und selbstreflektiven Ergebnisbeurteilungen notwendig erscheinen.

#todo (#16) Definition von NotSanG bzw. NotSan (Erstnennung) ergänzen, Verweis auf Anhang Begriffe setzen.

Um insbesondere den anerkennungsrechtlichen Erfordernissen aus § 6 (2) 1 (2023), namentlich dem „Vorhandensein der für die Ausbildung erforderlichen Räume und Einrichtungen sowie ausreichender Lehr- und Lernmittel“ (Bundesrepublik Deutschland, 2023) gerecht zu werden, ist in der Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern die Verwendung eines digitalen Learning Management System (LMS) implementiert. Damit wird die Bereitstellung von Lernmaterialien, die Unterstützung kollaborativer Lernprozesse und die Förderung selbstorganisierter Kompetenzentwicklung ermöglicht (Moodle Pty Ltd. et al., 2019).

Die Grundlage zur Konzeption der benutzen LMS-Architektur findet sich in einer Vorarbeit, die sich insbesondere mit der nachhaltigen, digitalen Sicherung von selbstorganisierten Gruppenarbeitsergebnissen beschäftigte (Hanisch, 2017). Diesen Erkenntnissen zur Folge, sind die Faktoren

- Zeitpunkt der Erfassung und Verfügbarkeit:  $\beta = 1,213, \Delta = 0,213$  sowie  $\beta = 0,251, \Delta = 0,749$ ,
- Struktur des digitalen Systems:  $\beta = 2,372, \Delta = 1,372$  und
- Interaktion der Akteurinnen:  $\beta = 0,151, \Delta = 0,849$

für die nachhaltige Sicherung der selbstorganisierten Gruppenarbeitsergebnisse förderlich (Hanisch, 2017, Abbildung 2). Die in der Studienleistung gewonnenen Ergebnisse nahmen auf die Gestaltung und Nutzung der digitalen Lernumgebung Moodle® in der Einrichtung erheblichen Einfluss. Der Aufbau der technischen Architektur wurde extern als studentischer Projektauftrag in Zusammenarbeit mit der Notfallsanitäterschule durch eine Studierende der Bildungswissenschaft während ihres Praktikums im Wintersemester 2016/2017 betreut. Die hier vorgestellte Erweiterung und Weiterentwicklung des LMS resultierte aus der pandemischen Situation ab März 2020, in der die Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern zunächst kaum mehr in Präsenzunterrichten durchführbar erschien. Aus der vorherigen intensiven Nutzung des LMS durch die Auszubildenden, war die Verschränkung zwischen Fern- und Präsenzunterricht eine Herausforderung, die in Summe innerhalb von drei Monaten durch die Umsetzung der inhaltlichen und organisatorischen Ergänzungen auf Grundlage des Curriculums in das bestehende digitale System bewältigt wurde.

### 1.1.1 Erkenntnisinteresse

Im Anwendungsfeld einer Ausbildungseinrichtung wird die Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern (NFS, NotSan) seit Beginn des ersten Jahrgangs im März 2017 durchgeführt. Im Zuge der Konzeption beruflich-currikulater Berufsbildung im Kontext von High Responsibility Teams (HRT) in den Gesundheitsberufen, wurde direkt zu Beginn eine digitale Lernumgebung in Form eines LMS implementiert. Dieses System dient der Bereitstellung von Lernmaterialien, der Unterstützung kollaborativer Lernprozesse und der Förderung selbstorganisierter Kompetenzentwicklung. Erste Evaluationen deuten darauf hin, dass das LMS einen signifikanten Einfluss auf die Lernprozesse und die Kompetenzentwicklung der Studierenden hat. Allerdings bleiben die zugrunde liegenden Wirkmechanismen und Interaktionen zwischen den technologischen, didaktischen und sozialen Komponenten weitgehend unklar.

#todo (#17) Prüfen, ob HRT, LMS und digitaler Bildungsraum ausreichend definiert und im Anhang verlinkt sind.

Das zentrale Erkenntnisinteresse dieser Forschungsarbeit besteht darin, das Wirkgefüge eines eingesetzten LMS im digitalen Bildungsraum der Gesundheitsberufe systematisch zu analysieren. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie Lern-, Handlungs- und Kompetenzentwicklungsprozesse durch das Zusammenspiel technologischer, didaktischer und sozialer Mechanismen beeinflusst werden und welche emergenten Muster sich dabei ausbilden – gerade weil Gesundheitsberufe zwischen engen regulatorischen Vorgaben, multiprofessionellen Lernsettings und hohen Anforderungen an dokumentierte Kompetenzentwicklung vermittelt werden

müssen (Hanisch, 2020; Pentzold et al., 2018).

Von besonderem Interesse ist, wie Akteurinnen, d.h. Lernende, Lehrende und Organisationen, das LMS interpretieren, nutzen und in ihre eigenen Selbstorganisations- und Entscheidungsprozesse integrieren. Damit richtet sich das Erkenntnisinteresse auf die Aufklärung der kausalen Interdependenzen, die zwischen System, Akteurinnen und digitalen Infrastrukturen entstehen; die Bewertung einzelner Funktionen bleibt darin eine Teilperspektive (Parker et al., 2024; Van Niekerk et al., 2025). Der Fokus richtet sich hierbei vertiefend auf Akteure, die im Kontext von High Responsibility Teams (HRT) agieren, da diese durch ihre komplexen Arbeitsanforderungen und die Notwendigkeit zur schnellen, fundierten Entscheidungsfindung besondere Herausforderungen an die Kompetenzentwicklung stellen (Hagemann, 2011; Hagemann et al., 2011; Ritzmann et al., 2014).

Im Rahmen dieses Forschungsansatzes wird infolgedessen davon ausgegangen, dass die Anwendung der systemisch-konstruktivistischer Theorie nicht nur für die curriculare Gestaltung und Durchführung von Lernprozessen relevant sein könnte, sondern für die Architektur und den Betrieb von Learning-Management-Systemen unverzichtbar ist. Daher wird untersucht, inwiefern die LMS-Struktur, ihre Nutzungsdimensionen und die durch sie erzeugten Rückkopplungen Aufschluss darüber geben, wie Kompetenzen im digitalen Bildungsraum entstehen und stabilisiert werden.

Dieser Arbeit liegt damit ein doppelt gerichtetes Erkenntnisinteresse zugrunde. Einerseits sollen die beobachtbaren Wirkmechanismen systematisch identifiziert und theoretisch erklärbar gemacht, andererseits sollen daraus prospektive Einsichten gewonnen werden, die eine gezielte Gestaltung zukünftiger Bildungsräume ermöglichen. In diesem Sinne betrachtet diese Arbeit zu den retrospektiven Analysen bestehender Effekte und erweitert diese um die Entwicklung einer theoretisch fundierten Grundlage für prognostische Aussagen zu gewünschten Wirkungen.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein mehrstufiger, systematischer Literaturprozess implementiert, der kontinuierliche Google-Alerts und zufällige Quellenfunde mit strukturierten Schlagwortsuchen, einem dreistufigen Screening (Titel-, Abstract- und Inhaltsprüfung), zweifachem Tagging, einer KI-gestützten Inhaltsanalyse sowie anschließenden Netzwerk- und Pfadanalysen verbindet. Auf diese Weise entstand ein rekonstruiertes Literaturlfeld, in dem einzelne Studien ebenso wie die strukturellen Wirkgefüge des Diskurses sichtbar werden (vgl. Abschnitt 4.2.1).

#todo (#18) Kurz ergänzen, dass aus diesem Literaturprozess die thematischen Indizes (z.B. Technologieintegration, Lehr-/Lerneffektivität, Bildungstheorien, kollaboratives Lernen, Bewertungsmethoden, Datenschutz/IT-Sicherheit, Systemanpassung, Krisenreaktion, Forschungsansätze) abgeleitet werden, die im Theorieteil und in Kapitel 4 als strukturierende Schlagwortsystematik genutzt werden.

### 1.1.2 Problemstellung

#todo (#19) Abschnitt ausformulieren: Problemstellung knapp, gutachtentauglich und gegenstandsnahe (Kontext Gesundheitsberufe/HRT, LMS als sozio-technisch-didaktische Struktur, empirisch beobachtetes Wirkungspotenzial vs. ungeklärte Mechanismen); mit 2–4 zentralen Belegen.

Text

### 1.1.3 Thematische Relevanz

#todo (#20) Abschnitt ausformulieren: thematische Relevanz (bildungswissenschaftlich + bildungstechnologisch) und Abgrenzung (warum genau dieses LMS/Setting, warum Fokus auf Wirkgefüge statt Funktionsliste); Anschluss an Prüfungsordnung/Umfang herstellen.

## 1.2 Forschungsfragen und methodische Vorüberlegungen

Die Forschungsunterfragen FU<sub>1</sub>–FU<sub>7</sub> werden in dieser Arbeit als inhaltliche Leitplanken und als operative Struktur eines mehrstufigen Analyseprozesses verstanden. Methodisch folgt die Untersuchung einer dreistufigen Ordnungslogik, die systemtheoretisch als Beobachtung erster, zweiter und dritter Ordnung anschlussfähig ist (Arnold, 2015; Luhmann & Schorr, 1982b). Erstens werden Quellen als Analysen erster Ordnung (Primäranalysen) quellennah, promptbasiert und FU-getaggt ausgewertet; zweitens werden diese Primäranalysen FU-spezifisch zu Analysen zweiter Ordnung (Sekundäranalysen) verdichtet; drittens wird die daraus entstehende Struktur im semantischen Raum probabilistisch geprüft und validiert (Analysen dritter Ordnung, P-QIA). Die Datengrundlage der Primäranalysen wird als maschinenlesbare Zotero-Exportdatei geführt (FU-Tags in keywords, Analysen im Feld *annotate*), so dass FU-spezifische Korpora reproduzierbar extrahiert und als FU-spezifische Arbeitsdateien für die Metaanalysen genutzt werden können (Abschnitt 4.3.2). Die konkrete Ausbuchstabierung dieses Vorgehens erfolgt in Kapitel 4, insbesondere in Abschnitt 4.3, in den Analyseprompts (Anhang A.2 und Anhang A.3) sowie in der Dokumentation der Analysen zweiter Ordnung (Anhang A.9) und folgt den Transparenz- und Dokumentationsanforderungen systematischer Forschung (Döring, 2023; Vom Brocke et al., 2015).

### 1.2.1 Zugrundliegende Vermutungen

Die vorliegenden Rückmeldungen aus dem Anwendungskontext deuten darauf hin, dass Auszubildende in der Lage sind, in komplexen und kritischen Einsatzsituationen kognitive und psychomotorische Handlungen zielgerichtet auszuführen. Diese Beobachtung spricht für eine beobachtbare und messbare Wirkung, die im direkten Zusammenhang mit der Nutzung des untersuchten Learning-Management-Systems (LMS) stehen könnte. Die LMS-Architektur wurde auf Grundlage eigener Forschungserkenntnisse konzipiert und implementiert, sodass eine hypothesengestützte Annahme besteht, dass die beobachtete Wirksamkeit zumindest teilweise auf diese Gestaltung zurückzuführen ist. Eine abschließende Klärung dieser Wirksamkeit liegt jedoch bislang nicht vor.

Wie in den folgenden Abschnitten beschrieben werden wird, fehlt eine fundierte Untersuchung der zugrunde liegenden Wirkfaktoren, die den beobachteten Effekten im Praxisfeld zugrunde liegen. Diese Wirkfaktoren bilden die Ausgangsbasis für die Herleitung und Begründung des vorliegenden Forschungsvorhabens.

Die leitende Vermutung lautet: Die konsequente Anwendung systemisch-konstruktivistischer Theorieansätze erklärt die beobachtete Wirkung in der curriculären Konzeption und Durchführung von Lehrprozessen und präzisiert sie über die Architektur digitaler Lernumgebungen. Darüber hinaus erlaubt sie fundierte Prognosen über gewünschte zukünftige Wirkungen. Es wird angenommen, dass relevante theoretische Ansätze und Erklärungsmuster in den jeweiligen Bezugsdisziplinen bereits vorliegen und durch eine systemische Synthese anschlussfähig gemacht werden können.

Auf Grundlage dieser Vermutungen lassen sich jedoch keine klassischen Hypothesen im Sinne einer Theorieprüfung ableiten. Eine solche Hypothese müsste sich definitionsgemäß auf eine etablierte theoretische Annahme stützen (Döring, 2023, S. 146). Stattdessen wird eine handlungsleitende Hauptforschungsfrage entwickelt, die in Abschnitt 1.4 formuliert und syntaktisch sowie semantisch entfaltet wird. Sie bleibt bewusst eng gefasst, da ein konkretes, bereits im Feld eingesetztes LMS untersucht wird.

### 1.2.2 Absicht, Ziel und erwünschte Wirkung

Diese Arbeit entfaltet sich entlang eines strukturell verdichteten Erkenntnispfades, dessen Struktur sich myzelartig aus drei bereits bearbeiteten Bereichen ergibt. Erstens bildet der konkrete Bedarf im Anwendungskontext den initialen Impuls für die wissenschaftliche Auseinandersetzung. Dieser Bedarf wurde in Abschnitt 1.1 eingeführt und umfasst die strukturellen, pädagogischen und regulatorischen Anforderungen in der digitalen Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern. Zweitens wurden in Abschnitt 1.2.1 zentrale Beobachtungen und Erfahrungen zu Wirkzusammenhängen in der Nutzung eines konkret implementierten Learning-Management-Systems (LMS) beschrieben. Diese Hinweise markieren wiederkehrende Effekte auf Handlungskompetenz, Entscheidungsverhalten und Selbststeuerung innerhalb digitaler Lernräume. Drittens dokumentiert Abschnitt 1.3 einen signifikanten Mangel an systemisch orientierten Wirkgefüge-Analysen innerhalb der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit digitalen Bildungsräumen in den Gesundheitsberufen. Aus dieser strukturellen Triangulation heraus bildet sich die Absicht dieser Dissertation.

Das Ziel der Arbeit richtet sich auf die systemisch-konstruktivistische Rekonstruktion des Wirkgefüges eines konkret angewendeten LMS in einem medizinisch-pädagogischen Anwendungskontext. Dabei erfolgt die Analyse des LMS als sozio-technisch-didaktische Struktur, welche im digitalen Bildungsraum auf Akteurinnen und Akteure wirkt und über eine rein technische Werkzeugperspektive hinausgeht. Diese Wirkung vollzieht sich über rekursive Prozesse, in denen Strukturen, Interaktionen und Rückkopplungen zueinander in Beziehung treten. Im Zentrum steht daher die Analyse jener Interdependenzen, die zwischen technologischen Artefakten, didaktischer Gestaltung und organisationaler Einbettung entstehen; die isolierte Beschreibung einzelner Funktionen bleibt darin eine Teilperspektive. Dieses Ziel entfaltet sich entlang der in Abschnitt 1.4 entwickelten Haupt- und Unterforschungsfragen, die den Rahmen für die methodische Umsetzung bilden.

Zur intendierten Wirkung ist die Forschungsstruktur so aufzubauen, dass die methodischen Schleifen zwischen Fragestellung, Datenerhebung, Ergebnisdarstellung und Rückbindung kontinuierlich zur Schärfung eines theoretisch fundierten Wirkmodells beitragen. In Kapitel 4.2 wird die empirische Umsetzung der Fragestellungen erläutert. Die dort beschriebenen Datenerhebungsverfahren strukturieren die operationalisierten Analysezugänge und bilden die Grundlage für die in Abschnitt 5.1 dokumentierten empirischen Befunde. Diese Befunde werden in Abschnitt 6.1 systematisch mit den theoretischen Setzungen und vermuteten Zusammenhängen in Beziehung gesetzt. In Kapitel 7.0 erfolgen Bündelung und Verdichtung der rekursiv entwickelten Strukturelemente des Wirkmodells, um daraus Gestaltungsimpulse für digitale Lernräume in High-Responsibility-Team-Kontexten abzuleiten.

Die Einlösung der hier formulierten Absicht, Zielsetzung und erwünschten Wirkung bildet sich im weiteren Aufbau ab: Abschnitt 2.3.2 beschreibt auf theoretischer Ebene Wirkungskurven, Regenerationsprozesse und Störanfälligkeit von Lernprozessen im digitalen Raum. Kapitel 3 rekonstruiert die Entstehung und Implementierung des LMS aus handlungspraktischer Perspektive und kontrastiert in der Tabelle zur Ergebnisbewertung die erlebte Wirkung zweier Paradigmen (Notlösung vs. systemische Infrastruktur). Das dort dokumentierte Programmatic Assessment, der Bezug auf Evaluationslogiken (Kirkpatrick/TEI) sowie die Reflexion curriculärer Zielstellungen zeigen, dass Zielsetzung und intendierte Wirkung im konkreten Systemkontext eine operationalisierte Entsprechung finden. Kapitel 4 fokussiert die paradigmatische Fundierung dieser Arbeit: Die zirkuläre Strukturierung, der interdependente Methodenansatz und das Wirkgefüge-Modell der FU<sub>7</sub> bilden dort die methodisch explizite Umsetzung der angelegten Absicht. Die Ergebnisse in Kapitel 5 geben abschließend Auskunft über empirisch beobachtbare Wirkungsmuster und vervollständigen dadurch die systematische Verbindung zwischen theoretischem Ziel und konkretem Befund.

### 1.3 Stand der Forschung und Forschungslücke

- Überblick über die bisherigen Studien und relevante Literatur zum Thema.
- legt den Stand der Forschung dar und entwickelt die Fragestellung.

#todo (#21): - Forschungsstand und Forschungslücke prägnant benennen. #todo (#22) Vor Finalisierung: Checklisten-/Platzhalter-Elemente (Checkboxen, „Text“) in Fließtext überführen; Stand der Forschung als strukturierte Synthese (nicht nur Einzelstudien), Forschungslücke explizit aus mehreren Belegen + bibliometrischen Befunden ableiten.

Die systematische Literaturrecherche zeigt, dass bisherige Studien vor allem auf die Evaluation einzelner LMS-Funktionen und deren unmittelbare Auswirkungen auf Lernende fokussieren. Es existieren zahlreiche Untersuchungen, die die Effektivität von E-Learning-Plattformen in der medizinischen Ausbildung bewerten (Ataei et al., 2020; Jones et al., 2021). Diese Studien liefern wertvolle Einblicke in spezifische Aspekte wie Benutzerfreundlichkeit, Zugänglichkeit und Lernmotivation. Allerdings fehlt es an umfassenden Analysen, die die komplexen Wechselwirkungen zwischen technologischen, didaktischen und sozialen Komponenten eines LMS im Kontext der Kompetenzentwicklung systematisch untersuchen.

Die Untersuchung legt nahe, dass künftige Forschungen sich verstärkt auf die Analyse der Lernaktivitäten und deren Auswirkungen auf die Lernenden konzentrieren sollten. Die Autoren betonen insbesondere die Notwendigkeit, zukünftige Forschungsarbeiten darauf auszurichten, wie unterschiedliche CBL-Methoden in spezifischen medizinischen Bildungskontexten wirksam eingesetzt werden können.

Der menschliche Bildungsprozess ist von einer ständigen Wechselwirkung zwischen grundlegenden emotionalen und kognitiven Bedürfnissen sowie den Unsicherheiten geprägt, die beim Lernen und der Kompetenzentwicklung auftreten. Bedürfnisse wie Bindung, Selbstwerterhöhung und die Vermeidung von Unlust bilden die Basis für eine dynamische Kausalkette, die das Lernverhalten antreibt. Aus den Bedürfnissen heraus entstehen Unsicherheiten im Lernprozess und in der Kompetenzmessung, die das Handeln der Lernenden prägen. Diese Handlungen zielen darauf ab, die Unsicherheiten zu verringern und das Bedürfnis nach Selbstverwirklichung zu befriedigen. In dieser kontinuierlichen Zirkulation beeinflussen sich Bedürfnisse, Konzepte und Handlungen wechselseitig und treiben den Lernprozess stetig voran.

#### 1.3.1 Theoretische und empirische Vorüberlegungen

#todo (#23): - Methodische Vorüberlegungen andeuten

Text

#### 1.3.2 Literaturrecherche

#todo (#24) Formulierung dieses Eingangssatzes glätten (fehlendes Verb ergänzen, z.B. „Der dokumentierte Literaturprozess bildet die Ausgangsbasis der bibliometrischen Analyse.“).

Die systematische Literatursuche zum 23. April 2022 orientiert sich an den Qualitätskriterien von Döring (Döring, 2023) und kombiniert das Suchnetzwerk nach Vom Brocke et al. (2015) mit einem mehrstufigen Dokumentationsprozess in Zotero und Obsidian. Ausgehend von den im Exposé (Hanisch, 2022) abgeleiteten Suchclustern werden primäre Begriffe (z.B. „Learning Management System“, „digitaler Bildungsraum“, „Kompetenzentwicklung“) genutzt, um Quellen zu identifizieren, die unmittelbar den Forschungsgegenstand adressieren. Sekundäre Begriffe (z.B. „digital“, „blended“, „hybride Lernarrangements“) dienen der Kontextualisierung über didaktische und organisatorische Fragen der Lernraumgestaltung hinaus. Tertiäre Begriffe (z.B. „E-Learning“, „Online-Plattform“, „EdTech-Infrastruktur“, „Open-Source-Lernplattformen“) erschließen angrenzende technologische Rahmungen und Innovationspfade. Die Cluster werden mit 35% (primär), 40%

(sekundär) bzw. 25 % (tertiär) gewichtet. Die prozentuale Gewichtung bestimmt zugleich die Mindestquote der zu sichtenden Trefferlisten: Primäre Kombinationen werden zu 80 % vollständig analysiert, sekundäre zu 50 %, tertiäre zu 15 %. Damit lässt sich das Spannungsfeld aus Vollständigkeit und Praktikabilität transparent steuern.

Die Suchanfragen werden entlang der sechs Schritte Festlegung von Suchbegriffen, Auswahl einschlägiger Datenbanken (u.a. Fachdatenbanken der Bildungswissenschaft und Medizin), Durchführung der Suchstrings, Sichtung und Strukturierung der Treffer, Dokumentation aller Entscheidungen sowie Analyse und Synthese der ausgewählten Literatur abgearbeitet. Jeder Schritt wird in Zotero als Memo protokolliert, sodass der Bezug zu den Gütekriterien Validität, Reliabilität und Transparenz jederzeit nachvollziehbar bleibt (Döring, 2023).

Table 1: Datenbankrecherche BASE

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)          | Kombination (sekundärer Suchbegriff) | Trefferanzahl                                       |
|---|--------------------------------------|---|
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „Digitalisierung“                    | 4 Treffer in 271.703.238 Dokumenten                 |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „E-Learning“                         | 561 Treffer in 271.703.238 Dokumenten               |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „Learning-Management-System“         | 2 Treffer in 271.703.238 Dokumenten                 |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „Digitalisierung“                    | 230 Treffer in 271.803.586 Dokumenten               |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „E-Learning“                         | 79 Treffer in 271.803.586 Dokumenten                |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „Learning-Management-System“         | 2 Treffer in 271.803.586 Dokumenten                 |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ | „E-Learning“                         | 5 Treffer in 272.828.873 Dokumenten                 |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ | „Learning-Management-System“         | Keine zu Ihrer Anfrage passenden Dokumente gefunden |

Datenbankabfragen in BASE (Stand: 23.04.2022). Dargestellt sind Trefferzahlen für Kombinationen primärer Suchbegriffe mit sekundären Suchbegriffen; die Spalte „Trefferanzahl“ gibt die Zahl gefundener Dokumente im Verhältnis zum jeweiligen Gesamtdatenbestand von BASE an und macht insbesondere die geringe Sichtbarkeit LMS-spezifischer Kombinationen sichtbar.

Table 2: Datenbankrecherche Google Scholar

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)   | Kombination (sekundärer Suchbegriff) | Trefferanzahl                          |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$ | „Digitalisierung“                    | Ungefähr 17.400 Ergebnisse (0,07 Sek.) |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$ | „E-Learning“                         | Ungefähr 6.920 Ergebnisse (0,06 Sek.)  |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$ | „Learning-Management-System“         | Ungefähr 47 Ergebnisse (0,04 Sek.)     |

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)                                | Kombination (sekundärer Suchbegriff)         | Trefferanzahl  |
|---|--|--|
| „Wirkung“ $\wedge$  | „Digitalisierung“                            | Ungefähr 12.200 Ergebnisse (0,06 Sek.)                             |
| „Wirkung“ $\wedge$  | „E-Learning“                                 | Ungefähr 1.170 Ergebnisse (0,06 Sek.)                              |
| „Wirkung“ $\wedge$<br>„Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ | „Learning-Management-System“<br>„E-Learning“ | 12 Ergebnisse (0,04 Sek.)<br>Ungefähr 7.950 Ergebnisse (0,06 Sek.) |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$                       | „Learning-Management-System“                 | Ungefähr 75 Ergebnisse (0,05 Sek.)                                 |

Datenbankabfragen in Google Scholar (Stand: 23.04.2022). Angegeben sind ungefähre Ergebniszahlen und Suchzeiten; die Werte sind als Schätzungen zu lesen (dynamische Indexierung/Personalisierung) und dienen primär der Größenordnungseinordnung und des relativen Vergleichs der Suchkombinationen.

Table 3: Datenbankrecherche LearnTechLib

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)          | Kombination (sekundärer Suchbegriff) | Trefferanzahl  |
|---|--------------------------------------|--|
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „Digitalisierung“                    | 54 Treffer (0,831 Sek.) –<br>digitization medical education43  |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „E-Learning“                         | Treffer (0,933 Sek.) – digitization<br>medical training<br>5.021 Treffer (0,193 Sek.) –<br>digitization medical<br>education3.455 Treffer (0,276<br>Sek.) – digitization medical<br>training |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „Learning-Management-System“         | 1 Treffer (0,300 Sek.) –<br>learning-management-system<br>medical education2.202 Treffer<br>(0,411 Sek.) –<br>learning-management-system<br>medical training                                 |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „Digitalisierung“                    | 159 Treffer (0,339 Sek.) –<br>digitization works   |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „E-Learning“                         | 13.361 Treffer (0,213 Sek.) –<br>e-learning works  |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „Learning-Management-System“         | 7.333 Treffer (0,449 Sek.) –<br>learning-management-system<br>works  |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ | „E-Learning“                         | 12.645 Treffer (1,015 Sek.) –<br>technology works e-learning   |

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)          | Kombination (sekundärer Suchbegriff) | Trefferanzahl  |
|---|--------------------------------------|--|
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ | „Learning-Management-System“         | 7.101 Treffer (0,690 Sek.) – technology works learning-management-system |

Datenbankabfragen in LearnTechLib (Stand: 23.04.2022). Dargestellt sind Trefferzahlen inkl. exemplarischer englischer Query-Varianten; die Tabelle dient dem Abgleich bildungstechnologischer Ergebnisräume mit LMS-spezifischen Suchkombinationen und ihrer relativen Breite.

Table 4: Datenbankrecherche National Library of Medicine (PubMed)

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)                               | Kombination (sekundärer Suchbegriff)                              | Trefferanzahl  |
|--|---|--|
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$                             | „Digitalisierung“   | 1 Treffer – Digitalisierung medizinische Ausbildung 5.559  |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$                             | „E-Learning“  | 1.826 Treffer – e-learning medical education 1.944   |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$                             | „Learning-Management-System“                                      | 118 Treffer – learning-management-system medical education 127   |
| „Wirkung“ $\wedge$<br>„Wirkung“ $\wedge$<br>„Wirkung“ $\wedge$ | „Digitalisierung“<br>„E-Learning“<br>„Learning-Management-System“ | 17.421 Treffer – digitization works 753 Treffer – e-learning works 57 Treffer – learning-management-system works |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$                      | „E-Learning“  | 222 Treffer – technology works e-learning  |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$                      | „Learning-Management-System“                                      | 23 Treffer – technology works learning-management-system   |

Datenbankabfragen in PubMed (Stand: 23.04.2022). Dargestellt sind Trefferzahlen für deutsch- und englischsprachige Suchkombinationen in der National Library of Medicine; die Tabelle dient der Einordnung, wie stark LMS-bezogene Begriffe im medizinischen Forschungsindex vertreten sind.

Table 5: Datenbankrecherche Zeitschrift Gesundheitsberufe

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)   | Kombination (sekundärer Suchbegriff) | Trefferanzahl                |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$ | „Digitalisierung“                    | Suchergebnis: 19 Fundstellen |

| Hauptterm (primärer Suchbegriff)          | Kombination (sekundärer Suchbegriff) | Trefferanzahl                |
|---|--------------------------------------|------------------------------|
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „E-Learning“                         | Suchergebnis: 14 Fundstellen |
| „medizinische Ausbildung“ $\wedge$        | „Learning-Management-System“         | Keine Treffer                |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „Digitalisierung“                    | Suchergebnis: 16 Fundstellen |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „E-Learning“                         | Suchergebnis: 18 Fundstellen |
| „Wirkung“ $\wedge$                        | „Learning-Management-System“         | Keine Treffer                |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ | „E-Learning“                         | Suchergebnis: 10 Fundstellen |
| „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ | „Learning-Management-System“         | Suchergebnis: 2 Fundstellen  |

Datenbankabfragen in der Zeitschrift *Gesundheitsberufe* (Stand: 23.04.2022). Dargestellt sind Fundstellezahlen für Suchkombinationen im Zeitschriftenindex; die Tabelle dient als praxisnaher Abgleich eines berufsbezogenen Diskursraums mit den breiteren Datenbankindizes.

Konkrete Abfragen koppeln die Suchbegriffe mit Eintragstypen. Für „Learning Management System“ (Zeitschriftenartikel) liegen 68 Einträge vor, „Online Lernplattform“ liefert drei Einträge und „Digital Learning“ 289. Kleine Trefferlisten werden vollständig bearbeitet; bei umfangreichen Ergebnisräumen greift die oben beschriebene Quotierung. Die Bearbeitungstiefe wird über Tag-Kombinationen gesteuert: Jede ausgewertete Quelle erhält Promotion:Literaturanalyse plus genau eine argumentative Kategorie (Promotion:Argumentation, Promotion:Kerngedanke, Promotion:Schlussfolgerung oder Promotion:Weiterführung). Erst wenn die erforderliche Quote in einer Suchkombination mit entsprechenden Tags vermerkt ist, gilt der Suchraum als saturiert. Auf diese Weise lässt sich jederzeit nachverfolgen, welche Quelle bereits bewertet ist und wie sie in das Argumentationsgefüge der Arbeit einfließt.

Die Auswahlkriterien sind projektspezifisch operationalisiert und in den Arbeitsunterlagen hinterlegt:

Table 6: Auswahlkriterien der Literaturrecherche

| Kriterium  | Begründung   | Bemerkung  |
|--|--|--|
| Aktualität   | Normative Entwicklungen (z.B. NotSanG-Novellierungen) verlangen Quellen mit unmittelbarem Bezug zum Untersuchungszeitraum.                             | Fokus auf Publikationen ab 2014, sofern Klassiker nicht zwingend notwendig sind.                   |
| Art der Quelle (Übersichtsartikel, Metaanalysen, Monografien, Sammelände, Zeitschriftenbeiträge, Studien, Klassiker) | Nur wissenschaftliche Publikationen sichern die geforderte Güte und trennen Fachliteratur von populären Darstellungen.                                 | Datenbankauswahl richtet sich nach Disziplin (Bildungswissenschaft, Medizin, Bildungstechnologie). |
| Subjektive Relevanz / systematische Einordnung   | Jede Quelle wird hinsichtlich ihres Beitrags zur Argumentation auf einer Skala von 1–10 bewertet (1 = „Hauch einer Relevanz“, 10 = „totale Relevanz“). | Die Relevanzbewertung wird zusammen mit der Tag-Kombination dokumentiert.                          |

Auswahlkriterien der Literaturrecherche (Stand: 23.04.2022). Aufgeführt sind zentrale Einschluss-/Priorisierungskriterien (Aktualität, Quellentyp, Relevanzbewertung) inkl. Begründung und Dokumentationshinweisen; die Kriterien steuern die Aufnahme von Treffern aus den primären/sekundären/tertiären Suchclustern in die Analysepipeline.

Die Tabelle bündelt damit die Auswahlkriterien, die bei jeder Suchkombination geprüft werden, bevor die Quelle in Zotero markiert und in MAXQDA weiterverarbeitet wird. Sie stellt die direkte Verbindung zum Suchnetzwerk her, weil die Kriterien bestimmen, welche Treffer aus den primären, sekundären und tertiären Clustern in die detaillierte Analyse überführt werden.

Die beschriebenen Schritte – Suchnetzwerk, prozentuale Gewichtung, Tag-basierte Nachverfolgung und transparente Kriterien – gewährleisten, dass relevante Quellen systematisch identifiziert, kategorisiert und priorisiert werden. Gleichzeitig entsteht eine belastbare Dokumentationsgrundlage, die eine spätere Aktualisierung oder Replikation der Literaturrecherche ohne Medienbruch erlaubt.

### 1.3.3 Identifikation der Forschungslücke

**Diskursive Einordnung** Eine der dem Untersuchungsgegenstand am nächsten kommenden Studien stammt von Fonseca et al. (2024). Diese Untersuchung zeigt, dass digitale Communities of Practice (CoPs) eine zentrale Rolle für den Erfolg kollaborativer Lernökosysteme spielen. Erfolgreiche Collaborative Learning Ecosystems (CESs) zeichnen sich durch klare Kommunikationsstrukturen, dynamische soziale Interaktionen sowie flexible Lerntechnologien aus. Die Studie liefert konkrete Designprinzipien, die zur Entwicklung nachhaltiger digitaler Lernräume genutzt werden können. Auf dieser Grundlage wird ein neues Modell für digitale Lernökosysteme entwickelt, das kollaborative Lernprozesse mit technologischen und sozialen Aspekten verbindet. (Fonseca et al. (2024), Seite 130, 134, 137)

Während die genannte Untersuchung wertvolle Erkenntnisse über die Bedeutung von Communities of Practice (CoPs) und Collaborative Learning Ecosystems (CESs) liefert, fehlt in der bisherigen Forschung eine systemische Erklärung der Wirkmechanismen digitaler Bildungsräume. Die bisherigen Studien konzentrieren sich primär auf die empirische Analyse einzelner Erfolgsfaktoren und Designprinzipien, ohne die kausalen Interdependenzen zwischen den beteiligten Elementen umfassend zu modellieren.

**Datenbasis der Recherche** Die Tabellen 1–5 dokumentieren ausschließlich die quantitativ erhobenen Trefferzahlen der einzelnen Suchkombinationen in den ausgewählten Datenbanken. Die Darstellung erfolgt ohne interpretative Bewertung; die Tabellen dienen der deskriptiven Abbildung des recherchierten Quellenraums sowie der Nachvollziehbarkeit der Suchstrategie. Eine inhaltliche Analyse oder theoretische Einordnung dieser Ergebnisse erfolgt ausschließlich im folgenden Abschnitt 1.3.3.

Die vorliegende Forschungsarbeit schließt diese Lücke, indem sie das Wirkgefüge eines LMS in der medizinischen Lehre systemisch analysiert. Im Gegensatz zu bestehenden Studien, die digitale Lernräume als Sammlung von Einzelfaktoren betrachten, wird in dieser Untersuchung ein holistisches Modell entwickelt, das beschreibt, was funktioniert, und zeigt, wie die verschiedenen Elemente eines digitalen Bildungsraumes interagieren und sich wechselseitig beeinflussen. Ein entscheidender Unterschied zur bisherigen Forschung ist der systemtheoretische Ansatz, der die Identifikation emergenter Strukturen und autopoietischer Stabilisierungseffekte innerhalb digitaler Lernumgebungen ermöglicht. Während empirische Studien bereits Hinweise auf erfolgreiche kollaborative Lernmodelle liefern, fehlt eine tiefgehende Analyse der zugrunde liegenden Kausalketten, die diese Erfolgsfaktoren miteinander verbinden.

**Bibliometrische und zeitliche Evidenz** Die im Methodikkapitel dokumentierte Zeitreihe „visualize\_time\_series\_02-01\_suchergebnisse“ bietet einen zentralen Hinweis auf die strukturelle Beschaffenheit des Forschungsfeldes, in dem sich diese Arbeit verortet. Die Jahreswerte der Publikationshäufigkeit ( $n = 3\,733$ ; Stand: 13.12.2025) zeigen über den nahezu fünf Jahrzehnte umfassenden Zeitraum hinweg ein hochgradig asymmetrisches Entwicklungsprofil. Dieses Profil markiert eine wissenschaftshistorische Dynamik und ist damit mehr als der Verlauf einer bibliometrischen Zählung; es ist für die Begründung der Forschungslücke konstitutiv.

Zwischen 1978 und etwa 2000 verbleiben die jährlichen Veröffentlichungszahlen im einstelligen Bereich. Diese Phase kann als „prä-diskursive Zone“ bezeichnet werden: Zwar existieren vereinzelte Publikationen, doch lassen sie weder auf einen thematischen Zusammenhang noch auf eine erkennbare Forschungsrichtung schließen. Der Begriff „prä-diskursive Zone“ beschreibt hier eine Phase, in der ein wissenschaftlicher Diskurs zwar potenziell vorbereitet wird, jedoch noch nicht über die terminologische, methodologische oder institutionelle Kohärenz verfügt, die für ein systematisch erkennbares Forschungsfeld typisch ist. In dieser Phase ist der Diskurs weder terminologisch gefasst noch konzeptionell ausgebildet. Die Null- bzw. Beinahe-Null-Linie ist damit kein Hinweis auf Forschungsarmut, sondern auf das Fehlen eines identifizierbaren, kohärennten Diskursraumes.

Erst ab etwa 2004 erscheinen erste punktuelle Anhebungen – weiterhin in sehr geringer Höhe –, die allerdings eher als thematische Fragmentierungen denn als konsistente Forschungsbewegung zu interpretieren sind. Diese punktuellen Ausschläge markieren die beginnende Sichtbarkeit digitaler und bildungstechnologischer Themen, ohne dass sie bereits zu einem systematischen medizin- oder bildungswissenschaftlichen Diskurs zusammengeführt würden. Die in den Tabellen 1–5 dokumentierten Suchergebnisse bestätigen diese Diagnose: Selbst in großen multidisziplinären Datenbanken wie BASE oder Google Scholar bleiben spezifische Kombinationen wie „Learning-Management-System

*land medizinische Ausbildung“ über Jahrzehnte hinweg marginal.*

Ein struktureller Übergang lässt sich erst ab 2016/2017 erkennen. In dieser Phase steigt die jährliche Publikationszahl erstmals kontinuierlich an und überschreitet die bisherige Nulllinie deutlich. Diese Entwicklung korreliert mit mehreren Feldern: der zunehmenden Digitalisierung in Aus- und Weiterbildungsprozessen, der Verbreitung offener Lernplattformen (u. a. Moodle), der Kompetenzorientierung in Gesundheitsberufen und der pandemiebedingten Ausweitung hybrider Lehrformate. Der sichtbare Anstieg ist somit als Indikator dafür zu verstehen, dass das Forschungsfeld sich aus seiner prä-diskursiven Phase herauslöst und in eine Phase emergenter wissenschaftlicher Konsolidierung eintritt.

Der eigentliche Diskursaufbau vollzieht sich jedoch in einem sehr engen Zeitfenster. Zwischen 2018 und 2022 zeigt die Zeitreihe eine exponentielle Steigung, die 2023 in einem Höchstwert von etwa 900 Veröffentlichungen kulminiert. Diese Dynamik verweist auf eine starke Verdichtung wissenschaftlicher Attention. Gleichwohl belegt die parallele Analyse der Datenbanken: Während generische Digitalisierungsbegriffe in allen Quellen hohe Trefferzahlen erzeugen, bleiben LMS-spezifische Kombinationen weiterhin auffällig niedrig – auch in hoch kuratierten medizinischen Datenbanken wie PubMed. Der Diskurs ist somit zwar wachsend, aber inhaltlich unscharf und strukturell noch nicht vollständig ausgebildet.

Da der betrachtete Forschungsstand auf April 2022 datiert, sind spätere Schwankungen (2024/2025) für die vorliegende Einordnung nachrangig. Für die Vollständigkeit der Dokumentation bleibt festzuhalten: Der in der Zeitreihe sichtbare Rückgang reflektiert primär eine thematische Verschiebung des Diskurses hin zu KI-bezogenen Digitalisierungsfragen ab 2022/2023 (siehe Abschnitt 4.2.1); dadurch verändert sich die inhaltliche Zusammensetzung des Korpus, ohne dass die grundlegende Unterrepräsentation LMS-spezifischer Studien aufgehoben würde. Die Zeitreihe ist als offenes Analyseinstrument konzipiert und erlaubt eine kontinuierliche Fortschreibung; Replikation und Weiterentwicklung der bibliometrischen Auswertung bleiben dadurch gewährleistet.

Systemische Forschungslücke In der Zusammenschau ergibt die Zeitreihe damit drei zentrale Befunde:

1. Das Forschungsfeld verfügt bis etwa 2016 über keine identifizierbare, systematische Entwicklungslinie. Dies begründet die historische Jugend des Diskurses und die damit verbundene Abwesenheit komplexer theoretischer Modelle.
2. Der starke Anstieg ab 2018 markiert einen „aufsteigenden Ast“, der auf eine rasch expandierende, aber zugleich noch nicht stabilisierte Forschungsgemeinschaft verweist. In dieser Phase entstehen viele Einzelstudien, jedoch keine konsolidierten Wirkgefüge-Modelle.

3. Die anhaltend geringen Trefferzahlen LMS-spezifischer Suchkombinationen über alle Datenbanken hinweg – trotz insgesamt steigender Publikationsmengen – weisen auf eine strukturelle Unterrepräsentation systemischer Analysen digitaler Lernumgebungen in den Gesundheitsberufen hin.

Die ab 2022/2023 einsetzende thematische Verschiebung hin zu KI-bezogenen Digitalisierungsfragen bestätigt rückblickend die Positionierung der Forschungslücke: Der Stand an systemischen LMS-Analysen wurde durch einen veränderten thematischen Schwerpunkt überlagert (siehe Abschnitt 4.2.1).

Diese drei Befunde bilden gemeinsam die empirisch-quantitative Basis für die Begründung der Forschungslücke. Die Lücke entsteht weniger dadurch, dass Inhalte fehlen, als dadurch, dass der Diskurs strukturell zu jung, zu fragmentiert und zu begriffsunscharf ist, um bereits systemisch-theoretische Wirkgefüge abbilden zu können. Die vorliegende Arbeit setzt genau an dieser Stelle an: Sie trägt zur Grundstrukturierung eines erst entstehenden Feldes bei, indem ein theoretisch, systemisch und empirisch fundiertes Modell des digitalen Bildungsraums entwickelt wird. Sie positioniert sich dabei als strukturierender Impuls zur Etablierung eines theoretisch fundierten Forschungsfeldes.

## 1.4 Herleitung Haupt- und Unt erforschungsfragen

#todo (#25): - Herleitung der Forschungsfragen vorbereiten. #todo (#26): prüfen: Insbesondere kommt der Operationalisierung eine wesentliche Bedeutung zu: die beobachtbaren Indikatoren werden dem theoretischen Begriff zugeordnet (Schnell et al., 2013, S. 7).

Die Forschungsfragen leiten sich direkt aus dem dargestellten Erkenntnisinteresse und der identifizierten Forschungslücke ab. Im Zentrum steht die systemische Analyse des Wirkgefüges eines LMS im digitalen Bildungsraum der Gesundheitsberufe. Dabei wird untersucht, wie technologische, didaktische und soziale Faktoren interagieren und welche Mechanismen die Kompetenzentwicklung der Akteurinnen beeinflussen. Die Forschungsfragen sind so formuliert, dass sie sowohl retrospektive als auch prospektive Dimensionen abdecken und damit dem doppelt gerichteten Wissenschaftlichen und praxisorientierten Erkenntnisinteressen. Die bisherigen LMS-Erfahrungen erklären das beobachtete Wirkungspotenzial, nicht jedoch die dahinterliegenden Mechanismen. Gerade weil Gesundheitsberufe einer engen Regulierung unterliegen und digitale Bildungsräume für High Responsibility Teams besondere Anforderungen stellen, braucht es eine systemische Analyse, die technologische, didaktische und soziale Faktoren als Wirkgefüge fasst. Leitend ist die Annahme, dass das systemisch-konstruktivistische Theoriegebäude curriculare Entscheidungen ebenso wie die Architektur und den Betrieb eines LMS begründet – und damit Prognosen künftiger Wirkungen ermöglicht. Aus dieser Annahme lassen sich keine klassischen, theorieabgeleiteten Hypothesen formulieren (Döring, 2023, S. 146); stattdessen wird eine forschungsfragengeleitete Struktur entwickelt.

Die handlungsleitende Hauptforschungsfrage (FH) lautet:

„Wie ist das Wirkgefüge des angewandten LMS auf Akteure im digitalem Bildungsraum von Gesundheitsberufen gestaltet?“

Die Forschungsfrage ist bewusst eng gefasst, weil ein bestehendes LMS im realen Betrieb untersucht wird. Ihre Syntax wird entlang der zentralen Begriffe operationalisiert: Das Medientool (LMS) wirkt im digitalen Bildungsraum auf Akteurinnen, die in Gesundheitsberufen handeln; zu analysieren ist das Wirkgefüge und dessen Gestaltung (Schnell et al., 2013, S. 7).

Aus der FH werden sieben Forschungsunterfragen ( $FU_1-FU_7$ ) abgeleitet, die das Wirkgefüge in adressierbare Teilespekte zerlegen und zugleich die Methodenwahl strukturieren (Tabelle 4):

- $FU_1$ : Akzeptanz und Nützlichkeit des LMS aus Sicht der Nutzenden (Metaanalyse, Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f)).
- $FU_{2a}/FU_{2b}$ : Wirkung auf Lernende bzw. Lehrende (an Evaluationslogiken nach Kirkpatrick/TEI anschließende Literaturanalyse; Spiegelung über Umfragedaten (Hanisch-Johannsen, 2025f)).
- $FU_3$ : Didaktische und technologische Merkmale des Systems (theoretische Rekonstruktion der Archi-

tektur).

- FU<sub>4a</sub>/FU<sub>4b</sub>: Bildungswissenschaftliche und technisch-gestalterische Wirkmechanismen (Inhaltsanalyse, Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e), Simulation).
- FU<sub>5</sub>: Möglichkeiten und Grenzen des angewandten Modells (Qualitative Inhaltsanalyse, SWOT).
- FU<sub>6</sub>: LMS als Kompetenzerwerbssystem (systemische Kopplung von Kompetenzmodellen und LMS-Struktur).
- FU<sub>7</sub>: Erweiterung von Kausalgesetzen im digitalen Bildungsraum (Grounded-Theory-gestützte Theorieentwicklung).

Die Abfolge der Unterforschungsfragen folgt der in Abbildung 1 skizzierten Logik: Von der Bedeutung (FU<sub>1</sub>) über beobachtete Effekte (FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub>) und deren Effektfaktoren zur Konzeption (FU<sub>3</sub>), flankiert von Möglichkeiten und Mechanismen (FU<sub>4a</sub>/FU<sub>4b</sub>), bis hin zu Kompetenzen und Kausalgesetzen (FU<sub>6</sub>/FU<sub>7</sub>), die schließlich das Wirkgefüge der Hauptfrage adressieren. Damit ist die Sequenz zugleich thematische Landkarte und methodische Prozessführung.

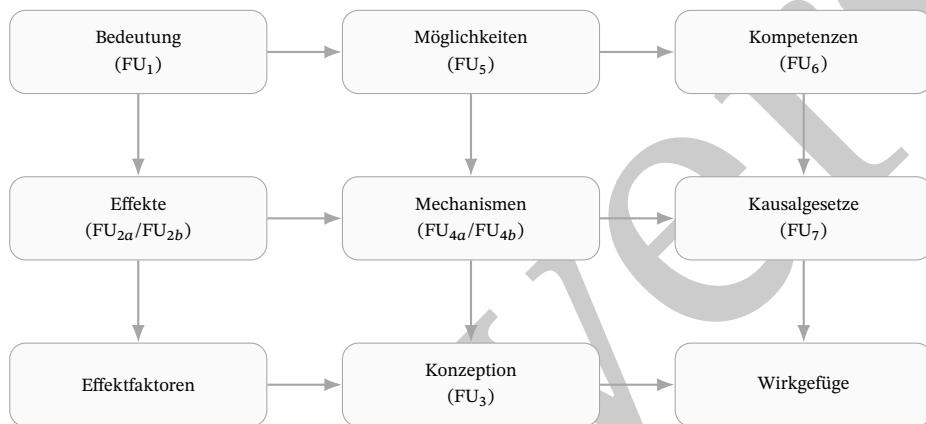


Figure 1: Abfolge der Forschungsunterfragen: von Bedeutung und Effekten über Mechanismen und Konzeption hin zu Kompetenzen, Kausalgesetzen und Wirkgefüge.

Visualisiert ist die Sequenz der Forschungsunterfragen (FU<sub>1</sub>–FU<sub>7</sub>) als gerichteter Pfad mit Rückbezügen: Bedeutung → Effekte → Effektfaktoren; flankiert von Möglichkeiten/Mechanismen/Konzeption sowie Kompetenz- und Kausalannahmen bis zum Wirkgefüge.

Der hier skizzierte Entwicklungspfad folgt einer deduktiv gestützten Progression von Akzeptanz über Effekte und Mechanismen hin zu Kompetenz- und Kausalannahmen. FU<sub>1</sub> knüpft an Akzeptanz- und Nutzungsrahmen an (Döring, 2023, Kapitel 6.1) und legitimiert die Frage nach Bedeutung und Nützlichkeit im Anwendungsfeld. FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub> greifen die Wirkung auf Lernende und Lehrende auf, angelehnt an Evaluationslogiken nach Kirkpatrick und TEI (Kirkpatrick, 1998; Ritzmann et al., 2020), und strukturieren damit die Rekonstruktion von Effektdimensionen und Wirkbedingungen. FU<sub>3</sub>–FU<sub>4b</sub> werden durch systematische Inhaltsanalyse und UI-/Eye-Tracking-Ansätze (Hanisch-Johannsen, 2025e) abgeleitet, die Mechanismen und gestalterische Faktoren sichtbar machen (Kaduk et al., 2023; Lewandowska, 2020; Mayring, 2008, 2010) und die in FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub> rekonstruierten Effektannahmen in Richtung Gestaltung und Nutzungsvollzug weiter auflösen. FU<sub>5</sub> adressiert Möglichkeiten und Grenzen, gestützt durch literaturbasierte SWOT-Analysen (Wollny & Paul, 2015); in der Folge kann die Einordnung der Bedeutsamkeit im Kontext der bisherigen Ergebnisse überhaupt erst vorgenommen und damit der Rahmen beschrieben werden. Der abschließende Schritt ist die systemtheoretische Einordnung über Kausalitätsbeziehungen, um Ziele zu beschreiben und das Wirkgefüge zu begründen (Baraldi et al., 2019, S. 125; Glaserfeld & Köck, 2008, S. 127–129; Reich, 2010, S. 118–119; Siebert, 2003, S. 74–78).

Die detaillierte Zuordnung dieser Unterfragen zu den Datenerhebungen und Erfüllungskriterien erfolgt in Kapitel 4.2; die interdependente Argumentation wird in Kapitel 6.3.1 aufgegriffen und in Kapitel 7 manifestartig verdichtet.

#todo (#27) Kurzhinweis auf Eye-Tracking-Design (Remote, Bildexport-only, FU-gekoppeltes 7-Schritte-Raster) einfügen, Verweis auf Abschnitt 4.2.4.

## 1.5 Aufbau und Lesepfade

Die vorliegende Dissertation ist in sieben Kapitel gegliedert, die entlang spezifischer wissenschaftlicher Operationen das Wirkgefüge des LMS im digitalen Bildungsraum der Gesundheitsberufe systematisch analysieren. Jedes Kapitel erfüllt dabei eine bestimmte Funktion im Erkenntnisprozess und trägt zur schrittweisen Verdichtung des Themas bei.

Im Zusammenspiel von operationalem Lesepfad (linear, entlang der wissenschaftlichen Operationen) und explorativem Lesepfad (nicht-linear, als entdeckende Lektüreroute) entfaltet sich die volle Komplexität des Wirkgefüges. Die formale Kapitelstruktur bietet eine nachvollziehbare Führung, während der explorative Lesepfad die Dynamik und Vielschichtigkeit des Themas erlebbar macht. Beide führen zum gleichen Erkenntniszusammenhang, unterscheiden sich aber in der Art der Orientierung.

### 1.5.1 Operationaler Lesepfad (linear)

Der formale Aufbau dieser Dissertation folgt wissenschaftlichen Konventionen und bildet einen strukturierten, operationalen Lesepfad. Die Arbeit ist so gegliedert, dass sie die Untersuchung systematisch durch den digitalen Bildungsraum führt. Jede Operation eröffnet einen eigenen Betrachtungsraum und trägt dazu bei, das Wirkgefüge präziser zu erfassen. Die Orientierung an der in der Synopse dokumentierten Taxonomie schafft eine klare Führung durch das gesamte Werk. Die Kapitel bewegen sich entlang eines rhythmischen Wechsels von Beschreibung, Analyse, Rekonstruktion und theoretischer Verdichtung. Durch diese Abfolge entsteht eine fortlaufende Spannung, weil jede neue Beobachtungsebene weitere Einsichten freilegt.

Kapitel 1 führt in den digitalen Bildungsraum ein und beschreibt zentrale Begriffe, die für das Verständnis der Arbeit notwendig sind. Diese beschreibende Operation bildet die Grundlage für den weiteren Erkenntnisprozess. Die gliedernde Operation ordnet in Abschnitt 1 die Mechanismen Feedback, Reflexion und Reentry und verankert sie im theoretischen Rahmen. Die Kombination aus Beschreiben und Gliedern eröffnet eine erste Vorstellung davon, wie dynamisch dieser Raum strukturiert ist. Die Neugier entsteht durch die Frage, wie diese Mechanismen im konkreten Anwendungssystem wirksam werden. Es verweist in Abschnitt 1.1 auf das Erkenntnisinteresse, das durch die späteren Kapitel weiter präzisiert wird.

Kapitel 2 erweitert diesen Zugang. Die analysierende Operation öffnet den Blick auf die Kategorien Raum, Wirkung, System und Struktur. Die charakterisierende Operation verleiht diesen Kategorien schärfere Konturen und zeigt, wie sie in einem wechselseitigen Verhältnis stehen. Durch diese Verdichtung entsteht ein theoretischer Bezugsrahmen, der die späteren empirischen Schritte vorbereitet. Es schafft dadurch eine Grundlage, an der die Ergebnisse aus Kapitel 5 später gespiegelt werden. Die Spannung wächst, da der theoretische Rahmen andeutet, welche Mechanismen plausibel sind, ohne dass ihre konkrete Ausprägung bereits sichtbar wäre.

Kapitel 3 bildet den Übergang von der Theorie zur Anwendung. Die ermittelnde Operation rekonstruiert die historischen und organisatorischen Voraussetzungen der LMS-Implementierung. Die herausarbeitende Operation identifiziert die strukturellen Elemente, die das spätere Wirkgefüge prägen. Besonderes Augenmerk liegt auf der pandemiebedingten Transformation, deren Geschwindigkeit eine außergewöhnliche Sichtbarkeit struktureller Wirkfaktoren erzeugt. Diese Rekonstruktion ergänzt die theoretischen Vorannahmen aus Abschnitt 1.1 und verbindet sie mit der konkreten Systemarchitektur. Dadurch verdichtet sich der Fokus auf die Frage, welche Wirkung ein solches System tatsächlich entfaltet.

Kapitel 4 entfaltet die Struktur der für die Untersuchung relevanten Forschungswege. Die ordnende Operation schafft zunächst eine klare Übersicht über die methodischen Schritte. Die darlegende Operation erläutert die empirischen Zugänge und zeigt, unter welchen Bedingungen Beobachtungen möglich werden. Eine ab-

schließende einordnende Operation verschaltet die gewählten Methoden mit den theoretischen Setzungen aus Kapitel 2. Dadurch wird sichtbar, welche Operation welche Dimension des Wirkgefüges erfassen kann. Es öffnet ein Feld möglicher Sichtweisen auf den Forschungsgegenstand und schärft damit die empirische Rekonstruktion.

Kapitel 5 entfaltet sich entlang einer auswertenden und vergleichenden Operation. Die Auswertung führt die Einzelergebnisse zusammen und bildet eine Gesamtsicht auf die empirischen Befunde. Die vergleichende Operation zeigt Übergänge zwischen theoretischen Setzungen und empirischen Beobachtungen. Aus dieser Bewegung entstehen Muster, die den digitalen Bildungsraum als Wirkgefüge sichtbar machen. Die Ergebnisse treten in eine dialogische Beziehung zu den Annahmen aus Abschnitt 1.2.1. Abweichende Befunde weiten den Blick, während bestätigende Muster die theoretischen Überlegungen stärken. Dadurch wird der Leserinnen- und Leserkreis durch eine Erkenntnisbewegung geführt, die sowohl Überraschungen als auch strukturelle Bestätigungen bereithält.

Kapitel 6 prüft, bewertet und begründet die empirischen Befunde im Licht des theoretischen Rahmens. Die prüfende Operation konfrontiert die Ergebnisse mit den theoretischen Linien aus Kapitel 2. Die bewertende Operation ordnet die Befunde in bildungswissenschaftliche, medientechnische und professionsbezogene Diskurse ein. Die begründende Operation rekonstruiert die kausalen Interdependenzen, die im digitalen Bildungsraum wirken. Durch diese drei Operationen entsteht ein zunehmend tiefes Verständnis der Strukturmechanismen. Sie verbinden Theorie und Empirie zu einem konsistenten Bild, das einen wesentlichen Beitrag zur Erklärungskraft des Wirkgefüges liefert.

Kapitel 7 bündelt Theorie, Empirie und Methodologie. Die ableitende Operation entwickelt Gestaltungsimpulse für zukünftige digitale Bildungsräume. Die zusammenführende Operation verdichtet die Strukturelemente des Wirkmodells und erstellt daraus ein kohärentes Gesamtbild des untersuchten Systems. Die Schlussbewegung öffnet einen Ausblick auf Gestaltungs- und Forschungsperspektiven in High-Responsibility-Team-Kontexten. Sie schafft dadurch eine Verbindung zwischen der rekonstruierten Gegenwart und möglichen zukünftigen Entwicklungen.

Die gesamte Kapitelbewegung bildet ein wissenschaftliches Verfahren. Die sequenzielle Anwendung der Operatoren erhöht die Tiefenschärfe des Wirkgefüges. Der operationale Lesepfad bewegt sich von der beschreibenden Eingangsperspektive über analytische und rekonstruktive Schritte hin zu theoriegeleiteten Gestaltungen. Dieser Fluss entfaltet die Komplexität des digitalen Bildungsraumes Schritt für Schritt.

### 1.5.2 Explorativer Lesepfad (nicht-linear)

Neben dem sequenziellen Zugang eröffnet die Struktur dieser Arbeit einen explorativen Lesepfad, der eine entdeckende Annäherung an das Wirkgefüge ermöglicht. Dieser Lesepfad richtet sich an Leserinnen und Leser, die einzelne Befunde, theoretische Perspektiven oder methodische Entscheidungen gezielt vertiefen möchten, ohne der linearen Kapitelabfolge zu folgen. Der Einstieg kann an unterschiedlichen Stellen erfolgen und entfaltet seine Logik erst im weiteren Verlauf der Lektüre.

Abbildung~2 visualisiert diesen Zugang als systemische Schleife. Die Darstellung macht die rekursive Anlage der Untersuchung sichtbar und zeigt, wie Befund, Kontext, theoretische Linse, empirische Prüfung und argumentative Verdichtung miteinander verschränkt sind. Die Abbildung dient der Vereinfachung und Orientierung in einem komplexen Wirkzusammenhang, dessen Struktur sich schrittweise erschließt.

Zur ersten Annäherung eignen sich insbesondere der empirische Befund in Abschnitt 5.3, die kontextuelle Einbettung des Systems in Abschnitt 3.2, die theoretische Linse zu Regeneration und Störung in Abschnitt 2.5.2, die methodische Prüfung in Abschnitt 4.3 sowie die verdichtende Diskussion in Abschnitt 6.3.1. Der Abschluss in Abschnitt 7.1 bietet eine zusammenführende Perspektive, die die zuvor hergestellten Bezüge bündelt.

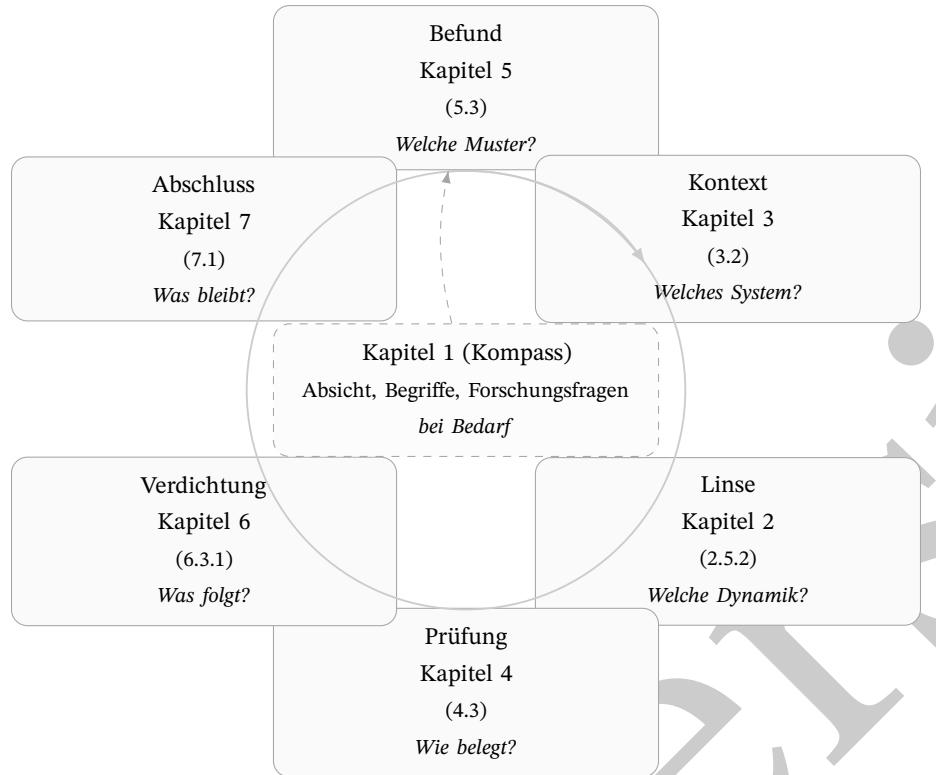


Figure 2: Explorativer Lesepfad als systemische Schleife.

Dargestellt ist eine kreisförmige Anordnung der Stationen Befund (Kapitel 5), Kontext (Kapitel 3), Linse (Kapitel 2), Prüfung (Kapitel 4), Verdichtung (Kapitel 6) und Abschluss (Kapitel 7) mit einem ringförmigen Richtungsmarker. In der Mitte ist Kapitel 1 als gestrichelter Kompass-Knoten (Absicht, Begriffe, Forschungsfragen) eingezeichnet und mit einer Orientierungskante zur Befund-Station verbunden.

Der explorative Lesepfad folgt bewusst keiner festgelegten Reihenfolge. Jede Station kann Ausgangspunkt weiterer Vertiefung sein und verweist implizit auf offene Zusammenhänge, die an anderen Stellen aufgegriffen und präzisiert werden. Auf diese Weise entsteht eine Lektürebewegung, in der Bedeutung, Erklärung und Einordnung schrittweise zueinander in Beziehung stehen. Kapitel 1 kann dabei jederzeit als begrifflicher und konzeptioneller Referenzpunkt hinzugezogen werden.

Dieser Zugang ist als Einladung zur individuellen Auseinandersetzung mit dem Wirkgefüge gedacht. Wer den explorativen Lesepfad wählt, rekonstruiert die Argumentation nicht entlang der formalen Kapitelstruktur, sondern entlang der eigenen Fragestellungen. Der Erkenntniszusammenhang bleibt dabei identisch mit dem des operationalen Lesepfads, erschließt sich jedoch in einer anderen Abfolge und mit veränderter Gewichtung. Gerade diese Offenheit trägt dazu bei, die innere Dynamik des digitalen Bildungsraumes erfahrbar zu machen und das Interesse an den zugrunde liegenden Wirkmechanismen weiterzuführen.

## 2 Theorieteil

---

#todo (#28) Vor Finalisierung: Arbeits-/Prozessnotizen aus dem Kapitel entfernen/auslagern (Theorieteil = Fließtext + Belege + kurze Zwischenfazits).

#todo (#29) 2.1.2 Klassiker (Arnold/Reich/Siebert) entlang weniger Leitkategorien verdichten; danach Abgleich mit aktuellen Linien nach Indizes. Reihenfolge nach den Kategorien Kerngedanke - Argumentation - Schlussfolgerung - Weiterführung.

#todo (#30) 2.1.3/2.1.4: Pro zentralem Index 2–3 Kernquellen synthetisieren (thematische Linien statt Autor:innen-Parade).

#todo (#31) Ende 2.1: kurzes Zwischenfazit (welche Bausteine gehen in Modell 2.3, welche werden in Kap. 4 wieder aufgegriffen).

#todo (#32) Reproduzierbarkeit: im Methodik-Anhang knapp dokumentieren (Indizes genutzt, Kernquellen selektiert, Prompt ausgewertet, index-spezifisch synthetisiert).

---

Der Theorieteil legt den begrifflichen und konzeptuellen Rahmen der Dissertation fest. Er verschränkt psychologische Funktionslogiken, bildungswissenschaftliche Grundlagen, medienpädagogische Rahmungen sowie das eigens entwickelte Modell des digitalen Bildungswirkgefüges. Anstelle eines traditionellen Lehrbuchüberblicks werden an dieser Stelle jene theoretischen Grundannahmen betrachtet, die für das Wirkgefüge des untersuchten Learning Management Systems (LMS) konstitutiv sind. Im Mittelpunkt stehen die Definitionen von Bildung, Digitalität und Kompetenzentwicklung im systemisch-konstruktivistischen Rahmen; sie werden so gefasst, dass sie sowohl subjektive Prozesse als auch strukturelle und technische Dimensionen des digitalen Bildungsraums erfassen.

Abschnitt 2.1 setzt beim psychischen System an. Bedürfnisse, Emotionen, Neugier, biografische Ereignisse und dispositionale Merkmale werden als zentrale Trägervariablen identifiziert, die das Wirkgefüge aus der Perspektive der handelnden Subjekte strukturieren. Diese Ebene beschreibt, wie Lernprozesse auf der individuellen Seite entstehen, reguliert werden und wie sie durch digitale Lernarchitekturen unterstützt oder behindert werden können. Damit wird begründet, weshalb das LMS in dieser Arbeit nicht als neutrale Infrastruktur, sondern als in psychische Prozesse eingreifende Struktur verstanden wird.

Abschnitt 2.2 rahmt diese subjektbezogenen Mechanismen bildungswissenschaftlich. Im Fokus stehen systemisch-konstruktivistische Bildungsansätze, die Lernen als selbstreferenziellen, kontextgebundenen Konstruktionsprozess verstehen und Bildungsräume als Wirkgefüge von Akteuren, Inhalten und Strukturen beschreiben. Die Wechselwirkungen zwischen digitaler Infrastruktur, pädagogischer Gestaltung und Kompetenzentwicklung werden als sozio-technisches Wirkgefüge gefasst. Auf dieser Ebene wird begründet, wie individuelle Trägervariablen in bildungswissenschaftliche Kategorien übersetzt werden und warum das LMS als Teil eines Bildungsraums zu analysieren ist, nicht lediglich als technisches Werkzeug.

Abschnitt 2.3 verortet das Forschungsvorhaben medienpädagogisch, indem das LMS als digitaler Bildungsraum mit spezifischen Rollen, Funktionen und Gestaltungsprinzipien beschrieben wird. Hier wird herausgearbeitet, wie medienpädagogische Konzepte – etwa zu Partizipation, Kollaboration, Steuerung und Transparenz – in die konkrete Architektur und Nutzung eines LMS eingeschrieben sind. Zugleich bildet dieser Abschnitt die Brücke zum Forschungsgegenstand in Kapitel 3, indem das abstrakte Wirkgefüge in eine beobachtbare Systemarchitektur überführt wird.

Abschnitt 2.4 thematisiert die luhmannsche „Technologielücke“ und den Technologiedefizit-Diskurs. Im Anschluss an systemtheoretische Überlegungen wird diskutiert, wie pädagogische Innovationen strukturell hinter technologischen Möglichkeiten zurückbleiben, wenn Bildung nur als „Technologie“ im Sinne eines auf Wirksamkeit reduzierten Instrumentariums verstanden wird. Diese Perspektive macht sichtbar, welche blinden Flecken entstehen, wenn das LMS primär unter Effizienz- und Steuerungsaspekten betrachtet wird, und

warum eine theoriegeleitete, bildungswissenschaftlich und medienpädagogisch fundierte Betrachtung notwendig ist, um den digitalen Bildungsraum angemessen zu modellieren.

Abschnitt 2.5 schließlich bündelt die vorangegangenen Ebenen in einem Modell der systemischen Dynamik des digitalen Bildungswirkgefüges. Das Modell übersetzt psychologische Trägervariablen, bildungswissenschaftliche Wirkgefüge und medienpädagogische Gestaltungslogiken in Variablen, Kopplungen und Rückkopplungen und ermöglicht so eine dynamische Analyse der Wechselwirkungen zwischen Bedürfnissen, Emotionen, Kompetenzentwicklung und LMS-Architektur. Die Synthese bildet den theoretischen Übergang zu Kapitel 3, in dem das Modell im konkreten Setting eines Ausbildungs-LMS rekonstruiert und empirisch anschlussfähig gemacht wird.

#todo (#33) Quellen zur systemisch-konstruktivistischen Bildungswissenschaft, Medienpädagogik und Luhmanns Technologielücke ergänzen (z.B. Arnold, Reich, Siebert, Kerres, Tulodziecki, Luhmann) und mit den jeweiligen Abschnitten (2.1–2.5) verschränken.

Die hier entwickelten theoretischen Elemente werden in Kapitel 6.3.1 als Interdependenzrahmen verdichtet und in Kapitel 7 manifestartig operationalisiert.

#todo (#34) Theoretische Verankerung der Eye-Tracking-Auswertung ergänzen (Aufmerksamkeitslenkung, Salienz/Gestaltgesetze, visuelle Informationsverarbeitung) als Brücke zu Abschnitt 4.2.4.

## 2.1 Pädagogisch-psychologische Grundannahmen

Die pädagogisch-psychologischen Grundlagen erklären, warum Bedürfnisse, Emotionen, Neugier, biografische Ereignisse und dispositionale Merkmale als Trägervariablen des Wirkgefüges fungieren.

### 2.1.1 Bedürfnisse als Grundlage

Bedürfnisse fungieren als Antriebssysteme des Lernens. Der Abschnitt erläutert Bindung, Selbstwirksamkeit, Kontrolle, Selbstwert und Unlustvermeidung als Bausteine, die sich in LMS-Designprinzipien übersetzen lassen.

### 2.1.2 Emotionen als Vermittler

Emotionen regulieren Aufmerksamkeit, Motivation und Stress. Hier wird herausgearbeitet, wie Emotionen die Wirkung von Lernarchitekturen verstärken oder abschwächen und weshalb sie in der Modellierung berücksichtigt werden.

### 2.1.3 Neugier als Konzept

Neugier fungiert als Katalysator, um Lernende in komplexen digitalen Umgebungen zu halten. Der Abschnitt skizziert, wie Neugier-induzierende Elemente (z.B. explorative Pfade, adaptive Hinweise) systemisch verankert werden.

### 2.1.4 Persönliche Ereignisse und Lernerfahrungen

Biografische Erfahrungen, Rollenwechsel oder kritische Lebensereignisse beeinflussen die Wahrnehmung digitaler Lernräume. Hier wird beschrieben, wie das LMS diese Kontexte aufgreift und Lernprozesse stabilisiert.

### 2.1.5 Dispositionale Merkmale

Dispositionen wie Vorerfahrung, Selbstkonzept oder digitale Kompetenz werden als Variablen eingeführt, die das Wirkgefüge modulieren und in der Simulation als Parameter dienen.

## 2.2 Bildungswissenschaftlich-theoretische Verortung

#todo (#35) Abschnitt ausformulieren: bildungswissenschaftliche Verortung aus der eigenen Positionierung heraus (systemisch-konstruktivistisch und bildungstechnologisch), Leitbegriffe (Bildung/Digitalität/Kompetenz) definieren und begründen, danach erst begriffliche Ableitungen; mit belastbaren Kernbelegen (nicht nur Einzelquellen).

Text

### 2.2.1 Einleitung und Übersicht zur Theorie

Hier werden die Leitfragen des Kapitels erläutert: Wie lassen sich Bildung, Digitalität und Kompetenz im Kontext dieser Arbeit definieren? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für eine grundlagenorientierte Bildungsforschung, die ohne repräsentative Stichproben, aber mit hoher theoretischer Genauigkeit argumentiert? Der Abschnitt führt in die zentralen Begriffe ein und skizziert die Argumentationsstruktur der nachfolgenden Unterkapitel.

### 2.2.2 Systemisch-konstruktivistische Theorie

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Selbstreferenz, Kontextgebundenheit und operative Geschlossenheit des Lernsystems die Gestaltung von Bildungsräumen prägen. Die verschiedenen Lehr-Lern-Ansätze (instruktional bis systemisch) werden als historische Entwicklungsstufen diskutiert und mit dem hier genutzten Wirkgefügebegriff in Beziehung gesetzt.

### 2.2.3 Bildungstechnologie und Digitalität

Die technische Seite digitaler Bildung – binäre Codierung, multimediale Verarbeitung, ubiquitäre Vernetzung – wird mit pädagogischen Anforderungen verschränkt. Der funktional-technologische Bildungsbegriff (z.B. Wiater (2022)) dient als Ausgangspunkt, um den Schwerpunkt dieser Arbeit auf didaktisch-strukturelle Gestaltung zu begründen.

### 2.2.4 Kompetenzentwicklung im digitalen Bildungsraum

Es folgt die Verknüpfung zu kompetenztheoretischen Ansätzen: Welche Performanz- und Reflexionsprozesse adressieren LMS, und wie greifen Prüfungsarchitekturen, Feedbackschleifen und Kompetenzmessung systemisch ineinander?

## 2.3 Medienpädagogische Rahmung und Übergang zum Forschungsgegenstand

#todo (#36) Abschnitt ausformulieren: medienpädagogische Rahmung (z.B. Medienbildung/Medienkompetenz, Gestaltung digitaler Lernräume) als Brücke von Theorie (Kap. 2) zu Forschungsgegenstand (Kap. 3); explizit machen, welche theoretischen Bausteine später in Methodik/Analysen wieder aufgegriffen werden.

Text

## 2.4 Exkurs: Technologiedefizit

Der Exkurs reflektiert, warum pädagogische Innovationen häufig hinter technologischen Möglichkeiten zurückbleiben. Er diskutiert das Technologiedefizit als strukturelles Problem und verknüpft es mit den Anforderungen an die Gestaltung digitaler Bildungsräume.

## 2.5 Systemische Dynamik des digitalen Bildungswirkgefüges

In diesem Kapitel wird das eigens entwickelte Modell vorgestellt. Es verbindet qualitative Theoriearbeit mit Simulationen und beschreibt die dynamische Kopplung von Bedürfnissen, Emotionen, Kompetenzentwicklung und LMS-Architektur.

### 2.5.1 Das Modell als dynamisches System

Vorstellung der Variablen, Kopplungen und Rückkopplungen des Modells. Hier wird erläutert, wie deduktive Annahmen und empirische Beobachtungen zusammengeführt werden.

### 2.5.2 Regeneration, Störung und Wirkungskurven in LMS

Der Abschnitt beschreibt, wie Lernprozesse auf Störungen reagieren (z.B. Prüfungsdruck, technische Ausfälle) und wie das LMS Regenerationspfade bereitstellt. Wirkungskurven visualisieren, wann Interventionen stabilisierend oder destabilisierend wirken.

### 2.5.3 Konsequenzen aus Systementkopplungen

Was passiert, wenn einzelne Subsysteme (z.B. Kompetenzmessung vs. Lernaktivität) entkoppelt werden? Hier wird analysiert, wie Fehlanpassungen entstehen und welche Risiken sich daraus ergeben.

### 2.5.4 Gestaltungsprinzipien zur Kopplung im digitalen Setting

Aus den vorangegangenen Modellüberlegungen werden Prinzipien abgeleitet, die die Kopplung von Bedürfnissen, Architektur und Kompetenzziehen sicherstellen (z.B. Transparenz, Feedback, adaptive Pfade).

### 3 Beschreibung des Forschungsgegenstandes

Kapitel 3 beschreibt Entstehung, Kontext und Architektur des untersuchten LMSs. Es konkretisiert damit die in Kapitel 2 entwickelten theoretischen Überlegungen für den spezifischen Anwendungsfall und bereitet die spätere Ergebnisdarstellung in Kapitel 5 vor.

Die hier dargestellte Architektur und ihre rechtlich-didaktische Verortung werden in Kapitel 6.3.1 in den Interdependenzrahmen eingeordnet und bilden eine der empirischen Grundlagen für die manifestartige Verdichtung in Kapitel 7.

Folgerung für die Darstellung Konsequenzen klar zweiteilig gliedern: (a) rechtlich-funktional, (b) didaktisch-strukturell Learning Management System (LMS) = Schnittstelle zwischen Norm und Didaktik

#### 3.1 Kontext des Forschungsgegenstandes

##### 3.1.1 Rechtlich-funktionale Rahmung

Das hier zu beschreibende LMS (LMS) wird im Rahmen in der Lehre der durch die europäische Richtlinie 2005/36/EG reglementierten Gesundheitsberufe, insbesondere in der Ausbildung und Prüfung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern, eingesetzt. Der Begriff der Gesundheitsberufe ist nicht definiert und fasst alle Berufe zusammen, deren Tätigkeitsfeld im Wesentlichen im Gesundheitssektor angesiedelt ist. Für einen Teil dieser Berufe sind Ausbildung und Prüfung gesetzlich geregelt; diese Berufe stehen im Mittelpunkt der hier angestellten Betrachtungen und werden den reglementierten Berufen, und damit der Gesetzgebungskompetenz des Bundes zugeordnet. Die reglementierten Heilberufe fassen Berufe zusammen, deren Tätigkeiten insbesondere heilende und medizinisch-assistierende Anteile als charakteristisches Merkmal aufweisen. Aus der staatlichen Zuordnung folgt, dass die Führung der Berufsbezeichnung entweder durch eine Approbation oder durch eine behördliche Erlaubnis auf Antrag erworben werden kann. (Bundesgesundheitsministerium, 2025)

Im Anwendungsfeld der Ausbildung und Prüfung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern sowie die Erlaubnis zum Führen der Berufsbezeichnung unterliegt der o.a. staatlichen Regelung. Maßgeblich verantwortlich für die gesetzeskonforme Umsetzung ist nach § 5 Abs. 3 Satz 4 NotSanG die Schule, in deren Gesamtverantwortung die „Organisation und Koordination des theoretischen und praktischen Unterrichts und der praktischen Ausbildung entsprechend dem Ausbildungsziel“ (Bundesrepublik Deutschland, 2023, Abschnitt 5 (3) Satz 4) liegt. Die genaue Bedeutung dieses Auftrages verdeutlichen Dielmann & Malottke (Dielmann & Malottke, 2017, S. 137–138) in ihrem Kommentar und bieten damit eine zentrale normierte Grundlage zur Herleitung der Rolle eines LMS innerhalb der Ausbildung und Prüfung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern.

Den Kommentatoren nach obliegt der Schule zwar die Gesamtverantwortung zur Organisation und Koordination des Unterrichtes und der praktischen Ausbildung, jedoch ist diese Verantwortlichkeit nicht auf die gesamte Ausbildung übertragbar. Diese liegt beim Träger der Ausbildung und muss auch von ihm wahrgenommen werden. Das Ziel der Organisation und Koordination ist demzufolge die sinnvolle, strukturierte Verzahnung der Lernorte Lehrrettungswache, Schule und Krankenhaus entlang des gesetzlich vorgegebenen Ausbildungziels gem. § 4 NotSanG (Bundesrepublik Deutschland, 2023, Abschnitt 4). Infolgedessen steht die Schule in der Verantwortung der Koordination mit gleichzeitigem Ausschluss der hoheitlichen Deutung. Demnach kann die Schule gestalterisch tätig sein, jedoch ist diese Gestaltung nicht als autonom anzusehen. (Dielmann & Malottke, 2017, S. 137–138)

Die Konsequenzen des Einsatzes eines LMS können entlang der Dimensionen Werkzeugfunktion, Kohärenzsicherung und Abgrenzung schulischer und trägerschaftlicher Verantwortung weiter differenziert werden. Aufgrund der Koordinations- und Organisationsverantwortung der Schule lässt sich aus den bisherigen Über-

legungen ableiten, dass das hier behandelte Lernmanagementsystem als das gesetzlich geforderte Steuerungsinstrument angesehen werden kann, das zur Umsetzung der gesetzlichen Verpflichtung geeignet erscheint. Erst die nachvollziehbare und standardisierte Zusammenführung von Kursen, Kalendern, Lernfortschritten, Aufgaben und Einsatzberichten in E-Portfolios innerhalb einer digitalen Struktur kann die Ausbildungsabschnitte und unterschiedlichen Lernorte strukturell miteinander verknüpfen. Ergänzend bildet die Integration von Fallbearbeitungen, Praxisreflexionen sowie zeitunabhängigen, dokumentierten Reflexionsprozessen das didaktische Gerüst, das die Koordination zwischen den Lernorten sowie den theoretischen und praktischen Ausbildungsanteilen systematisch stützt. Unter diesen Voraussetzungen ist das LMS ein operationalisiertes Werkzeug zur Wahrnehmung der schulischen Verantwortung zur Koordination und Organisation. In den o.a. Ausführungen wird die Notwendigkeit verwiesen, individuelle Ausbildungspläne so zu gestalten, dass Rahmenlehrpläne bzw. die rechtlichen Ausbildungsbestimmungen umgesetzt werden können. Ableitend davon, ergibt sich die Verpflichtung zur Kohärenz von Rahmenlehrplan, Stundenplan und Einsatzplan sowie deren inhaltlichen Anteile zueinander. Das LMS muss folglich in der Lage sein, die einzelnen Elemente individuell und lernortspezifisch aufeinander abzustimmen. Damit fungiert das LMS als strukturelles Bindeglied zwischen Theorie (Stundenplan), Praxis (Einsatzorte) und Individualisierung (Ausbildungspläne) und verfügt über die Möglichkeit, diese disjunkten Elemente über Planungs- und Synchronisationsfunktionen miteinander zu verbinden.

Wenn Schule nicht die insgesamte Ausbildungsverantwortung übernimmt, sondern der Ausbildungsträger sich ihrer als Erfüllungsgehilfin bedient, ergibt sich daraus im rechtlichen Sinne eine funktionale Verpflichtung zum Einsatz eines digitalen Koordinations- und Organisationsinstruments. Der Ausbildungsträger bleibt nach obiger Lesart haftungsrechtlich in der Verantwortung und durch den Einsatz des LMS durch die Schule übernimmt diese einen Teil genau dieser Verantwortlichkeit, ohne gleichzeitig selbst in die Trägerrolle zu wechseln. Durch den Einsatz eines digitalen Systems können alle rechtlich geforderten Dokumentations- und Nachweispflichten beispielsweise durch Logfiles, Beitragszeiten in Foren und Berichtsabfragen auch in Echtzeit gewährleistet werden. Hierin unterscheidet sich ein LMS signifikant von anderen analogen oder konventionellen Lösungen. Der bisherigen Argumentation folgend ist der Einsatz des hier beschriebenen LMS als ausbildungsrechtlich notwendige Infrastruktur zur Erfüllung schulischer Aufgaben zu verstehen. Die gesetzlich übertragene Verantwortung zur Koordination und Organisation der Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern lässt sich ohne ein entsprechendes System kaum mehr realisieren, insbesondere unter Berücksichtigung heutiger Möglichkeiten im digitalen Bildungsraum.

### 3.1.2 Didaktisch-strukturelle Verortung

Hier weiter mit Argumentation aus Kapitel 2.1 fortführend.

Didaktische Rahmung Schule = nicht nur juristische Instanz, sondern auch didaktisches Konstrukt LMS = didaktische Infrastruktur, um Lernprozesse zwischen den Lernorten kohärent zu verknüpfen Anschluss an Theoriekapitel (-> Bildung als Wirkgefüge / digitale Dispositive / Lernraumlogiken)

Table 7: Konsequenzen für das LMS innerhalb der rechtlich-funktionalen Rahmung

| Stichwort                                    | Erklärung  | Quellenverweis  |
|--|--|---|
| Verantwortung der Schule für Lernorttransfer | LMS als systemisches Steuerungsinstrument innerhalb der schulischen Gesamtverantwortung.               | § 5 (3) Bundesrepublik Deutschland (2023); § 2 (1-3) BMG (2023) |
| Aktive Begleitung durch Schule               | LMS muss Funktionen für Reflexion, Kommunikation und Dokumentation der Praxisbegleitung bereitstellen. | § 2 (3) BMG (2023)  |

| Stichwort   | Erklärung  | Quellenverweis  |
|---|--|---|
| Strukturierte Zusammenarbeit zwischen Schule und praktischer Ausbildungseinrichtung | Erfordert Kommunikations- und Kooperationsfunktionen zwischen Schule und Praxispartnern.       | § 5 (3) Bundesrepublik Deutschland (2023); § 2 (2-3) BMG (2023) |
| Rechtsverbindlichkeit   | LMS-Einsatz muss mit normativen Vorgaben vereinbar sein und Nachweismöglichkeiten bieten.      | § 11 Bundesrepublik Deutschland (2023); Einleitung BMG (2023)   |
| Pädagogisch-didaktischer Anspruch steigt  | Komplexe didaktische Szenarien müssen abbildbar sein (z. B. Kompetenzraster, ePortfolio etc.). | § 4 Bundesrepublik Deutschland (2023); Anlage 1 BMG (2023)      |
| Qualitätssicherung durch digitale Unterstützung                                     | LMS muss evaluierbare und standardisierte Prozesse zur Qualitätssicherung ermöglichen.         | Seite 44-45 Bundesgesundheitsministerium (2012)                 |
| Anschlussfähigkeit an akademische Systeme   | LMS sollte Anschlussfähigkeit an hochschulische Systeme und Studiengänge berücksichtigen.      | Bundesgesundheitsministerium (2025)                             |

Konsequenzen der rechtlich-funktionalen Rahmung für die LMS-Architektur. Zusammengeführt sind zentrale normative Anforderungen (u.a. NotSanG und Ausbildungs-/Prüfungsrahmen) und daraus abgeleitete Funktions- und Strukturbedarfe des Systems (Koordination der Lernorte, Dokumentation/Nachweis, Kommunikation, Qualitätssicherung).

Weiter mit Schule

Weiter mit HRT

#todo (#37) Platzhalter-Notizen („Weiter mit ...“) durch ausformulierte Abschnitte ersetzen: (a) schulische/organisationale Einbettung (Träger, Schule, Lernorte, Verantwortlichkeiten) und (b) HRT-spezifische Anforderungen (Entscheidungsdruck, Fehlerfolgen, Kompetenz-/Transferlogik) als Begründung der besonderen Kontextbedingungen des Untersuchungsfalls.

### 3.2 Entwicklung und Einbettung des LMS

Die Entwicklung und Einbettung des hier untersuchten Learning Management Systems erfolgte nicht als Reaktion auf äußere Anforderungen, sondern als systematische Auseinandersetzung mit den Herausforderungen einer digital gestützten Ausbildung im Gesundheitswesen. Die Konzeption entstand aus der Verbindung theoretischer Überlegungen, eigener empirischer Arbeiten sowie konkreter institutioneller Anforderungen im Rahmen der Einführung der dreijährigen Ausbildung von Notfallsanitäter\*innen. Die folgenden Abschnitte zeigen, wie sich das System von den ersten konzeptionellen Gedanken (3.2.1) über die schulische Implementierung (3.2.2) und dynamische Weiterentwicklung (3.2.3) bis zur empirischen Evaluation (3.2.4) konstituierte.

#### 3.2.1 Entstehungskontext und konzeptionelle Grundlagen

#todo (#38) Redundanz vermeiden! Nur auf eigene Arbeiten beziehen, die in Kapitel 2 nicht behandelt wurden.

Zentrale wissenschaftliche und konzeptionelle Grundlagen des hier untersuchten Learning Management Systems sind Ergebnisse aus eigenen Untersuchungen, inwiefern Einflussfaktoren Zeit, Struktur und Interaktion Effekte auf nachhaltiges Wissensmanagement durch Kollaborationstools haben, die anhand von selbstorganisierten Gruppenarbeitsergebnissen in der Qualifikation von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern

evaluiert wurden (Hanisch, 2017).

#todo (#39) Vor Finalisierung: RH1–RH3 klar als Hypothesen/Vorbefunde aus der Vorarbeit (nicht als Hypothesen der Dissertation) markieren; im Fließtext stärker die daraus abgeleitete Begründung für die Dissertation (Mechanismen/Wirkgefüge im LMS) betonen und ggf. Ergebnisse/Schlussfolgerungen vor die Hypothesenliste ziehen, um Verwirrung zu vermeiden.

In den eigenen Untersuchungen wurden drei Hypothesen geprüft, die sich auf die Effekte der Einflussfaktoren Zeit, Struktur und Interaktion auf nachhaltiges Wissensmanagement durch Kollaborationstools beziehen. Grundannahme war, dass Lernen in der Qualifikation von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern autopoietisch und selbstorganisiert verläuft (s. Kapitel 2.1.2), und dass insbesondere die zeitliche Verfügbarkeit von Lernergebnissen entscheidend für deren nachhaltige Aneignung ist (Hanisch, 2017, Kapitel 3.4, Abbildung 2):

- RH1, die zeitliche Erfassung und Verfügbarkeit betreffend, konnte deutlich bestätigt werden. Der höchste Effekt wurde für die Variable PV1b (Verfügbarkeit) mit einem Regressionskoeffizienten von  $\beta = -1,213$  nachgewiesen.
- RH2 zur Struktur zeigte eine sehr hohe Korrelation ( $r = .942$ ), der Einfluss auf das nachhaltige Wissensmanagement erwies sich jedoch als statistisch unplausibel hoch ( $\beta = 2,372$ ) und wurde daher verworfen.
- Zwar wies die kollaborative Interaktion (RH3) die stärkste Korrelation mit dem Kriterium auf ( $r = .953$ ), hatte jedoch mit  $\beta = .151$  einen nur geringen Einfluss.

Die Ergebnisse der Hypothesenprüfung zeigen eine differenzierte Wirkung der untersuchten Einflussfaktoren auf nachhaltiges Wissensmanagement. Mit der zeitlichen Verfügbarkeit von Gruppenarbeitsergebnissen (RH1) als stärkstem Prädiktor lässt sich die Annahme bestätigen, dass das Wann der Ergebnissicherung ein zentraler Gelingensfaktor für nachhaltige Wissensprozesse ist. Die Verwerfung der Hypothese zur Sicherungsstruktur (RH2) deutet darauf hin, dass Strukturmerkmale zwar als relevant wahrgenommen, aber offenbar nicht lernwirksam erlebt wurden. Auch wenn die kollaborative Interaktion (RH3) die höchste Korrelation mit dem Kriterium aufwies, blieb ihr tatsächlicher Einfluss begrenzt. Dies ist möglicherweise die Folge fehlender Erfahrung oder unzureichender Umsetzung (Hanisch, 2017, Kapitel 3.5).

+++++

Für die Rahmung dieser Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die zugrunde liegende Untersuchung im Rahmen eines sechswöchigen Kursformats stattfand, das auf die staatliche Prüfung vorbereitet und sich deutlich vom Format einer dreijährigen Ausbildung unterscheidet. Die Kritik der Teilnehmenden bezog sich mehrfach auf die fehlende zeitliche Transparenz im Lernarrangement – insbesondere hinsichtlich der Verfügbarkeit gemeinsamer Arbeitsergebnisse. Hier zeigt sich, dass Zeit nicht nur ein didaktischer, sondern auch ein organisatorisch relevanter Faktor für nachhaltiges Lernen ist. Ein weiterer Blickwinkel ist die geringe Wirkung struktureller Einflussfaktoren, die darauf zurückzuführen sein könnte, dass die Teilnehmenden keine reale Anwendung strukturierter digitaler Werkzeuge erfahren hatten. Ihnen fehlte die Möglichkeit, mit kollaborativen Tools tatsächlich zu arbeiten – eine bloße Vorstellung davon reichte nicht aus, um deren Wirksamkeit einzuschätzen. Auch die Interaktion wurde weniger als gelebte Praxis, denn als wünschenswerte Möglichkeit beschrieben. Eigene Beobachtungen legen nahe, dass Teilnehmende Interaktion vor allem im Sinne einer expertengeleiteten Selbstvergewisserung verstehen, bspw. in einer Rückkopplung mit Prüfenden (Hanisch, 2017, S. 18–19).

Die Ergebnisse machen damit deutlich, dass die untersuchten Wirkfaktoren nicht methodisch irrelevant, sondern strukturell untererfüllt waren. Für die Konzeption und Konstruktion des hier untersuchten Learning-Management-Systems war es daher zentral, die identifizierten Kritikpunkte systematisch in die Weiterentwicklung einzubeziehen.

### 3.2.2 Implementierung in der schulseitigen Praxis

Die konkrete Implementierung des hier untersuchten Learning Management Systems erfolgte ab dem Jahr 2016 im Zuge der Einführung der dreijährigen Ausbildung zur Notfallsanitäterin bzw. zum Notfallsanitäter an einer Rettungsdienstschule in Nordrhein-Westfalen. Im Unterschied zur vorherigen Rettungsassistenten-ausbildung bot sich hier erstmals die Möglichkeit, die Durchführung der Ausbildung auch digital zu gestalten. Zur Umsetzung gehörten einerseits die Abbildung der geltenden Lehrpläne, andererseits die systematische Nutzung von Wikis zur Sicherung von Gruppenarbeitsergebnissen, gerade vor dem Hintergrund der zuvor beschriebenen Untersuchungsergebnisse. Entscheidend für die Einführung eines Learning Management Systems war dabei nicht allein das Ziel, einen systematischen digitalen Zugang zu schaffen, sondern auch die persönlichen didaktischen Erfahrungen, die den Einsatz solcher Systeme im Sinne einer nachhaltigen Kompetenzentwicklung als sinnvoll erscheinen ließen. Die Rahmenbedingungen erwiesen sich insofern als günstig, als nicht nur eine hohe institutionelle Offenheit für digitale Lernprozesse, sondern auch ein spürbares persönliches Engagement seitens der Lehrkräfte und der Schulleitung gegeben war.

Initiativ in der Umsetzung war unter anderem die Verbindung eigener Studienleistungen im Bereich der Bildungswissenschaft an der FernUniversität in Hagen mit den curricularen Anforderungen vor Ort. Die FernUniversität hatte sich im Rahmen ihrer Lehre in den pädagogischen Feldern der Förderung digitaler Lehr-Lern-Formate verpflichtet, was eine hohe Affinität zu digitalen Medien im Ausbildungskontext begünstigte. Die Ausgangslage war dabei unter anderem durch die Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter sowie den Rahmenlehrplan Nordrhein-Westfalen geprägt. Aufgrund divergierender Anforderungen in diesen Dokumenten wurde ein schulinterner Lehrplan entworfen, der beide Vorgaben integrieren und curricular anschlussfähig machen sollte. In dieser Struktur wurde das Learning Management System verankert. Die Einführung erfolgte schrittweise, wobei zunächst grundlegende Funktionen im Vordergrund standen – insbesondere der Aufbau von Foren zur Begleitung von Handlungssituationen sowie die Nutzung der Wiki-Funktionalität zur Strukturierung kollaborativer Aufgabenbearbeitung (Anhang A-5).

Als besonders hilfreich erwiesen sich die in den Jahren 2016 und 2017 regelmäßig durchgeführten sechswöchigen Vorbereitungskurse auf die staatliche Prüfung. Diese zeichneten sich durch eine hohe Zahl an Teilnehmenden und eine dadurch bedingte intensive Belastungssituation aus, in der das System auf seine technische und didaktische Belastbarkeit hin überprüft werden konnte. Die Erfahrungen aus diesen Kursen flossen unmittelbar in die Weiterentwicklung ein und ermöglichen somit eine erste fundierte Rückmeldung zur Frage, inwieweit digitale Systeme zur Begleitung, Strukturierung und Auswertung von Lernprozessen in hochverdichteten Ausbildungskontexten beitragen können.

### 3.2.3 Weiterentwicklung durch externe Anforderungen

Mit Beginn der pandemischen Lage im Frühjahr 2020 wurden auch für die Ausbildung in den Gesundheitsfachberufen einschneidende Maßnahmen erlassen. Der Erlass des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen sah eine Einstellung des regulären Unterrichtsbetriebs an Rettungsdienstschulen vor und empfahl zugleich die Entwicklung und Umsetzung digitaler Lehrformate zur Sicherung der Ausbildungskapazität (Schnäbelin, 2020). Die bundesweite Verordnung zur Sicherung der Ausbildungen in den Gesundheitsfachberufen (EpiGesAusbSichV) konkretisierte wenig später, dass digitale Formate sowohl für den theoretischen als auch den praktischen Unterricht zulässig seien und entsprechend von den Schulen umgesetzt werden sollten (BMG, 2020, Abschnitt 2).

Die durch die Covid-19-Pandemie ausgelöste Umstellung auf digitalen Unterricht stellte auch für die hier untersuchte Schule eine Zäsur dar. Vor diesem Hintergrund wurde das bereits bestehende Learning Management System kurzfristig zur zentralen digitalen Infrastruktur weiterentwickelt. Wie Huber et al. (2020) im Rahmen des Schul-Barometers zeigen, waren insbesondere fehlende digitale Kompetenzen, unzureichende

technische Ausstattung und mangelnde systemische Koordination zentrale Herausforderungen für viele Bildungseinrichtungen im deutschsprachigen Raum (Huber et al., 2020, S. 30). Im Gegensatz dazu konnte an der hier untersuchten Bildungseinrichtung auf eine bereits zuvor begonnene Systemstruktur zurückgegriffen werden (vgl. Kapitel 3.2.2). Die pandemiebedingte Anforderung beschleunigte dabei nicht nur die Nutzung, sondern erforderte eine konkrete Systemanpassung. Innerhalb kürzester Zeit wurden u.a. 848 Aufgaben in 32 Handlungssituationen digital strukturiert, veröffentlicht und zugewiesen. Dies war insofern nur möglich, da die Entwicklung des Curriculums der Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern bereits durch die im vorherigen Kapitel beschriebenen Grundgedanken als digitale Realisierung mitgedacht wurde. Rückblickend kann abgeleitet werden, dass die pandemiebedingten Einschränkungen nicht Auslöser, sondern vielmehr Katalysator für die vollständige Entfaltung des zuvor konzipierten Geflechts aus studentischen Leistungen, Curriculumsentwicklung sowie der Anlage des Learning Management Systems waren. Während viele Bildungseinrichtungen vor der Herausforderung standen, kurzfristig digitale Übergangslösungen zu implementieren Huber et al. (2020), konnte auf eine bereits didaktisch durchdachte und technisch vorbereitete Infrastruktur zurückgegriffen werden (Huber et al., 2020, S. 34). Demnach zeigte die im Kontext der Pandemie entstandene Notwendigkeit, sämtliche Lernprozesse digital zu strukturieren, sich damit nicht als Störung, sondern als Gelegenheit, in der das volle Potenzial des bereits vorhandenen Learning Management Systems sichtbar wurde. Die zuvor entwickelten Konzepte, Funktionen und strukturellen Entscheidungen konnten unter Realbedingungen erprobt, ausgeweitet und im laufenden Betrieb angepasst werden. Dieser Prozess ließ bereits erste Elemente einer systemischen Verfestigung erkennen.

Die retrospektive Einordnung dieser Weiterentwicklung verdeutlicht der Vergleich mit den Ergebnissen von Gachanja et al. (2021), die in ihrer Untersuchung die Pandemie als Übergangs- und Bewährungsphase, die Rolle bestehender Infrastruktur sowie die Institutional Readiness als Voraussetzung für gelingendes E-Learning betrachteten. In ihrer Studie zur Implementierung eines E-Learning-Kurses im medizinischen Bildungsbereich zeigen die Forschenden, dass der Übergang in digitale Lernsettings unter Krisenbedingungen oft zu Überlastung, technischen Ausfällen und geringer Beteiligung führt. Entscheidend für das Gelingen sei weniger die eingesetzte Plattform als vielmehr die institutionelle Vorbereitung und strukturelle Stabilität. Diese Beobachtungen lassen sich rückblickend auch für das hier untersuchte System bestätigen (Gachanja et al., 2021, S. 3, 6). Ein Vergleich zwischen den präventiven Gegebenheiten und den retrospektiven Erkenntnissen verdeutlicht Tabelle 8.

Table 8: Retrospektiv-vergleichende Darstellung der LMS-Entwicklung im Kontext pandemischer Umstellungen

| Aspekt                 | Gachanja et al. (2021)  | Hanisch (eig. Darstellung)   |
|------------------------|---|--|
| Ausgangspunkt          | Unerwartete Umstellung auf E-Learning aufgrund pandemischer Vorgaben  | Bereits bestehendes LMS wird unter Pandemiebedingungen ausgebaut         |
| Technische Ausstattung | Mangelhaft, v.a. Internetzugang und Serverleistung                    | Vollständige curricular-integrierte LMS-Struktur vorhanden               |
| Systemstruktur         | Moodle ad hoc eingesetzt, mit starker Abhängigkeit vom Präsenzbetrieb | Moodle bereits inhaltlich und organisatorisch vorbereitet                |
| Herausforderungen      | Überforderung, fehlende Prüfungsformate, geringe Interaktion          | 848 Aufgaben, 32 Handlungssituationen, Wikis und Foren produktiv nutzbar |
| Ergebnisbewertung      | LMS als Notlösung ohne nachhaltige Wirkung                            | LMS als systemische Infrastruktur mit Verfestigungspotenzial             |

| Aspekt             | Gachanja et al. (2021)                            | Hanisch (eig. Darstellung)   |
|--------------------|---|--|
| Schlüsselbedingung | „Institutional readiness“ erforderlich für Erfolg | Vorbereitung ab 2016 als Fundament nicht-planbarer pandemischer Handlungsfähigkeit |

Retrospektiver Vergleich der pandemiebedingten LMS-Umstellung (Literaturbefund) mit der dokumentierten Systementwicklung im Rahmen der Notfallsanitäter-Ausbildung (2016–2023). Die Gegenüberstellung fokussiert Ausgangspunkt, Infrastrukturvoraussetzungen, Herausforderungen und Bewertung und dient der Einordnung der Pandemie als Katalysator bereits vorbereiteter Systemarchitektur.

Während das bei Gachanja et al. (2021) untersuchte E-Learning-Modell unter Bedingungen einer ad-hoc eingeführten digitalen Infrastruktur umgesetzt wurde, basierte das hier untersuchte System auf einem längerfristig entwickelten, curricular integrierten und technisch stabilen Ansatz. Die Gegenüberstellung macht deutlich, dass institutionelle Vorbereitung, systemische Vordisposition und die frühzeitige Einbettung digitaler Lernprozesse entscheidende Erfolgsfaktoren für die Funktionsfähigkeit eines Learning Management Systems unter Belastungsbedingungen darstellen. Besonders hervorzuheben ist dabei der Unterschied in der Bewertung der eingesetzten Systeme selbst. Während Gachanja et al. (2021) das LMS als temporäre Notlösung wahrgenommen haben, war das hier untersuchte System als integraler Bestandteil der schulischen Infrastruktur aufgebaut. Es zeigte seine Wirkungsfähigkeit zur Verstetigung über die Krise hinaus.

Damit die hier geschilderte Nutzung auch außerhalb von Krisensituationen ihr Potenzial dauerhaft entfalten kann, wurden im hier beschriebenen Learning Management System turnusmäßig Evaluations- und Reflexionsschleifen eingeführt. Ziel dieser Maßnahme war diejenigen Verbesserungspotenziale zu identifizieren, die bereits durch kleinste Anpassungen wirksam werden konnten.

### 3.2.4 Evaluation und Reflexion

Bereits in der hier mehrfach zitierten studentischen Ausgangsuntersuchung wurde der Versuch unternommen, die Wirkung des eingesetzten Learning Management Systems mithilfe des Evaluating Training Programs nach Kirkpatrick (1998) zu evaluieren (Kirkpatrick, 1998). Das vierstufige Modell mit den Ebenen Zufriedenheit, Lernen, Verhalten und Ergebnisse kann als Standardrahmen zur Bewertung von Trainingsmaßnahmen betrachtet und grundsätzlich auch auf Bildungsmaßnahmen in Heilberufen übertragen werden (Hanisch, 2017, S. 13). Kirkpatricks Modell wurde auf die Evaluation digital gestützter Gruppenarbeitsprozesse angewendet. Die Ergebnisse zeigten jedoch, dass die dort untersuchten Einflussfaktoren, insbesondere Zeit, Struktur und Interaktion, nicht trennscharf den vier Stufen zugeordnet werden konnten. Die Untersuchung wurde daher von einer stufenbasierten Lernbewertung weg, hin zu einer inhaltsbezogenen Wirkungsperspektive verlagert, bei der die nachhaltige Sicherung von Lernergebnissen im Mittelpunkt stand (Hanisch, 2017, S. 13–14, 20).

Aus dieser methodischen Einschränkung heraus wurde das Training Evaluation Inventory (TEI) nach Ritzmann et al. (2014) als weiterführendes, geeignetes Instrument identifiziert und in den Folgejahren in die Ausbildungskonzeption inhaltlich und didaktisch integriert. Das TEI greift zentrale Gedanken Kirkpatricks auf und überträgt diese auf Kontexte, in denen High-Responsibility-Teams trainieren und agieren. Zugleich verbindet es diese Überlegungen mit einem empirisch überprüfbaren Fragebogeninstrument. Damit stellt das TEI die bisher einzige bekannte, systematisch anschlussfähige Möglichkeit dar, die Wirkung der im Learning Management System abgebildeten Handlungssituationen differenziert zu evaluieren.

Die Anwendung des TEI soll im organisationalen Alltag praktikabel sein und umfasst zehn Skalen mit insgesamt 53 Items, die die beiden zentralen Dimensionen wahrgenommene Trainingseffekte sowie didaktische Merkmale des Trainingsdesigns einbeziehen. Diese Kombination ermöglicht einerseits den Output eines Trainings zu erfassen, andererseits dessen didaktische Wirksamkeit zu analysieren. Ein in dem Kontext dieses

Kapitels bedeutender Vorteil des TEI liegt in der Verknüpfung von Ergebnis- und Prozessdimensionen. Die Skalen zu Lernfreude, Nützlichkeit, Wissenszuwachs, Einstellung und Transfer erlauben die Erfassung kognitiver und affektiver Wirkungen. Die Designskalen beruhen auf den didaktischen Prinzipien Problemorientierung, Aktivierung, Demonstration, Anwendung und Integration. Diese Fünf-Punkte-Struktur folgt den Überlegungen von Merrill (2002) und erlaubt Rückschlüsse darauf, inwiefern angebotene Trainingsmaßnahmen wirksam oder unwirksam sind. Hervorzuheben ist hierbei, dass laut den Ergebnissen der Validierungsstudie insbesondere die Skalen „Demonstration“, „Anwendung“ und „Integration“ die stärksten Prädiktoren für positive Trainingseffekte darstellen. Die regelmäßige Anwendung des TEI nach jeder Handlungssituation im hier betrachteten LMS bringt genau diesen Mehrwert zur Geltung: Sie ermöglicht ein kontinuierliches Rückmeldesystem, das nicht nur eine summative Bewertung, sondern auch eine formative Rückkopplung auf Mikroebene bereitstellt. Die erhobenen Daten erlauben es, die Gestaltung einzelner Handlungssituationen gezielt anzupassen und schrittweise zu verbessern. Evaluation wird damit integraler Bestandteil der Systementwicklung. Die Autor\*innen betonen selbst: „Evaluating the design features of training is important to shed light on the reasons why certain training outcome effects were produced“ (Ritzmann et al., 2014, S. 47) (Ritzmann et al., 2014, S. 43, 48, 62).

Der vielleicht stärkste Vorteil liegt in der Organisations- und Teilnehmendenfreundlichkeit des Instruments. Wie oben dargestellt, kann das TEI innerhalb der Ausbildungsstruktur angewendet werden, wobei die Bearbeitungsdauer im Durchschnitt weniger als zehn Minuten beträgt; eine regelmäßige und belastungsarme Anwendung auch im stark getakteten Ausbildungsgeschehen wird somit eingeräumt. Zudem wurde das TEI so konzipiert, dass dieses direkt nach einem Trainingselement angewendet werden kann, also ein Umstand, der die Anschlussfähigkeit an die Struktur der Handlungssituationen im Learning Management System zusätzlich erhöht. Die empirisch belegte interne Konsistenz der Skalen (Cronbachs  $\alpha = .73\text{--}.89$ ) und die faktorenanalytisch abgesicherte Skalenstruktur bestätigen die methodische Qualität (Ritzmann et al., 2014, S. 49, 55).

Mit der theoretischen Fundierung, empirischen Absicherung und praxisorientierten Anwendbarkeit stellt das TEI ein wissenschaftlich tragfähiges Instrument für die Evaluation in gesundheitsberuflichen Ausbildungsgängen dar. Insgesamt soll die regelmäßige Anwendung des TEI hier als strukturierte Reflexionsinstanz im digitalen Bildungsraum verstanden werden, die die Sicherung einer hohen lernprozessbegleitend Qualität, Optimierung der notwendigen und hilfreichen didaktischen Maßnahmen gezielt und zugleich empirisch belastbare Rückschlüsse auf die Wirkung einzelner Handlungssituationen zu ziehen. Das Learning Management System wird dadurch nicht nur als rechtliches, inhaltliches oder technisches Steuerungsinstrument verwendet, sondern auch als Evaluationsträger und didaktisches Analysewerkzeug wirksam und trägt zugleich den besonderen Anforderungen der Ausbildung in den Heilberufen Rechnung.

### 3.3 Didaktische Architektur als Learning-Environment

Aufbauend auf den in Abschnitt 3.1 beschriebenen Entstehungskontext sowie den in Abschnitt 3.2 weitergeführten Entwicklungsschritten wird im Folgenden die didaktische Architektur des Learning-Management-Systems vorgestellt. Diese Konzeption beabsichtigte eine digitale Struktur zu schaffen, die nicht nur rechtliche Anforderungen der Ausbildung abbildet, sondern auch die didaktischen Prinzipien systemisch fundierter Kompetenzentwicklung integriert. In dieser Phase entstand auch die in Abbildung 1 gezeigte Skizze zur didaktischen Systemstruktur, die den Anspruch veranschaulicht, aus ersten Überlegungen zur digitalen Unterstützung eine funktionsfähige und kohärente Lernumgebung zu entwickeln.

Die Skizze dient im Folgenden als Referenzstruktur: Sie macht sichtbar, welche Architekturannahmen (Lernorte, Kurslogik, Aufgabenstruktur, Rückkopplung) den späteren Ausführungen zugrunde liegen, ohne bereits Details der späteren Umsetzung vorwegzunehmen.

Abbildung 1: Frühe Skizze zur didaktischen Systemstruktur (eig. Darstellung, 2016)

+++++ Abbildung 1 hier einfügen +++++

Priorität: NICE — historischer Ursprung/Anschaulichkeit; nicht argumentationskritisch. #todo (#40) Abbildung 1 ersetzen: tatsächliche Grafikdatei/Scan einbinden (inkl. Quelle/Datum), konsistente Caption + Subcaption (Was wird gezeigt? Warum ist sie für den Forschungsgegenstand relevant?).

Visualisiert wird der konzeptionelle Ausgangspunkt des hier beschriebenen Learning Management Systems. Die Skizze zeigt erste Überlegungen zur Verschränkung von Lernorten, Selbststeuerung und Aufgabenstruktur als Grundlage einer systemisch-konstruktivistisch orientierten Ausbildungsarchitektur.

Die Skizze bildete das konzeptionelle Fundament der ersten Entwicklungsphase und visualisiert die Idee, innerhalb eines digitalen Bildungsraums Handlungssituationen, Lernorte und Kursorganisation so miteinander zu verbinden, dass eine strukturierte und individuelle Kompetenzentwicklung möglich wird. Besonders herauszustellen ist dabei die Trennung zwischen inhaltlicher Struktur und organisatorischer Kurslogik, wodurch eine hohe Flexibilität bei gleichzeitiger Kohärenz erreicht werden sollte. Die frühe Berücksichtigung aller drei Lernorte sowie die intendierte Rückführung kursinterner Erkenntnisse in die übergeordneten Lerneinheiten legen den systemischen Anspruch dieser Struktur offen (Hanisch, 2022, Abschnitt 2.3).

### 3.3.1 Konzeptionelle Grundkonstruktion

Anfangs stand weniger ein fertiges Konzept als vielmehr die Idee eines Weges, der, inspiriert von der Vorstellung, eine Ausbildung zu entwickeln, die mit Haltung, Struktur und kontinuierlicher Entfaltung nicht nur Inhalte vermittelt, sondern berufliche Identität formt (i.A.a. (Miyamoto, 2005, S. 64–69)). Diese Idee eines strukturierten und durchlässigen Pfads wurde zur Grundlage der didaktischen Systemstruktur und damit zur Ausgangsbasis für die Architektur des Learning Management Systems. Die Konzeption der Handlungssituationen als Kurseinheiten im LMS orientiert sich inhaltlich und strukturell am Rahmenlehrplan NRW zur Ausbildung von Notfallsanitäter\*innen, insbesondere an dessen systematischer Gliederung in insgesamt 10 Lernfelder (MGPA NRW, 2016, S. 3). Diese Lernfelder beschreiben konkrete berufliche Anforderungen und bilden den Kern einer kompetenzorientierten Ausbildung, die durch die hier entwickelte, digitale Struktur diese Logik in ein modular aufgebautes, sequenziell organisiertes Kurssystem überträgt. So entstehen Handlungssituationen, die, ähnlich wie Etappen auf einem Weg, den Lernprozess begleiten, strukturieren und situativ adaptierbar machen. Diese Vorstellung wird in Abbildung X („Trajektorie“) simuliert und visuell aufgegriffen (vgl. Abschnitt 2.1.2). In dieser Form ist das Learning Management System nicht nur ein digitales Abbild der Ausbildung, sondern die konkrete Umsetzung eines pädagogischen Weges, der systemisch gedacht, curricular verankert und lernprozessbezogen gestaltet ist. Auf Grundlage der in Abschnitt 2.1 dargestellten didaktischen Paradigmen wurden zunächst die im Lehrplan als „erwünschte Wirkung“ bezeichneten Kompetenzbeschreibungen in das Kompetenzraster des Learning Management Systems übertragen. Darauf aufbauend erfolgte die systematische Zuordnung der in Abschnitt 3.2.2 erwähnten handlungsleitenden Aufgaben, die bereits im Lehrplan mediendidaktisch formuliert vorlagen, zu den jeweiligen Handlungssituationen innerhalb der Kursstruktur. Auf diese Weise entstand eine digitale Architektur, die curriculare Kompetenzziele mit konkreten Lernhandlungen verbindet – strukturiert, adressierbar und systematisch verknüpft mit den drei Lernorten Schule, Lehrrettungswache und Krankenhaus. Das didaktisch-digitale Fundament des hier skizzierten Learning Management Systems bilden 32 Kurse, die, wie Abbildung 2 verdeutlicht, als „Handlungssituationen im Gesundheitswesen“ die gesamten inhaltlichen Dimensionen der Lernfelder des Rahmenlehrplans NRW abbilden. Ergänzend wird pro Ausbildungskurs eine kursinterne Umgebung zur Verfügung gestellt, in der die individuellen Erkenntnisse und Arbeitsergebnisse der jeweiligen Kohorte gesichert und dokumentiert werden können. Besonders an dieser Organisationsform ist die bewusste Trennung zwischen inhaltlicher Struktur und organisatorischer Kurslogik, wodurch eine hohe Flexibilität entsteht, innerhalb derer Lernende bei der Absolvierung oder Wiederholung einzelner Ausbildungsabschnitte gezielt an ihre individuellen fachlich-inhaltlichen Lernstände anknüpfen können, ohne die Kohärenz der Gesamtstruktur zu verlieren.

Die konzeptionelle Grundstruktur des LMS wird in Abb.~3 als Schema visualisiert.

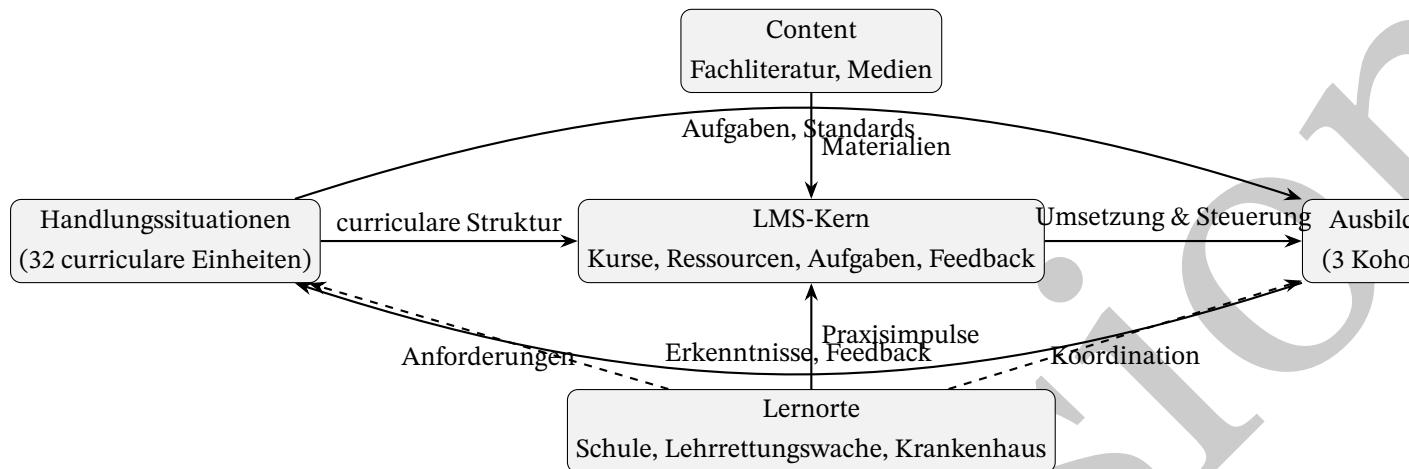


Figure 3: Systemisches Modell des eingesetzten Learning Management Systems mit Rückkopplung zwischen curricularen Handlungssituationen, LMS-Kern und kohortenspezifischen Ausbildungskursen.

Die Struktur trennt curricular-inhaltliche Handlungssituationen ( $n = 32$ ) von kohortenspezifischen Ausbildungskursen ( $n = 3$ ). Diese Trennung ermöglicht eine flexible, aber kohärente Lernumgebung, in der individuelle Erkenntnisse aus kursinternen Prozessen systematisch in die übergeordnete Handlungsebene zurückgeführt werden können.

Durch diese Gestaltung verbinden alle drei an der Ausbildung beteiligten Lernorte (Lehrrettungswache, Notfallsanitäterschule und Krankenhaus) gemäß der Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter in den Kursen der Handlungssituationen als interne und externe Akteure (§ 3 i.V.m. Anlage 1-3 NotSan-APrV, 2023). Auf diese Weise wird die Gesamtheit der Personen, die eine unmittelbare Verantwortung für die Begleitung der jeweiligen Schülerinnen und Schüler übernommen haben, in alle Kurse eingetragen. Infolgedessen stehen für die inhaltlich-fachliche Ausbildung mehr Ressourcen zur Verfügung. Zugleich kann die administrativ-organisatorische Ressourcenbereitstellung bewusst pro Ausbildungskurs erfolgen. Ferner ist die zur Verfügungstellung passender Inhalte möglich, die nur einen Ausbildungskurs betreffen. Die Erkenntnisse aus den Arbeitsergebnissen der kursinternen Aufgabenbearbeitung fließen wiederum in die jeweilige Handlungssituation zurück. Damit entsteht eine hohe Durchlässigkeit von Erfahrungen und Erkenntnissen – sowohl in Richtung eines spezifischen Kurses als auch in Richtung der übergeordneten Handlungssituationen. Die Möglichkeit der Anwendung liegt in der Gestaltung von Rahmenbedingungen, die den unmittelbaren Lernort-Transfer (Lehrrettungswache – Notfallsanitäterschule – Krankenhaus) durch die Verschränkung der Lernorte sowie den damit verknüpften Erfahrungsaustausch und Erkenntnisgewinn systematisch sicherstellen. Abbildung 3 visualisiert die integrative Architektur des hier beschriebenen Learning Management Systems. Im Zentrum steht die funktionale Verknüpfung zweier Strukturelemente: Handlungssituationen als inhaltlich-didaktische Strukturelemente (untere Ebene) und Ausbildungskurse als organisatorisch-administrative Einheiten (obere Ebene). Beide Einheiten sind nicht hierarchisch, sondern wechselseitig bezogen. Inhalte und Erkenntnisse aus den kursinternen Lernprozessen fließen in die Handlungssituationen zurück, während die Handlungssituationen den curricularen Rahmen für die Ausbildungskurse bilden. Diese Rückkopplung wurde in den vorhergehenden Abschnitten als Durchlässigkeit zwischen Struktur- und Anwendungsebene beschrieben.

Abbildung 3: Integrative Architektur des Learning Management Systems (eig. Darstellung).

+++++ Abbildung 3 hier einfügen +++++

Priorität: MUST — zentrale Gesamtarchitektur (Handlungssituationen – Ausbildungskurse – Content/Lernorte) als Referenzrahmen für Kapitel 3/5/6/7.

Die Handlungssituationen ( $n = 32$ ) bilden die curricular-inhaltliche Struktur gemäß Rahmenlehrplan NRW

ab und bestehen aus standardisierten didaktischen Containern (Einführung, Ressourcen, Aufgaben, weiterführende Quellen, Lounge, Feedback, Organisation). Die Ausbildungskurse ( $n = 3$ ) dienen der kohortenspezifischen Organisation und individuellen Ergebnissicherung. Content und Lernorte wirken wechselseitig auf die Handlungssituationen ein und sichern die curricular verankerte Theorie-Praxis-Verknüpfung im digitalen Raum.

Jede Handlungssituation besteht aus einem wiederkehrenden Satz von didaktisch strukturierten Containern: Einführung, Ressourcen, Aufgaben, weiterführende Quellen, Lounge, Feedback und Organisation. Diese Container wurden hier bereits als das organisationale, digitale Fundament, und damit als Trägerelemente der Aufgabenlogik beschrieben und bilden die standardisierte Grundlage für die Bearbeitung durch die Lernenden. Die Ausbildungskurse dagegen dienen der kohortenspezifischen Dokumentation, Reflexion und Organisation und sind der Ort für kursinterne Bearbeitung, individuelle Ergebnisfesthaltung und administrative Steuerung. Die äußeren Bereiche, Content auf der linken und Lernorte auf der rechten Seite, bilden die beiden zentralen Bezugsrahmen des digitalen Bildungsraums. Content umfasst bspw. Fachliteratur, Theoriegrundlagen und didaktische Ressourcen, Lernorte stehen für die in § 3 i.V.m. Anlage 1–3 NotSan-APrV festgelegten Ausbildungseinrichtungen Lehrrettungswache, Notfallsanitäterschule und Krankenhaus. Die Pfeilführung in der Abbildung verdeutlicht, dass beide Bereiche nicht statisch sind, sondern aktiv in die Handlungssituationen hineinwirken und gleichzeitig von dort Erkenntnisse und Rückmeldungen zurückerothen – ein zentrales Prinzip des hier beschriebenen Lernraums. Anhand von Abbildung 4 lässt sich die exemplarische Anwendung der zuvor beschriebenen didaktischen Architektur verdeutlichen, in der die theoretischen Überlegungen in die Kursansicht überführt wurden, die allen im Rahmen der beruflichen Qualifikation genutzten Kurse zugrunde liegt.

Die folgende Abbildung verdeutlicht als Dokumentation die operativen Rahmenbedingungen des Wirkgefüges und Sie zeigt, welche standardisierte Kursstruktur Lernhandlungen, Navigation und Rückkopplung im System notwendigerweise technisch ermöglicht berücksichtigt werden müssen. Ursprung dieser Darstellung ist die eigene Moodle-Instanz, die als technisches Fundament des hier beschriebenen Learning Management Systems dient.

Abbildung 4: Exemplarische Kursansicht im Learning Management System (eigene Moodle-Instanz)

Priorität: SHOULD — macht die Standardisierung/Containerstruktur operativ sichtbar; stärkt Nachvollziehbarkeit. #todo (#41) Abbildung 4 hier einfügen

Die Darstellung zeigt die standardisierte Containerstruktur, bestehend aus den Bereichen Einführung, Ressourcen, Aufgaben, Ergebnissicherung, weiterführende Quellen, Lounge, Feedback und Organisation mit den jeweils zugeordneten Aktivitäten und Materialien. Diese Struktur dient der konsistenten Gestaltung aller Handlungssituationen.

Sichtbar werden die strukturierten Inhaltsbereiche, die für alle Kurse einheitlich implementiert wurden und den Rahmen für lernprozessbegleitende Navigation, Dokumentation und Kommunikation bilden.

### 3.3.2 Didaktisch-architektonische Umsetzung

Die didaktische Umsetzung innerhalb des Learning Management Systems erfolgt auf Basis einer modularen Containerstruktur, die in sämtlichen Handlungssituationen identisch aufgebaut ist und sowohl Orientierung als auch didaktische Kohärenz gewährleisten soll. Diese Struktur basiert auf sieben wiederkehrenden Inhaltsbereichen, die den curricularen Anforderungen der Ausbildung entsprechen und zugleich eine lernlogische Sequenz abbilden. Im Folgenden werden diese zentralen Container exemplarisch dargestellt. Einführung Die Einführung dient der strukturellen Rahmung jeder Handlungssituation. Hier werden zentrale Informationen zur Kursleitung, zur Zielstellung der Lerneinheit sowie zur curricularen Verortung innerhalb der Ausbildung bereitgestellt. Ergänzt werden diese Angaben durch Hinweise auf spezifische Aufgabenformate, organisatorische Besonderheiten oder den Stellenwert der Einheit im Gesamtkontext der beruflichen Qualifikation.

Dier Bereich vermittelt den Lernenden eine erste inhaltliche Orientierung, schafft Ziel- und Aufgabenklarheit und ermöglicht einen sicheren Einstieg in die digitale Lernsituation. Die Einführung ist damit zugleich das Begrüßungs-, Struktur- und Verortungsmodul, welches den Übergang zwischen physischer und digitaler Lernwelt begleitet.

Abbildung 5: LMS Kurs Einführung (eig. Darstellung)

Priorität: NICE — UI-Beleg; hilfreich, aber bei Zeitdruck nachrangig. #todo (#42): Abbildung einfügen prüfen  
Die Abbildung zeigt die strukturelle Umsetzung des Containers „Einführung“, der grundlegende Informationen zur Kursleitung, Zielstellung und Orientierung innerhalb des Ausbildungsgangs bereitstellt.

Abbildung 5 zeigt exemplarisch die Umsetzung des Einführungskontextes innerhalb des Learning Management Systems. Sichtbar sind Begrüßungstext, Verantwortlichkeiten, sowie erste Hinweise auf den thematischen Zuschnitt und die Bedeutung der Einführungseinheit. Ressourcen Der Container in Abbildung 6 stellt zentrale Materialien zur Verfügung, die für die inhaltliche Bearbeitung der Aufgabenstellungen erforderlich sind. Dazu zählen grundlegende Fachliteratur, Orientierungshilfen, strukturelle Vorlagen, externe Verlinkungen und thematisch einschlägige Hintergrundmaterialien. Die Auswahl erfolgt dabei gezielt auf Grundlage curricular definierter Kompetenzanforderungen und orientiert sich an der im Rahmenlehrplan vorgesehenen inhaltlichen Tiefe der jeweiligen Lerneinheit.

Abbildung 6: LMS Kurs Ressourcen (eig. Darstellung)

Priorität: NICE — UI-Beleg; hilfreich, aber bei Zeitdruck nachrangig. #todo (#43): Abbildung einfügen prüfen  
Die Abbildung zeigt die Bereitstellung zentraler Lernmaterialien in strukturierter Form. Die Materialien orientieren sich an curricularen Kompetenzanforderungen und bilden die inhaltliche Grundlage für die Bearbeitung der Aufgaben innerhalb der jeweiligen Handlungssituation.

Aus didaktischer Perspektive erfüllen die Ressourcen zwei Funktionen. Einerseits stehen sie als inhaltlicher Ausgangspunkt für die selbstständige Aufgabenbearbeitung, andererseits ermöglichen sie eine inhaltlich fundierte Auseinandersetzung mit den relevanten berufspraktischen Themen. Insofern korrespondieren die Ressourcen in direkter Linie zur Prüfungsvorbereitung und markieren den Bereich, in dem aus curricularer Tiefe prüfungsrelevante Breite wird. Die Relevanz dieser Materialien ergibt sich insbesondere aus der in Abschnitt 3.3.3 beschriebenen Konzeption der Aufgabenformate, die sich wiederum an dem in Abschnitt 3.1.1 dargestellte Ausbildungsziel orientiert. Demzufolge trägt die geplante Bereitstellung dieser Ressourcen dazu bei, sowohl Transparenz über zu erwerbende Kompetenzen herzustellen als auch die strukturelle Prüfungsrelevanz für die Auszubildenden nachvollziehbar zu gestalten. Aufgaben Als didaktisches Kernstück jeder Handlungssituation im Learning Management System bauen die Aufgaben stets auf den rechtlich vorgegebenen Ausbildungsinhalten auf und werden aus diesen grundsätzlich abgeleitet. Sie sind handlungsorientiert formuliert, werden durch die Nutzung der Einsatzberichte (vgl. Abschnitt 3.5) auf konkrete berufliche Problemstellungen bezogen und greifen die Struktur der jeweiligen Lernsituation auf, wie sie durch die curricularen Vorgaben der Ausbildungs- und Prüfungsverordnung sowie den Rahmenlehrplan definiert ist. Infolgedessen ermöglichen die Aufgaben eine direkte Verknüpfung zwischen beruflicher Handlungspraxis und digitaler Aufgabenbearbeitung; ein zentraler Aspekt, der im Bereich des Feedbacks durch die eigene Evaluation (vgl. Abschnitt 3.2.4) aufgegriffen wird. Die Aufgabenstellungen werden durch didaktisch begründete Operatoren formuliert, die eine transparente und kompetenzorientierte Anforderungsstruktur gewährleisten und sich an der Kompetenzstufung orientieren. Die Aufgaben, wie sie in Abbildung 7 präsentiert werden, sind so gestaltet, dass sie sowohl die eigenständige Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten als auch kooperative Bearbeitungsformen der Akteure ermöglichen. Zudem wird dieser Abschnitt durch ein Bearbeitungsforum ergänzt, das den Austausch von Ideen fördert und Reflexionsprozesse anregt.

Abbildung 7: LMS Kurs Aufgaben (eig. Darstellung)

Priorität: NICE — UI-Beleg; hilfreich, aber bei Zeitdruck nachrangig. #todo (#44): Abbildung einfügen prüfen  
Die Abbildung zeigt beispielhafte Aufgabenformate zur Bearbeitung beruflicher Handlungssituationen. Operatoren und strukturierte Aufgabenbereiche ermöglichen eine kompetenzorientierte Formulierung und ei-

ne praxisnahe Umsetzung curricularer Anforderungen. Die lernleitenden Aufgaben sind inhaltlich eng mit den bereitgestellten Ressourcen verknüpft, was in der Regel durch die Quellenangaben bei der Aufgabendarlegung gewährleistet wird. Eine beispielhafte Aufgabenstellung lautet bspw. in der beruflichen Handlungssituation 1: Einführung in die Berufsausbildung Notfallsanitäter (Hanisch-Johannsen (Hanisch-Johannsen, 2025a)): „Beschreibe bitte die Maßnahmen, die du eigenverantwortlich als Notfallsanitäter:in durchführen musst, vor allem in Bezug auf die Anforderungen des Notfallsanitätergesetzes §4 und der Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäter:innen (Anlage 1). Denke dabei an die Ausbildungsziele als Notfallsanitäter:in. Bitte nenne die Quellen, die du zur Bearbeitung verwendet hast.“ Inhaltliche Ergebnisse und die dazugehörigen Erkenntnisse aus der Bearbeitung der Aufgaben werden in der Ergebnissicherung zusammengeführt und für alle weiteren Bearbeitungsschritte kuratiert. Ergebnissicherung Die Ergebnissicherung ist der didaktisch-strukturelle Abschluss jeder Handlungssituation im Learning Management System. Sie ist die Schnittstelle zwischen Lernprozess, Reflexion und systemischer Rückmeldung. Häufig als Aktivitäten von Wikis, Glossaren oder Präsentationen konzipiert, werden hier Arbeitsergebnisse aus den Lernphasen dokumentiert, verdichtet und für anschließende Lernprozesse zugänglich gemacht. Perspektivisch ist eine Ausweitung der Ergebnissicherung über Jahrgänge hinweg vorgesehen, um die Reflexionsprozesse kohortenübergreifend zu fördern und das Prinzip einer lernenden Organisation strukturell zu implementieren. Die empirische Bedeutung dieser Ergebnisse wurde bereits in Abschnitt 3.2 ausführlich dargestellt. Dort konnte auf Basis der eigenen Evaluation (Hanisch, 2017) gezeigt werden, dass insbesondere der Zeitpunkt der Erfassung und Verfügbarkeit einen signifikanten Einfluss auf die Nachhaltigkeit des Wissensmanagements hat. Darüber hinaus wurde deutlich, dass strukturierte, interaktive und reflexive Formate der Ergebnissicherung nicht nur dokumentieren, sondern aktiv zur Kompetenzentwicklung beitragen. Die Ergebnissicherung wie in Abbildung 8 dargestellt, ist somit nicht bloß Abschluss einer Handlungssituation, sondern Teil eines zyklischen und systemisch eingebetteten Lernprozesses.

Abbildung 8: LMS Kurs Ergebnissicherung (eig. Darstellung)

Priorität: SHOULD — stützt die empirische Argumentation zur zeitnahen Ergebnissicherung (vgl. Abschnitt 3.2 / Evaluation). #todo (#45): Abbildung einfügen prüfen

Die Darstellung zeigt die zentralen Elemente der Ergebnissicherung in einem Handlungssituationskurs: ein Wiki und ein Glossar dienen der kollaborativen Dokumentation und Strukturierung von Lernergebnissen. Beide Aktivitäten stehen exemplarisch für die systematische Umsetzung der in Abschnitt 3.2 empirisch begründeten Forderung nach zeitnaher, zugänglicher und formativ nutzbarer Ergebnissicherung im digitalen Bildungsraum.

Die Ergebnissicherung stellt damit die didaktische Umsetzung der aus vorherigen Untersuchungen hervorgegangenen Forderung dar, Evaluationsergebnisse umzusetzen und einzubetten. Sie implementiert ein standardisiertes Vorgehen, das die Erkenntnisse von Hanisch (Hanisch, 2017, S. 19–20) berücksichtigt.

#### Weiterführende Quellen

Dieser Container bietet zusätzliche Materialien, die das Verständnis vertiefen, den Kontext erweitern oder das Wissen ergänzen. Er zielt darauf ab, die Lernsituation über den unmittelbaren Aufgabenhorizont hinaus zu öffnen. Die weiterführenden Quellen sind bislang jedoch noch unzureichend ausgearbeitet und müssen in Funktion sowie didaktischer Ausrichtung systematisch neu organisiert werden. Wie in Abbildung 9 aufgezeigt, soll jene Aktivitäten und Materialien sammeln, die über die curricular angebundenen Ressourcen hinausgehen. Während die Ressourcen auf verpflichtende, direkt zugeordnete Inhalte fokussieren, enthalten die weiterführenden Quellen kontextualisierende, aktualisierende oder reflexionsfördernde Inhalte, die eigenständige Wissensprozesse anregen und vertiefen. Damit wird sichergestellt, dass einerseits aktuelle, wissenschaftlich begründete Literatur zur Verfügung steht und andererseits Transferleistungen möglich werden, die im Sinne der NotSan-APrV den Anforderungen in besonderem Maß entsprechen (§ 8 NotSan-APrV, 2023). Diese Verankerung ist insbesondere mit Blick auf prüfungsrelevante Anforderungen von Bedeutung. Die Bereitstellung aktueller, evidenzbasierter und interdisziplinärer Quellen eröffnet Lernenden die Möglichkeit,

über den Pflichtstoff hinausgehende Leistungen zu erbringen, d.h. als ein zentrales Kriterium für die Erreichung der Bestnote. Gleichzeitig adressiert dieser Bereich Anforderungen an Transferkompetenz und wissenschaftliches Arbeiten, die explizit als „allgemein“ anerkannter Stand „rettungsdienstlicher, medizinischer und weiterer bezugswissenschaftlicher Erkenntnisse“ (§ 2 NotSan-APrV, 2023) gefordert werden.

Priorität: SHOULD — Kontext/Weiterentwicklung (Forum etc.) erklärt die dynamische Systementwicklung und verhindert „Standbild“-Eindruck. #todo (#46): die neue Entwicklung einführen, d.h. das Forum etc.

Abbildung 9: LMS Kurs Weiterführende Quellen (eig. Darstellung)

Priorität: SHOULD — stützt die Argumentation zur Transfer-/Vertiefungslogik und zur „lernenden Organisation“. #todo (#47): Abbildung einfügen prüfen

Der Container „Weiterführende Quellen“ enthält eine strukturierte Sammlung ergänzender Literatur, Datenbanken und wissenschaftlicher Ressourcen zur Vertiefung und Kontextualisierung der Lerninhalte. Die Auswahl umfasst fachliche Leitlinien, Verzeichnisse medizinischer Fachgesellschaften, Plattformen für wissenschaftliches Arbeiten sowie kuratierte Blogs und evidenzbasierte Onlineportale. Die Liste ist dynamisch angelegt und kann im Sinne einer lernenden Organisation durch die Lernenden fortlaufend erweitert werden. Ziel ist die Förderung wissenschaftsorientierter Transferleistungen im Sinne einer prüfungsrelevanten Vertiefung gemäß § 8 NotSan-APrV.

Einschränkend muss derzeit konstatiert werden, dass bislang noch kein schlüssiges Verfahren vorliegt, um zu bestimmen, welche Quellen in diesen Container aufgenommen werden oder unter welchen Bedingungen dies ggf. im Peer-Review-Verfahren erfolgt. Die Herausforderung der Zukunft besteht darin, klare Kriterien zu entwickeln und ein transparentes Verfahren zur evidenteren Integration solcher Quellen zu etablieren. Der Container weiterführende Quellen trägt somit zur Erweiterung des individuellen Lernhorizonts bei und bewirkt zugleich eine strukturelle Voraussetzung für eine differenzierte Leistungsbewertung im Sinne evidenzbasierter Handelns.

Lounge Als digitaler Kommunikationsraum stellt die Lounge einen informellen Austauschbereich dar, in dem Fragen, Hinweise, aber auch erfahrungsbasierte Reflexionen unter den Lernenden und Lehrenden geteilt werden können. Die Lounge ist als niedrigschwelliger Einstiegspunkt in kooperatives Lernen gedacht. Hier das prägnante Beispiele, weshalb die Ahrl von Begriffen bedeutsam erscheint: Lounge erzeugt Assoziationen, die in der Wahrnehmungpsychologie ableitbare Wirkungen erzeugt (vgl. Abschnitt 2.2). Feedback und Evaluation Dieser Bereich unterstützt bei der formativen Rückmeldung. Im LMS ist hierfür ein Kursfeedback- bzw. Evaluationsbereich vorgesehen, der sich am Training Evaluation Inventory (TEI) als strukturierter Rahmen orientiert und Rückmeldungen sowohl zur didaktischen Gestaltung als auch zu wahrgenommenen Trainingseffekten ermöglicht. Der Feedbackbereich eröffnet zudem offene Rückmeldungen zur jeweiligen Handlungssituation.

Alle hier dargestellten Elemente sind zudem mit dem Kompetenzraster verbunden, welches

Priorität: SHOULD — verbindet Containerlogik mit Ziel-/Kompetenzsystem (sonst bleibt die Kopplung behauptet). #todo (#48): Kompetenzraster ausführlich beschreiben.

Diese Verbindung stellt sicher, dass alle didaktischen Maßnahmen und curricularen Strukturen systematisch auf die im Kompetenzraster definierten Lernziele ausgerichtet sind.

### 3.3.3 Prüfungsarchitektur

Text

### 3.3.4 Statistische Analyse curriculare Struktur

Dieser Abschnitt ist als empirischer Kurzbeitrag im Stil wissenschaftlicher Studien angelegt und analysiert die curriculare Struktur des digitalen Bildungsraums „NFS-H“ mit dem Ziel, die empirische Nachvollziehbarkeit, interne Konsistenz und regulatorische Anschlussfähigkeit des Kursplans quantitativ zu überprüfen.

Damit wird gezeigt, dass der zugrunde liegende Lehrplan nicht nur konzeptionell schlüssig, sondern auch datenbasiert strukturiert ist. Die vorliegende Analyse orientiert sich eng an zentralen Prinzipien der Curriculumsforschung. Sie greift das Konzept des Curriculum Alignment (Biggs, 1996, S. 360–361) auf, das die Passung zwischen Lernzielen, Prüfungsanforderungen und curricularer Struktur thematisiert. Darüber hinaus folgt sie dem Ansatz des Programmatic Assessment (vgl. (Van Der Vleuten et al., 2012), Abschnitt „Principles of assessment“), der die Konsistenz über multiple curriculare Elemente hinweg betont. Schließlich wird durch die systematische Quantifizierung didaktischer Strukturen ein Beitrag zur datenbasierten Modellierung von Bildungsarchitekturen geleistet. Die methodische Umsetzung über algorithmische Kürzelzuordnung, statistische Auswertung und Visualisierung stellt einen erweiterten Zugang dar, um curriculare Kohärenz empirisch zu fundieren, was insbesondere im Kontext digitaler Bildungsräume im Gesundheitswesen bedeutsam erscheint.

#### Zielstellung

Die statistische Analyse untersucht, inwiefern das hinterlegte Curriculum durchgängig den Anforderungen an Validität, Reliabilität und Konsistenz genügt. Die 32 digital abgebildeten Handlungssituationen („NFS-H-Kurse“) werden entlang der Anlage 1 NotSan-APrV strukturell ausgewertet. Im Fokus stehen dabei die empirische Zuordnung zu Themenbereichen und Kompetenzfeldern, die Vergleichbarkeit mit den APrV-Vorgaben sowie die statistische Konsistenz der curricularen Struktur. (Hanisch-Johannsen, 2025c)

#### Methodik

Die 32 Kurse sind automatisiert mit Python und Pandas analysiert worden. Die APrV-Kürzel aus der Datei „lms-verteilung.xlsx“ dienen dabei als Referenzbasis. Jedes dieser Kürzel ist anhand der Datei „APrV-Kuerzel\_zu\_Kompetenzbereichen.csv“ eindeutig einem der drei Themenbereiche (medizinisch, rettungsdienstlich, bezugswissenschaftlich) und einem von vier Kompetenzfeldern (fachlich, sozial, personal, methodisch) zugeordnet (i.A.a. Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 2012, S. 47). Für jede Handlungssituation wurden die relativen Anteile der Kürzel berechnet und der jeweils dominierende Bereich daraus abgeleitet. (Hanisch-Johannsen, 2025c)

#### Berechnung und Visualisierung

Als Analyseschritte folgten:

1. Ermittlung der Korrelation zwischen Aufgabenanzahl und Kursdauer ( $r = 0,66$ ) zur Prüfung innerer Konsistenz.
2. Gruppierung nach Themenbereich: Mittelwert, Median und Standardabweichung für Aufgabenanzahl und Dauer.
3. Kompetenzbereichszuordnung auf Basis aggregierter Kürzelverteilung.
4. Visualisierung der Verteilungen über Boxplots.
5. Vergleich zwischen APrV-Vorgaben und empirischer Struktur durch Gegenüberstellung in Säulen- und Tortendiagrammen.

#### Ergebnisse

Die statistische Analyse der 32 Kurse liefert differenzierte Kennzahlen zur inhaltlichen Gewichtung nach Themenbereichen:

- Bezugswissenschaftlich: 13 Kurse,  $\bar{O}$  Dauer = 21,3 Tage,  $\bar{O}$  Aufgaben = 21,7 • Medizinisch: 12 Kurse,  $\bar{O}$  Dauer = 27,2 Tage,  $\bar{O}$  Aufgaben = 26,8 • Rettungsdienstlich: 7 Kurse,  $\bar{O}$  Dauer = 57,0 Tage,  $\bar{O}$  Aufgaben = 33,3 • Einweisung/Prüfung (Sonderkategorie): 2 Kurse, getrennt ausgewertet

Diese Ergebnisse zeigen eine auffällige inhaltliche Kongruenz mit der Stundenverteilung der Anlage 1 NotSan-APrV (vgl. Abbildung 8):

- Rettungsdienstlich: 47 % (APrV) vs. empirisch  $\bar{O}$  57,0 Tage (höchster Kursmittelwert) • Medizinisch: 27 % (APrV) vs.  $\bar{O}$  27,2 Tage (nächsthöherer Mittelwert) • Bezugswissenschaftlich: 26 % (APrV) vs.  $\bar{O}$  21,3 Tage

Auch die Verteilung der Kompetenzbereiche (vgl. Abbildung 9) wurde rekonstruiert und grafisch aufberei-

tet. Die direkte Gegenüberstellung der empirischen Anteile mit der APrV-Gewichtung ist in Abbildung 10 und Abbildung 11) als Balkendiagramm dargestellt. Die Aufgabenverteilung ( $\varnothing$  21,7 / 26,8 / 33,3) wurde in Abbildung 12 visualisiert und die Dauerverteilung findet sich in Abbildung 13.

Abbildung 10: Anteil der Themenbereiche nach APrV (eig. Darstellung)

Priorität: MUST — Kern-Evidenz im „Studien“-Abschnitt 3.3.4 (Curriculum-Alignment). #todo (#49): Abbildung einfügen

Die Abbildung visualisiert die prozentuale Verteilung der inhaltlichen Themenbereiche gemäß Anlage 1 der Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäter\*innen (NotSan-APrV). Diese drei Themenbereiche – medizinisch (27 %), rettungsdienstlich (47 %) und bezugswissenschaftlich (26 %) – bilden die normative Grundlage des theoretischen und praktischen Unterrichts über 1.920 Stunden (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 2012, S. 44, 47). Der größte Anteil entfällt auf rettungsdienstliche Inhalte, was den praktischen Handlungsschwerpunkt des Berufsbildes reflektiert. Der medizinische Bereich steht für die Anwendung pathophysiologischer und diagnostischer Kenntnisse, während bezugswissenschaftliche Inhalte (z. B. Psychologie, Kommunikation, Recht) die theoretische Fundierung ergänzen. Die Darstellung dient als Referenzwert für den Abgleich mit der empirischen Struktur des digitalen Curriculums.

Abbildung 11: Anteil der Kompetenzbereiche nach APrV (eig. Darstellung)

Priorität: MUST — Kern-Evidenz im „Studien“-Abschnitt 3.3.4 (Curriculum-Alignment). #todo (#50): Abbildung einfügen

Die Abbildung zeigt, bezogen auf den Gesamtumfang der Ausbildung, die in der NotSan-APrV verankerte Kompetenzgewichtung. Die vier Kompetenzbereiche – fachlich (24 %), sozial (15 %), personal (11 %) und methodisch (50 %) – definieren die Zielstruktur beruflicher Handlungskompetenz im Rettungsdienst (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 2012, S. 47). Der besonders hohe Anteil methodischer Kompetenzen spiegelt die Bedeutung strukturierter Vorgehensweisen, Entscheidungsalgorithmen und standardisierter Handlungsroutinen im beruflichen Alltag wider. Fachliche, soziale und personale Anteile ergänzen diesen Schwerpunkt um domänen spezifisches Wissen, Interaktionsfähigkeit und individuelle Reflexionsfähigkeit. Die Darstellung dient als normativer Referenzrahmen zur Bewertung des digital abgebildeten Curriculums im Hinblick auf seine kompetenzorientierte Ausrichtung.

Abbildung 12: Vergleich Themengewichtung APrV-Schätzung vs. NFS-H-Lehrplan (eig. Darstellung)

Priorität: MUST — Kern-Evidenz im „Studien“-Abschnitt 3.3.4 (Curriculum-Alignment). #todo (#51): Abbildung einfügen

Die Balkengrafik kontrastiert die normativ vorgegebene Verteilung der Themenbereiche gemäß NotSan-APrV mit der empirisch erhobenen Verteilung im digitalen Curriculum „NFS-H“. Während die APrV eine Gewichtung von 47 % rettungsdienstlich, 27 % medizinisch und 26 % bezugswissenschaftlich vorgibt (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 2012, S. 44, 47), zeigt die Umsetzung im Curriculum eine nahezu deckungsgleiche Relation ( $\varnothing$  Kursdauer: 57,0 / 27,2 / 21,3 Tage). Die hohe Übereinstimmung verdeutlicht, dass die digitale Bildungsarchitektur nicht nur formal regelkonform ist, sondern auch inhaltlich anschlussfähig zur gesetzlichen Grundlage gestaltet wurde. Damit wird eine zentrale Voraussetzung für die curriculare Validität erfüllt.

Abbildung 13: Kompetenzgewichtung APrV-Schätzung vs. NFS-H-Lehrplan (eig. Darstellung)

Priorität: MUST — Kern-Evidenz im „Studien“-Abschnitt 3.3.4 (Curriculum-Alignment). #todo (#52): Abbildung einfügen

Die Abbildung vergleicht die vier Kompetenzbereiche fachlich, sozial, personal und methodisch hinsichtlich ihres relativen Anteils an der curricularen Kursdauer. Die normativen Vorgaben der NotSan-APrV (z. B. 50 % methodisch, 24 % fachlich) werden den empirisch ermittelten Anteilen im Curriculum gegenübergestellt. Die Daten zeigen, dass die Gewichtung der Kompetenzbereiche im digitalen Lehrplan des „NFS-H“ weit-

gehend der gesetzlich intendierten Verteilung (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 2012, S. 47) entspricht. Die methodische Dominanz in beiden Perspektiven legt nahe, dass die Ausbildung nicht nur auf inhaltliche Vermittlung, sondern auch auf handlungsbezogene Umsetzung im Sinne einer professionellen Handlungskompetenz zielt. Die Parallelität unterstützt somit die Annahme einer curriculären Implementierung.

Abbildung 14: Verteilung der Aufgaben pro Themenbereich (eig. Darstellung)

Priorität: MUST — Kern-Evidenz im „Studien“-Abschnitt 3.3.4 (Curriculum-Alignment). #todo (#53): Abbildung einfügen

Die Boxplot-Darstellung zeigt die Anzahl der Aufgaben in den 32 Kursen, gruppiert nach den Bezugskategorien (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 2012, S. 44–45) medizinisch, rettungsdienstlich, bezugswissenschaftlich sowie Einführung/Prüfung. Erkennbar ist, dass die rettungsdienstlichen Kurse mit einem Median von über 30 Aufgaben eine deutlich höhere Aufgabenlast aufweisen als die anderen Bereiche. Die bezugswissenschaftlichen Module liegen im unteren Bereich, während medizinische Kurse ein mittleres Aufgabenvolumen abbilden. Die geringe Streuung innerhalb der Themenbereiche und die ausgeprägte Differenzierung zwischen ihnen weisen auf eine strukturierte und differenzierte didaktische Konzeption hin.

Abbildung 15: Verteilung der Kursdauer pro Themenbereich (eig. Darstellung)

Priorität: MUST — Kern-Evidenz im „Studien“-Abschnitt 3.3.4 (Curriculum-Alignment). #todo (#54): Abbildung einfügen

Die Boxplot-Darstellung visualisiert die Dauer der 32 Kurse in Tagen, differenziert nach den vier Bezugskategorien (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 2012, S. 44–45). Auffällig ist der signifikant höhere Medianwert der rettungsdienstlichen Kurse ( $\varnothing$  57 Tage), was den inhaltlich-praktischen Anforderungen dieses Bereichs entspricht. Medizinische und bezugswissenschaftliche Kurse weisen deutlich kürzere und zugleich eng beieinanderliegende Dauerverteilungen auf. Die Einführung und Prüfung bilden als Sonderkategorie zwei randständige Ausreißer mit jeweils kurzer Laufzeit. Insgesamt belegt die Verteilung eine hohe curriculare Abstimmung hinsichtlich zeitlicher Allokation und thematischer Komplexität.

Diese Übereinstimmungen belegen, dass der Aufbau des Curriculums nicht nur konzeptionell plausibel, sondern auch statistisch nachvollziehbar ist.

#### Bewertung

Die curriculare Struktur des digitalen Bildungsraums NFS-H erfüllt zentrale Anforderungen an Qualität und Transparenz:

- Die mittlere Kursdauer ist innerhalb der Kategorien homogen (SD jeweils < 28 Tage), mit klarer Abgrenzung zwischen den Bereichen.
- Der hohe Anteil rettungsdienstlicher Module ( $\varnothing$  57 Tage) korrespondiert exakt mit dem APrV-Anteil von 47 %.
- Die Zuordnung der Inhalte auf Basis systematisch codierter APrV-Kürzel vermeidet subjektive Verzerrungen.
- Die Korrelation zwischen Kursdauer und Aufgabenanzahl ( $r = 0,66$ ) weist auf eine innere Konsistenz der Lernstruktur hin.

Somit ist belegt, dass der untersuchte Bildungsraum sowohl reliabel (Wiederholbarkeit der Muster), valide (inhaltliche Deckung mit normativen Grundlagen) als auch konsistent (strukturelle Kohärenz zwischen Plan und Umsetzung) aufgebaut ist. Die Ergebnisse erlauben darüber hinaus eine operationalisierte Bewertung digitaler Curricula auf Grundlage regulatorischer Anforderungen. Zudem zeigen die dargestellten Ergebnisse eine hohe strukturelle Konsistenz des untersuchten Curriculums und spiegeln in ihrer quantitativen Ausprägung die gesetzlich intendierte Bildungslogik der NotSan-APrV wider. Auf diese Weise ergibt sich eine direkte Verbindung zwischen den empirisch beobachteten Anteilen und den Ausbildungszügen, die im Referentenentwurf von 2012 definiert wurden.

Die prozentuale Verteilung der Themenbereiche „medizinisch“ (27 %), „rettungsdienstlich“ (47 %) und „bezugswissenschaftlich“ (26 %) im APrV-Grundlagenkorpus findet sich beinahe deckungsgleich in der realen

Kursstruktur wieder (vgl. Abbildungen 8 und 10). Diese Übereinstimmung stützt die Annahme, dass das analysierte Curriculum den staatlich definierten Anspruch auf eine bedarfsorientierte Daseinsvorsorge (vgl. S. 44 NotSan-APrV) sowohl formal aufnimmt als auch in Kurslogik und Zeitstruktur operationalisiert und umsetzt. Auch die Auswertung der vier Kompetenzbereiche zeigt eine deutliche Parallelität zu den in der APrV formulierten Anforderungen (siehe Abbildungen 9 und 11). Die hohe Gewichtung methodischer Kompetenzen (50 %) und die Integration fachlicher, sozialer und personaler Aspekte verdeutlichen, dass die Ausbildung systematisch darauf ausgerichtet ist, die „zur Berufsausübung notwendige Handlungssicherheit“ (S. 47) zu vermitteln, inhaltlich und didaktisch sowie curricular. Die geringe Streuung innerhalb der Themenkategorien ( $SD < 28$  Tage), die hohe Korrelation zwischen Kursdauer und Aufgabenanzahl ( $r = 0,66$ ) sowie die klare Zuordenbarkeit der Inhalte über algorithmische APrV-Kürzel sprechen für einen systematisch konstruierten Lehrplan, der somit den regulatorischen Vorgaben formal, inhaltlich und strukturell entspricht. Ausblick Diese Analyse verdeutlicht exemplarisch, wie digitale Curricula im Gesundheitswesen systematisch und datenbasiert analysieren werden können. Die Verbindung zwischen regulatorischer Struktur (NotSan-APrV), inhaltlicher Codierung und quantitativer Auswertung liefert ein konsistentes Argument für die Validität digitaler Bildungsräume und deren Anschlussfähigkeit an curriculare Standards. Die Analyse ist ein methodischer Beitrag zur curricularen Forschung und belegt empirisch die Anschlussfähigkeit des digitalen Curriculums an die gesetzliche Struktur der NotSan-APrV. Die normative Fundierung wird mittels dieser Analyse statistisch nachgewiesen.

### 3.4 Operative Architektur als Arbeits- und Lernumgebung

Die bestehende didaktische Architektur des Learning Management Systems kann zur Berücksichtigung des operativen Bereichs um die lernprozessbezogene Struktur erweitert werden. Einerseits basiert der Aufbau bereits auf einer Organisationsstruktur, die in der Lehre aktiv genutzt wird und daher unmittelbar anschlussfähig ist. Andererseits ermöglicht die komplementäre Benutzung durch Lehrkräfte im operativen Alltag, das System nicht nur als didaktisches Werkzeug, sondern auch als erlebbares Arbeitsmittel zu nutzen. So können Lehrkräfte die Vorteile und Begrenzungen des Systems direkt erfahren. Zur kontextuellen Einordnung dieser operativen Architektur des hier beschriebenen Learning Management Systems können weiterhin zwei Aufsätze als Referenzrahmen dienen. Beide Studien zeigen, dass digitale Systeme nicht nur für Lehr-Lern-Prozesse, sondern auch für administrative, organisatorische und arbeitsplatzbezogene Zwecke eingesetzt werden können. Gleichzeitig verdeutlichen die Arbeiten die Grenzen bestehender Ansätze, die sich hauptsächlich in ihrer strukturellen Tiefe und curricularen Integration unterscheiden.

Brandic & Wiesinger (2024) beschreiben bspw. in ihrer Studie die Entwicklung eines asynchronen Moodle-Kurses für das fachliche Onboarding administrativen Personals an der Universität Wien. Ihre Absicht war, eine zeitlich flexible, selbstgesteuerte Schulung zu schaffen, die den Einstieg in zentrale IT-Systeme der Universität erleichtert. Der Kurs besteht aus strukturierten Lerneinheiten mit eingebetteten H5P-Objekten, Videos und reflexiven Aufgaben, wobei der Fokus auf der unmittelbaren Funktionsvermittlung liegt. Das zugrunde liegende didaktische Konzept basiert auf einer modularen Struktur mit asynchroner Kommunikation und Rückmeldemöglichkeiten, die eine individuelle Lerngeschwindigkeit ermöglichen sollen (Brandic & Wiesinger, 2024, S. 22–24).

Obwohl Brandic & Wiesinger (2024) die operative Nutzung eines Learning Management Systems beispielhaft belegen, bleibt die Struktur funktional begrenzt. Das untersuchte Kursformat stellt ein isoliertes Schulungsmodul dar, dem eine umfassendere curricular-systemische Einbettung fehlt. In der vorliegenden Evaluation wird die Moodle-Plattform als Träger einer Lernressource eingesetzt, jedoch mit der Einschränkung, dass sie nicht als strukturierendes Element eines organisationalen Bildungsraums fungiert. Der vorliegende Unterschied zum hier beschriebenen System ist in diesem Aspekt zu verorten. Während der Kurs bei Brandic & Wiesinger (2024) als Tool für ein spezifisches Anwendungsszenario konzipiert wurde, das auf die admi-

nistrative Zielgruppe ausgerichtet ist, versteht sich das hier beschriebene Learning Management System als strukturübergreifende, konsistente und reflexionsoffene Organisationsumgebung. In dieser arbeiten Lehrende, Lernende und Verwaltung in einer gemeinsamen Systemarchitektur.

Die Abgrenzung zum hier verfolgten Ansatz wird in der Studie von Nwosu & Koroye (2024) noch deutlicher, in der die Digitalisierung der Bildungsverwaltung in Nigeria untersucht wird. Der Fokus liegt dabei nicht auf konkreten Plattformen, sondern auf der Entwicklung eines digitalen Bildungsmanagementsystems, das die Effizienz steigert, die Steuerung verbessert und die Rechenschaftslegung im staatlichen Schulwesen ermöglicht. Das System wird seitens der Autorenschaft als Instrument zur zentralen Kontrolle und Verwaltungsoptimierung beschrieben, weniger als didaktisch operierender Raum. Zwar betonen beide, dass Digitalisierung notwendig sei, um die Schulqualität zu sichern und organisatorischen Abläufe zu verbessern, doch die pädagogische Perspektive bleibt vollständig außen vor. Der Mensch erscheint darin als Verwaltungseinheit, nicht als lernende oder lehrende Person (Nwosu & Koroye, 2024, S. 3–5).

Im Vergleich dazu ist der hier betrachtete Anteil des Learning Management Systems als pädagogisch fundierte, operativ nutzbare Struktur konzipiert. In diesem System stehen Organisation und Lehre nicht nebeneinander, sondern sind strukturell miteinander verbunden. Die Containerstruktur, die für alle Handlungssituationen gilt, bildet die Grundlage für die Lernprozesse und bietet gleichzeitig einen Rahmen für organisatorische Abstimmungen, Kurskoordination, Aufgabenverteilung und Rückmeldung. Somit fungiert das System als Verwaltungsinstrument und reflektierbarer Handlungsräum für alle Beteiligten, von der Kursleitung und den Lehrenden bis hin zu den Lernenden selbst. Im Kontext des Forschungsgegenstands veranschaulichen zwei Studien die Bandbreite bestehender Ansätze. Brandic & Wiesinger (2024) beschreiben ein isoliertes, funktional begrenztes Lernmodul, während Nwosu & Koroye (2024) ein zentralisiertes Verwaltungsinstrument skizzieren. Im Gegensatz dazu verfolgt das hier untersuchte System einen systemisch-strukturellen Ansatz, der pädagogische Architektur, operative Nutzung und curriculare Logik in einer konsistenten und integrativen Umgebung miteinander verbindet.

Bereits in der didaktischen Architektur finden organisatorische Elemente ihren Raum. Neben der in Abschnitt 3.3 beschriebenen Containerstruktur existieren weitere Funktionen, die den operativen Betrieb unterstützen. Dazu zählen u.a. die Kursadministration, die Nutzerverwaltung, die Terminplanung und die Kommunikationswerkzeuge. Diese Funktionen sind integraler Bestandteil des Systems und ermöglichen eine nahtlose Verbindung zwischen Lernprozessen und organisatorischen Abläufen. So können Lehrende beispielsweise Kursmaterialien bereitstellen, Aufgaben verwalten und Feedback geben, während gleichzeitig administrative Aufgaben wie Teilnehmermanagement, Fortschrittsüberwachung und Berichterstattung durchgeführt werden können. Diese duale Funktionalität trägt dazu bei, dass das Learning Management System nicht nur als didaktisches Werkzeug, sondern auch als operatives Arbeitsmittel genutzt wird.

### 3.5 E-Portfolio als Reflexions- und Transferinstrument

### 3.6 Technische Rahmenbedingungen

Dyrna & Günther (2021) als technische Klassifizierung

## 4 Methodologie

Kapitel 4 stellt die in dieser Arbeit entwickelte, eigenständige Methodologie dar und spiegelt sie an den wissenschaftlichen Gütekriterien. Das methodische Vorgehen folgt nicht einem klassischen Mixed-Methods-Design, sondern einem selbst entwickelten, systemisch-forschungsfragengeleiteten Paradigma. Dieses Paradigma orientiert sich an systemtheoretischen Prinzipien, koppelt qualitative, quantitative und simulationsbasierte Verfahren über die Forschungsunterfragen und bindet sowohl die in Kapitel 2 entwickelte Theorie als auch die in Kapitel @ref(sec:Forschungsgegenstand) dargestellte Architektur des digitalen Bildungsraums ein. Ziel ist es, die zirkuläre Komplexität des Forschungsgegenstandes abzubilden und methodisch zu strukturieren. Die Auswahl der Verfahren – darunter Literaturanalysen, Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e), simulationsgestützte Modellierungen und quantitative Evaluationsansätze – folgt ausschließlich der Logik der Forschungsunterfragen und dient nicht der Umsetzung eines etablierten Methodendesigns, sondern der Realisierung eines kohärenten, interdependenten und emergenzsensiblen Forschungsansatzes.

Die methodische Kopplung liefert die empirische Basis für die interdependente Argumentation in Kapitel 6.3.1 und die manifestartige Zuspitzung in Kapitel 7.

### 4.1 Forschungsparadigma und methodologischer Ansatz

Methodenkompetenz in den Human- und Sozialwissenschaften meint nach Döring (2023) die Fähigkeit, empirische Studien zu lesen, zu interpretieren und eigenständig durchzuführen, um systematische und nachvollziehbare Erkenntnisse zu gewinnen. In der empirischen Sozialforschung werden traditionell drei methodologische Paradigmen unterschieden (Döring, 2023, S. 4–5 und 32–33):

- a. quantitative Ansätze im kritischen Realismus,
- b. qualitative Ansätze im Sozialkonstruktivismus und
- c. pragmatische Integrationsansätze, die beide Logiken situativ verbinden.

Weiterhin stellt Döring (2023) dar, dass das quantitative Paradigma einem linear-strukturierten Forschungsprozess mit vorab formulierten Hypothesen folgt, während das qualitative Paradigma einen zirkulären, offen strukturierten Prozess mit explorativen Fragestellungen abbildet. Ausschlaggebend ist weniger die Datenform als die Frage, welches Vorgehen die Forschungsfragen angemessen bearbeitet. Dieses Begründungsgebot strukturiert auch den hier entwickelten systemischen Ansatz. (Döring, 2023, Kapitel 2.2 und 2.3)

Für das vorliegende Forschungsvorhaben reicht keines dieser Paradigmen aus, weil der Gegenstand zirkulär angelegt ist und die Verfahren deshalb eng aufeinander bezogen werden müssen. Stattdessen wird ein eigenständiger, systemisch-forschungsfragengeleiteter Ansatz entwickelt, der die Verfahren über die Forschungsunterfragen verbindet. Ob diese Logik trägt, wird im Kapitelverlauf eingelöst:

- Abschnitt 4.1 beschreibt den erkenntnistheoretischen Rahmen.
- Abschnitt 4.1.1 erläutert die methodischen Vorüberlegungen (Auswahl und Kombination der Verfahren aus den Forschungsfragen) und begründet die Kopplung sowie Methodenwahl.
- Abschnitt 4.1.2 erläutert die systemische Integrationslogik und ordnet die Verfahren den Forschungsunterfragen zu.
- Abschnitt 4.2 beschreibt die Datenerhebungsverfahren.

#### 4.1.1 Vorüberlegungen zur Methodologie

Methodisch herausfordernd ist die Verbindung der unterschiedlichen Facetten dieses bildungstheoretischen Forschungsvorhabens. Die Datenformen aus Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e), Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f), systematischer Literaturarbeit und simulationsgestützter Modellierung werden entlang der Forschungsfragen koordiniert und in einem eigenen Integrationsprinzip zusammengeführt. Diese Integration folgt keinem etablierten Kombinationsschema; sie orientiert sich an der Logik der Forschungsfra-

gengeleitetheit. Die Hauptforschungsfrage legitimiert dabei sowohl qualitative als auch quantitative Zugriffe, weil sie Muster und Regelmäßigkeiten im Learning Management System (LMS) sichtbar machen soll. Das Spannungsfeld zwischen subjektiven Akteur\*innenurteilen und einer formalisierenden, modellbasierten Dynamikperspektive verlangt eine präzise methodische Betrachtung. Die strikt getrennte Zuschreibung „quantitativ = deduktiv“ und „qualitativ = induktiv“ greift dabei zu kurz, weil sie die Komplexität des Gegenstands nicht abbildet (Reinders, 2022, S. 157).

Forschung in Gesundheitskontexten muss divergierende methodische Strömungen mehrerer Disziplinen integrieren. Komplexität, Vielfalt der Disziplinen und unterschiedliche Ressourcen sind auszubalancieren; deshalb werden hier die Stärken bestehender Methoden in einen neuen, interdisziplinären und generativen Kontext gestellt (Ohlbrecht, 2021, S. 4–5).

Der hier entwickelte Ansatz verzichtet bewusst auf die Einordnung in Mixed-Methods-Traditionen. Stattdessen werden qualitative, quantitative und simulationsbasierte Verfahren so gekoppelt, dass sie die zirkuläre Komplexität des Forschungsgegenstandes systemisch abbilden. Die Methoden stehen nicht nebeneinander, sondern werden über Interdependenz, Emergenz und Rückkopplung verbunden.

Das Forschungsvorhaben verlangt aufgrund seiner zirkulären Komplexität einen mehrdimensionalen Ansatz, der die Ebenen systematisch koppelt. Wie Rosenthal und Witte ausführen, stützt sich die Methodik auf die Anerkennung unterschiedlicher Zugänge zur Erforschung sozialer Phänomene und auf die grundlagentheoretische Differenzierung zwischen quantitativen und qualitativen bzw. interpretativen Ansätzen (Rosenthal & Witte, 2020, S. 198–199). Die Arbeit positioniert sich als abstrakt-theoretische Grundlagenforschung und will methodische Vielfalt anerkennen sowie systematisch integrieren.

Das forschungsparadigmatische Spannungsfeld wird aufgelöst, indem die Methoden konsequent aus den Forschungsfragen abgeleitet werden. Dadurch entsteht eine zielgerichtete Auswahl, die Komplexität reduziert, der Mehrdimensionalität gerecht wird und die Stärken etablierter Methoden bündelt.

Die dargestellten Vorüberlegungen verdeutlichen, dass die Methodologie nicht durch bestehende Designs vorstrukturiert ist, sondern ihre Logik unmittelbar aus den Forschungsunterfragen ableitet. Darauf aufbauend entwickelt Abschnitt 4.1.2 die systemische Ausgestaltung dieses Ansatzes und präzisiert die operative Verbindung zwischen Paradigma, Forschungslogik und Methodenwahl.

#### 4.1.2 Systemisch-forschungsfragengeleiteter Ansatz

Der systemische, forschungsfragengeleitete Ansatz fußt auf den Forschungsfragen FU<sub>1</sub> bis FU<sub>7</sub> (Abschnitt 1.4), abgeleitet aus Erkenntnisinteresse (Abschnitt 1.1.1) und LMS-Produkt (Kapitel 3). Diese Fragen strukturieren sämtliche Entscheidungen und Analysen. Diese Methodik verschränkt qualitative, quantitative und simulationsbasierte Zugänge über die Logik der Forschungsunterfragen, ohne sie einem übergeordneten Mixed-Methods-Schema zu unterstellen. Die Verbindung entsteht ausschließlich über die Forschungsfragen und ihre systemische Logik.

Interdependenz meint die enge Verknüpfung der Forschungsfragen und die Wechselwirkungen zwischen qualitativen und quantitativen Daten, die die Mehrdimensionalität erfassen. Emergenz beschreibt die Entstehung neuer Erkenntnisse (Bertalanffy, 1968, S. 16, 103), wenn Ergebnisse aus Literaturanalysen, Simulationen und empirischen Untersuchungen wie Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) und Befragungen (Hanisch-Johannsen, 2025f) verbunden werden. Rückkopplung heißt, dass Analyseergebnisse iterativ in die Methodik zurückfließen und weitere Schritte steuern, sodass der Prozess dynamisch bleibt.

Konkret werden Methoden aus den Forschungsfragen abgeleitet; jede Frage bestimmt die Auswahl. Qualitative Literaturanalysen werden mit Eye-Tracking-Analysen (z.B. Heatmaps) (Hanisch-Johannsen, 2025e) und quantitativen Befragungen (Hanisch-Johannsen, 2025f) systematisch in Beziehung gesetzt, um subjektive Wahrnehmungen und beobachtbare Nutzungsmuster zugleich abzubilden. Die passgenaue Methodenkombination reduziert Komplexität auf ein analytisch erfassbares Maß, ohne wesentliche Wirkungsmechanismen

zu verlieren. Iterative Rückkopplung und systemische Verknüpfung erzeugen Einsichten, die isoliert verbor- gen blieben, und erweitern bestehende Ansätze um einen Rahmen, der Offenheit und strukturelle Präzision verbindet.

Auf dieser Grundlage beschreibt Abschnitt 4.2 die konkrete Umsetzung der Datenerhebungsverfahren. Die dort erläuterten Schritte – von der systematischen Literaturrecherche über das Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) bis zur LMS-Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f) – sind direkt aus der hier beschriebenen Paradigma-Logik abgeleitet und folgen der systemischen Kopplung der Forschungsunterfragen.

Table 9: Zuordnung der Bearbeitungsmethoden zu den Forschungsunterfragen

| Forschungsunterfrage                                      | Bearbeitungsmethode  | Erfüllungskriterien  |
|---|--|--|
| FU <sub>1</sub> : Akzeptanz und Nützlichkeit              | Qualitative Metaanalyse zur Darstellung des aktuellen Forschungsstandes im Kontext digitaler Bildungsräume (Döring, 2023, S. 194).   | Darstellung und Einordnung der Akzeptanz- und Nutzenargumente in das Gesamtgefüge.   |
| FU <sub>2a</sub> : Effekt auf Lernende                    | An Evaluationslogiken (Kirkpatrick, TEI) anschließende Literaturanalyse (Primär-/Sekundäranalyse + P-QIA) sowie quantitative LMS-Umfrage (UM1) (Hanisch-Johannsen, 2025f) zur Spiegelung zentraler Wirkungsdimensionen (Kirkpatrick, 1998; Ritzmann et al., 2014, 2020). | Rekonstruktion der Effektdimensionen (z.B. Reaktion/Lernen) und ihrer Bedingungen; triangulative Einordnung über Umfrage- und Nutzungsdaten. |
| FU <sub>2b</sub> : Effekt auf Lehrende                    | Literaturanalyse (Primär-/Sekundäranalyse + P-QIA) zur Rekonstruktion von Lehrendenbedingungen (Kompetenzen, Monitoring/Assessment, Belastungen) sowie Kontextspiegelung über LMS-Umfrage (UM1) (Hanisch-Johannsen, 2025f).  | Ableitung plausibler Einflussfaktoren und Arbeitsbedingungen; Zusammenführung zu überprüfbaren Tendenzaussagen.                              |
| FU <sub>3</sub> : Didaktische und technologische Merkmale | Theoriearbeit zur systemisch-konstruktivistischen Gestaltung des LMS und zur Beschreibung seiner Architektur (Döring, 2023, Kapitel 6.3.1).  | Herleitung, Beschreibung und Absicherung der relevanten Merkmale des LMS.  |
| FU <sub>4a</sub> : Bildungswissenschaftliche Mechanismen  | Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring sowie deren Weiterentwicklungen (Mayring, 2008, 2010).   | Herleitung, Beschreibung und Absicherung der bildungswissenschaftlichen Wirkmechanismen.   |

| Forschungsunterfrage                                    | Bearbeitungsmethode   | Erfüllungskriterien  |
|---|---|--|
| FU <sub>4b</sub> : Technisch-gestalterische Mechanismen | Quantitative Beobachtung (inkl. Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e)) zur Rekonstruktion technisch-gestalterischer Wirkmechanismen (Döring, 2023, Kapitel 10.1.3).                                       | Datenerhebung, Auswertung sowie Rückbindung an die systemische Einordnung der Mechanismen.   |
| FU <sub>5</sub> : Möglichkeiten und Grenzen             | Kombination aus Qualitativer Inhaltsanalyse und SWOT-Analyse zur systemischen Bewertung (Mayring, 2010; Wollny & Paul, 2015).   | Strukturierte Darstellung der Potenziale und Limitationen des Trainingsmodells.  |
| FU <sub>6</sub> : LMS als Kompetenzerwerbssystem        | Systemische Theoriearbeit zur Verschränkung von Kompetenzforschung und LMS-Architektur (Döring, 2023, Kapitel 5) sowie simulationsgestützte Modellierung zur dynamischen Plausibilisierung (Abschnitt 4.4). | Transfer und Einordnung der Ergebnisse in ein konsistentes Kompetenzentwicklungsmodell; dynamische Verdichtung zentraler Kopplungen als Reflexionsfolie. |
| FU <sub>7</sub> : Erweiterung von Kausalgesetzen        | Grounded-Theory-basierte „Einfall und Theorieentwicklung“ sowie Analyse des Technologiedefizits (Pentzold et al., 2018, Einleitung; Luhmann & Schorr, 1982a).   | Entwicklung und Ableitung eines kausalen Ursachen-Wirkungstheoriemodells.  |

Übersicht der forschungsfragengeleiteten Methodenkopplung. Dargestellt ist die Zuordnung der Forschungsunterfragen (FU<sub>1</sub>–FU<sub>7</sub>) zu Bearbeitungsmethoden und den jeweiligen Erfüllungskriterien; die Tabelle dient als Orientierungsfolie für die Triangulation der Datensorten (Literatur/P-QIA, Eye-Tracking, UM1, Simulation).

Die Tabelle fasst die Forschungsunterfragen zusammen und verknüpft sie mit den jeweils eingesetzten Methoden sowie ihren Erfüllungskriterien. Auf diese Weise wird nachvollziehbar, wie qualitative Literaturarbeit, empirische Erhebungen (Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e), Umfragen (Hanisch-Johannsen, 2025f)) und simulationsbasierte Verfahren im Zusammenspiel verwendet wurden, um die unterschiedlichen Facetten des Lernmanagementsystems abzubilden. Die P-QIA-Auswertungen (Analysen dritter Ordnung; Abschnitt 4.3.4) werden FU-übergreifend auf den Literaturkorpus angewandt; FU-spezifische empirische Erhebungen dienen der Spiegelung und Triangulation der rekonstruierten Tendenzen.

Methodisch ist dabei zu betonen, dass die LMS-Umfrage (UM1) (Hanisch-Johannsen, 2025f) eine eigenständige, quantitative Perspektive in den Analyseprozess einbringt. Sie erweitert die Evidenzbasis um standariserte Urteile zu Struktur, Interaktion, Feedback und Adaptivität und ermöglicht damit eine Spiegelung der literaturbasiert rekonstruierten Wirkannahmen (FU<sub>1</sub>/FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub>) an einer eigenen Datenerhebung im Systemkontext. Die Umfrage ist Teil der triangulativen Kopplung (Literatur/P-QIA × Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) × UM1) und macht Tendenzen sowie Spannungsfelder (z.B. wahrgenommene Interaktion vs. beobachtete Orientierungsmuster) sichtbar; zugleich bleibt die Datensorte klar konturiert, da sie auf standardisierten Selbstauskünften beruht.

## Methodische Konsequenzen der Forschungsfragen

- Die Forschungsfragen bestimmten:
  - Auswahl und Strukturierung der Literatur.
  - Entwicklung von Kategorien und Schlagworten zur thematischen Verknüpfung.
  - Kombination und Anpassung klassischer Methoden.
- Begründung:
  - Die Komplexität des digitalen Bildungsraums erforderte eine Methodenkombination, um die Forschungsfragen adäquat zu beantworten.

## 4.2 Datenerhebung

### 4.2.1 Systematische Literaturrecherche

Die systematische Literaturrecherche bildet die Grundlage für die Beantwortung der Forschungsfragen FU<sub>1</sub>, FU<sub>3</sub>, FU<sub>4a</sub> und FU<sub>6</sub>. Ziel ist hierbei, ein umfassendes Verständnis der bestehenden wissenschaftlichen Diskussionen und Erkenntnisse im Bereich digitaler Bildungsräume zu erlangen. Der Korpus umfasst insgesamt 3 733 wissenschaftliche Arbeiten, die algorithmisch aus verschiedenen Datenbanken extrahiert und thematisch kategorisiert wurden (Datenstand: 13.12.2025).

Die systematische Literaturrecherche folgt einem klar definierten, mehrstufigen Workflow (vgl. Abbildung X). Ausgangspunkt sind zwei kontinuierliche Zuführungen von Quellen: (1) automatisierte Google-Alerts, die einschlägige Veröffentlichungen zu vordefinierten Stichworten melden, und (2) zufällige Quellenfunde, die im Rahmen der laufenden Forschungs- und Praxistätigkeit auftreten. Beide Zuführungen werden zunächst als „Einzelne Quelle“ in das Literaturmanagementsystem überführt und mit den notwendigen Metadaten (Titel, Autor\*in, Jahr, Publikationstyp) versehen.

In einem ersten Entscheidungsschritt wird die Verfügbarkeit der Quelle geprüft (Zugriff auf Volltext, Abstract, bibliografische Angaben). Ist der Volltext nicht zugänglich, kann die Quelle dennoch als Impulsgeber für die Suchstrategie dienen, wird aber nicht in die inhaltliche Hauptanalyse übernommen. Verfügbare Quellen durchlaufen eine Prüfung, ob sich aus ihnen konkrete Suchbegriffe ableiten lassen. Ergibt sich ein inhaltlicher Mehrwert, werden sie im Sinne einer „Erweiterung“ genutzt, um das Suchvokabular zu verfeinern und zusätzliche, thematisch angrenzende Begriffskombinationen zu identifizieren.

Kern der Suchstrategie ist ein Set aus zwölf priorisierten Schlagwortclustern, die jeweils als Suchpfad in unterschiedlichen Datenbanken (z. B. Google Scholar, BASE, FIS Bildung, PubMed) umgesetzt wurden: #1 Learning Management System, #2 Online Lernplattform, #3 Online Lernumgebung, #4 MOOCs, #5 E-Learning, #6 Bildung, #7 Digitale Medien, #8 Blended Learning, #9 Digitales Lernen, #10 Online Lernen, #11 Online Learning und #12 Digital Learning. Jede Quelle wird einem oder mehreren dieser Suchpfade zugeordnet und im Literaturmanagement als „Eintrag DB“ dokumentiert. Die technische Umsetzung der Ordner- und Tag-Struktur wird in Abschnitt 4.2.2 detailliert beschrieben.

Die Treffer aus allen Suchpfaden werden einem dreistufigen Screening unterzogen, das zugleich die Ein- und Ausschlusskriterien operationalisiert. In der Titel-Suche werden auf Basis von Titel, Jahr, Sprache und Publikationstyp offensichtlich irrelevante oder außerhalb des Forschungsfeldes liegende Arbeiten ausgeschlossen („Ausschluss“). In der nachfolgenden Abstract-Suche erfolgt eine inhaltlich feinere Prüfung, ob die Quelle tatsächlich einen Beitrag zum Verständnis digitaler Bildungsräume, von Learning-Management-Systemen oder angrenzender Formate leistet. Erst wenn die Relevanz auf Abstract-Ebene bestätigt ist, schließt sich – falls erforderlich – eine Inhaltsuche im Volltext an, in der Kontext, Methode und theoretische Verortung geprüft werden. Quellen, die diesen dreistufigen Filter durchlaufen, bilden den Kernkorpus der Analyse.

Für alle übernommenen Quellen wird anschließend ein erstes, manuelles 1. Tagging vorgenommen. Dabei werden unter anderem Suchpfad, Dokumententyp, thematischer Schwerpunkt, Bezug zu Learning-

Management-Systemen sowie eine vorläufige Zuordnung zu den Forschungsunterfragen erfasst. Dieses erste Tagging strukturiert das Korpus und legt die Grundlage für die KI-gestützte Inhaltsanalyse. In einem nächsten Schritt wird jede Quelle in einem standardisierten Prompt-Format mit GPT verarbeitet. Die KI erstellt eine strukturierte Zusammenfassung, extrahiert Kernaussagen, rekonstruiert die Argumentation, schlägt eine Indexierung zentraler Begriffe vor, ordnet die Quelle thematischen Kategorien zu, nimmt eine explizite Zuordnung (FU) zu den Forschungsunterfragen vor und formuliert eine graduelle Relevanzbewertung. Die KI-Ausgaben werden nicht ungeprüft übernommen, sondern im Lektüreprozess kontrolliert, gegebenenfalls korrigiert und mit den eigenen Einschätzungen abgeglichen. Der hier eingesetzte Workflow ist kompatibel mit dem bei Geyer & Stampfl (2025) genannten, vierphasigen KI-gestützten Rechercheverständnis (Themensondierung, Inhaltauswertung, Wissensorganisation, Spezialrecherche) und konzipiert KI somit als kognitive Verstärkung bei fortbestehender menschlicher Validierungsverantwortung (Geyer & Stampfl, 2025, S. 434–436).

Auf Basis dieser aufbereiteten Informationen erfolgt ein zweites, vertiefendes 2. Tagging. Hier werden die automatisiert vorgeschlagenen Kategorien konsolidiert, die Zuordnung zu den Forschungsunterfragen geschräft und die Relevanzstufen final festgelegt. Gleichzeitig werden zusätzliche Tags vergeben, die für spätere Netzwerk- und Pfadanalysen erforderlich sind (z. B. didaktische Mechanismen, technologische Funktionen, Kompetenzdimensionen). Das Ergebnis ist ein dicht codierter Literaturkorpus, in dem jede Quelle mehrfach – über Suchpfade, Kategorien, Forschungsunterfragen und Relevanzgrade – verknüpft ist.

Im Anschluss werden die kodierten Daten exportiert und in einer statistischen und graphischen Auswertungsumgebung weiterverarbeitet. Dort entstehen unter anderem Netzwerkvisualisierungen der Tag-Struktur sowie Netzwerk-Plotanalysen, die Co-Vorkommen von Kategorien, Forschungsunterfragen und zentralen Konzepten sichtbar machen. Auf dieser Basis wird ein Pfaddiagramm der Datenflüsse im Korpus rekonstruiert, das die Hauptströme von den Suchpfaden über Kerngedanke und Argumentation hin zu Technologieintegration, Lehr-/Lerneffektivität und weiteren Kategorien nachzeichnet. Die so gewonnenen Pfade dienen der Synthese: Sie markieren jene Segmente des Diskurses, in denen sich theoretische und empirische Verdichtungen zeigen, und bilden die Grundlage für die abschließende Modellbildung und theoretische Strukturierung des digitalen Bildungsraums.

Der gesamte Prozess – von Beginn (Google-Alert beziehungsweise zufällige Quelle) über Screening, doppeltes Tagging und KI-Unterstützung bis hin zu Netzwerk- und Pfadanalysen – ist damit als zirkulärer, transparent dokumentierter Recherche- und Analysepfad angelegt. Er stellt sicher, dass die in dieser Arbeit entwickelten Aussagen zu digitalen Bildungsräumen nicht auf Einzelstudien, sondern auf einem systematisch erschlossenen und strukturell ausgewerteten Literaturfeld beruhen.

Die folgende Abbildung (Abb.~4) fasst diesen Workflow schematisch zusammen und dient als Referenzrahmen für die in Abschnitt 4.3 beschriebenen Auswertungen; für das Verständnis der weiteren Darstellung sind vor allem die Übergänge zwischen Suche, Tagging und Export relevant.

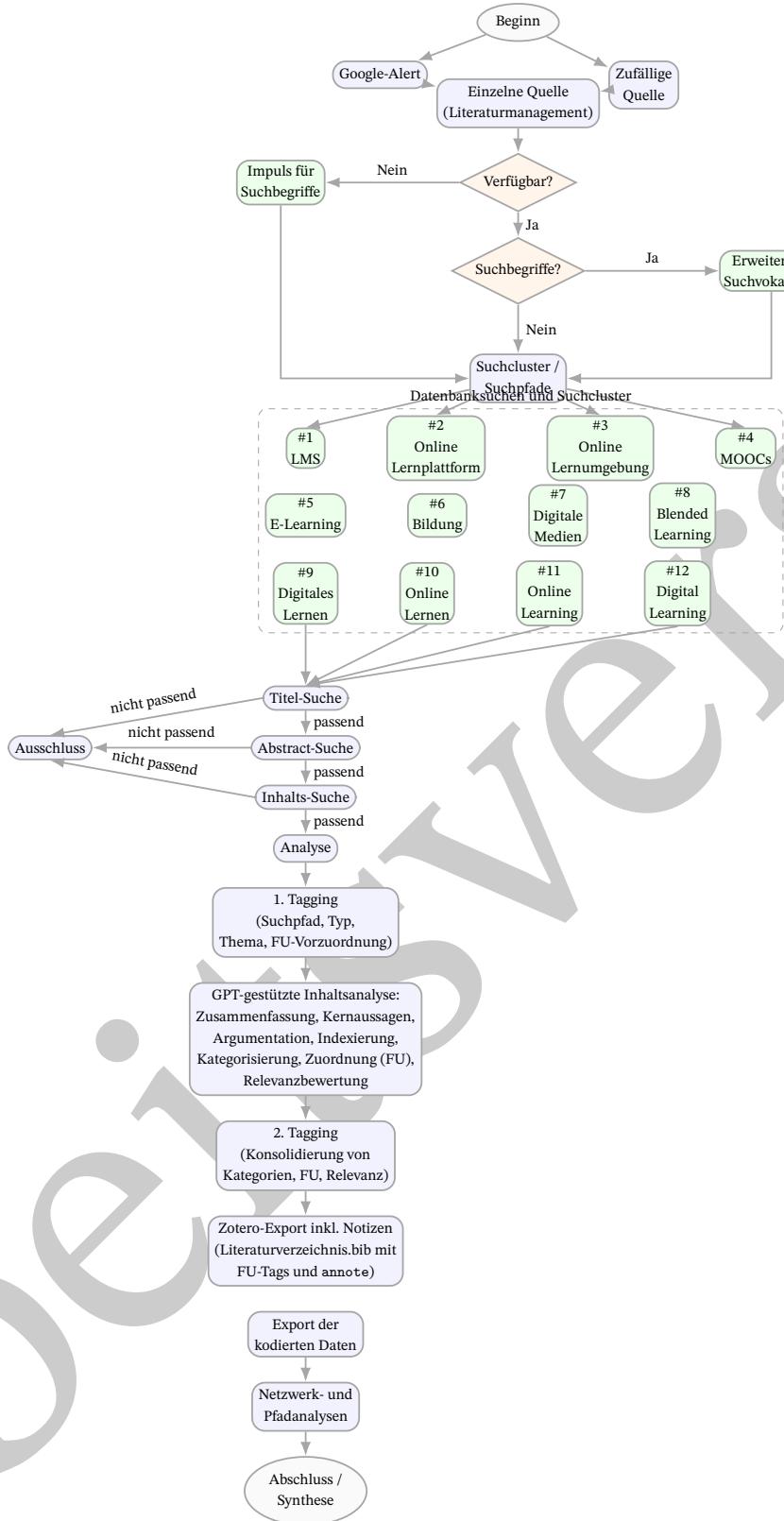


Figure 4: Ablaufschema der systematischen Literaturrecherche und -analyse.

Visualisiert sind die Prozessschritte von Screening, Tagging und KI-gestützter Inhaltsanalyse bis zur Auswertung; die Abbildung dient als Orientierungsfolie für die nachfolgenden Datenanalyseabschnitte.

Die folgenden Zeit- und Kohärenzvisualisierungen (Abb.~5, Abb.~6 und Abb.~7) dienen der volumetrischen und strukturellen Einordnung des Literaturkorpus und bilden die Basis für die anschließende Korpusdiagnostik.

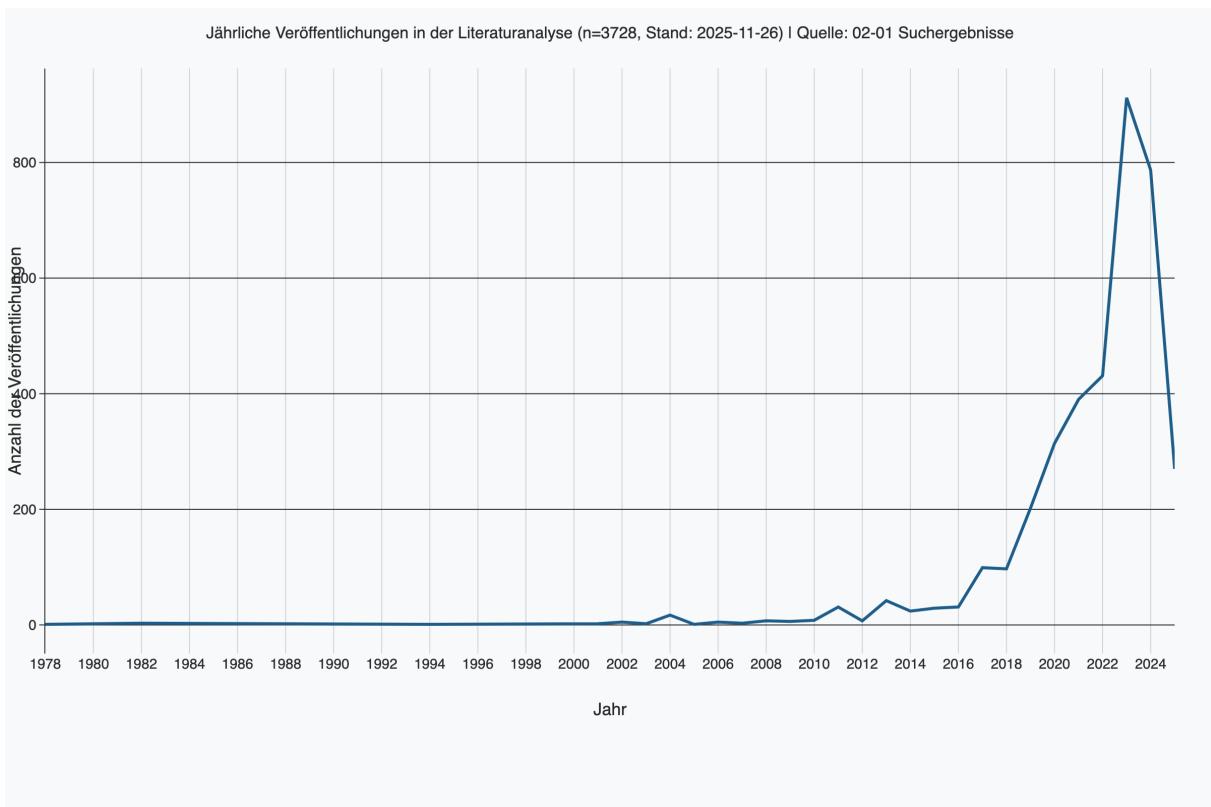


Figure 5: Zeitreihe der Publikationszahlen im Korpus.

Zeitreihe der jährlichen Veröffentlichungszahlen im Literaturkorpus (Quelle: 02-01 Suchergebnisse;  $n = 3728$ , Stand: 2025-11-26). x-Achse: Jahr; y-Achse: Anzahl Veröffentlichungen; dient der volumetrischen Einordnung von Wachstums-, Konsolidierungs- und Reorganisationsphasen sowie der jahrgangsbezogenen Gewichtung in den folgenden Kohärenzanalysen.

Die Zeitreihe der jährlichen Veröffentlichungszahlen beschreibt die volumetrische Entwicklung des untersuchten Literaturkorpus seit den späten 1970er-Jahren. Die Einordnung der sichtbaren Wachstums-, Konsolidierungs- und Reorganisationsphasen sowie ihre Bedeutung für die weitere Korpusdiagnostik erfolgt in Abschnitt 4.3.1.

Table 10: Jährliche Entwicklung der Clusterbildung und Silhouette-Scores

| Jahr | <i>n</i> | Cluster | Silhouette-Score |
|------|----------|---------|------------------|
| 2010 | 7        | 2       | 1.0000           |
| 2011 | 29       | 4       | 0.9655           |
| 2012 | 7        | 3       | 0.8571           |
| 2013 | 28       | 4       | 1.0000           |
| 2014 | 24       | 4       | 0.9583           |
| 2015 | 28       | 3       | 1.0000           |
| 2016 | 25       | 3       | 1.0000           |
| 2017 | 98       | 3       | 1.0000           |
| 2018 | 95       | 4       | 0.9895           |
| 2019 | 202      | 3       | 1.0000           |
| 2020 | 303      | 4       | 0.9968           |
| 2021 | 377      | 4       | 0.9854           |
| 2022 | 430      | 4       | 0.9916           |
| 2023 | 899      | 4       | 0.9702           |

| Jahr  | n    | Cluster | Silhouette-Score |
|-------|------|---------|------------------|
| 2024  | 780  | 4       | 0.9208           |
| 2025  | 192  | 4       | 0.9696           |
| Summe | 3524 | —       | —                |

Jahresbezogene Kennwerte der Clusterkohärenz (Quelle: 02-01 Suchergebnisse). Spalten: Jahr, Fallzahl ( $n$ ), gewählte Clusterzahl ( $k$ ) und Silhouette-Score; Grundlage für die Drift-/Verdichtungsinterpretation und die Gewichtung der Jahrgänge in den folgenden Abbildungen.

Die Tabelle dokumentiert die jahresbezogenen Kennwerte der Clusterkohärenz (Fallzahlen,  $k$ , Silhouette-Score) als Referenz für die nachfolgende Auswertung; die Einordnung erfolgt in Abschnitt 4.3.1.

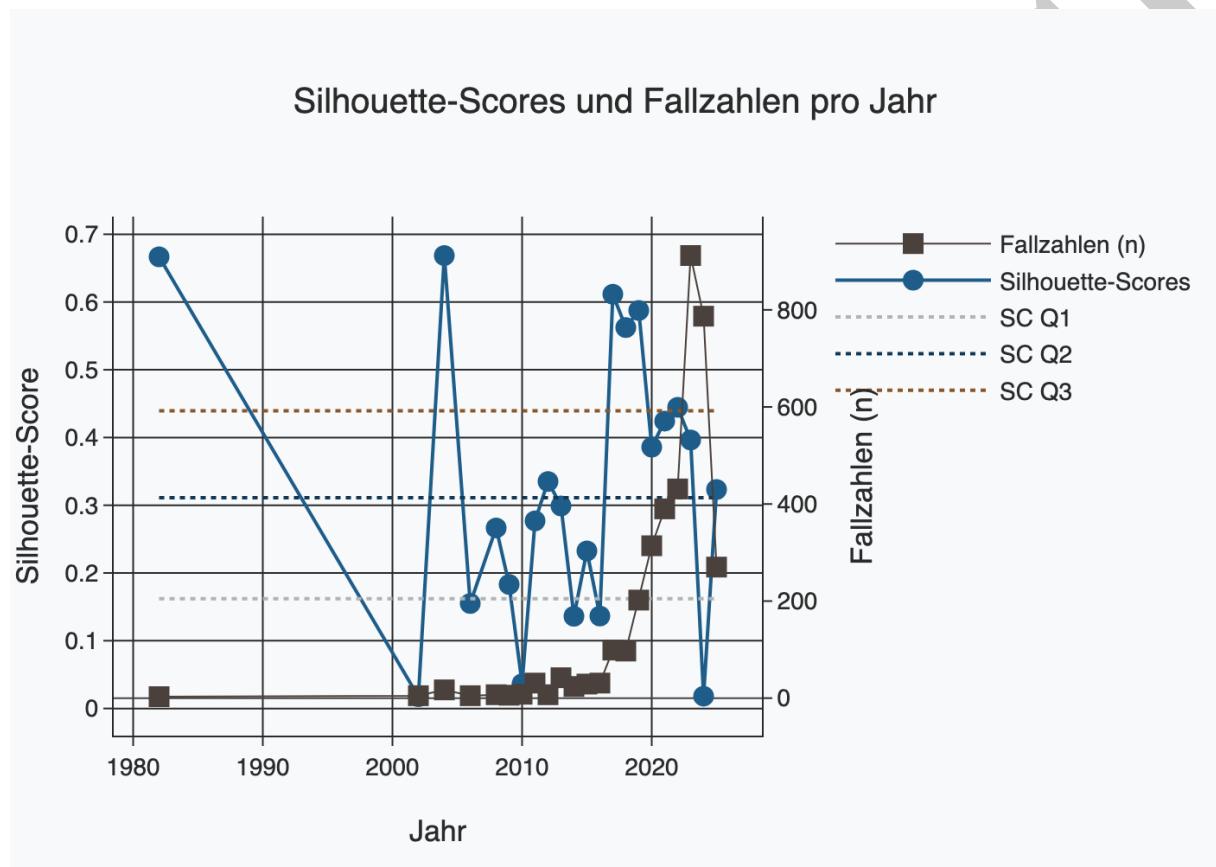


Figure 6: Silhouette-Scores und Fallzahlen pro Jahr.

Gemeinsame Darstellung von Clusterkohärenz und Korpusvolumen pro Jahr (Quelle: 02-01 Suchergebnisse). Linke y-Achse: Silhouette-Score der jährlichen  $k$ -means-Clusterlösung; rechte y-Achse: Fallzahlen ( $n$ ). Horizontale Referenzlinien markieren Quartile (Q1-Q3) der Silhouette-Verteilung und unterstützen die Identifikation von Verdichtungs- vs. Driftphasen.

Die Abbildung stellt Silhouette-Scores und Fallzahlen je Jahr dar und dient als Grundlage für die Auswertung der Kohärenz- und Driftphasen; die Einordnung erfolgt in Abschnitt 4.3.1.

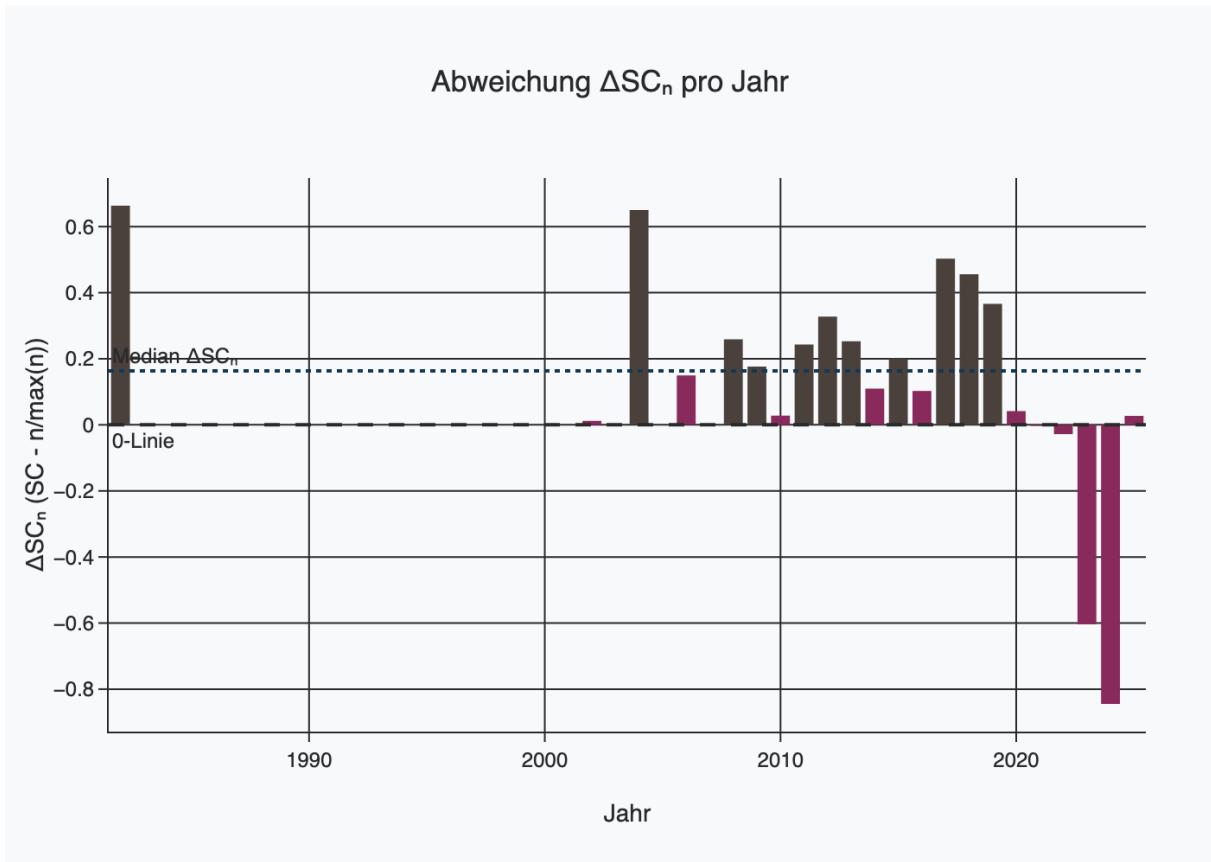


Figure 7: Volumengewichtete Abweichung  $\Delta SC_n$  der Clusterkohärenz pro Jahr.

Volumengewichtete Abweichung der jährlichen Clusterkohärenz vom Referenzniveau (Quelle: 02-01 Suchergebnisse).  $\Delta SC_n$  operationalisiert die Differenz des Silhouette-Scores zum Median, gewichtet mit  $n / \max(n)$ ; 0-Linie: Neutralniveau, gestrichelte Linie: Median. Positive Balken markieren überproportional kohärente Jahrgänge (Verdichtung), negative Balken unterproportionale Kohärenz bei hohem Volumen (Drift/Reorganisation).

Die Abbildung dokumentiert die volumengewichtete Abweichung  $\Delta SC_n$  als ergänzende Kennzahl zur Kohärenzdiagnostik; die Einordnung erfolgt in Abschnitt 4.3.1.

#### 4.2.2 Systematisches Literaturmanagement

Zur Vorbereitung der Datenanalyse wurden in Zotero 12 priorisierte Suchordner (0 bis b) angelegt. Jeder Ordner enthält eine Kombination aus Eintragstyp und Schlagwortkette. Die Titel wurden in der festgelegten Reihenfolge geprüft und beim ersten Treffer mit dem entsprechenden Tag versehen. Die folgende Tabelle zeigt die vollständige Struktur der Suchordner:

Anhang X: Struktur der Suchordner in Zotero nach semantischen Ebenen

Die folgende Tabelle dokumentiert die finale Systematik der Zotero-Suchordner. Diese ist entlang primärer, sekundärer und tertiärer Suchbegriffe gegliedert. Jeder Ordner beinhaltet strukturierte Suchen nach Eintragstypen und thematischen Schlagwörtern. Die ID der Ordner (z. B. S:01) korrespondiert mit der Ordnerstruktur in Zotero und wurde zur Tag-Kodierung verwendet.

Primäre Suchbegriffe

Table 11: Übersicht Primäre Suchbegriffe

| Ordner-ID | Begriff                    | Synonyme / Varianten                     |
|-----------|----------------------------|--|
| S:01      | Learning Management System | LMS, Lernmanagementsystem, Kursplattform |
| S:02      | Online-Lernplattform       | Lernplattform, Digitale Plattform        |

| Ordner-ID | Begriff             | Synonyme / Varianten                      |
|-----------|---------------------|---|
| S:03      | Online-Lernumgebung | Virtuelle Lernumgebung, Digitale Umgebung |
| S:05      | E-Learning          | Elektronisches Lernen, Digitales Lernen   |

Primäre Suchbegriffe der Zotero-Suchordnerlogik. Aufgeführt sind Ordner-IDs, Kernbegriffe und Synonyme/Varianten; diese Ebene adressiert den unmittelbaren Forschungsgegenstand und wird mit hoher Sichtungsquote priorisiert.

Die primären Suchbegriffe adressieren den unmittelbaren Forschungsgegenstand. Sie bündeln alle Kombinationen, in denen das LMS oder der digitale Bildungsraum direkt benannt ist. Für diese Cluster gilt eine hohe Sichtungsquote (mindestens 80 %), weil sie die Kernbefunde zur Wirkweise des eingesetzten Systems liefern und den Ausgangspunkt für die Ableitung der Forschungsunterfragen bilden.

#### Sekundäre Suchbegriffe

Table 12: Übersicht Sekundäre Suchbegriffe

| Ordner-ID | Begriff             | Synonyme / Varianten                                 |
|-----------|---------------------|--|
| S:04      | MOOC                | Massive Open Online Course                           |
| S:06      | Bildungstechnologie | EdTech, Technologie im Bildungssektor                |
| S:07      | Digitale Medien     | Medienkompetenz, Medientechnologie                   |
| S:08      | Blended Learning    | Integriertes Lernen, Hybridunterricht                |
| S:09      | Digitales Lernen    | Digital Learning (dt.), technologiegestütztes Lernen |
| S:12      | Digital Learning    | Digitales Lernen (engl.), tech-enhanced learning     |

Sekundäre Suchbegriffe zur Kontextualisierung des LMS-Feldes. Die Begriffe erweitern den Suchraum um Formate und Bildungstechnologie-Kontexte; die Sichtungsquote wird gegenüber der Primärebene reduziert, um Sensitivität ohne thematische Verwässerung zu sichern.

Sekundäre Begriffe erweitern den Blick auf didaktische und organisatorische Kontexte. Sie erfassen hybride Arrangements, mediale Settings und bildungstechnologische Konzepte, die das LMS funktional einbetten. Die Sichtungsquote liegt hier bei 50 %, weil diese Ebene vor allem der Kontextualisierung und der Identifikation flankierender Mechanismen dient.

#### Tertiäre Suchbegriffe

Table 13: Übersicht Tertiäre Suchbegriffe

| Ordner-ID | Begriff         | Synonyme / Varianten                    |
|-----------|-----------------|---|
| S:10      | Online Lernen   | Lernen im Netz, Web-basiertes Lernen    |
| S:11      | Online Learning | Online-based education, remote learning |

Tertiäre Suchbegriffe als peripherie Suchraumerweiterung. Die Begriffe dienen der Trend- und Randfeldvalidierung (niedrige Sichtungsquote) und markieren Anschlussstellen an angrenzende Diskurse.

Tertiäre Begriffe erschließen angrenzende Innovations- und Technologiefelder, die Impulse für zukünftige Erweiterungen liefern. Sie besitzen die niedrigste Sichtungsquote (15 %), werden jedoch zur Validierung neuer Trends genutzt und helfen, emergente Muster in der Literatur frühzeitig zu erkennen.

Die Bool'sche Logik der Suchordner folgt einem konsistenten Ablauf, der von der Auswahl eines Begriffs (primär, sekundär, tertiär) über die Datenbankabfrage, die quotierte Sichtung der Trefferlisten und das Tagging in Zotero bis zur erneuten Suche oder der anschließenden Analyse reicht. Die Struktur der Suchordner ist in Anhang A-6 dokumentiert; die Operationalisierung ist in Abb.-8 beispielhaft ausgewiesen.

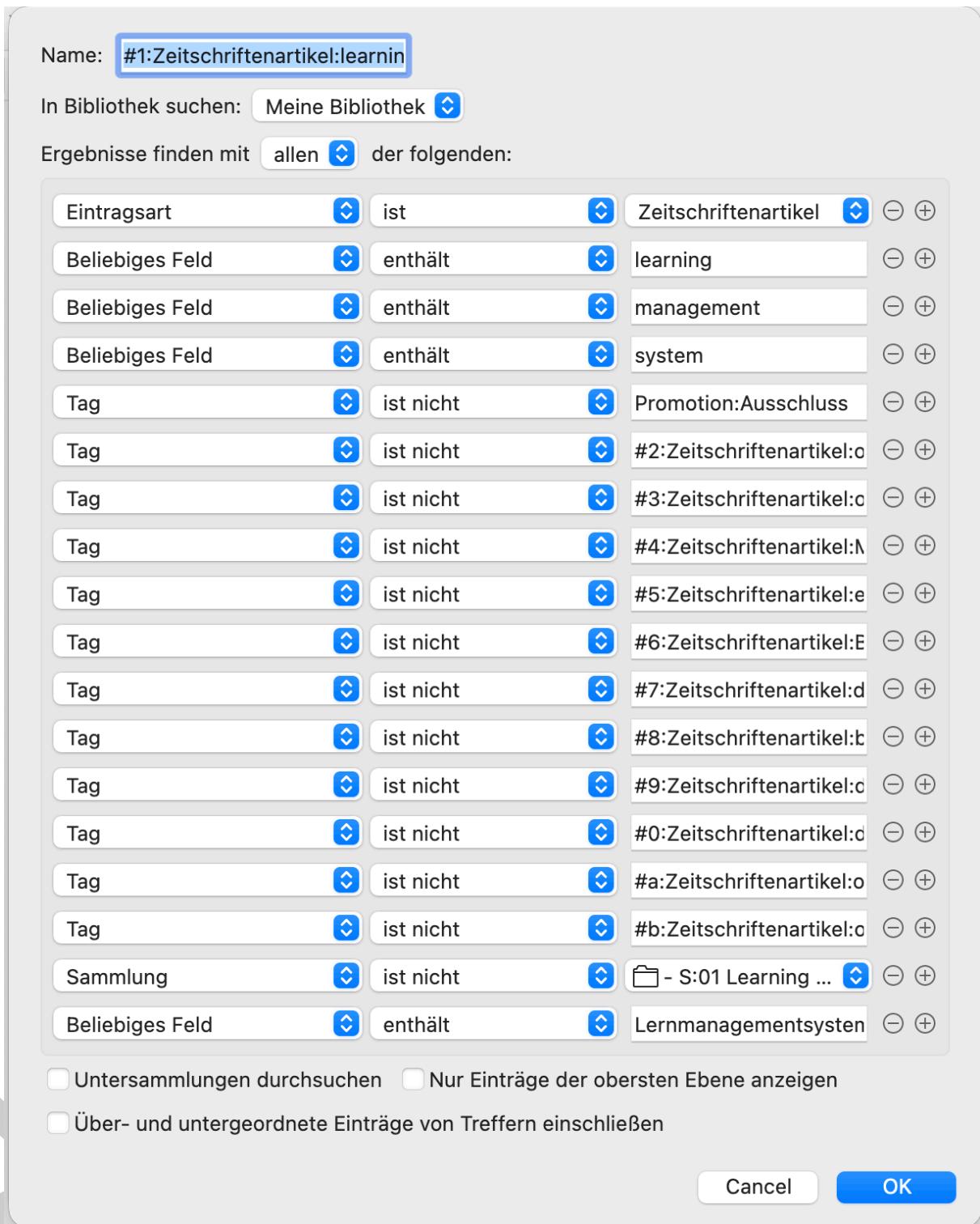


Figure 8: Bool'sche Logik der Suchordner und Quotensteuerung.

Screenshot einer exemplarischen Zotero-Suchordnerdefinition (Boolean-Suchstring inkl. Positiv-/Negativtags und Ausschlussregeln) als Operationalisierung der quotierten Sichtung. Dargestellt ist der Ablauf von Trefferliste über Screening-quote (primär/sekundär/tertiär) und Tagging bis zur Übergabe in die Analysepipeline; die Abbildung dokumentiert die Replizierbarkeit der Such- und Selektionslogik.

Diese Abbildung verdeutlicht die Suchorderstrategie innerhalb des Literaturmanagementprogramms. Das zugehörige Zotero-Suchordner-Fenster dokumentiert eine beispielhafte Bool'sche Suchdefinition für Zeitschriftenartikel im Schnittfeld von learning, management und system, ergänzt um die deutschsprachige Variante

„Lernmanagementsystem“ und flankiert von negativen Tags (z.B. Promotion:Ausschluss, #2-#b) sowie dem Ausschluss übergeordneter Sammlungen (z.B. S:01). Damit werden nur begutachtete Fachbeiträge selektiert, die thematisch zum Kernfeld gehören, während redundante oder bereits als irrelevant bewertete Einträge ausgenommen bleiben. Methodisch verortet sich diese Definition in der qualitativ-kriterialen Dokumentenselektion nach Döring (2023), Kapitel 10.6 und konkretisiert das dreistufige Suchmodell aus primären, sekundären und tertiären Begriffen: transparent, replizierbar und über die Tag-Struktur skalierbar.

#todo (#55) Suchordnerstrategie weiter ausführen und anpassen

#### 4.2.3 Visualisierungen der Literaturbasis

Zur Orientierung innerhalb der Auswertungsschritte strukturiert dieser Abschnitt die Visualisierungen entlang eines konsistenten analytischen Aufbaus. Die Abbildungen bilden die visuelle Grundlage der in Abschnitt 4.3 beschriebenen Datenanalyse und ordnen den Quellenkorpus systematisch entlang zentraler Dimensionen: Überblick, Korpusstruktur, FU-Mapping und Relevanz, Qualitäts- und Statusinformationen, Autor:innenverteilung, Sprachmuster sowie Pfad-/Sankey- und Netzwerksichten. Sie dienen damit der transparenten Rekonstruktion der Datenbasis und der Vorbereitung der späteren Cluster- und Korrelationsanalysen. Inhaltlich gehören in diesen Abschnitt alle Visualisierungen, die die Relevanz, Struktur und thematische Zuordnung des Korpus abbilden (z. B. Kategorien-, FU- und Suchbegriffzuordnungen) sowie Sprach- und Kategoriedistributionen. Nicht enthalten sind reine Fortschrittsübersichten der Suchordner; diese gehören als Arbeitsdokumentation in den Anhang (vgl. Anhang A-11).

Aufbau der Visualisierungen:

- Überblick: Gesamtplot mit Kernkennzahlen (Relevanz, Sprachen, Typen).
- Korpusstruktur: Verteilungen der Kategorien und Indizes.
- FU-Mapping/Relevanz: Zuordnung zu Forschungsunterfragen sowie Relevanz je FU, Kategorie und Suchbegriff.
- Qualität/Status/Autoren: Status der Quellen und Verteilung der Top-Autor:innen.
- Sprachen: Gesamtverteilung und Differenzierung nach Dokumententypen.
- Flüsse/Netze: Pfaddiagramm, Suchbegriff-Sankey-Darstellung und das semantische Netzwerk.

Alle folgenden Visualisierungen sind als deskriptive Korpusdiagnostik zu lesen (vgl. Abb.~9): Sie strukturieren Verteilungen und Relationen (Kopplungen, Häufigkeiten, Flusspfade), sind aber keine Kausalmodelle und enthalten keine normativen Bewertungen. Interpretationen werden daher konsequent als Rückbindung an die Forschungsunterfragen und an die deduktiven Kategorien geführt (vgl. Abschnitt 4.3 und Anhang A).

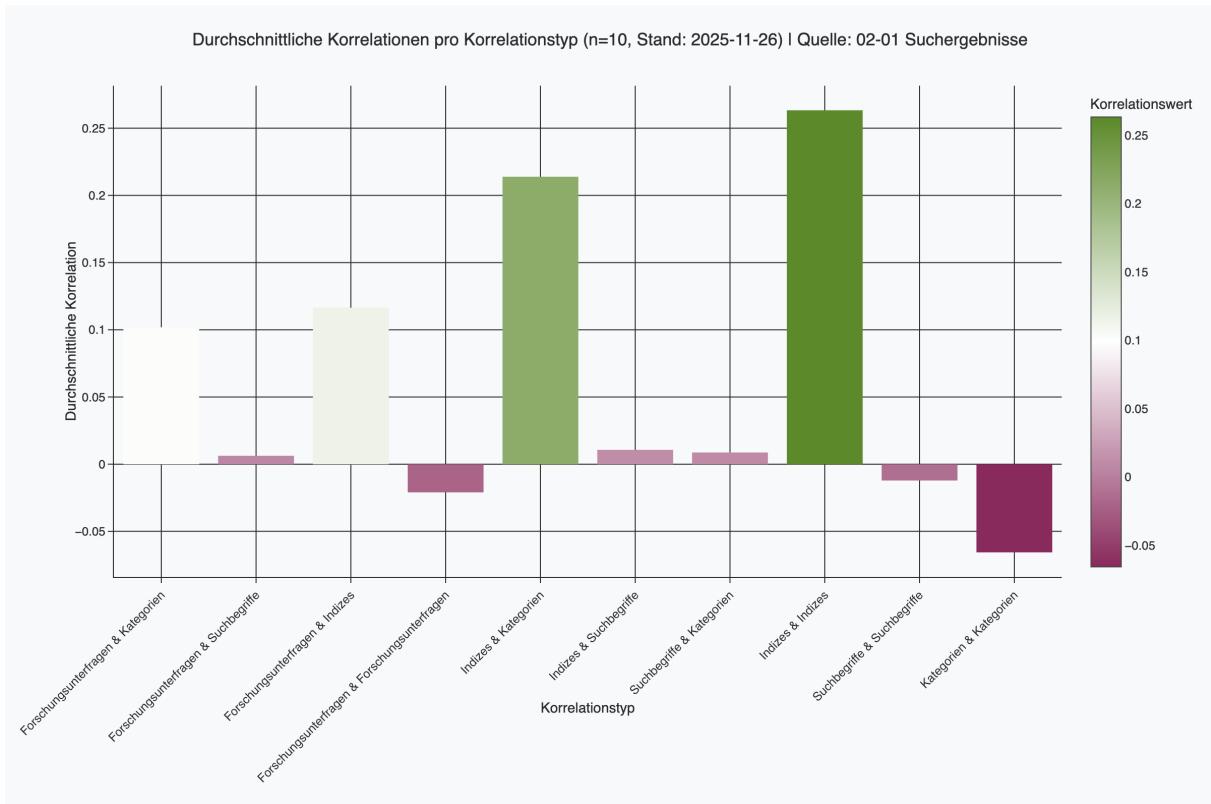


Figure 9: Gesamtüberblick der Suchergebnisse.

Aggregierte Strukturkennzahlen der Suchergebnisse (Quelle: 02-01 Suchergebnisse; Stand: 2025-11-26). Dargestellt sind mittlere Korrelationen je Korrelationstyp ( $n = 10$  Matrizen); Balkenhöhe: Durchschnittskorrelation, Farbskala: Korrelationswert. Die Übersicht dient als Schnellcheck, welche Ebenen (FU, Suchbegriffe, Indizes, Kategorien) besonders stark gekoppelt sind und wo Entkopplungen auftreten.

Der Überblick bündelt den Korpus ( $\approx 3,5k$  Quellen): hohe Relevanzstufen dominieren, Deutsch/Englisch tragen den Hauptanteil, Artikel und Bücher sind die wichtigsten Dokumententypen. Damit ist die Datengrundlage formal solide, sprachlich fokussiert und nur gering durch Randsprachen oder Grauliteratur verzerrt.

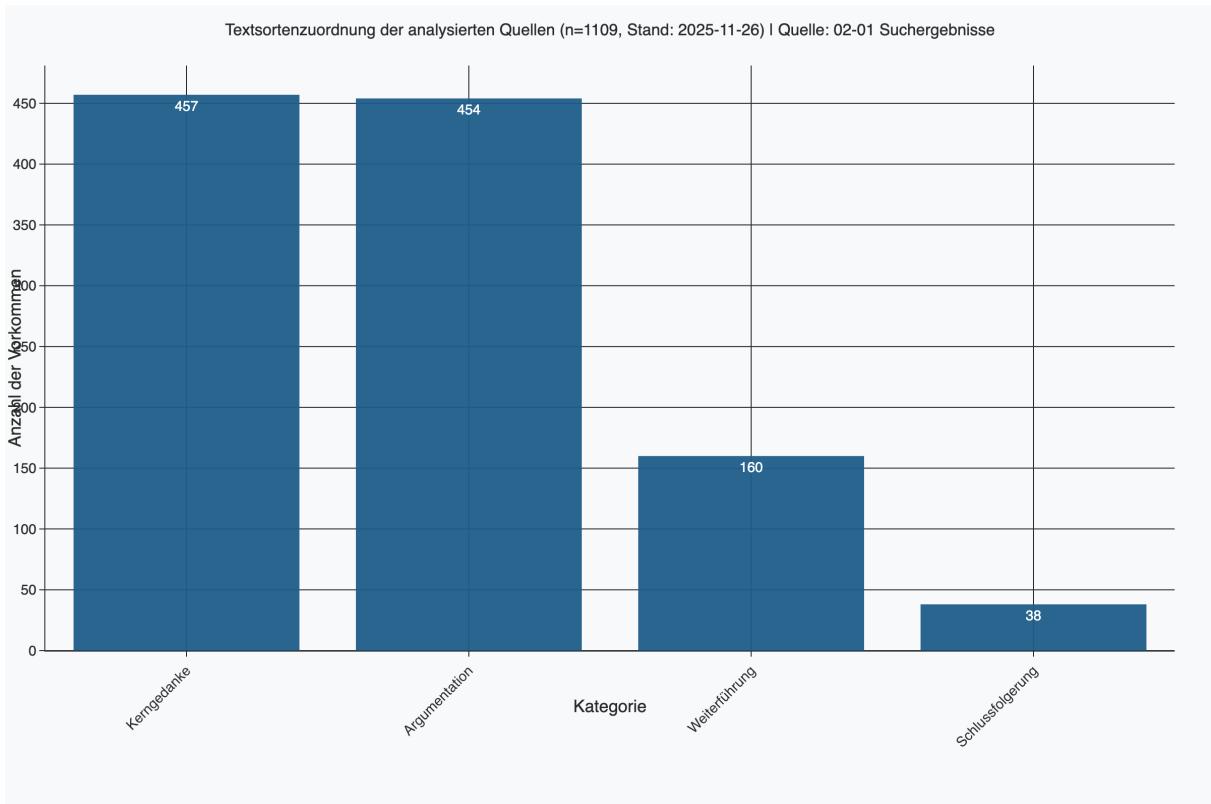


Figure 10: Verteilung der Kategorien im Quellenkorpus.

Textsortenzuordnung der analysierten Quellen (Quelle: 02-01 Suchergebnisse;  $n = 1109$ , Stand: 2025-11-26). Balken: absolute Häufigkeiten der Kategorien Kerngedanke, Argumentation, Weiterführung und Schlussfolgerung; Grundlage für die Einordnung der argumentativen Tiefe des Korpus und für nachfolgende Pfad- und Korrelationsanalysen.

Die Textsortenzuordnung der analysierten Quellen ( $n = 1109$ , Stand: 13.12.2025) zeigt eine deutliche Konzentration auf „Kerngedanke“ und „Argumentation“ (vgl. Abb.~10). Weiterführungen und Schlussfolgerungen sind deutlich seltener vertreten. Das Korpus stützt sich damit primär auf zentrale Thesen und Begründungslien, während synthese- und transferorientierte Passagen unterrepräsentiert sind. Für die spätere Synthese bedeutet dies, dass Schlussfolgerungen gezielt ergänzt und verdichtet werden müssen, um die breit dokumentierte Argumentationsbasis konsistent zu bündeln.

Weitere Detailvisualisierungen zur Korpusdiagnostik sind gesammelt im Anhang A-13 dokumentiert (Abb.~24, Abb.~25, Abb.~26, Abb.~27, Abb.~28, Abb.~29, Abb.~30, Abb.~31, Abb.~32 und Abb.~33).

#### 4.2.4 Webcam-basiertes Eye-Tracking und KI-gestützte Codierung (Hanisch-Johannsen, 2025e)

Das Eye-Tracking wurde webbasiert mit RealEye durchgeführt (Lewandowska, 2020). Die Wahl fiel aus Kostengründen auf ein Webcam-System, dessen Präzision (ca. 110 px) für AOI-Ebene und Layoutanalyse hinreichend ist, jedoch keine millisekundengenaue Fixationsmetriken zulässt; aktuelle Vergleichsstudien stützen den AOI-Einsatz von Webcam-Tracking (Kaduk et al., 2023; Wisiecka et al., 2022). Die Datenbasis umfasst aggregierte Visualisierungen (Heatmaps, Fog-Views, Scanpaths); Videorohdaten stehen nicht zur Verfügung. Damit wird das Verfahren ausdrücklich als explorativ-qualitative Methode deklariert, die Wahrnehmungs- und Orientierungsprozesse sichtbar macht, ohne inferenzstatistische Ansprüche zu erheben. Dieser Zugriff ist für FU<sub>4b</sub> angemessen, da großflächige Interface-Zonen (Navigation, Inhalt, Interaktion, Störfächen) im Fokus stehen (Hanisch-Johannsen, 2025e).

Die Auswertung folgt einer visuellen AOI-Analyse: (1) Definition weniger, funktionaler AOIs pro Stimulus; (2) Beschreibung der Blickverteilung pro AOI (Hot/Cold-Spots, Reihenfolge, Schleifen im Scanpath); (3) Ab-

leitung technisch-gestalterischer Mechanismen wie Salienz, Auffindbarkeit von Navigation oder Konkurrenz zwischen Dekoration und Funktion. Expertisegradienten werden durch den Vergleich der Jahrgänge sichtbar (breite Explorationsmuster bei Novices, ökonomische Fixationen im dritten Jahrgang). Die Ergebnisse werden mit Umfragedaten trianguliert, um subjektive Wahrnehmung (Struktur/Interaktion) gegen beobachtete Blickmuster zu spiegeln (Hanisch-Johannsen, 2025f).

KI dient als Codierhilfe, nicht als Messinstrument: Heatmaps und Fog-Views wurden mit GPT sprachlich beschrieben (z. B. „drei stärkste Aufmerksamkeitszonen markieren“, „Blickpfad A vs. B vergleichen“). Die modellgestützte Beschreibung wird mit der menschlichen AOI-Analyse abgeglichen und in Kategorien („Navigation zuerst“, „Content zuerst“, „Ablenkungszone prominent“) überführt. Damit bleibt die interpretative Verantwortung beim Forschungsteam, während die KI für Konsistenz in der qualitativen Codierung sorgt. Der verbindliche Auswertungs-Prompt ist in Anhang A-8 dokumentiert. Die sequentielle Darstellung erfolgt in Viewmaps.

Limitationen: geringere räumliche Präzision als Laborsysteme; Sensitivität für Kopfhaltung und Licht; keine Berechnung klassischer Fixationsmetriken; geringe Stichprobe. Die gewählte Granularität und die triangulative Einbindung (Eye-Tracking × Umfrage × Theorie) sichern dennoch eine robuste, kontextangemessene Evidenzbasis (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f). Die vollständigen Bildreihen (Heatmap/Viewmap/Fog-View je Stimulus und Jahrgang) sind in Anhang A-7 dokumentiert.

ale Verteilung und 95% Konfidenzintervalle der Stichproben (n=24) im Vergleich zur Kursgröße

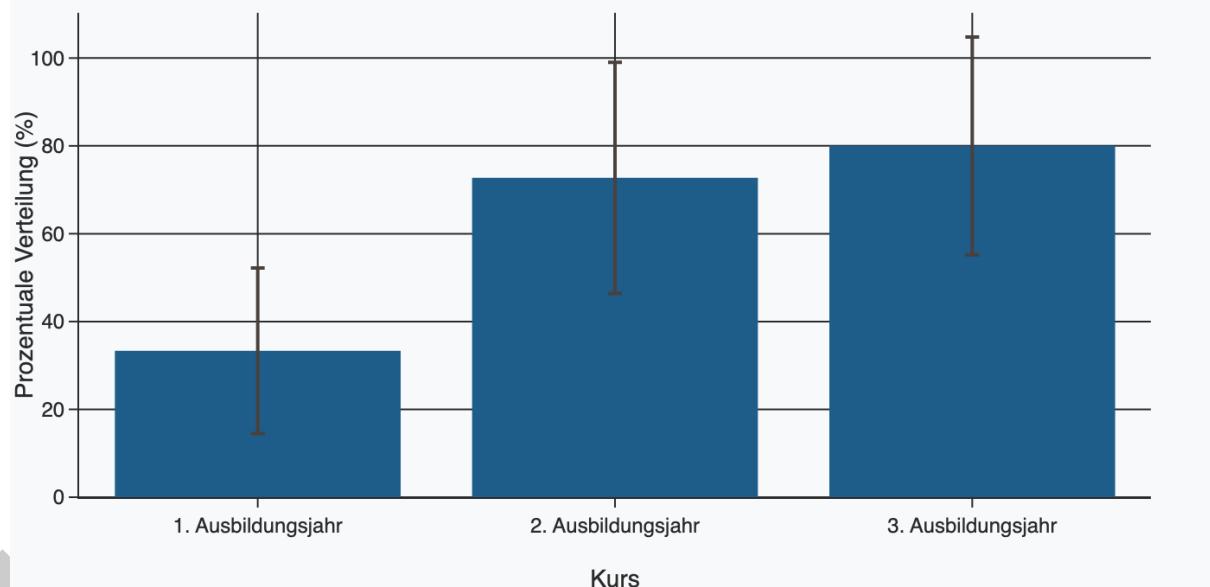


Figure 11: Stichprobenverteilung der Eye-Tracking-Teilnehmenden nach Ausbildungsjahr (Hanisch-Johannsen, 2025e).

Dargestellt sind Anteile je Ausbildungsjahr mit 95 %-Konfidenzintervallen im Vergleich zur Grundgesamtheit.

Die Stichprobenverteilung (vgl. Abb.~11) zeigt, dass in jedem Ausbildungsjahrgang acht Personen in die Eye-Tracking-Analyse einbezogen wurden ( $n_{\text{pro Jahrgang}} = 8$ ) und damit jeweils ein Drittel der Kohorte im ersten Jahr ( $N = 24$ ) sowie einen substantiellen Anteil in den kleineren Jahrgängen (zweites Jahr  $N = 11$ , drittes Jahr  $N = 10$ ) abbilden. Die 95 %-Konfidenzintervalle verdeutlichen die erwarteten Unsicherheiten bei kleinen

Grundgesamtheiten, bestätigen aber zugleich, dass die Stichprobe im Rahmen der vorhandenen Kohortengrößen breit gestreut ist. Für die qualitativen, bildbasierten Analysen genügt diese Verteilung, um typische Muster pro Jahrgang sichtbar zu machen, ohne einen Anspruch auf inferenzstatistische Repräsentativität zu erheben (Hanisch-Johannsen, 2025e).

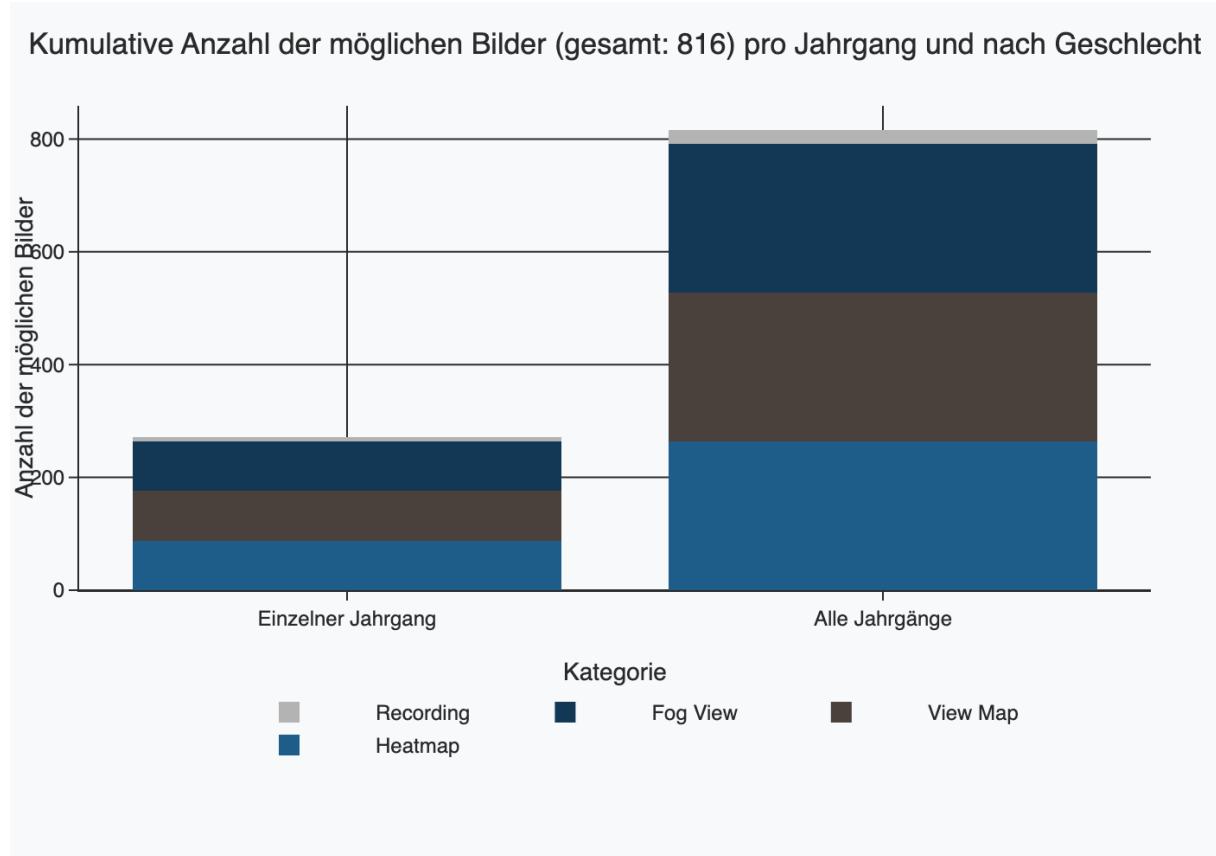


Figure 12: Kumulative Zahl potenziell generierter Eye-Tracking-Bilder (Hanisch-Johannsen, 2025e).

Kombiniert werden Stimuli, Jahrgänge und Visualisierungstypen (Heatmaps, Viewmaps, Fog-Views, Screenshots); die Abbildung quantifiziert die Materialmenge der bildbasierten Auswertung.

Die kumulative Bildanzahl (Abb.~12) illustriert den Umfang der generierten Visualisierungen: Pro Jahrgang entstehen aus den elf Stimuli und drei Visualisierungstypen (Heatmap, Viewmap, Fog-View) bereits mehrere Hundert potenzielle Bilder; hochgerechnet auf alle Jahrgänge ergibt sich ein vierstelliger Bildkorpus. Vor diesem Hintergrund wird die Entscheidung für eine selektive, qualitativ-interpretative Auswertung nachvollziehbar: Statt alle Visualisierungen metrisch auszuwerten, werden zentrale Stimuli und Jahrgänge exemplarisch vertieft analysiert und mit den Umfragebefunden trianguliert (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f). Die Kosten-Nutzen-Abwägung fällt damit zugunsten eines theoriegeleiteten, fokussierten Vorgehens aus, das die bildbasierte Stärke des Materials nutzt, ohne in eine unbegründete Quantifizierung zu kippen.

Im nächsten Schritt wird der kodierte Korpus nicht mehr auf Einzelquellenebene, sondern als Gesamtsystem betrachtet. Die folgende Abbildung bündelt die wichtigsten Datenströme und dient als Orientierungsfolie für die Interpretation der später berichteten Cluster- und Korrelationsanalysen; für die laufende Argumentation sind vor allem die Hauptpfade und ihre Abzweigungen relevant.

Die folgenden beiden Abbildungen (Pfadiagramm und Suchbegriffsnetz) fungieren dabei als zentrale Orientierungsfolie: Sie machen sichtbar, wie sich Suchbegriffe, Kategorien und FU im Korpus zueinander verhalten und welche Schwerpunkte die nachfolgenden Auswertungen tragen. Damit werden die anschließenden Cluster- und Korrelationsanalysen nicht nur rechnerisch, sondern auch visuell nachvollziehbar.

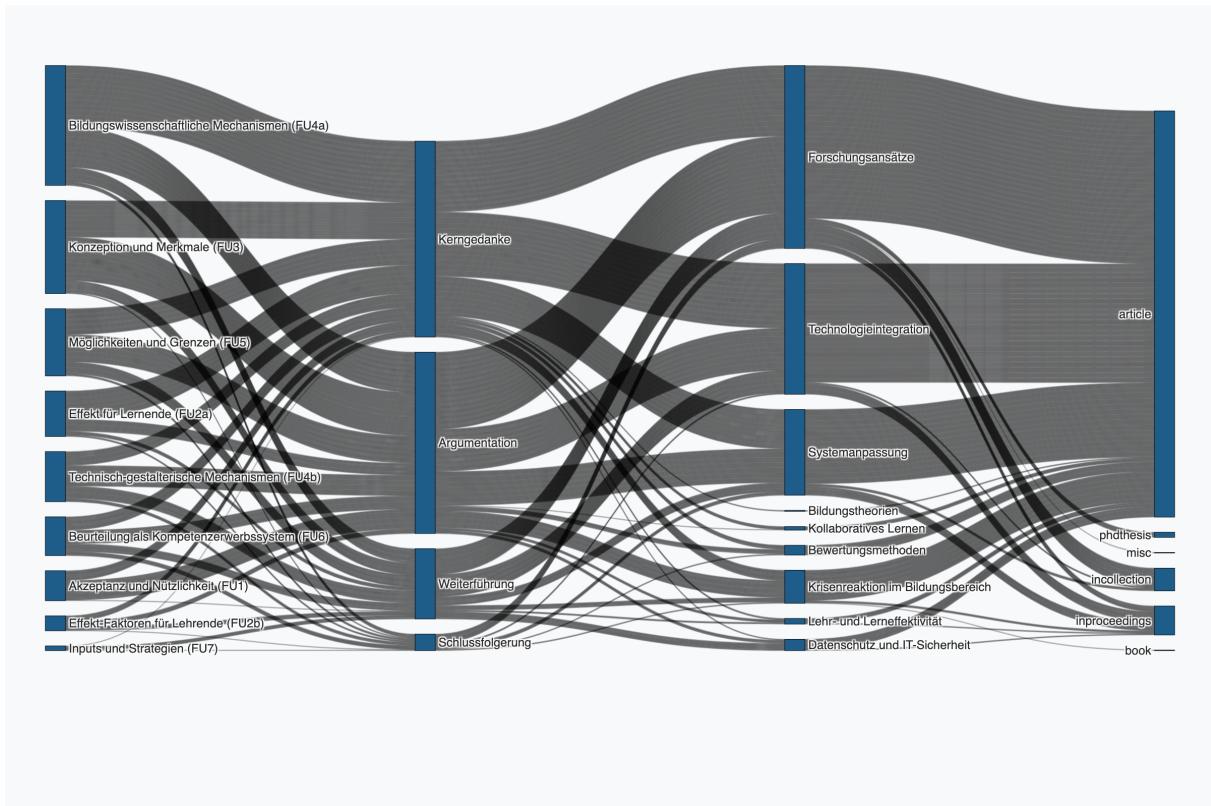


Figure 13: Pfaddiagramm der Datenflüsse und Kategorien im Quellenkorpus.

Sankey-Pfaddiagramm der Korpusströme (Quelle: 02-01 Suchergebnisse). Knotenebenen von links nach rechts: Forschungsunterfragen (FU) → Textsorten (Kerngedanke/Argumentation/Weiterführung/Schlussfolgerung) → deduktive Kategorien → Dokumenttypen; Kantenbreite kodiert relative Häufigkeiten und macht dominante Argumentationspfade sowie Randströme sichtbar.

Das Pfaddiagramm dokumentiert die Datenflüsse und Kategorien im Quellenkorpus als Visualisierung der Korpusstruktur; die inhaltliche Einordnung erfolgt in Abschnitt 4.3.1.

Die anschließende Netzwerkdarstellung fokussiert auf die Suchbegriffe und ihre Verknüpfung mit Tags und Kategorien. Sie macht weniger die zeitliche Abfolge als die semantischen Nachbarschaften sichtbar.

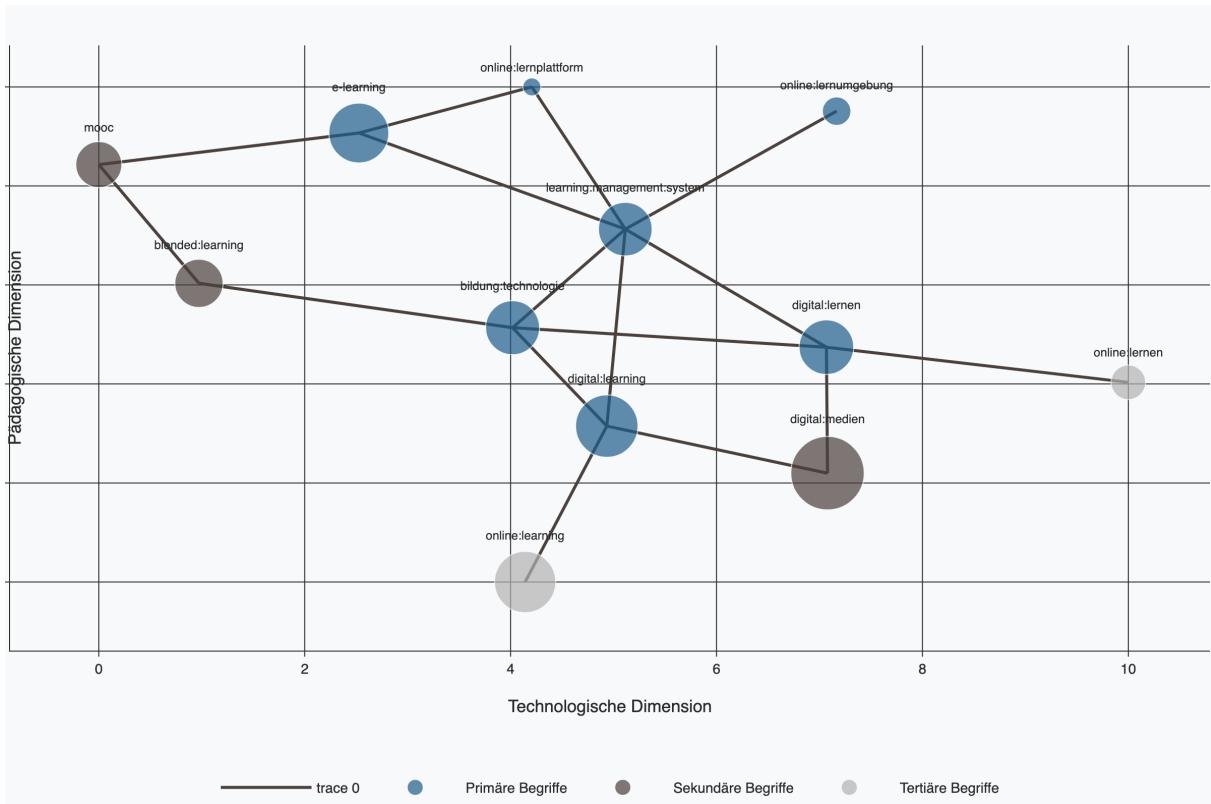


Figure 14: Netzwerkdarstellung der Beziehungen zwischen Suchbegriffen, Tags und Kategorien.

Netzwerk/Embedding der Suchbegriffe im zweidimensionalen Raum (Quelle: 02-01 Suchergebnisse). Achsen: technologische vs. pädagogische Dimension; Knotengröße: relative Suchgewichtung/Frequenz; Knotentyp/Farbe: primäre, sekundäre, tertiäre Begriffe; Kanten: semantische Nähe als Ko-Vorkommen in der Tag- und Suchlogik.

Die Netzwerkdarstellung dokumentiert die Beziehungen zwischen Suchbegriffen, Tags und Kategorien als zweidimensionale Übersicht des Suchraums; die inhaltliche Einordnung erfolgt in Abschnitt 4.3.1. Eine hochauflösende Darstellung des Netzwerks sowie ergänzende strukturbezogene Visualisierungen (Sankey-Diagramm) finden sich im Korrelationsatlas (Anhang A-4).

Die zugehörigen Korrelationsmatrizen sind als Datensatz auf Zenodo archiviert (Hanisch-Johannsen, 2025d).

**Eye-Tracking (RealEye): Design, Durchführung und Qualitätssicherung (Hanisch-Johannsen, 2025e)** Die Entscheidung für ein webcam-basiertes Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) mit RealEye folgt unmittelbar aus der Forschungsunterfrage FU<sub>4b</sub>, die die technisch-gestalterischen Wirkmechanismen des LMS untersucht. Für diese Fragestellung sind primär großflächige Aufmerksamkeitszonen, visuelle Hierarchien, Blickpfade und Navigationseffekte relevant. Diese Parameter lassen sich mit webcam-basierten Verfahren zuverlässig erfassen, ohne dass millimetergenaue Rohdaten oder hochfrequente Sakkadenanalysen erforderlich wären.

Aktuelle Validierungsstudien belegen, dass moderne webcam-basierte Eye-Tracking-Systeme für AOI-basierte Analysen, UI-Evaluationen und explorative Aufmerksamkeitstests ausreichend präzise sind. Kaduk et al. (2023) zeigen, dass die Genauigkeit moderner Webcam-Tracker (ca. 1–1,5°) nahe an kommerzielle Laborgeräte heranreicht und fixationsorientierte Kernmetriken stabil reproduziert werden. XIAOZHI Yang & Krajbich (2021) demonstrieren, dass auch WebGazer-basierte Systeme bei reduzierten Samplingraten robuste Fixationsmuster erzeugen und verhaltenswissenschaftliche Laborbefunde zuverlässig replizieren. Wisiecka et al. (2022) bestätigen für RealEye konsistente Ergebnisse bei Standardaufgaben wie Point-Detection- und Visual-Search-Tasks. Die technische Dokumentation von iMotions (2023) unterstreicht ergänzend die Eignung webcam-basierter Systeme für explorative Studien, Remote-Settings und UI-Analysen,

bei denen relative Fixationsverteilungen über definierte AOIs im Fokus stehen.

Die Limitationen webcam-basierter Verfahren – geringere räumliche Präzision, sensitivere Reaktion auf Kopfbewegungen, fehlende Pupillometrie und das Fehlen von Rohdatenexporten – sind für die Beantwortung von FU<sub>4b</sub> methodisch unproblematisch. Für FU<sub>4b</sub> steht die Rekonstruktion technisch-gestalterischer Muster im Vordergrund: Blickanfangszonen, visuelle Orientierung, Pfadtypik, Hot- und Coldspots sowie systematisch ignorierte UI-Zonen. Solche Muster sind gegenüber Samplingratenschwankungen robust. Rodziewicz-Cybulska et al. (2022) zeigen zudem, dass selbst komplexere Fixationsmaße unter geeigneten Bedingungen stabil erfasst werden können, was den Validitätsrahmen für standardisierte Blickbewegungsanalysen stützt. Damit ist die qualitative, bildbasierte Auswertung der aggregierten Heatmaps, Viewmaps und Fog-Views wissenschaftlich konsistent und methodisch angemessen (Hanisch-Johannsen, 2025e). Die Visualisierungen erlauben eine systematische Identifikation visueller Hotspots, Navigationspfade und unbeachteter Bereiche. Wie in der einschlägigen UX- und Eye-Tracking-Forschung üblich, werden die Muster relativ interpretiert: als Verteilung über AOIs, nicht als absolute metrische Werte. Durch die Kopplung mit Umfragebefunden (FU<sub>1</sub>/FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub>) (Hanisch-Johannsen, 2025f) sowie mit den deduktiv entwickelten Kategorien entsteht eine theoriegeleitete, triangulierte Sicht auf die Wirkmechanismen des LMS (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f).

#### Ergänzende methodische Absicherung Reliabilitätssicherung im Solo-Design

Auswertung erfolgt im vorliegenden Projekt als Einzelforschung. Reliabilität entsteht über Intra-Coder-Absicherung und konsequente Regelbindung über Stimulusserie. Grundlage bildet versioniertes Entscheidungs- und Zuordnungs raster für AOIs, Mechanismen und Kurzdiagnosen. Pilotphase dient Regelschärfung, danach Freeze mit Datum und Changelog. Driftkontrolle erfolgt über Referenzstimuli mit Wiederholungsauswertung in festen Abständen sowie zeitversetzte Wiederholungsauswertung von Stichprobenanteil. Abweichungen werden als Grenzfallmarker protokolliert und nur bei Regelrelevanz in Form präziserer Zuordnungsregeln nachgeführt. Konfidenzmarkierung begrenzt Aussagekraft bei ambigen Mustern. (Döring, 2023; Kuckartz, 2018; Mayring, 2022)

#### Standardisierung und Qualitätsgates bei RealEye

Webcam-basiertes Tracking unterliegt Geräteheterogenität, Licht, Kopfhaltung und Kalibrierstabilität. Standardisierung wird über dokumentierte Rahmenbedingungen und Qualitätsgates realisiert. Pro Session werden Kalibrierstatus, Trackloss, Artefakte und Ausreißer verpflichtend erfasst. Visualisierungen unter Mindestqualität verbleiben außerhalb Auswertung oder erhalten niedriges Konfidenzniveau. Interpretation verbleibt auf Ebene relativer Muster über AOIs und Funktionszonen. Zeitparameter, Fixationsmetriken und kausale Zuschreibungen liegen außerhalb Geltungsbereich. (iMotions, 2023; Kaduk et al., 2023; Lewandowska, 2020; Wisiecka et al., 2022)

#### Setup und Durchführung

#todo (#56): Flussdiagramm ergänzen

- Remote-Studie mit Desktop/Laptop und Frontkamera.
- 9-Punkt-Kalibrierung; RealEye-Validierung unmittelbar vor dem Stimulus.
- Ausschluss von Sessions mit Warn- oder Fehlstatus.
- Standardisierte Sitzposition, Lichtbedingungen und Displayabstände.
- Stimulus: statische LMS-Ansichten; identische Auflösung und AOI-Koordinaten.
- Sequenzprotokoll: Kalibrierung/Validierung -> Stimulusfolge (F2-S2, F3-S3, F10-S3, F11-S3, F14-S3; feste Anzeigezeit von ca. 8–12 s je Stimulus) -> Export der Visualisierungen; kein Reload, Einzel-Durchlauf pro Person.

- Stichprobe: 24 vollständige Eye-Tracking-Datensätze (je 8 Teilnehmende aus dem 1., 2. und 3. Ausbildungsjahr; Grundgesamtheit  $N_{1. Jahr} = 24$ ,  $N_{2. Jahr} = 11$ ,  $N_{3. Jahr} = 10$ ).

#### Metriken und Verarbeitung

#todo (#57): Fließtextüberführung ergänzen

- Export ausschließlich als Heatmap, Viewmap und Fog-View (keine CSV/Rohdaten).
- AOI-Ebene: visuelle Interpretation aggregierter Muster (Hotspots, Pfade, Coldspots).
- Keine absoluten Fixationskennzahlen; relative Muster stehen im Mittelpunkt.
- Ausschluss von Sessions mit Trackloss oder instabiler Kalibrierung.
- Technische Angaben: RealEye (Webcam-Tracker im Browser, Desktop/Laptop); Export als PNG/JPG, keine CSV-Rohdaten oder AOI-Metriken verfügbar.
- Nicht genutzte Metriken: keine Pupillometrie, keine millisekundengenaue Sakkadenanalyse, keine Time-to-First-Fixation/TTFF, kein Fixation Count/Dwell-Time pro AOI (nicht geliefert); ausschließlich Fixationsaggregation aus den Visualisierungen.
- RealEye-Hinweise: Heatmap-Farben kodieren Intensität, nicht Dauer; Viewmap/Fog-View zeigen Verteilung ohne nummerierte Reihenfolge; central fixation bias (erste ~0,5 s) bei Bedarf ausblenden; Zeitfenster verschieben/verkürzen bei Sequenzfragen; Filter (Qualität/Tags/AOI) nur zur visuellen Sichtung, keine CSV-Downloads.

#### Visualisierungstypen und Funktionen

#todo (#58): Fließtextüberführung ergänzen

- Heatmap: Kernel-Dichte-basierte Fixationsdichtekarte; zeigt Hotspots/Coldspots und relative Aufmerksamkeitsverteilung.
- Viewmap/Gaze-Plot: Sequenzielle Darstellung von Fixationen (Kreise proportional zur Fixationsdauer) und Pfaden; macht Pfadtypik, Orientierungswechsel und Rekursionen sichtbar.
- Fog-View: Invertierte Fixationsdarstellung; markiert systematisch ignorierte UI-Zonen (Nebel über nicht fixierten Bereichen).

Table 14: Stimulusauswahl

| Stimulus | Inhalt (kurz)            | FU (primär)         | Fokus (kurz)                 |
|----------|--------------------------|---------------------|------------------------------|
| F2-S2    | Navigation, Interaktion  | $FU_{4b}/FU_3$      | Salienz Navigation           |
| F3-S3    | Aufgabenbereich          | $FU_{4b}/FU_1$      | Info-Hierarchie/Blickführung |
| F10-S3   | Lernplan, Kompetenzen    | $FU_{4b}/FU_6/FU_1$ | Verständlichkeit             |
| F11-S3   | Weiterführende Quellen   | $FU_{4b}/FU_{2a}$   | Auffindbarkeit/Link-Salienz  |
| F14-S3   | Lernmaterial, Sicherheit | $FU_{4b}/FU_6$      | Salienz Sicherheit           |

Auswahl repräsentativer Eye-Tracking-Stimuli für die qualitative AOI-Analyse. Spalten: Stimulus-ID, inhaltlicher Ausschnitt, primär adressierte FU sowie Analysefokus; Auswertung in Abschnitt 4.3.9.

Datengrundlage der Stimulus-Visualisierungen: (Hanisch-Johannsen, 2025e).

Auswertungsvorgehen (FU-geführt)

1. Verortung des Stimulus im LMS-Kontext.
2. Heatmap-Analyse (Salienz, Aufmerksamkeitszentren).
3. Viewmap-Analyse (Pfadtypik, Orientierungswechsel).

4. Fog-View-Analyse (ignorierte Zonen).
5. Ableitung technisch-gestalterischer Wirkmechanismen (Gestaltgesetze, Salienz, Navigierbarkeit).
6. Verknüpfung mit FU<sub>4b</sub> sowie, je nach Stimulus, FU<sub>1</sub>/FU<sub>2a</sub>/FU<sub>3</sub>/FU<sub>4a</sub>/FU<sub>6</sub>.
7. Formulierung einer kurzen, FU-spezifischen Wirkungsdiagnose je Stimulus.

#### Einschränkungen und Bias

#todo (#59): Flussdiagramm ergänzen

- Webcam-Tracking liefert geringere Präzision als stationäre Systeme; Genauigkeit sinkt bei Bewegung oder suboptimalen Lichtverhältnissen.
- Interpretationen basieren auf relativen Mustern, nicht auf punktgenauen Blickpositionen.
- Fehlende Rohdaten limitieren inferenzstatistische Analysen; qualitative Befundung bleibt jedoch belastbar.
- Ergebnisse sind indikativ, nicht repräsentativ; die Stichprobengröße wird transparent gemacht und in Abschnitt 4.3.9 mit Konfidenzintervallen ergänzt.
- KI-gestützte Bildauswertung: Falls KI-Modelle zur Bildbeschreibung genutzt werden, dienen sie ausschließlich als Assistenz (kein automatisiertes Urteil); Modell/Version wird dokumentiert (#todo (#60)), und alle Interpretationen werden manuell gegengeprüft (COPE/DFG-konform).

#### 4.2.5 Umfrage zum LMS: Instrument, Gewichtungen und Auswertung

Die LMS-Umfrage erfasst subjektive Wahrnehmungen und Bewertungen der Nutzenden und flankiert die Eye-Tracking-Daten (Hanisch-Johannsen, 2025e) durch Selbstauskünfte zu Akzeptanz, Nutzen und Hemmnissen (Hanisch-Johannsen, 2025f). Sie stützt primär FU<sub>1</sub> (Akzeptanz und Nützlichkeit) sowie FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub>. Die Erhebung ist vollständig anonymisiert, freiwillig und unabhängig vom Eye-Tracking-Studienteil (Hanisch-Johannsen, 2025e); Abbruch jederzeit ohne Angabe von Gründen. Laufzeit ca. 15 Minuten, Rekrutierung über das LMS-Umfeld. Instruktion und Einwilligung sind vorab bereitgestellt und verschriftlicht.

- Struktur/Item-Gruppen: Klarheit/Struktur der Informationen, Diskussion/Austausch, Kollaboration, Flexibilität, Ressourcenzugang, Integration externer Materialien, Lernfortschritt, Rolle multimedialer Inhalte, Anpassung/Personalisierung. Zuordnung und Gewichtungen sind vorab festgelegt (vor/nach Anpassung je Frage).
- Gewichtung der Dimensionen: Nach Vortest wurden zentrale Knoten des Wirkungsgefüges höher gewichtet: Klarheit/Struktur stieg auf 0,8, Diskussion/Austausch auf 0,6, Kollaboration auf 0,7, Flexibilität auf 0,7, Ressourcenzugang und Integration externer Materialien auf 0,6. Lernfortschritt wurde auf 0,5 festgesetzt, multimediale Inhalte auf 0,5, Anpassung auf 0,6 und Personalisierung auf 0,5. Damit rücken Verständlichkeit, Interaktion und Kollaboration in den Fokus, ohne periphere Dimensionen auszublenden.
- Ziel und Konstruktion: Ableitung der Items aus den Forschungsunterfragen; Kombination aus Akzeptanz-, Nutzungs- und Wirkungsdimensionen; Pretest dokumentiert.
- Instrument: Strukturierter Fragebogen mit Informationsblatt und Einwilligung; abgestützte Gewichtungen der Dimensionen.
- Stichprobe: Rekrutierung über das LMS-Umfeld; Ein- und Ausschlusskriterien dokumentiert; Dropouts ausgewiesen.

- Durchführung: Online-Erhebung über das LMS; identische Instruktionen; pseudonymisierte IDs; technische Checks vor Freigabe.
- Auswertung: Deskriptive Kennzahlen pro Dimension, gewichtetes Gesamtmaß gemäß Synopse, Vergleich nach Subgruppen (z.B. Nutzungshäufigkeit, Rolle); fehlende Werte per Listewise/Pairwise je Analyse; Rückbindung an FU<sub>1</sub>/FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub> und Abgleich mit Eye-Tracking-Befunden (Hanisch-Johannsen, 2025e).
- Gütekriterien/Reflexion: Reliabilität über interne Konsistenz geprüft; Validität über Experten-Review und Pretest; mögliche Bias (Selbstselektion, soziale Erwünschtheit) werden in der Diskussion transparent gemacht.

#### Auswertungsvorgehen (Schema, FU-geführt)

Analog zum Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) werden die Umfragedaten (Hanisch-Johannsen, 2025f) in einem einheitlichen, dokumentierten Schema ausgewertet und für die Triangulation vorbereitet:

1. Datenbasis und Subgruppen: Auswertung auf Basis der Online-Exporttabelle (08\_Metaquellen/08-04\_Daten/UmfraageOnline-Beantwortungen.csv) (Hanisch-Johannsen, 2025f). Die Jahrgangszuordnung erfolgt über die Kurskennzeichnung (z.B. 21..., 22..., 23...). Abbrüche/fehlende Werte werden itemweise transparent ausgewiesen (n je Jahrgang und je Item).
2. Item-Level statt Blackbox-Index: Primäre Auswertung pro Item (statt ausschließlich aggregierter Skalen), um FU-Beziege und konkrete Gestaltungsdimensionen nachvollziehbar zu halten.
3. Deskriptive Kennzahlen pro Item: Für Likert-Items (1–5) werden je Jahrgang und Gesamtstichprobe n, Mittelwert, Standardabweichung, Median, IQR sowie Zustimmungs-/Ablehnungsanteile (>=4 / <=2) berichtet. Für binäre Items (Ja/Nein) wird der Ja-Anteil ausgewiesen.
4. Gewichtungslogik (Transparenz): Die in der Synopse dokumentierten Vor-/Nach-Gewichtungen dienen als nachvollziehbarer Übersetzungsschritt von Selbstauskünften in die weitere Modellierungs-/Verdichtungslogik (Zuordnung „Frage → Begriffspaar → Einfluss“).
5. Freitext als qualitative Ergänzung: Offene Antworten werden getrennt ausgewiesen und als Ausgangspunkt für eine knappe Kategorienbildung genutzt (Triangulation/Validierung, keine Überinterpretation bei geringer Fallzahl).
6. Dokumentation/Artefaktspur: Alle Item-Auswertungen werden als reproduzierbare Arbeitsarzefakte im identischen Berichtschema abgelegt (Index + Itemdateien; 03\_Quellenanalyse/03-06\_Umfraage/Analysen-Auswertungen/...) (Hanisch-Johannsen, 2025f). Die verbindliche Vorlage ist in Anhang A-10 dokumentiert; die Ergebnisse werden in Abschnitt 4.3.9 mit Eye-Tracking-Befunden kontrastiert (Hanisch-Johannsen, 2025e).

Die Konstruktion des Instruments folgt dem Prinzip der Forschungsfragengeleitetheit. Jede Itemgruppe ist einem FU zugeordnet, was eine direkte Rückbindung der Ergebnisse ermöglicht. Die Gewichtungen sind vorab festgelegt, um Skalierungentscheidungen nachvollziehbar zu machen und Sensitivitätsanalysen (mit/ohne Gewichtung) zu ermöglichen. Pretests und Experten-Review stellen sicher, dass die Items verständlich und inhaltlich valide sind.

Für die spätere Triangulation werden die Umfrageergebnisse so aufbereitet, dass sie in Abschnitt 4.3.9 mit Eye-Tracking-Befunden kontrastiert werden können (u.a. Jahrgangsvergleiche und Subgruppenanalysen).

### 4.3 Datenanalyse

#### 4.3.1 Grundlogik der Datenanalyse: Analysen erster bis dritter Ordnung

Die Datenanalyse folgt einem dreistufigen, systemisch gedachten Beobachtungsmodell, das deduktive Kategorienbildung mit probabilistischer Validierung systemisch ordnet. Damit bleibt jeder Schritt eng an die Forschungsunterfragen gekoppelt und gleichzeitig anschlussfähig an die dokumentarischen Qualitätsanfor-

derungen nach Döring (2023).

- Analysen erster Ordnung (Primäranalysen): Einzelquellen werden entlang vordefinierter Kategorien (Akzeptanz, Nutzen, Grenzen usw.) ausgewertet. Das Ergebnis ist eine strukturierte, FU-spezifische Inhaltsanalyse pro Dokument.
- Analysen zweiter Ordnung (Sekundäranalysen): Die Primäranalysen einer FU werden gespiegelt, verdichtet und theoriebezogen gerankt. Daraus entstehen deduktive Cluster, SWOT-Profile und Korrelationsmatrizen (Hanisch-Johannsen, 2025d).
- Analysen dritter Ordnung (P-QIA): Die probabilistisch-qualitative Inhaltsanalyse überführt den FU-spezifischen Korpus aus Analysen 1. Ordnung in einen semantischen Vektorraum, prüft ihn über k-means-Clustering und bewertet die Kohärenz mittels Silhouette-Scores.

Gemeinsam bilden diese Ordnungen einen iterativen Zyklus. Jede Stufe liefert die Grundlage für die nächste und fließt nach erfolgter Validierung wieder in die Forschungsunterfragen zurück.

Systemtheoretisch folgt die Dreiteilung der Idee von Beobachtungen erster, zweiter und dritter Ordnung: Analysen erster Ordnung beobachten die Quellen direkt und beschreiben, was Akteure über Akzeptanz, Nutzen oder Grenzen des LMS aussagen; Analysen zweiter Ordnung beobachten diese Beobachtungen, identifizieren Muster und Metastrukturen auf FU-Ebene; Analysen dritter Ordnung beobachten schließlich die daraus entstehenden Strukturen im semantischen Raum und prüfen ihre Stabilität und Kohärenz (Arnold, 2015; Luhmann & Schorr, 1982b). Damit wird das luhmannsche Beobachtungskonzept operativ auf die mehrstufige Literatur- und Datenanalyse übertragen und in eine reproduzierbare Pipeline überführt.

Korpusdiagnostik (Zeitreihe, Kohärenz, Flüsse)

Ab 2019 setzt ein exponentieller Wachstumstrend ein, der als Indikator einer massiven thematischen Erweiterung und Verdichtung zu interpretieren ist. Die Jahre 2020 bis 2023 bilden den quantitativen Höhepunkt der Entwicklung; das Jahr 2023 erreicht mit über 900 Einträgen den Maximalwert des gesamten Korpus. Dieser starke Anstieg kann charakteristisch für Felder sein, in denen digitale Transformation, Technologieintegration und KI-basierte Methoden erhebliche Impulse erzeugen. Zugleich korrespondiert dieses Phänomen mit den Ergebnissen der nachfolgenden Silhouette-Analyse. Hohe Volumina führen nicht automatisch zu höherer Kohärenz, vielmehr können diese in dynamischen Feldern typischerweise eine temporäre Fragmentierung erzeugen.

Der Rückgang im Jahr 2024 kann trotz weiterhin hoher Publikationszahlen als Reorganisationsphase des Diskurses verstanden werden. Themenräume wie Learning Analytics, generative KI oder datenbasierte Didaktik verschieben bestehende epistemische Zentren. Die im Jahr 2025 sichtbare Stabilisierung deutet auf eine Normalisierung nach der Phase beschleunigten Wachstums hin; die bis November erfassten Werte bilden erwartungsgemäß nur einen Teil des Jahres ab.

Methodologisch zeigt die Zeitreihe, weshalb eine Kombination aus volumetrischer Betrachtung, Kohärenzanalysen (Silhouette), Sensitivitätsmaßen ( $\Delta SC_n$ ) und deduktiver Strukturierung notwendig ist. Die reine Publikationszahl erlaubt keine Aussage über die semantische Struktur des Feldes. Erst im Zusammenspiel mit der Clusterkohärenz wird erkennbar, welche Jahre ein belastbares epistemisches Fundament darstellen (2018–2022) und welche Jahre aufgrund struktureller Transformation mit besonderer Sensitivität zu interpretieren sind (2023–2024). Diese Differenzierung ist für die retrospektive Gewichtung der Jahrgänge zentral und legitimiert den Einsatz der P-QIA, der mdaCV sowie der epistemischen Verlustfunktion als integrative Validierungsinstanzen des ausgewerteten Literaturraums.

Bemerkenswert ist, dass die Auswahl frei von subjektivem Eingreifen, thematischen Vorannahmen oder bewussten Schwerpunktsetzungen erfolgte und ausschließlich auf algorithmisch rekonstruierten Dichtefeldern innerhalb deduktiv-numerischer Vektorräume basiert. Die Aussagen aus diesem Literaturfeld können damit als stabil, kohärent und epistemisch tragfähig gelten; sie bilden gewissermaßen den empirischen Kern des aktuellen Diskurses.

Die Summenzeile (Tabelle~10) dokumentiert die 3 524 für die Kohärenzberechnung herangezogenen Doku-

mente. Bis 2016 bleiben die Fallzahlen niedrig, die Silhouette-Scores liegen aber durchgängig bei  $\approx 1,0$  und weisen auf hochgradig fokussierte Cluster hin. In den Jahren 2018–2022 steigt das Volumen stark an, während die Scores auf hohem Niveau bleiben ( $\geq 0,985$ ); diese Phase bildet den stabilen epistemischen Kern des Korpus. Der Einbruch auf 0,9208 im Jahr 2024 markiert die stärkste semantische Drift durch die rasche Ausweitung neuer Themen (z. B. KI-basierte Lernmodelle), bevor 2025 eine moderate Rezentrierung der Cluster sichtbar wird. Insgesamt zeigt die Tabelle, dass hohe Fallzahlen nicht automatisch Kohärenzverlust bedeuten, Wachstumsphasen aber interpretativ besonders sorgfältig eingeordnet werden müssen.

Im Zusammenspiel von Silhouette-Scores und Fallzahlen (Abb.~6) wird die semantische Stabilität des recherchierten Literaturfeldes über die Zeit sichtbar. In den Jahren 2010–2016 liegen trotz geringer Fallzahlen nahezu perfekte Silhouette-Scores vor ( $\approx 1,0$ ). Methodisch interpretiert markiert dies eine Phase, in der die thematische Struktur so eng gefasst ist, dass jedes zusätzliche Dokument inhaltlich nahezu identisch anschließt. Der Zeitraum 2018–2022 kombiniert dann hohe Fallzahlen mit durchgängig über dem Median liegenden Werten ( $Q_2 \approx 0,99$ ). Diese Jahre bilden das robuste epistemische Fundament des Korpus d.h. hohe Dichte, hohe Trennschärfe und deutliche Clusterzentren.

Ab 2023 sinkt der Score trotz weiterhin sehr hoher Fallzahlen. Der Tiefpunkt (0,9208 im Jahr 2024) zeigt eine semantische Drift, das heißt eine zunehmende Heterogenität des Feldes, ohne dass die Relevanz oder Qualität des Korpus abnimmt. Vielmehr reorganisieren sich die thematischen Schwerpunkte in einem dynamischen Diskursfeld (z. B. Learning Analytics, KI-basierte Lernsysteme, generative Modelle). Die moderate Erholung 2025 verweist auf eine mögliche Neuordnung der semantischen Zentren. Die quartilsbasierten Referenzlinien ( $Q_1 \approx 0,9686$ ,  $Q_3 = 1,0000$ ) und die Fatigue-Schwelle von 0,96 markieren die Übergänge zwischen kohärenten Verdichtungsphasen und beginnender Fragmentierung. Damit lässt sich die Aussagekraft einzelner Jahrgänge systematisch gewichten, belastbare Kohärenzphasen identifizieren und die Qualität der algorithmischen Clusterbildung retrospektiv validieren.

Die ergänzende Darstellung der Abweichung  $\Delta SC_n$  (Abb.~7) führt eine Sensitivitätsperspektive auf die Clusterkohärenz ein. Während der Silhouette-Score die geometrische Trennschärfe der Cluster bewertet, zeigt  $\Delta SC_n$ , wie stark die relative Kohärenz eines Jahres unter Berücksichtigung des jeweiligen Volumens ( $n / \max(n)$ ) von einem stabilen Referenzwert abweicht. Positive Werte verweisen auf Jahre, in denen die semantische Kohärenz überproportional höher ausfällt, als es die Fallzahl nahelegt – typischerweise Verdichtungsphasen mit klaren thematischen Zentren. Die Jahre 2010–2017 zeigen hierfür charakteristische Ausschläge: geringe  $n$ , aber überdurchschnittlich kohärente semantische Felder, was die zuvor beschriebenen stabilen Kernbereiche der Literatur bestätigt.

Ab 2018 pendelt  $\Delta SC_n$  um den Median, was eine weitgehend proportionale Entwicklung von Korpusgröße und thematischer Konsistenz signalisiert. Auffällig sind die negativen Ausschläge der Jahre 2023–2025. Sie markieren nicht Qualitätsverluste, sondern Konstellationen, in denen hohe Publikationsvolumina mit einer strukturellen Reorganisation der thematischen Landschaft einhergehen. Die starke negative Abweichung 2024 ( $\Delta SC_n < -0,8$ ) verdeutlicht diese Drift besonders klar: Die semantische Dichte kann mit dem Wachstum des Feldes nicht im gleichen Maße Schritt halten. Methodisch weist dies auf Übergangszonen hin, in denen bestehende Clusterzentren an Stabilität verlieren und neue semantische Schwerpunkte entstehen.

Als Sensitivitätsmaß ergänzt  $\Delta SC_n$  den Silhouette-Score um eine volumengewichtete Perspektive und dient damit der retrospektiven Bewertung der Robustheit einzelner Jahrgänge. Die Kennwerte machen sichtbar, in welchen Phasen die Daten kohärent strukturiert sind und in welchen die semantische Landschaft in Bewegung gerät. Für die Literaturauswahl bedeutet dies, dass Jahre mit hohen negativen  $\Delta SC_n$ -Werten keinesfalls ausgeschlossen, sondern kontextsensitiv interpretiert werden müssen: Sie geben Hinweise auf thematische Umbrüche, nicht auf Instabilität des Verfahrens.

Im Korpusfluss (Abb.~13) markieren die Pfade von FU<sub>3</sub>/FU<sub>4a</sub> über Kerngedanke/Argumentation in Richtung Technologieintegration sowie Lehr-/Lerneffektivität die dominanten Ströme. Randströme (z.B. Datenschutz, Krisenreaktion) bleiben schmal und markieren Ergänzungsfelder; für die weitere Auswertung ist insbeson-

dere die Verdichtung entlang Technologieintegration und Lehr-/Lerneffektivität relevant.

Das Suchbegriffsnetz (Abb.~14) spannt eine technologische und eine pädagogische Achse auf. Primärbegriffe wie „learning:management:system“, „digital:learning“ und „digital:lernen“ liegen zentral und verbinden technische mit didaktischen Dimensionen. Sekundärbegriffe (z.B. „mooc“, „blended:learning“, „digital:medien“) verdichten den pädagogischen Pol und zeigen Anschluss an Formate und Inhalte. Tertiärbegriffe („online:lernen“, „online:learning“) sind randständig und öffnen den Suchraum, ohne die Kernstruktur zu verschieben. Die Knotengröße spiegelt die Suchgewichtung, die Kanten die semantische Nähe. Insgesamt bestätigt das Netz eine doppelte Zentrierung: technologiegetriebene Kernbegriffe halten den Raum zusammen, didaktische und periphere Online-Begriffe erweitern ihn kontrolliert.

#### 4.3.2 Primäranalysen: Analyse 1. Ordnung

Die Primäranalysen bilden das Fundament der weiteren Verdichtungen. Jede wissenschaftliche Quelle wird mit einem dedizierten Prompt ausgewertet, der aus der jeweiligen Forschungsunterfrage abgeleitet ist (Anhang A.2, Prompt zur Analyse einer Quelle, {#sec:A-2}). Die Prompts stellen sicher, dass alle Analysen identische Bausteine enthalten (Kontext, Argument, Limitationen, Implikationen).

1. Quellenimport und Tagging: Aus Zotero exportierte Einträge werden über ihre Tags den FUs zugeordnet.
2. Promptbasierte Auswertung: Ein KI-gestütztes Textanalysewerkzeug erzeugt strukturierte Markdown-Analysen, die deduktiv definierte Kategorien ausfüllen und mit Originalzitaten aus der Quelle verknüpfen.
3. Dokumentation: Jede Analyse erhält einen Header mit Metadaten (Quelle, Datum, Prompt-Version). Die Ergebnisse liegen versioniert in Obsidian vor und können jederzeit erneut validiert werden.
4. Qualitätssicherung: Quellen, die inhaltlich nicht in den digitalen Bildungsraum passen, werden bereits auf dieser Ebene identifiziert und als „irrelevant“ markiert. So bleiben nur überprüfte Texte im weiteren Prozess.
5. Zotero-Export inkl. Notizen: Die Primäranalysen werden über einen laufend aktualisierten Export aus Zotero in das Literaturverzeichnis der Arbeit überführt und bilden so die maschinenlesbare Grundlage für die anschließenden Netzwerk-, Cluster- und Pfadanalysen.

Insgesamt wurden 786 Analysen erster Ordnung durchgeführt. Die Verteilung auf die Forschungsunterfragen zeigt einen deutlichen Schwerpunkt bei FU<sub>4a</sub> und FU<sub>5</sub> (Didaktik, Mechanismen, Möglichkeiten/Grenzen), gefolgt von FU<sub>3</sub> und den nutzungsbezogenen FU<sub>2a</sub>/FU<sub>4b</sub>. FU<sub>1</sub> und FU<sub>6</sub> liegen im mittleren einstelligen Prozentbereich, FU<sub>2b</sub> und FU<sub>7</sub> bilden kleinere, aber inhaltlich zentrale Vertiefungsfelder. Abbildung 15 visualisiert diese Gewichtung.

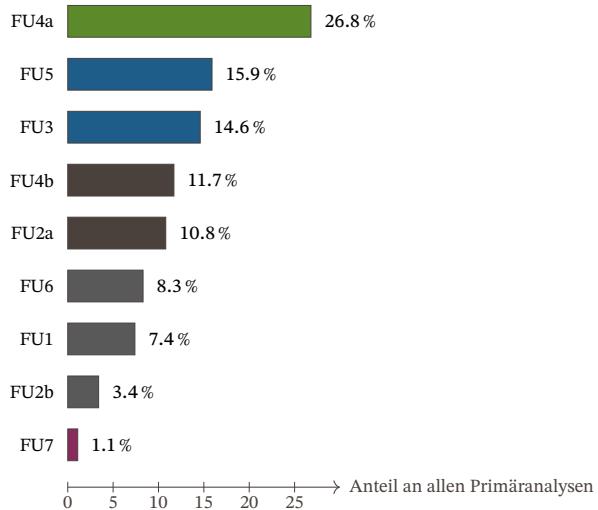


Figure 15: Verteilung der Analysen erster Ordnung auf die Forschungsunterfragen FU1–FU7

Dargestellt ist der prozentuale Anteil der insgesamt 786 Primäranalysen je Forschungsunterfrage; die horizontale Balken-Darstellung sind absteigend nach Anteil sortiert, die Achse unten zeigt die Prozentwerte in 5-%-Schritten.

Für die Analysen zweiter Ordnung wird je Forschungsunterfrage ein FU-spezifischer Korpus aus dem Literaturverzeichnis gebildet: Alle Einträge, die den FU-Tag (Promotion:FUX) tragen und eine Analyse 1. Ordnung im Feld `annotate` enthalten, werden extrahiert und in einer FU-spezifischen Arbeitsdatei zusammengeführt, wobei der jeweilige BibTeX-Key als Referenzanker mitgeführt wird. Diese Arbeitsdateien dienen der Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit der FU-Korpora, sind jedoch nicht Bestandteil des Anhangs. Die FU-Korpora bilden die direkte Eingabe der P-QIA-Metaanalyse (vgl. Abschnitt 4.3.4 sowie Anhang A.3) und sichern, dass Ankerbeispiele und Zuordnungen reproduzierbar auf konkrete Quellen zurückverweisen.

#### 4.3.3 Sekundäranalysen: Analyse 2. Ordnung

Die zweite Ordnung synthetisiert alle Primäranalysen einer Forschungsunterfrage. Die entsprechenden Prompts (z.B. FU1 Prompt Sekundäranalyse.md) führen mehrere Einzelanalysen zusammen, spiegeln sie an theoretischen Bezugsrahmen und erzeugen daraus erste Metastrukturen:

- Vergleich und Ranking: Wiederkehrende Aussagen werden identifiziert, divergierende Befunde kontrastiert und entlang der FU priorisiert.
- Theoriebasierte Spiegelung: Konzepte wie TAM, SDT oder TPACK dienen als Referenz, um die Primäranalysen in bestehende Modelle einzubetten.
- Manuelle Clusterlogik: Vor der probabilistischen Verdichtung entstehen deduktive Cluster (z.B. „Akzeptanzmuster“ oder „Risiko-Faktoren“), SWOT-Profilen oder Korrelationsmatrizen (Hanisch-Johannsen, 2025d).

Damit liefert die zweite Ordnung den semantischen Rahmen, in dem die probabilistische Verdichtung der dritten Ordnung operiert: Sie stellt die deduktiven Referenzen bereit, mit denen die P-QIA-Cluster (Benennung, Abgrenzung, Theoriebezug) interpretiert und mit weiteren Befundlinien (z.B. SWOT/Korrelationen) zusammengeführt werden. Operativ ist die zweite Ordnung jedoch kein zwingender technischer Input der P-QIA, sondern ein nachgelagerter Bezugsrahmen zur inhaltlichen Einordnung der probabilistisch erzeugten Kategorien.

#### 4.3.4 Probabilistisch-Qualitative Inhaltsanalyse (P-QIA): Analyse 3. Ordnung

Die P-QIA ergänzt die klassischen Methoden um eine reproduzierbare, embedding-basierte Strukturierung. Sie versteht sich als semantische Analyse im Sinne einer regelgeleiteten Erschließung, Verdichtung und rela-

tionalen Zuordnung bedeutungstragender Einheiten.

Operativ arbeitet die P-QIA auf dem FU-spezifischen Korpus aus Analysen 1. Ordnung (Zotero-annotate, gebündelt in Arbeitsdateien je FU) und erzeugt daraus probabilistisch validierte Kategorien. Die Einbettung in die Gesamtargumentation erfolgt anschließend über die Sekundäranalysen (2. Ordnung) als deduktiven Bezugsrahmen sowie über die Triangulation mit empirischen Befunden.

In ihrer Grundlogik knüpft die P-QIA an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring & Fenzl (2022) an, indem Kategorien das zentrale Instrumentarium darstellen. Dieses macht große Textmengen bearbeitbar, ohne die interpretative Dimension zu verlassen. Zugleich wird der Prozess über Regeln so gefasst, dass er intersubjektiv überprüfbar bleibt. Der Übergang zwischen theoriegeleiteter Deduktion und materialnaher Induktion bleibt dabei dauerhaft anschlussfähig, ebenso die Möglichkeit, kategoriale Verdichtungen in einem zweiten Schritt auch über Häufigkeiten und Relationen auszuwerten. Die P-QIA übersetzt diese Kategoriengleitetheit in eine embedding-basierte Strukturierungslogik, führt die interpretative Kontrolle jedoch konsequent über Kodiermanuale, Ankerbeispiele und FU-Rückbindungen zurück in den theoriegeleiteten Bezugsrahmen. Dabei wird die embedding-basierte Strukturierungslogik als probabilistische Verdichtungsstufe geführt. Embeddings erzeugen nach Dominici et al. (2024) einen leistungsfähigen latenten Ordnungsraum, können gleichzeitig eine Beschattung der modellinternen Struktur erzeugen. Diese Opazität kann ohne explizite Prüf- und Dokumentationslogiken nicht verlässlich verifiziert werden. (Dominici et al., 2024, S. 1–2; Mayring & Fenzl, 2022, S. 691–693)

#### Konzept und Abgrenzung

- Deduktive Rahmung durch die Forschungsunterfragen ( $FU_1$ – $FU_7$ ).
- Segmentierung aller Texte in Sinnabschnitte (1–3 Sätze; bei  $FU_7$ , 1–2 Sätze).
- Transformation der Segmente in hochdimensionale Embeddings.
- k-means-Clustering und Gütebewertung via Silhouette-Koeffizient.
- KI-gestützte Label-Vorschläge, die durch die Forschende überprüft und theoretisch validiert werden.
- Ableitung konsistenter Kodiermanuale mitsamt Ankerbeispielen.

Die eingesetzten KI-basierten Textmodelle wirken als strukturierende Werkzeuge; Steuerung und Interpretation liegen vollständig bei der Forschenden.

#### Algorithmische Umsetzung

Der Workflow wurde in Anlehnung an Mayring gestaltet und verbindet klassische Schritte mit probabilistischen Erweiterungen:

1. Forschungsunterfrage und Materialfestlegung (Mayring) – Definition der FU und Auswahl des Materials (Primäranalysen, Notizen, Quellen).
2. Festlegung der Analyseeinheiten (Mayring) – Definition von Kodiereinheit/Kontexteinheit/Auswertungseinheit, Pilotphase und Regelkonstanz im finalen Durchgang (Mayring & Fenzl, 2022, S. 694).
3. Segmentierung (P-QIA) – Automatische Zerlegung der Texte in 1–3 Sätze (bei  $FU_7$ , 1–2 Sätze) inklusive Dokumentation der Regeln.
4. Embedding und probabilistische Strukturierung (P-QIA) – vektorbasiert berechnete Textrepräsentationen und k-means-Clustering mit FU-spezifischem  $k$ .
5. Qualitätssicherung der Cluster (P-QIA) – Berechnung des Silhouette-Koeffizienten und Bereinigung instabiler Cluster.
6. Ableitung und Revision der Kategorien (Mayring + P-QIA) – KI-gestützte Label, theoretische Validierung, Kodierleitfaden (Definitionen, Ankerbeispiele, Kodierregeln), Kodiermanual (Mayring & Fenzl, 2022, S. 696).
7. Kodierung des Materials (Mayring) – Anwendung des Manuals, Dokumentation von Grenzfällen und Abgrenzungentscheidungen.
8. Synthese, Metamodellierung und Theoriebildung (Mayring + P-QIA) – Rückbindung an die FU und

## Dokumentation der Kennwerte.

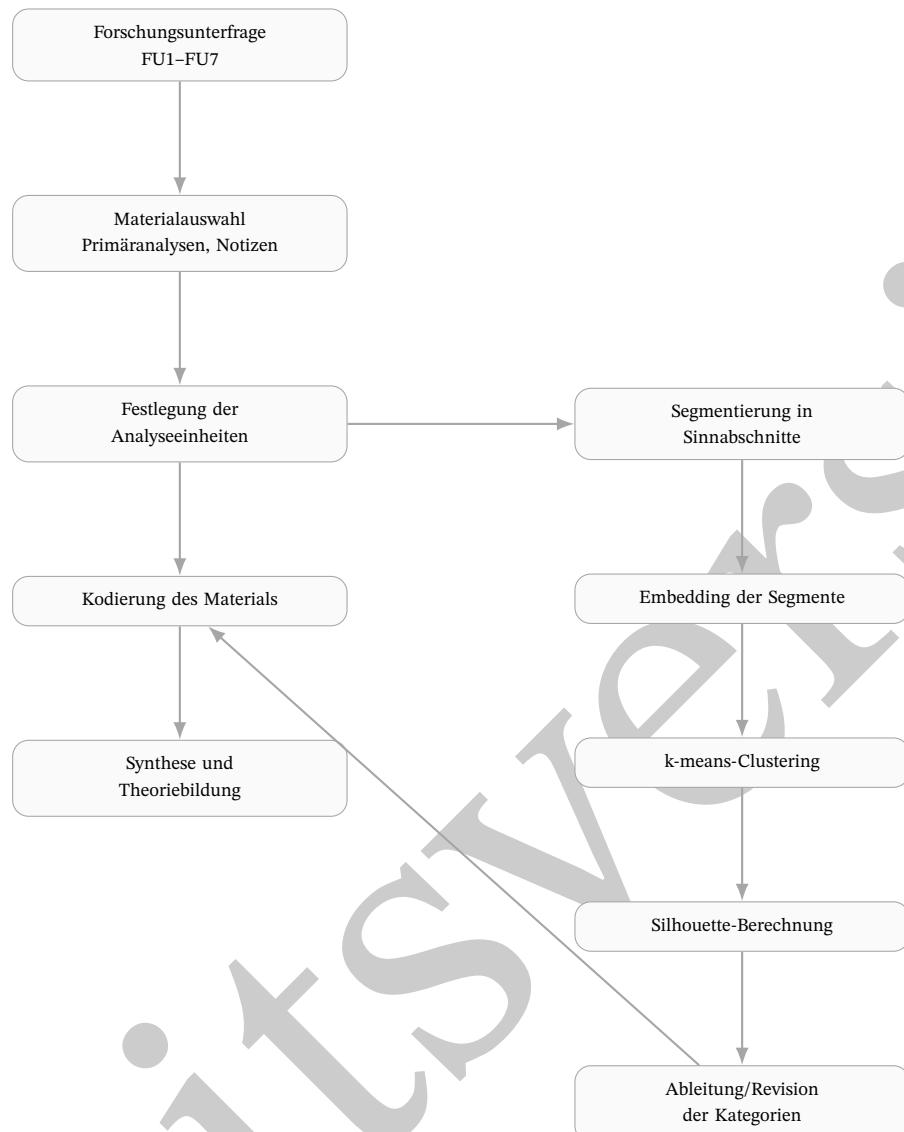


Figure 16: Ablauf der P-QIA-gestützten Inhaltsanalyse.

Die linke Säule zeigt die klassischen Schritte der qualitativen Inhaltsanalyse (von der Forschungsunterfrage bis zur Kodierung und Synthese), die rechte Säule die probabilistische Erweiterung mit Segmentierung, Embedding, k-means-Clustering und Silhouette-basierten Kategorienrevisionen.

### Validierung und empirische Kennwerte

Die Datei [[P-QIA Statistik]] dokumentiert Segmentierungsregeln, Embedding-Modelle, gewählte  $k$ -Werte und Silhouette-Mittelwerte für alle FUs. Über alle Forschungsunterfragen hinweg liegt  $k$  zwischen 8 und 15, die Silhouette-Werte bewegen sich zwischen 0.87 und 0.93 (Mittelwert ca. 0.89).

Als zusätzliche Absicherung wird – analog zu den inhaltsanalytischen Gütekriterien (Intra-/Intercoder-Übereinstimmung) – die Stabilität zentraler Zuordnungen über wiederholte Läufe, Stichproben-Gegenlesungen und dokumentierte Grenzfallentscheidungen geprüft; Ziel ist nicht Scheingenaugkeit, sondern nachvollziehbare Regelbindung bei verbleibendem Interpretationsspielraum (Mayring & Fenzl, 2022, S. 695).

| FU              | k | Silhouette | Interpretation nach Rousseeuw (1987) |
|-----------------|---|------------|--------------------------------------|
| FU <sub>1</sub> | 8 | 0.91       | sehr starke Clustertrennung          |

| FU               | k  | Silhouette | Interpretation nach Rousseeuw (1987) |
|------------------|----|------------|--------------------------------------|
| FU <sub>2a</sub> | 12 | 0.88       | starke Clusterstruktur               |
| FU <sub>2b</sub> | 14 | 0.89       | starke Clusterstruktur               |
| FU <sub>3</sub>  | 15 | 0.87       | starke Clusterstruktur               |
| FU <sub>4a</sub> | 12 | 0.90       | sehr starke Clustertrennung          |
| FU <sub>4b</sub> | 12 | 0.92       | nahezu perfekte Trennung             |
| FU <sub>5</sub>  | 14 | 0.88       | starke Clusterstruktur               |
| FU <sub>6</sub>  | 12 | 0.89       | starke Clusterstruktur               |
| FU <sub>7</sub>  | 10 | 0.93       | nahezu perfekte Trennung             |

In Anlehnung an Rousseeuw (1987) lässt sich der mittlere Silhouette-Wert als Maß für die geometrische Trennschärfe einer Clusterlösung lesen: Werte nahe 1 deuten darauf hin, dass Segmente im Embedding-Raum im Mittel deutlich näher an ihrem eigenen Cluster liegen als am nächstgelegenen Alternativ-Cluster. Als pragmatische Faustregel werden Werte über 0,70 häufig als „stark“ und Werte über 0,90 als „sehr stark“ interpretiert; in diesem Sinne zeigen die Kennwerte für die Analysen 2. Ordnung eine durchgängig hohe Separierbarkeit der FU-spezifischen Cluster.

Wichtig ist die methodische Einordnung der Aussagekraft: Der Silhouette-Wert validiert nicht die inhaltliche „Richtigkeit“ der Kategorien, sondern ausschließlich die Separierbarkeit der Segmente im verwendeten Repräsentationsraum. Sehr hohe Werte können zudem durch homogene Textbausteine oder stark formatierte/standardisierte Notizen begünstigt werden. Deshalb wird die Silhouette-Prüfung hier als Qualitätssicherungs- und Plausibilitätsindikator eingesetzt und konsequent mit inhaltlicher Validierung (Codierschema, Ankerbeispiele, theoretische Einbettung) trianguliert. Ergänzend verweisen Low & Kalender (2023) auf die Reproduzierbarkeit deterministischer Pipelines.

#### Qualitätssicherung und Beispiele

Die KI-gestützte Analyse dient auch der Plausibilitätsprüfung. So wurde der Artikel von Westlake & Mahan (2023) – trotz korrekter Schlagwortzuordnung – als thematisch irrelevant markiert, weil er BDSM-Praktiken untersucht und somit keinen Bezug zum digitalen Bildungsraum aufweist. Diese Prüfung geht über eine reine Stichwortsuche hinaus und verhindert, dass fachfremde Texte in die Auswertung gelangen.

Zur Überprüfung der Trennschärfe wurde die P-QIA auf die klassisch kodierte Studie von Kerman et al. (2024) angewendet. Die KI-gestützte Analyse erzielte einen Silhouette-Score von 0,92, die menschliche Kodierung lediglich 0,62. Damit wird sichtbar, dass die probabilistische Validierung methodische Schwächen in manuellen Kodierungen offenlegt und als Ergänzung zur klassischen Inhaltsanalyse fungiert.

#### Test- und Diskursbeiträge

Die Validierung umfasst automatische Kodierungstests, erneute Clusterbildungen mit  $k$ -means sowie Mehrfachberechnungen des Silhouette-Scores, um die Stabilität über verschiedene Läufe hinweg zu belegen. Zudem wurde geprüft, ob klassische Tools wie ATLAS.ti oder NVivo die gleichen Prüfungen leisten können. Da diese Werkzeuge primär der Unterstützung menschlicher Kodierung dienen, liefern sie keine belastbaren Kennwerte zur objektiven Clustervalidierung. Die P-QIA adressiert damit eine Lücke in der aktuellen Diskussion (z.B. (Biswas, 2023; Parker et al., 2024; Storey, 2023; Van Niekerk et al., 2025)), indem sie ein überprüfbares Verfahren zur Qualitätsbewertung KI-gestützter Analysen bereitstellt.

#### Rolle des Menschen und Grenzen

Trotz der probabilistischen Komponente bleibt die interpretative Verantwortung grundsätzlich menschlich. Grenzen ergeben sich aus:

- Parameter- und Modellvariabilität: Embedding-Modelle und Clusterparameter beeinflussen die Ergebnisse; Entscheidungen müssen dokumentiert und begründet werden.
- Black-Box-Charakter der Modelle: Interne Repräsentationen sind nur begrenzt interpretierbar. Trans-

parente Protokolle mildern, aber eliminieren das Problem nicht.

- Gefahr der Scheinobjektivität: Statistische Kennwerte ersetzen keine inhaltliche Reflexion. Sie fungieren als Unterstützungs-, nicht als Entscheidungsinstanz.
- Ethik und Bias: Fragen nach Datensouveränität, Verzerrungen und Verantwortung müssen explizit adressiert werden.

#### 4.3.5 Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung (mdaCV)

Im Zuge der systematischen Literaturarbeit wurde die statistische Clusteranalyse zunächst als Ergänzung zur P-QIA ausprobiert. Die Anwendung des *k*-Means-Algorithmus auf einen bereits deduktiv strukturierten Quellenkorpus bestätigte die bestehenden semantischen Erkenntnisse. Diese Stabilität wurde zur Grundlage eines eigenständigen Validierungsverfahrens, der mehrdimensional-analytischen Clustervalidierung (mdaCV). Sie spannt einen semantischen Raum entlang theoretisch begründeter Achsen (Kategorien, Forschungsfragen, Schlagworte) auf, positioniert die Datenpunkte darin und bewertet deren Trennschärfe über Silhouette-Scores (1987).

Die Methode wird mit zwei modularen Skripten umgesetzt: *analyse\_netzwerk.py* erzeugt das semantische Netz samt multidimensionaler Visualisierungen; *analyse\_korrelation.py* führt die deduktive k-means-Clusterung und bivariate Korrelationen aus. Beide Module sind versioniert publiziert (Hanisch-Johannsen, 2025b, 2025c) und im Repository <https://github.com/jochen-hanisch/charite-promotion> dokumentiert. Die Operationalisierung der Analysen ist zusätzlich über die Promptvorlagen im Anhang referenziert (Anhänge A-2, A-3, A-8 und A-10). Ihre theoretische Herleitung fußt auf drei Komponenten:

1. Deduktive Strukturierung des semantischen Raums: Theoriegeleitete Dimensionen ((Kuckartz & Räderker, 2022; Mayring & Fenzl, 2022)) definieren die Achsen und ermöglichen eine geordnete Positionierung der Daten.
2. Geometrische Modellierung: Begriffliche Relationen werden in numerische Vektoren überführt. Konzepte wie CBOW/Skip-gram (Mikolov et al., 2013) zeigen, dass sich so hochdimensionale, semantisch präzise Repräsentationen erzeugen lassen.
3. Statistische Validierung: Die vorstrukturierten Daten werden mittels *k*-Means analysiert. Die Anzahl der Cluster *k* wird theoriegeleitet festgelegt oder durch Silhouette-Kennwerte feinjustiert (Pérez-Ortega et al., 2020; Rakhlin & Caponnetto, o. J.).

Die Pipeline (*analyse\_netzwerk/analyse\_korrelation*) überführt die Dimensionen (Forschungsfragen, Kategorien, Suchbegriffe) in Vektoren, berechnet k-means mit Random Starts und liefert Silhouette-Scores sowie Korrelationsmatrizen (Hanisch-Johannsen, 2025d); dieselben Parameter (*k* = 4, Euklidische Distanz, Lloyd-Iteration) liegen den Visualisierungen in Abschnitt 4.3.8 zugrunde.

Im Verlauf der Dissertation wurde die mdaCV als dauerhafte Feedback-Schleife eingesetzt. Beispielahaft stieg nach der Bereinigung eines Korpus auf  $n = 3502$  Quellen der Silhouette-Score von 0,964 auf 0,9751, was als Hinweis auf semantische Schärfung bewertet werden kann. Ein ergänzender methodischer Hinweis betrifft die Interpretation der ab 2023 sichtbar werdenden semantischen Drift im Literaturkorpus. Die Kombination aus steigenden Publikationszahlen bei gleichzeitig sinkenden Silhouette-Scores weist auf eine strukturelle Reorganisation der thematischen Landschaft hin. Dieses Muster ist in datenintensiven Diskursfeldern nicht ungewöhnlich und gilt als typischer Indikator dafür, dass sich die Begriffs- und Themenräume eines Forschungsfeldes verändern, ohne dass dies zwingend mit einer qualitativen Abwertung einhergeht. Vielmehr entstehen in solchen Phasen neue semantische Ankerpunkte, die die bisherigen Strukturzentren überlagern oder ergänzen.

Für die methodische Einordnung signalisiert der Rückgang der Clusterkohärenz verschobene epistemische Schwerpunkte, keine Schwäche der Datenbasis. In von technischer Innovation geprägten Feldern, etwa durch generative KI, die breitere Etablierung von Learning Analytics oder automatisierte Analyseverfahren, treten

kurzfristige Fragmentierungen auf, die sich in den Kennwerten von mdaCV und Silhouette zeigen. Die Dynamik lässt sich als temporäre Reorganisation lesen: alte Strukturkerne verlieren an Stabilität, neue Cluster bilden sich aus. Methodisch folgt daraus, Übergänge als systemisch-epistemischen Beobachtungsgegenstand zu behandeln, statt sie als bloße Unschärfe abzutun. Die Drift verweist auf erhöhte Variabilität im Diskurs und macht sichtbar, dass sich die semantische Struktur des Feldes erweitert oder neu justiert. Eine interpretative Dimension ergänzt die empirische Bewertung der Clusterkohärenz und erlaubt eine präzisere Einordnung der Kennwerte. Nach erneuter Einbindung ausgeschlossener Konferenzbände ( $n = 3572$ ) blieb der Score mit 0,9754 stabil. Selbst minimale Änderungen (ein entfernter Buchteil,  $n = 3571$ ) führten zu messbaren Differenzen von 0,001 und machten mikrostrukturelle Effekte sichtbar.

Die mdaCV fungiert damit als seismografisches Instrument. Sie verbindet deduktive Kategorienstrukturen mit quantitativ validierbaren Kennwerten und eröffnet Analysepfade für mikrostrukturelle Dynamiken in semantisch strukturierten Räumen.

#### 4.3.6 Epistemische Verlustfunktion ( $\epsilon$ ) als Integritätsmaß

Allein der Silhouette-Score erfasst nur die geometrische Separierbarkeit von Clustern. Um zusätzlich die Datenvollständigkeit zu berücksichtigen, wurde eine epistemische Verlustfunktion  $\epsilon$  eingeführt. Sie kombiniert die Clusterdifferenzierungsleistung mit dem Verhältnis aus intendierter und tatsächlich verarbeiteter Quellenzahl und fungiert als Monitoring-Größe für datenintensive Prozesse.

Formel zur Definition der Verlustfunktion:

$$\epsilon = (1 - S) + \frac{n_{\text{Soll}} - n_{\text{Ist}}}{n_{\text{Soll}}} \quad (1)$$

Ein Beispiel mit  $S = 0,9754$ ,  $n_{\text{Soll}} = 3585$  und  $n_{\text{Ist}} = 3583$  ergibt  $\epsilon \approx 0,0252$ . Der Wert zeigt, dass trotz kleiner Datenlücken eine hohe Integrität erreicht wird. Die Verlustfunktion eignet sich insbesondere als Frühwarnsystem (Verlust von Quellen, unplausible Score-Sprünge) und als zusätzlicher Qualitätsindikator in reproduzierbaren Pipelines.

#### 4.3.7 Synthese: Methodische Bedeutung für die Gesamtanalyse

#todo (#61): ist das hier an der richtigen Stelle? Prüfen, k-meas n ggf. in 4.3.5 integrieren

Die strukturierte Abfolge aus Analysen erster bis dritter Ordnung, P-QIA, mdaCV und epistemischer Verlustfunktion verbindet deduktive Theorietreue mit datenbasierter Validierungslogik. Damit entsteht ein geschlossenes, aber transparentes System, das qualitative Tiefenanalyse, probabilistische Robustheit und kontinuierliche Selbstüberwachung vereint. Diese Methodik bereitet den Boden für die simulationsgestützten Modellierungen des folgenden Abschnitts.

k-means-Verfahren (Kurzüberblick): Für die Clusterbildung wird das klassische  $k$ -means genutzt (Euklidische Distanz, Lloyd-Iteration), mit  $k$  aus Silhouette/Elbow und theoriegeleiteter Justierung sowie Initialisierung per mehrfachem Random Start zur Vermeidung lokaler Minima (Litzel & Luber, 2018; Pérez-Ortega et al., 2020). Stabilität und Feature-Selektion werden über Wiederholungen/Stability-Checks reflektiert (Mavroeidis & Marchiori, 2011; Rakhlin & Caponnetto, o. J.), die beschriebenen Limitationen (Sensitivität auf Ausreißer, sphärische Clusterannahme) werden berücksichtigt (*The Drawbacks of K-Means Algorithm | Beldung on Computer Science*, 2023; *What is k-means clustering?*, 2024). Die Zielfunktion lautet:

$$\arg \min_{\{\mu_j\}, \{C_j\}} \sum_{j=1}^k \sum_{x_i \in C_j} \|x_i - \mu_j\|_2^2 \quad (2)$$

Beispielhaft wurde für den Literaturkorpus ( $n = 3733$ )  $k = 4$  gewählt, mit 20 Random Starts und Standard-Lloyd-Iteration (Konvergenz < 30 Iterationen); der Silhouette-Score lag bei  $S \approx 0,9884$ .

#### 4.3.8 Visualisierte Korrelations- und Clusteranalysen

Zur Absicherung der deduktiven Clusterlogik wurden die zentralen Korrelations- und Clusterauswertungen in der Reihenfolge der Pipeline visualisiert: erst k-means, danach die FU-basierten Matrizen, anschließend Index- und Kategorienebene.

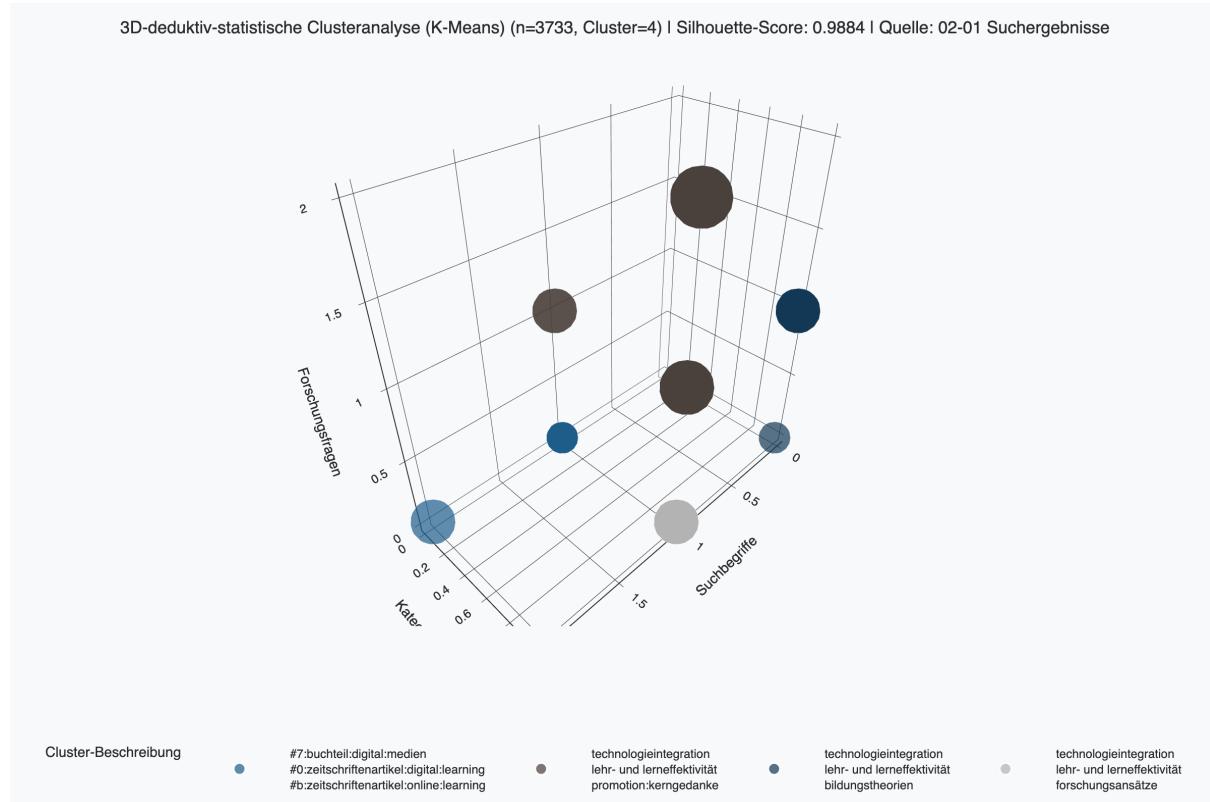


Figure 17: Deduktive k-means-Clusteranalyse des Quellenkorpus.

3D-Projektion der deduktiven  $k$ -means-Clusterlösung (Quelle: 02-01 Suchergebnisse;  $n = 3733$ ,  $k = 4$ , Silhouette-Score: 0,9884). Achsen: Suchbegriffe, Kategorien, Forschungsunterfragen; Farbe: Clusterzugehörigkeit; Punktgröße: Clusterumfang; Labels: dominante Tag- und Eintragstyp-Kombinationen je Cluster.

Die deduktive 3D-Clusterlösung wird in Abb.~17 als semantischer Raum entlang der Achsen Suchbegriffe, Kategorien sowie Forschungsfragen dokumentiert und dient als abschließender Plausibilitätscheck der theoriebasierten Vorstrukturierung.

Die dreidimensionale, deduktiv angelegte Clusteranalyse des Literaturkorpus ( $n = 3733$ ) basiert auf dem  $k$ -Means-Algorithmus mit vier Clustern. Die Visualisierung projiziert die Datenpunkte entlang der drei deduktiv definierten Achsen Suchbegriffe, Kategorien und Forschungsfragen. Die Größe der Punkte repräsentiert die relative Clustergröße, während die farbliche Kodierung die thematische Zusammensetzung gemäß der zugrunde liegenden Tag-Struktur auswählt. Der insgesamt hohe Silhouette-Score ( $S = 0,9884$ ) weist auf eine nahezu perfekte Trennschärfe hin, was sowohl die deduktive Vorstrukturierung als auch die semantische Stabilität der Cluster bestätigt.

##### Analyse der Achsendimensionen

Die drei Achsen bilden die theoretischen Dimensionen ab, die zuvor in Kapitel 4.2.3 und 4.3.1 bis 4.3.4 hergeleitet wurden:

- Suchbegriffe beschreiben die diskursiven Zugriffspunkte (z.B. „digital learning“, „online learning“, „learning management system“).
- Kategorien repräsentieren die deduktiv erstellten Inhaltsfelder (z.B. technologische Integration, Lehr- und Lerneffektivität, bildungswissenschaftliche Mechanismen).

- Forschungsfragen ( $FU_1$ - $FU_7$ ) bilden die oberste Deduktionsschicht, aus der die weiteren Analyseschritte abgeleitet wurden.

Durch diese Kombination entsteht ein semantischer, dreidimensionaler Raum, der die Struktur des Literaturkorpus entlang der zentralen Analyseachsen darstellt und eine geometrische Überprüfung der deduktiven Logik ermöglicht.

Die vier identifizierten Cluster sind deutlich voneinander abgegrenzt und bilden somit semantisch-logisch konsistente Themenräume:

1. Cluster 1 (hellblau): Schwerpunkt im Schnittfeld digitale Medien, Buchtitel, Lernumgebung. Hoher Bezug zu  $FU_3$  (didaktische und technologische Merkmale).
2. Cluster 2 (dunkelblau): Fokus auf Online-Learning, Learning Analytics, bildwissenschaftlichen Theorien. Dominante Bezugspunkte zu  $FU_{4a}$  und  $FU_6$ .
3. Cluster 3 (grau): Bereich der technologiegestützten Lehr-Lern-Effektivität, oft verknüpft mit  $FU_{2a}/FU_{2b}$ . Enthält Quellen, die empirische Wirkmechanismen, Vergleichsstudien und Evaluationsdesigns behandeln.
4. Cluster 4 (braun): Theoretische Kernliteratur (Kerngedanke der Promotion), mit starker Anbindung an Technologieintegration, Forschungsansätze und  $FU_7$ . Auffällige Dichte an Basismodellen (TPACK, SDT, Systemtheorie).

#todo (#62) TPACK, SDT, Systemtheorie erklären bzw. referenzieren

Die Dreidimensionalität verdeutlicht, dass die deduktiven Achsen tatsächlich diskriminierende Kraft besitzen und die Literatur nicht durch zufällige Muster gruppiert wird, sondern strukturelle Kohärenzen im Diskurs sichtbar machen.

#### Methodologische Einordnung

Die Visualisierung erfüllt folgende Funktionen innerhalb der mdaCV:

- Validierung der Deduktionslogik: Die drei Achsen sind nicht rein empirisch berechnet, sondern theoriebasiert definiert. Ihre Trennung im Raum zeigt, wie sich inhaltliche und methodische Ebenen der Literatur konsistent verhalten.
- Erkennung diskursiver Schwerpunktfelder: Die Cluster bilden unterschiedlich konzentrierte semantische Regionen ab (z.B. online learning →  $FU_{4a}/FU_6$  vs. technologische Integration →  $FU_3/FU_7$ ).
- Überprüfung der Segmentierungs- und Kategorisierungsentscheidungen: Die nahezu perfekte Silhouette zeigt, dass die Tags, Kategorien und FU-Zuordnungen in sich stabil und logisch aufgebaut sind, ohne Überlappungen, die auf methodische Unschärfe hindeuten würden.

#### Epistemische Funktion im Forschungsdesign

Die hohe Trennschärfe bestätigt, dass das Literaturfeld strukturell differenziert ist. Gleichzeitig ermöglichen die geometrischen Abstände eine Abschätzung, wie stark einzelne FU durch bestimmte Themenbereiche getragen werden.

#### Bedeutung für die Gesamtanalyse

Die 3D-Clusteranalyse wirkt als abschließende seismografische Validierungsstufe der vorangegangenen P-QIA und der mdaCV. Im Zusammenspiel mit der systematisch-forschungsfragengeleiteten Literaturpipeline ergibt sich damit ein methodischer Zugang, der etablierte Formen systematischer Reviews erweitert: Transparente Suchpfade, dokumentierte Screening- und Tagging-Schritte sowie standardisierte, GPT-unterstützte Inhaltsanalysen werden mit Netzwerk-, Pfad- und Korrelationsanalysen verknüpft. Die KI-Unterstützung fungiert dabei als strukturierende Assistenz; eine Ersetzung menschlicher Kontrolle ist nicht intendiert, und alle Zuordnungen (Kategorien, FU, Relevanz) werden in einem zweiten Tagging-Schritt kontrolliert, konsolidiert und stichprobenartig manuell überprüft.

- Sie macht sichtbar, dass die Literaturbasis nicht nur volumetrisch, sondern auch semantisch ausgewogen ist.
- Sie zeigt, welche Themenräume dicht besetzt sind und welche die deduktiven Kategorien besonders

stark stützen.

- Sie unterstreicht die Robustheit der Gesamtmethodik, indem sie die getrennten Analyseebenen (Suchbegriffe, Kategorien, FU) in einem kohärenten geometrischen Modell zusammenführt.

Damit bestätigt die 3D-Clusteranalyse die theoretisch-probabilistische Struktur des Forschungsdesigns und bietet einen visuell-analytischen Beleg dafür, dass die deduktive Kodierung, die P-QIA und die mdaCV konsistent ineinander greifen. Zudem kann sie als Kohärenzmaß der probabilistischen Analyse dienen, indem sie die semantische Struktur und Differenzierung des Literaturkorpus entlang der zentralen Analyseachsen verdeutlicht. Damit gelingt eine umfassende, methodisch stringent abgesicherte Kartierung des Forschungsfeldes und infolgedessen eine engere Verbindung zwischen deduktiver Theoriearbeit und datenbasierter Validierung.

Die korrelativen Visualisierungen stellen die semantischen Beziehungen zwischen den zentralen Analyseebenen des Literaturkorpus dar: Forschungsunterfragen ( $FU_1$ – $FU_7$ ), Kategorien, Indizes und Suchbegriffe. Sie ergänzen die dreidimensionale Clusteranalyse, indem sie die Stärke, Richtung und Verteilung der Beziehungen zwischen den deduktiv definierten Dimensionen sichtbar machen. Methodisch handelt es sich um eine quasi-multivariate Strukturanalyse, die die deduktive Architektur der mdaCV mit einer fein granulierten Beziehungssicht verbindet. Statt auf hohe absolute Korrelationswerte abzuzielen, liegt der Schwerpunkt auf Mustererkennung, semantischen Relationen und der Validierung der deduktiven Struktur. Die vollständigen Korrelationsmatrizen sind im Korrelationsatlas (Anhang A-4) dokumentiert (Hanisch-Johannsen, 2025d).

#### Forschungsunterfragen × Forschungsunterfragen

Die Korrelationsstruktur zwischen den Forschungsunterfragen dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.1).

Analyse: Werte bleiben fast durchgängig im schwach negativen Bereich; punktuell leichte positive Ausreißer (z.B.  $FU_{4a}$ / $FU_3$ ). Es gibt keine dominanten Achsen, sondern ein fein gestreutes Muster mit einzelnen Verdichtungen bei  $FU_{4a}$ .

Interpretation: Die FU sind inhaltlich sauber getrennt; die geringe Koppelung zeigt, dass die deduktive Struktur trägt und keine unbeabsichtigten Überschneidungen entstehen. Die wenigen positiven Paare markieren Anschlussstellen (z.B.  $FU_{4a} \leftrightarrow FU_3$ ) und bleiben methodisch tolerabel.

#### Forschungsunterfragen × Suchbegriffe

Die Korrelationsstruktur zwischen Forschungsunterfragen und Suchbegriffen dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.2).

Analyse: Positiv verdichtet bei  $FU_{4a}$ / $FU_{4b}$  in Kombination mit digital learning/medien und E-Learning; geringe, vereinzelt negative Bezüge bei  $FU_1$ / $FU_7$  auf klassische Lernplattform-Begriffe. Werte bleiben insgesamt moderat.

Interpretation: Die Suchbegriffe spiegeln die thematische Fokussierung der FU wider (insb.  $FU_{4a}$ / $FU_{4b}$ ), ohne Querbezüge zu dominieren. Das stützt die semantische Passung der Suchstring-Logik zu den FU-Schwerpunkten.

#### Forschungsunterfragen × Kategorien

Die Korrelationsstruktur zwischen Forschungsunterfragen und Kategorien dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.3).

Analyse: Schwerpunkte liegen bei „kerngedanke“ und „weiterführung“, jeweils mit moderaten positiven Bezügen zu  $FU_{4a}$ ,  $FU_{4b}$  und  $FU_5$ . „Argumentation“ koppelt erwartungsgemäß leicht an  $FU_3$ / $FU_{4a}$ . Negative Werte bleiben marginal.

Interpretation: Die Kategorien greifen an den inhaltlich zugehörigen FU an und bleiben ansonsten entkoppelt.

Die moderate Stärke stützt die deduktive Zuordnung und zeigt, dass Kategorien eher als Linsen denn als harte Cluster wirken.

#### Forschungsunterfragen × Indizes

Die Korrelationsstruktur zwischen Forschungsunterfragen und Indizes dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.4).

Analyse: Stärkere positive Kopplungen bei technologische Integration, kollaboratives Lernen und Lehr-/Lerneffektivität, vor allem mit FU<sub>4a</sub>/FU<sub>4b</sub> und FU<sub>6</sub>. Schwache oder neutrale Werte bei FU<sub>1</sub>/FU<sub>7</sub>; negative Ausreißer fehlen praktisch.

Interpretation: Die Index-Logik greift dort, wo die FU inhaltlich tief in Technologie- und Didaktikfragen ein-tauchen. Die gleichmäßige Verteilung ohne starke Negative zeigt, dass die Indizes die FU-Struktur stützen, nicht überlagern.

#### Suchbegriffe × Suchbegriffe

Die Korrelationsstruktur der Suchbegriffe dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.5).

Analyse: Schwach negative, punktuell positive Knoten entlang digital/blended learning; keine dominanten Hauptachsen. Querbezüge bleiben gering und verteilen sich auf wenige Suchwortpaare.

Interpretation: Die Suchbegriffe sind hinreichend fein granuliert, um Überschneidungen zu vermeiden. Das unterstreicht die Selektivität der Suchordner und verhindert semantische Überlappungen.

#### Suchbegriffe × Kategorien

Die Korrelationsstruktur zwischen Suchbegriffen und Kategorien dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.6).

Analyse: Deutliche positive Bezüge zwischen digital/blended learning und den Kategorien „kerngedanke“/„weiterführung“; punktuell negative Werte bei einzelnen Medientiteln. Insgesamt bleibt das Niveau moderat.

Interpretation: Die Kategorien ziehen die Suchbegriffe an, die inhaltlich am Forschungsgegenstand anliegen; periphere Begriffe bleiben schwach oder negativ korreliert. Das bestätigt die Stringenz der dreistufigen Suchordner-Logik.

#### Kategorien × Kategorien

Die Korrelationsstruktur der Kategorien dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.7).

Analyse: Vereinzelte, schwach positive Beziehungen zwischen „argumentation“/„kerngedanke“ und „weiterführung“; ansonsten überwiegend neutrale Felder und nur minimale Negativa.

Interpretation: Die Kategorien sind weitgehend orthogonal. Das stützt die Annahme, dass sie unterschiedliche argumentative Rollen adressieren und nicht kollabieren.

#### Indizes × Indizes

Die Korrelationsstruktur der Indizes dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.8) (Hanisch-Johannsen, 2025d).

Analyse: Deutliche positive Cluster bei technologische Integration, Datenschutz/IT-Sicherheit, kollaboratives Lernen und Lehr-/Lerneffektivität. Kaum negative Werte; neutrale Felder dominieren am Rand.

Interpretation: Die Indizes bilden ein konsistentes, technologie- und didaktikzentriertes Rückgrat. Die hohen Positiva zeigen, dass die deduktiven Achsen auch in der Index-Ebene kohärent wirken und sich gegenseitig verstärken.

## Indizes × Kategorien

Die Korrelationsstruktur zwischen Indizes und Kategorien dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.9).

Analyse: Positive Schwerpunkte zwischen „kerngedanke“/„weiterführung“ und Indizes zu technologische Integration, kollaboratives Lernen und Datenschutz/IT-Sicherheit; „argumentation“ koppelt moderat an Lehr-/Lerneffektivität. Negative Werte fehlen praktisch.

Interpretation: Kategorien greifen erwartungsgemäß an den technologie- und didaktiknahen Indizes an. Das Muster zeigt, dass die inhaltlichen Kategorien nicht diffundieren, sondern entlang der deduktiv gesetzten Indexachsen andocken.

## Indizes × Suchbegriffe

Die Korrelationsstruktur zwischen Indizes und Suchbegriffen dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelationswerte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge (vgl. Abb. A.4.10).

Analyse: Klar positive Paare bei technologische Integration, Bewertungsmethoden und kollaboratives Lernen mit Suchbegriffen zu digital learning, E-Learning und blended learning. Negative Werte tauchen v.a. bei spezifischen Medientiteln auf, bleiben aber schwach.

Interpretation: Die Suchbegriffe folgen den indexbasierten Schwerpunkten und differenzieren sauber zwischen technologie-/didaktiknahen und peripheren Termfeldern. Das bestätigt die semantische Passung der Suchstrings zur Indexlogik.

### 4.3.9 Auswertung: Eye-Tracking und Umfrage im Vergleich (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f)

Die Auswertung koppelt Eye-Tracking-Befunde mit den Selbstauskünften der LMS-Umfrage, um Wahrnehmung und tatsächliche Aufmerksamkeit auf UI-Elemente zusammenzuführen (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f).

- Stichprobe/Repräsentativität (Eye-Tracking): Kurs 21-NFS-09: 80 % (95 %-KI: 56,15–103,85 %), Kurs 22-NFS-09: 72,73 % (49,73–95,73 %), Kurs 23-NFS-09: 33,33 % (17,77–48,89 %), Gesamt: 53,33 % (44,51–62,15 %). Identische Teilnehmendenzahl je Jahrgang ermöglicht vergleichbare AOI-Analysen; breite KIs in kleinen Kursen werden in der Interpretation berücksichtigt (Hanisch-Johannsen, 2025e).
- Eye-Tracking-Befunde (Beispiele): Heatmaps/Viewmaps/Fog-Views pro Stimulus zeigen Aufmerksamkeitszentren, Blickpfadtypiken und unbeachtete Zonen (Hanisch-Johannsen, 2025e). Auffällige Muster werden als technisch-gestalterische Mechanismen (FU<sub>4b</sub>) beschrieben und für den Abgleich mit Selbstauskünften operationalisiert.
- Umfrage-Befunde (Struktur): Itemweise deskriptive Kennzahlen (Likert/binar) je Jahrgang und Gesamtstichprobe; Freitext separat (Hanisch-Johannsen, 2025f). Die Zuordnung „Frage → Begriffspaar → Einfluss“ (Synopse) dient als Brücke zur weiteren Verdichtung/Modellierung.
- Triangulation: Kongruenzen (z.B. hohe berichtete Nützlichkeit + hohe Dwell Time auf relevanten AOIs) stützen die Wirksamkeit der UI; Divergenzen (z.B. berichtet hoher Nutzen, aber geringe AOI-Aufmerksamkeit) markieren Interface-/Passungsbrüche und fließen in die Diskussion ein (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f). Subgruppenanalysen (v.a. Jahrgänge sowie Teilnahme am Eye-Tracking: Ja/Nein) liefern Kontext für differenzierte Einordnung.
- Limitierungen: Ökologische Validität des Labors, potenzielle Reaktivität, breite KIs in kleinen Kursen, Selbstselektion in der Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f). Diese Punkte werden in Kapitel 4.2.4/4.2.5 adressiert und in der Ergebnisinterpretation transparent gemacht.

#todo (#63) Eye-Tracking-Stichprobe und Stimulusreferenzen (F10-S3, F11-S3, F14-S3, Gesamt-Visuals) hier knapp einfügen; Triangulation mit Umfragezahlen benennen.

Eine systematische Reflexion der Eye-Tracking-Daten (Hanisch-Johannsen, 2025e) erfolgt im Rahmen der methodenkritischen SWOT-Analyse (vgl. Abschnitt 4.5.1), um Potenziale und Limitationen der empirischen Erhebung im Zusammenspiel mit generativer KI zu analysieren.

## 4.4 Simulationsgestützte Modellierung der Kompetenzentwicklung

Die simulationsgestützte Modellierung dient in dieser Arbeit als formalisierte Verdichtung des in Kapitel 2.5 entwickelten Dynamikverständnisses und als Brücke zur systemischen Einordnung des LMS als Kompetenz-erwerbssystem ( $FU_6$ ). Sie wird als Gedankenmodell eingesetzt, um die in der Arbeit rekonstruierten Kopplungen (Rückkopplung, Störung, Regeneration, Entkopplungsrisiken) in eine explizite Zeitlogik zu überführen und dadurch prüfbar zu machen, welche Dynamikformen aus plausiblen Kombinationen von Einflussgrößen entstehen können.

### 4.4.1 Zielstellung und Rolle im Gesamtdesign

Die Simulation adressiert zwei Zwecke:

1. Dynamische Plausibilisierung: Kompetenzentwicklung wird als zeitlicher Verlauf modelliert, der aus gekoppelten Einflussgrößen entsteht und dadurch nicht linear und nicht stabil verläuft. Damit wird der Anspruch, den digitalen Bildungsraum als Wirkgefüge zu fassen, in eine formal beschreibbare Dynamik übersetzt.
2. Indikatorik für Wirkungsdynamik: Aus den simulierten Verläufen werden Unsicherheits- und Änderungsmaße abgeleitet, die im weiteren Verlauf als heuristische Indikatoren für Regeneration, Störung und Interventionsbedarfe dienen.

Die Simulation ist damit kein Messinstrument; sie ist eine strukturierte Modellierung, die die in der Arbeit verwendeten Begriffe (Kompetenzentwicklung, Rückkopplung, Interdependenz) operativ macht und als zusätzliche Sicht auf die Dynamik des Kompetenzsystems bereitstellt (vgl. Kapitel 4; zur Einordnung von  $FU_6$  vgl. Abschnitt 5.3.7).

### 4.4.2 Modelllogik: gekoppelter Kompetenzverlauf in Quartalen

Die Simulation arbeitet quartalsweise über eine definierte Zeitachse und nutzt Monte-Carlo-Durchläufe, um nicht einen einzelnen Verlauf, sondern eine Verteilungsfamilie plausibler Verläufe zu erzeugen. Pro Durchlauf wird Kompetenz als Zustandsvariable fortgeschrieben; die Quartalsänderung koppelt mehrere Komponenten:

- eine phasenabhängige Bereitschaftssteigerung (Anpassung, Verfestigung, Wachstum, Plateau) als Lernort-/Zeitlogik,
- Motivations- und Neugieranteile als dynamische Trägervariablen,
- persönliche Ereignisse als Stör- bzw. Verstärkerkomponenten,
- sowie einen Streuungsparameter, der die Unsicherheit in der Entwicklung modelliert.

Diese Kopplung wird als probabilistischer Schritt modelliert: Die Quartalsänderung entsteht als Zufallszug aus einer Normalverteilung, deren Erwartungswert aus der Summe der gekoppelten Komponenten gebildet wird; die Kompetenz wird anschließend in einem plausiblen Wertebereich begrenzt. Durch die Wiederholung vieler Durchläufe entsteht eine Verteilung von Kompetenzverläufen, aus der robuste Lage- und Streuungsmaße abgeleitet werden können (Median/Mittelwert/Standardabweichung pro Quartal).

Die Logik wird in der Simulation als Familie von Verläufen sichtbar (vgl. Abb. 18).

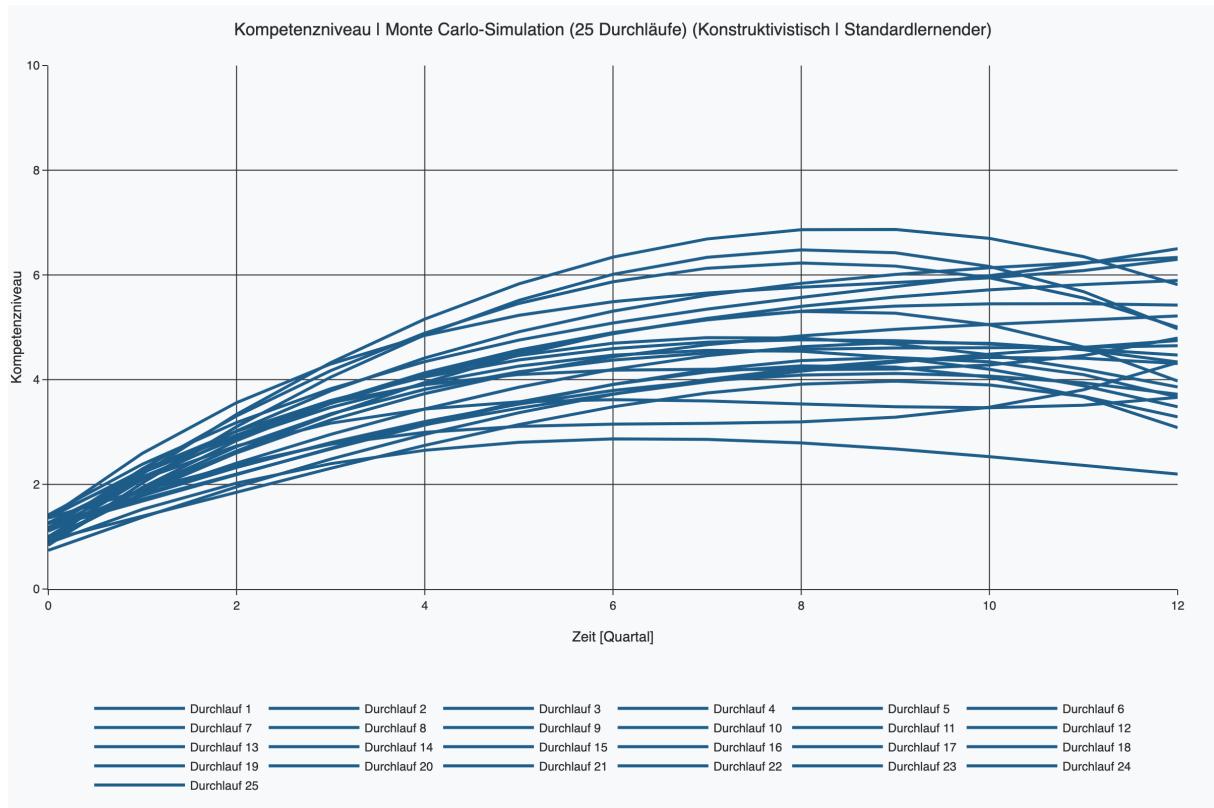


Figure 18: Kompetenzniveau in quartalsweiser Monte-Carlo-Simulation (Beispiel: konstruktivistischer „Standardlernender“,  $n = 25$  Durchläufe).

Dargestellt sind einzelne Simulationsverläufe über die Quartale. Die Streuung bildet die Bandbreite plausibler Entwicklungsdynamiken im Modell ab.

#### 4.4.3 Unsicherheitsrelationen und Wirkungsindikatoren

Für die Auswertung werden zwei Unsicherheitsmaße als Grundgrößen geführt:

- $\Delta K$ : kognitive Unsicherheit innerhalb der Kompetenzentwicklung; in der Simulation operationalisiert als Streuung der Kompetenzwerte pro Zeitschritt (z.B. Standardabweichung der simulierten Kompetenzwerte pro Quartal über alle Durchläufe).
- $\Delta E$ : emotionale Unsicherheit innerhalb der Kompetenzentwicklung; in der Simulation operationalisiert über die Streuung emotionaler bzw. bereitschaftsbezogener Dynamikkomponenten (z.B. Streuungsparameter der Quartalsänderung) und ergänzend über die Änderungsrate des mittleren Kompetenzverlaufs als Dynamikspur.

Auf dieser Basis wird der Bildungswirkfaktor als zeitabhängiges Aggregatmaß gefasst:

$$\nu(t) = \Delta E(t) \cdot \Delta K(t) \quad (3)$$

Der Bildungswirkindikator beschreibt die Veränderungsrate dieses Faktors:

$$\iota(t) = \frac{d\nu(t)}{dt} \quad (4)$$

Für die Koppelungsprüfung zwischen Dynamikspur und Streuung wird ergänzend ein dynamischer Unsicherheitswert  $C$  verwendet, der die Korrelationsstärke mit der Streuung verknüpft:

$$C = |r(\Delta E, \Delta K)| \cdot \sigma(\Delta E) \cdot \sigma(\Delta K) \quad (5)$$

Die Auswertung von  $\nu(t)$  und  $\iota(t)$  erfolgt über Glättung, Ableitungen sowie die Identifikation von Minima, Maxima und Wendepunkten. Damit wird sichtbar, an welchen Stellen die Dynamik in Regenerations- oder Störungslogiken kippt und wo in einem formalen Sinn Interventionspunkte markiert werden können. Diese Indikatorik wird in Kapitel 4.4 als heuristische Ergänzung genutzt und in Kapitel 5.3.7 in die Systemperspektive auf Kompetenzentwicklung rückgebunden.

Die Indikatorik lässt sich als Verlaufsspur illustrieren (vgl. Abb. 19). Zur Einordnung der verwendeten Grundgrößen werden ergänzend die im Beispiel angesetzten Unsicherheitskomponenten und die Unsicherheitsrelation dokumentiert (vgl. Abb. 20 und Abb. 21).

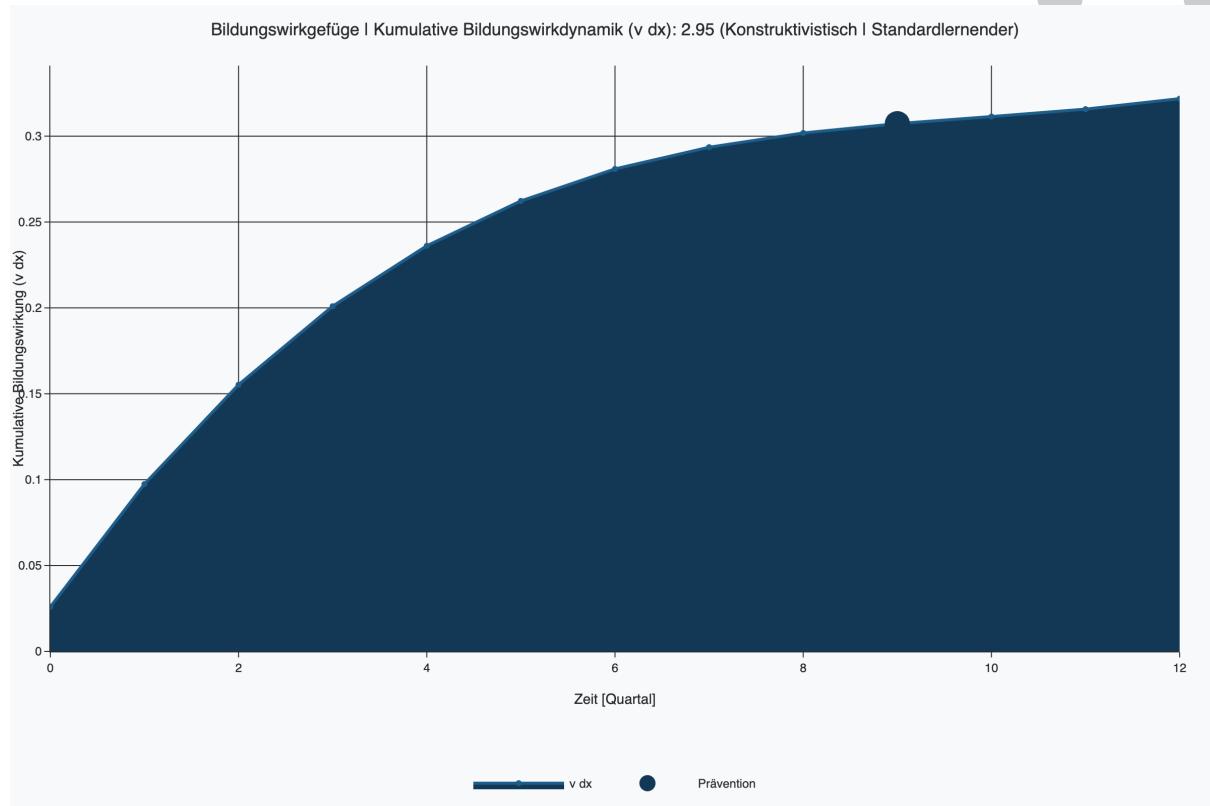


Figure 19: Modellinterne Kopplungsindikatorik: Bildungswirkfaktor  $\nu(t)$  und Bildungswirkindikator  $\iota(t)$  (Beispiel: konstruktivistischer „Standardlernender“).

Dargestellt sind  $\nu(t)$  als Aggregatmaß aus  $\Delta E(t)$  und  $\Delta K(t)$  (Gl. (3)) sowie  $\iota(t)$  als Veränderungsrate (Gl. (4)) über die Quartale. Markierungen weisen exemplarisch auf Zeitfenster hin, in denen im Modell Stabilisierung oder Kippdynamiken auftreten.

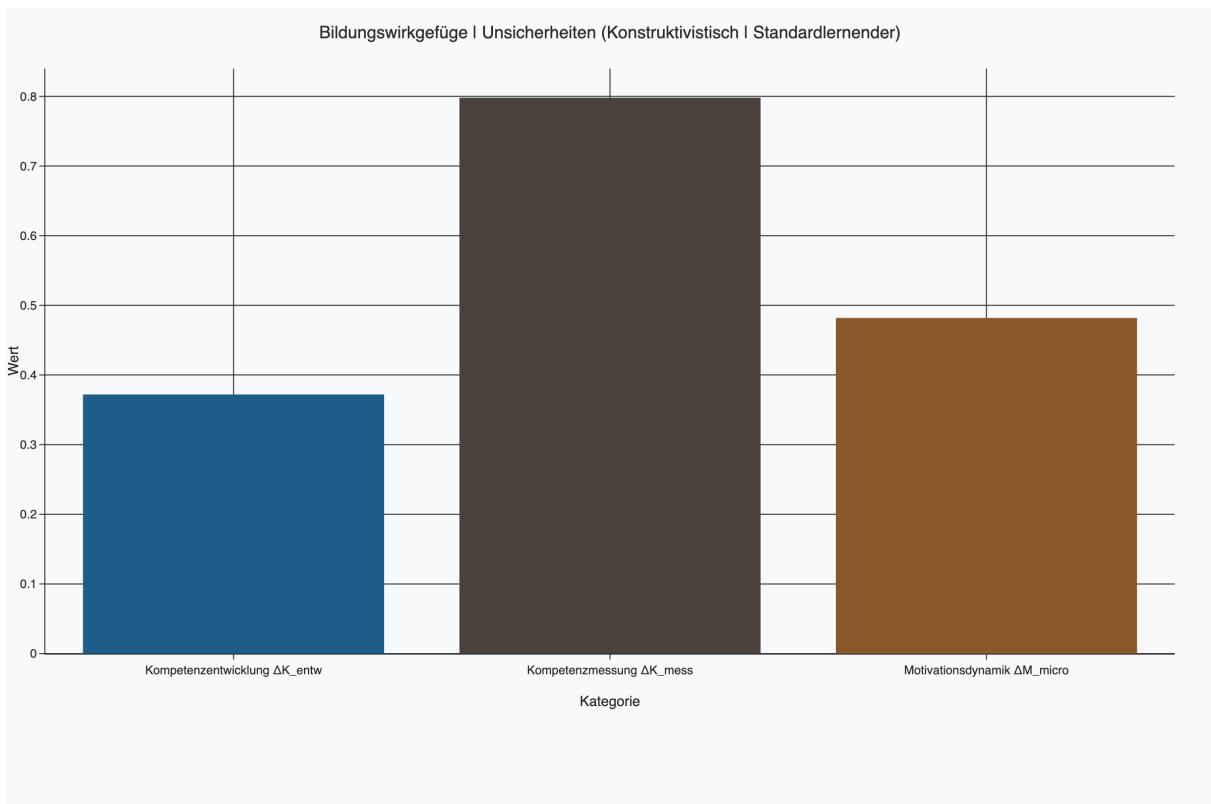


Figure 20: Nebenabbildung: Unsicherheitskomponenten im Modellbeispiel (konstruktivistischer „Standardlernender“). Gezeigt sind exemplarische Komponenten (Parameter-/Streuungsanteile), die als Bausteine der modellinternen Unsicherheitsgrößen  $\Delta K(t)$  und  $\Delta E(t)$  geführt werden (vgl. Abschnitt 4.4.3).

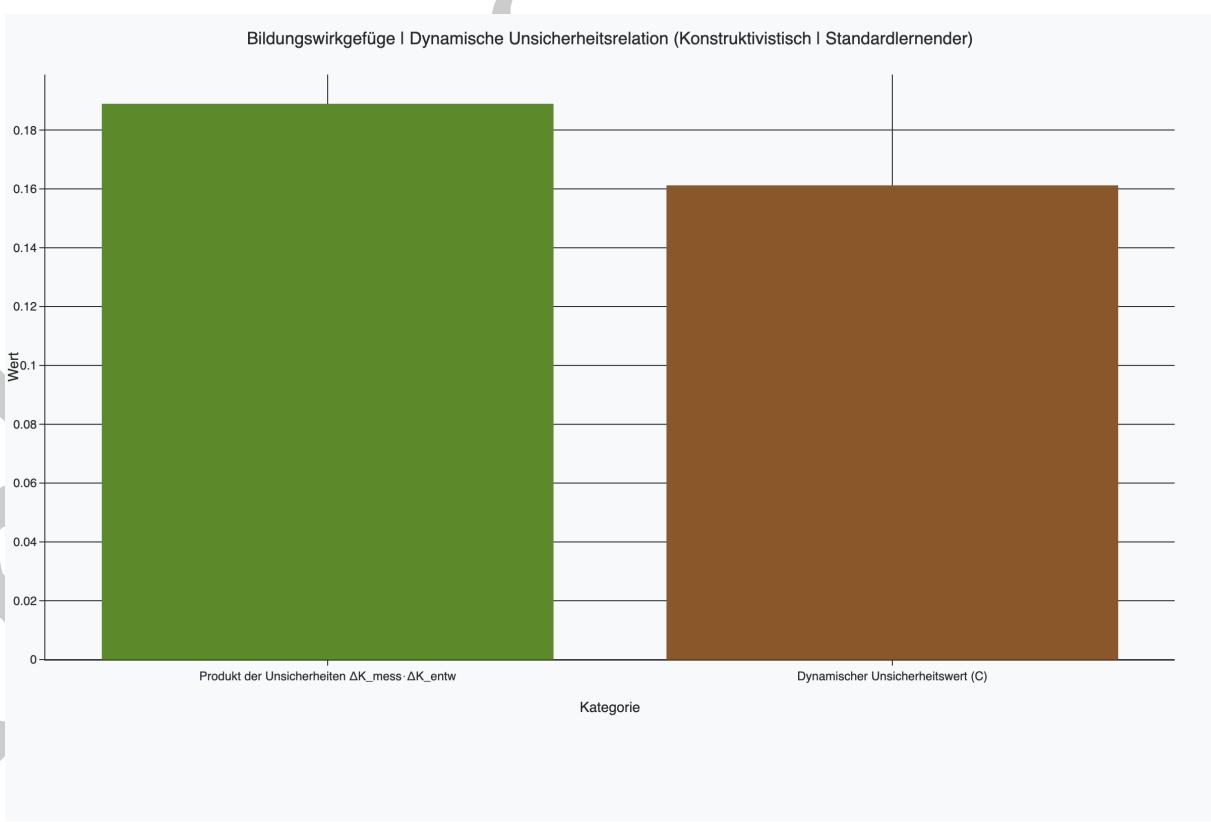


Figure 21: Nebenabbildung: Dynamische Unsicherheitsrelation im Modellbeispiel (konstruktivistischer „Standardlernender“).

Gegenübergestellt werden das Produkt der Unsicherheitsgrößen und der dynamische Unsicherheitswert  $C$  als Hilfsgröße zur Abschätzung der Kopplungsnähe zwischen  $\Delta E$  und  $\Delta K$  (Gl. (5)).

#### 4.4.4 Passung zum Wirkgefüge-Konzept

Die Simulation passt in die Logik dieser Dissertation, weil sie dieselbe Grundannahme formalisiert, die auch die empirische und literaturbasierte Rekonstruktion trägt: Wirkung entsteht aus Koppelungen. Während Kapitel 5 Koppelungen als Muster im Literaturkorpus, im Nutzungsvollzug (Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e)) und in Akteur\*innenurteilen (Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f)) sichtbar macht, überführt die Simulation diese Koppelungsidee in eine Dynamikform, die Regeneration, Störung und Entkopplungsrisiken als zeitliche Muster darstellbar macht. Damit ergänzt sie den argumentativen Bogen von der systemischen Theorie (Kapitel 2) über die Methodologie (Kapitel 4) bis zur manifestartigen Verdichtung (Kapitel 7.0).

#### 4.4.5 Grenzen und methodische Einordnung

Die Simulation ist als Modellierung sensibel gegenüber Parameterwahl, Verteilungsannahmen und den definierten Koppelungsfunktionen. Ihre Aussagen haben daher den Status einer plausibilisierenden Strukturprüfung: Sie zeigt, welche Dynamiken aus den gewählten Kopplungen folgen können, sie ersetzt keine empirische Kompetenzmessung. Konsequenterweise wird sie in dieser Arbeit als Ergänzung geführt, die die Dynamikbegriffe präzisiert und als Reflexionsfolie für die Interpretation der Kompetenzperspektive ( $FU_6$ ) dient.

### 4.5 Reflexion der Methode

Die kritische Methodenreflexion hat den Zweck, die eigene Arbeitsweise transparent, nachvollziehbar und anhand des wissenschaftlichen Qualitätskriteriums „Methodische Strenge“ (Döring, 2023, S. 89–90) beurteilbar zu machen. Inwiefern diese Arbeit die Anforderungen an eine methodisch saubere, nachvollziehbare und theoriegeleitete Forschung erfüllt, ist in diesem Kapitel zu klären.

Als Herleitungsgrundlage wird ein systemisch-konstruktivistisches Verständnis von Erkenntnis angesetzt, das bewährte Evaluationsmodelle (z.B. das CIPP-Modell) mit analytischen Verfahren wie Korrelations- und deduktiven Clusteranalysen koppelt. Diese Kombination ist strukturell aufeinander bezogen und damit theoriekompatibel. Die Auswahl der Methoden folgt der Forschungsfragengeleitetheit und einem systemisch-funktionalen Verständnis von Methodeneinsatz: Qualitative und quantitative Verfahren werden entlang der FU dort eingesetzt, wo sie zur Bearbeitung beitragen. Theoretische Begriffe (z.B. Kompetenz, Selbstorganisation, Nachhaltigkeit) werden auf konkrete Analyseebenen übertragen, etwa über Prädiktorvariablen (z.B.  $PV_{1a}$

$PV_3$ ) oder KI-gestützte Analysen. Sämtliche Analyseprozesse, von der Auswahl der Quellen über die Generierung und Anwendung der Prompts bis zur Auswertung und Rückführung in die FU, sind dokumentiert, versioniert und theoretisch hergeleitet; die Änderungshistorie ist über eine Versionsverwaltung (GitHub) als fortlaufende Protokollspur nachvollziehbar. Als kuratierende Hilfsmittel unterstützen digitale Werkzeuge dieses Vorgehen operativ (Zotero für Literatur- und Notizmanagement, Python für Berechnungen und Visualisierungen), wodurch Reproduzierbarkeit und interne Konsistenz als Leitkriterien mitgeführt werden. Die Dokumentation der KI-Nutzung (genutzte Systeme, Funktionen, Prompt-Stand, Revisionen) wird dabei als epistemische Validierungsstrategie geführt, um Nachvollziehbarkeit trotz begrenzter Detektierbarkeit KI-generierter Textanteile zu sichern. [Hanisch (2017), Kapitel 3.1; Kapitel 3.4; Geyer & Stampfl (2025), Seite 438-439]

Bereits in der Zusammenstellung der Analyseeinheiten erfolgen bewusste Entscheidungen, zum Beispiel zur Nichtberücksichtigung von Masterarbeiten und reiner „grauer Literatur“ in bestimmten Clusteranalysen. Die-

se Schritte werden transparent dokumentiert und theoriebezogen begründet, wodurch sich die Validität der Aussagen erhöht.

Ein wesentlicher Bestandteil des methodischen Vorgehens ist die fortlaufende Selbstprüfung und Justierung. Dazu gehören die Prüfung der Wirksamkeit der Prompts, die Diskussion der Silhouette-Werte zur Clustertrennschärfe, aber auch die bewusste Unterscheidung zwischen Analysen 1. Ordnung (einzelne Quelle) und Analysen 2. Ordnung (übergreifende Auswertung, Rückführung auf die FU). Dieses methodische Vorgehen erfüllt, trotz seiner systemisch-flexiblen Struktur, zentrale Anforderungen wissenschaftlicher Strenge. Die Methoden sind theoriebasiert, nachvollziehbar, funktional gewählt und systematisch eingesetzt. Zugleich werden klassische Evaluationslogiken als Ordnungsrahmen mitgeführt und in ein komplexitätssensibles Design übersetzt.

Infolgedessen liegt die wissenschaftliche Eigenleistung in der Strukturierung des Analyseprozesses, der Definition und Trennung der Ordnungsebenen (1. Ordnung: Analyse, 2. Ordnung: Bewertung), der methodologischen Fundierung (deduktiv und theoriebasiert) sowie in der reflexiven Kontrolle des Systems. Dieses Vorgehen ist eigenständig, transparent dokumentiert und methodologisch weiterentwickelnd.

#### 4.5.1 Methodenkritische SWOT-Analyse zum KI-gestützten Vorgehen

Die SWOT-Analyse wird im Rahmen dieser Arbeit als methodisches Reflexionsinstrument eingesetzt, um die Anwendung generativer KI in der literatur- und datengestützten Analyse systematisch zu bewerten. Sie dient neben der Auflistung von Aspekten, weiterhin strukturiert die Auseinandersetzung mit methodischer Robustheit, epistemologischen Potenzialen und Grenzen des gewählten Vorgehens. Damit werden die system-theoretisch motivierte Forschungsperspektive und eine strategische Betrachtung der methodischen Güte miteinander verknüpft. Hierbei finden interne Faktoren (Stärken, Schwächen) und externe Rahmenbedingungen (Chancen, Risiken) Berücksichtigung. Orientierung bieten die Leitlinien zur SWOT-Analyse im wissenschaftlichen Kontext bei Wollny & Paul (2015), Seite 35–38 und Hogan & Brachmann (2009), Seite 258–259.

Table 15: SWOT-Analyse des KI-gestützten methodischen Vorgehens

| Kategorie | Inhalt  | Maßnahme  |
|-----------|---|---|
| Stärken   | Analysegeschwindigkeit; transparente Analysepfade; skalierbare Reproduktion (Prompts/Skripte); hohe Clustertrennschärfe; Verbindung qualitativer und quantitativer Auswertung.        | Versionierung aller Schritte; reproduzierbare Dokumentation; Sensitivitätsanalysen (Variation von $k$ , erneute Clusterläufe).  |
| Schwächen | Interpretationsspielräume (Black-Box); mögliche algorithmische Verzerrungen; Gefahr, dass Kennwerte Reflexion überlagern; hoher Initialaufwand für Kategorien, Prompts und Pipelines. | Protokollierung aller Parameter; Abgleich der Clusterstruktur mit theoriegeleiteten Kategorien; iterative Prompt-Revision; Voranstellen inhaltlicher Interpretation vor Kennwerten. |

| Kategorie | Inhalt  | Maßnahme   |
|-----------|---|--|
| Chancen   | Ergänzung klassischer Verfahren um Prüfgrößen (Silhouette, mdaCV); methodische Innovation (P-QIA, mdaCV); Erschließung großer Literaturkorpora; Förderung kollaborativer, versionierter Erkenntnissysteme.  | Anwendung auf alle relevanten FU; Vergleich unterschiedlicher Modellläufe; Veröffentlichung von Skripten und Dokumentation; Einbettung in eine datenbasierte Curriculumsforschung.   |
| Risiken   | Scheinobjektivität der Kennwerte; ethische Fragen (Delegation von Bewertung, Datenumgang); Abhängigkeit von Modellarchitekturen/Infrastruktur; Replikationsrisiken; Unterschätzung manueller Kontextkenntnis; sprachliche Homogenisierung und epistemische Verflachung (Geyer & Stampfl, 2025, S. 439–440). | Reflexionspassagen im Methodikteil; Benennung von Grenzen und Annahmen; manuelle Stichproben-Codierungen; Auswahl datenschutzkonformer Umgebungen; Replikationsstrategien bei Modellaktualisierungen; Stil-/Begriffs-Constraints; menschliche Endredaktion; Vergleich mehrerer Prompt-Läufe. |

SWOT-Analyse des KI-gestützten Vorgehens als methodisches Reflexionsinstrument. Gegenübergestellt werden interne Faktoren (Stärken/Schwächen) und externe Rahmenbedingungen (Chancen/Risiken) sowie jeweils mitgeführte Maßnahmen zur Absicherung von Transparenz, Reproduzierbarkeit und epistemischer Vorsicht.

Die Tabelle bündelt damit die zentralen Befunde und zeigt, welche Maßnahmen unmittelbar mitgeführt werden. Die Stärken (Transparenz, Reproduzierbarkeit und Trennschärfe) werden neben den abstrakten Zuschreibungen in Sensitivitätsanalysen, Versionierungen und reproduzierbaren Dokumentationsketten aktiv genutzt.

Die SWOT-Analyse zeigt Schwächen und Risiken als kontinuierliche Arbeitsaufträge. Interpretationsspielräume, algorithmische Verzerrungen oder Modellabhängigkeiten bleiben nicht unbenannt; sie werden durch theoriegeleitete Gegenlesungen, manuelle Plausibilitätsprüfungen und die bewusste Begrenzung einzelner Kennwerte adressiert. Chancen und Risiken greifen ineinander, und erst in einem verantwortungsbewussten, theorieorientierten und transparent dokumentierten Methodendesign entfalten KI-gestützte Analysen ihren Mehrwert als Ergänzung klassischer Verfahren.

#### 4.5.2 Kritische Einordnung und methodische Absicherung

Methodenkritik ist in dieser Arbeit eine Strukturbedingung des gewählten Vorgehens. Sobald generative KI in Literaturarbeit und Analyseprozess eingebunden wird, sobald embedding-basierte Verdichtungen kategoriale Ordnungen prägen und sobald webcam-basierte Eye-Tracking-Spuren als Aufmerksamkeitssurrogat genutzt werden, verschiebt sich die Beweislast. Die in dieser Arbeit verwendete Methode muss sich an ihrer Prüf- und Dokumentationslogik gemessen lassen, ob die Ergebnisse wissenschaftlich tragfähig bleiben. (Giannakos et al., 2024, S. 22; Parker et al., 2024, S. 2; Van Niekerk et al., 2025, S. 2)

### Generative KI: Halluzinationen, Referenzrisiken und Integritätsverschiebung

Die zentrale Kritik lautet, dass GenAI plausibel klingende, aber falsche oder fabrizierte Informationen erzeugen kann und damit die Evidenzlogik wissenschaftlicher Argumentation unterläuft – insbesondere dort, wo Referenzen als Belegfunktion missverstanden werden. Zudem wird beschrieben, dass hybride Human-KI-Schreibprozesse neue Integritätskonflikte („postplagiarism“) erzeugen und ohne klare Leitplanken eine unklare Zuschreibung von Autor\*innenschaft, Verantwortlichkeit und Prüfpflichten entsteht. [Van Niekerk et al. (2025), Seite 2; Seite 4; Biswas (2023), Seite 1; Seite 7; Parker et al. (2024), Seite 2; Storey (2023), Seite 2]

Genau deshalb wird KI im Workflow als kognitives Assistenzsystem geführt; ihre Outputs gelten grundsätzlich als vorläufige Verdichtung. Das Vorgehen bindet jede KI-Ausgabe an eine menschliche Validierungsverantwortung zurück (Kontrolllesen, Korrektur, Abgleich mit eigener Einschätzung) und sichert Reproduzierbarkeit über Audit-Trails: standardisierte Prompts, Versionierung, Parameterprotokolle und dokumentierte Revisionen (Abschnitte 4.2.1, 4.3.3 und 4.5.1). Der in der Literatur geforderte Nachweisweg wird damit über transparente Prozessdokumentation als epistemische Validierungsstrategie erbracht; Detektion KI-generierter Anteile bleibt nachrangig, da sie als begrenzt verlässlich beschrieben wird. [Geyer & Stampfl (2025), Seite 434-436; Seite 438-440; Storey (2023), Seite 4]

### Embeddings/Clustering: Opazität, Scheinobjektivität und Stabilität

Für embedding-basierte Strukturierungen ist der kritische Punkt weniger die Rechenleistung als die epistemische Übersetzung. Embeddings erzeugen einen leistungsfähigen latenten Ordnungsraum, zugleich können sie die modellinterne Struktur beschatten und damit Verifikation erschweren. In der Clusterlogik wird diese Problematik durch Stabilitätsfragen verschärft: K-Means kann, abhängig von Minimizer-Geometrie und Stichprobenvariation, zwischen stabilen und instabilen Lösungen kippen, sodass Kennwerte eine trügerische Objektivität suggerieren können, wenn sie nicht als heuristische Prüfgrößen begriffen werden. (Dominici et al., 2024, S. 1; Rakhlin & Caponnetto, o. J., S. 1-2)

Die P-QIA führt embedding-basierte Strukturierung explizit als probabilistische Verdichtungsstufe; eine Erklärungsebene wird damit nicht beansprucht. Die interpretative Kontrolle wird über theoriebasierter Deduktion, FU-Rückbindungen sowie regelgeleitete Kategorienarbeit gesichert (Ankerbeispiele, Benennung/Abgrenzung, Bezug zu Sekundäranalysen; Abschnitte 4.3.3 und 4.3.4). In der technischen Verdichtung wird K-Means als heuristisches Verfahren geführt und über wiederholte Läufe, Random-Starts und Sensitivitätsanalysen (u.a. Variation von  $k$ ) gegen lokale Minima und scheinbare Stabilität abgesichert; Kennwerte (Silhouette/mdaCV) dienen als Prüf- und Monitoringgrößen und bleiben an inhaltliche Gegenlesung gebunden (Abschnitte 4.3.5, 4.3.7 und 4.5.1). (Dominici et al., 2024, S. 1; Mayring & Fenzl, 2022, S. 691–693; Rakhlin & Caponnetto, o. J., S. 1-2)

### Webcam-basiertes Eye-Tracking: Messfehler, Selektions-/Ausschlusslogiken und Interpretationsgrenzen

Die methodische Kritik betrifft hier nicht, ob Eye-Tracking „spannend“ ist, sondern welche Aussagekraft webcam-basierte Verfahren tatsächlich haben. Sie sind auf Kalibrier-/Validierungslogiken angewiesen, produzieren im Online-Setting hohe Ausschlussraten (mit potenziellen Selektions- und Generalisierbarkeiteffekten) und liefern im Kern eine Approximation des Blickortes, die über Pixel-Fehlergrößen und Annahmen (z.B. gaze-cursor alignment) begrenzt bleibt. Daraus folgt, dass mikrogranulare Blickpfadinterpretationen epistemisch überziehen, wenn die Daten nicht konsequent als grobe AOI-Spuren und als triangulative Zusatzlinie geführt werden. [Xiaozhi Yang & Krajbich (2021), Seite 1; Seite 17; Wisiecka et al. (2022), Seite 1; Seite 5; Papoutsaki et al. (o. J.), Seite 1; Seite 5-6]

Die Eye-Tracking-Daten werden daher als beobachtungsbasierte Indizspur zur Rekonstruktion technisch-gestalterischer Mechanismen ( $FU_{4b}$ ) geführt; eine kausale Erklärungsebene wird nicht beansprucht. Ihre Interpretation bleibt an das Zusammenspiel mit Selbstauskünften (UM1) und literaturbasierten Tendenzen gebunden (Triangulation; Abschnitte 4.2.4, 4.2.5 und 4.3.9). Ausschluss- und Qualitätslogiken werden als Teil der Methode ausgewiesen, nicht als „technisches Rauschen“ entfernt, und die Ergebnisinterpretati-

on wird entlang der Messgrenzen (AOI-Aggregation, robuste Muster statt feiner Blickpfade) begrenzt. Damit wird die Skalierungschance webcam-basierter Verfahren genutzt, ohne die Validitätsgrenze zu verschweigen. (Hanisch-Johannsen, 2025e; Xiaozhi Yang & Krajbich, 2021, S. 17)

#### Methodische Stärken

- Forschungsfragengeleiteter Ansatz mit systemischer Perspektive.
- Kombination klassischer Methoden (Literatur, Simulation, Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e)) mit innovativen Ansätzen (KI, Python).

#### Methodische Herausforderungen und Limitationen

- Herausforderungen:
  - Retrospektive Integration einiger Methoden.
  - Entwicklung eines eigenen Paradigmas zur Bearbeitung der Forschungsfragen.
- Limitationen:
  - Komplexität der Datenintegration.
  - Abhängigkeit von KI-Tools und Simulationen.

## 5 Ergebnisse

Dieses Kapitel führt die empirischen und modellbasierten Befunde zusammen. Es schlägt die Brücke von der Methodologie Kapitel 4 zur Interpretation in Kapitel 6 und strukturiert die Ergebnisdarstellung entlang der in diesem Kapitel dokumentierten Kernbereiche. Die Ergebnisse werden dabei durchgängig auf die in Kapitel 2 entwickelten theoretischen Annahmen und die in Kapitel 3 beschriebene Architektur des Forschungsgegenstandes zurückbezogen.

#todo (#64): Einleitung sprachlich glätten (Doppelung „in in“, Tippfehler „Kapüitel“, ggf. Satzbau kürzen).

### 5.1 Überblick und Einordnung

Die Ergebnisse zeigen, dass Learning-Management-Systeme im digitalen Bildungsraum nicht als neutrale Container wirken, sondern als soziotechnische Arrangements, deren Wirkungen aus dem Zusammenspiel von (a) didaktischen Merkmalen und technologischer Architektur, (b) bildungswissenschaftlichen Mechanismen (Rückkopplung, Interaktion, Kultur/Normativität) und (c) Akzeptanz- und Implementationsbedingungen entstehen. Diese Struktur wird in den P-QIA-Metaanalysen pro Forschungsunterfrage (FU) sichtbar (Anhang A-9) und wird durch die beiden empirischen Zugänge (Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) und Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f)) in den Nutzungsvollzug gespiegelt (Anhänge A-7 und A-12). Zur Nachvollziehbarkeit sind die im Ergebnisteil verwendeten, nicht-personenbezogenen Datenartefakte (aggregierte Eye-Tracking-Visualisierungen; bereinigter Umfragedatensatz inkl. Analyse-Tabellen) auf Zenodo archiviert (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f).

Im Kernarchitektur-Bereich ( $FU_3/FU_{4a}/FU_5$ ) verdichten sich Merkmale, Mechanismen und Grenzen zu einer Logik von Interaktivität, Einbettung und Qualitätssicherung, die zugleich von Organisationskultur, Ethik und Passungsbedingungen gerahmt wird. Im Bereich Nutzungserleben & Gestaltung ( $FU_1/FU_{2a}/FU_{4b}$ ) zeigt sich eine konsistente Linie: Orientierung und Salienz steuern Aufmerksamkeit, Effekte auf Lernende sind stark abhängig von didaktischer Strukturierung, Feedbackqualität und sozialer Einbettung, und Akzeptanz wird über Nutzbarkeit, Flexibilität und Supportbedingungen vermittelt. Die Kompetenzorientierung ( $FU_6$ ) modelliert das LMS als Kompetenzerwerbssystem, das nur bei ausreichender Passung (Infrastruktur, Zielgruppenfit), Steuerung (Analytics/Personalisierung) und Motivation/Qualität stabil wirksam wird. Rollen & Strategien ( $FU_{2b}/FU_7$ ) ergänzen diese Sicht um Lehrendenbedingungen (Kompetenzen, Technostress, Monitoring/Assessment) und um Erweiterungsstrategien, die Kausalannahmen in komplexen digitalen Bildungsräumen stabilisieren sollen.

### 5.2 Verteilung der Analysen nach Kernbereichen

Die detaillierte Verteilung der 797 ausgewerteten Analysen auf die einzelnen Forschungsunterfragen ( $FU_1-FU_7$ ) ist in Kapitel 3, Quellenanalyse, dokumentiert. Für die Ergebnisdarstellung werden die Forschungsunterfragen zu vier Kernbereichen gebündelt:

#todo (#65): Verweis auf Kapitel 3 präzisieren (konkreter Abschnitt/Abbildung zur FU-Verteilung der 797 Analysen). #todo (#66): Prozentwerte (58/30/8/4) und n=797 final gegen Quellenanalyse prüfen.

- Kernarchitektur ( $FU_3, FU_{4a}, FU_5$ ) – mit rund 58 % der Analysen der empirische Schwerpunkt der Arbeit (Konzeption, Mechanismen, Möglichkeiten/Grenzen des Learning Management System (LMS)).
- Nutzungserleben & Gestaltung ( $FU_1, FU_{2a}, FU_{4b}$ ) – knapp 30 % der Analysen zu Akzeptanz, subjektivem Lernerleben und technisch-gestalterischen Mechanismen.
- Kompetenzorientierung ( $FU_6$ ) – gut 8 % der Analysen zur Rolle des LMS als Kompetenzerwerbssystem.

- Rollen & Strategien (FU<sub>2b</sub>, FU<sub>7</sub>) – rund 4 % der Analysen, die vertiefende Einsichten in Lehrendensicht und strategische Gestaltungsentscheidungen liefern.

Diese Bündelung dient als Strukturierungsrahmen für die Präsentation der Ergebnisse und macht transparent, welche Themenfelder auf einer breiten quantitativen Materialbasis beruhen und wo stärker qualitativ-interpretative Verdichtung im Vordergrund steht.

### 5.3 Beantwortung der Forschungsfragen

Die Darstellung folgt der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Gewichtung der Kernbereiche. Zunächst werden die Forschungsfragen zur Kernarchitektur behandelt, anschließend Nutzungserleben & Gestaltung, danach die Kompetenzorientierung und zum Schluss Rollen & Strategien.

#todo (#67): Leseführung 5.3 ergänzen: kurzer Satz, wie A-9 (P-QIA) mit A-7 (Eye-Tracking) und A-12 (UM1) je FU zusammenspielt. #todo (#68): Je FU-Abschnitt 1–2 Ankerbeispiele aus A-9 einbauen (kurz, ohne externe Pfade; nur interne Dissertation-Verweise).

#### 5.3.1 FU<sub>3</sub>: Didaktische und technologische Merkmale

Die P-QIA-Ergebnisse zu FU<sub>3</sub> rekonstruieren didaktische und bildungstechnologische Merkmale als mehrschichtiges Bündel aus Interaktionsdesign, Einbettungspraxis und systematischer Qualitätssicherung (Anhang A-9-FU<sub>3</sub>). Ein dominantes Merkmal ist Interaktivität als Kopplung von Mensch-System-, Mensch-Mensch- und Mensch-Inhalt-Interaktion, die sowohl Zufriedenheit als auch Engagement trägt. Merkmale werden dabei nicht auf einzelne Funktionen reduziert, sondern als Gestaltungseigenschaften beschrieben, die Nutzungsintention und Lernaktivität strukturieren (Anhang A-9-FU<sub>3</sub>).

Ein zweites Merkmalbündel betrifft Technologieintegration als Einbettung in Lehr-Lern-Praktiken: Digitale Tools wirken in den rekonstruierten Texten vor allem dann, wenn sie curricular und organisatorisch integriert sind (statt additiv). Dazu treten Blended-/Hybridlogiken, learning-analytics-gestützte Designs und design-based Vorgehensweisen als wiederkehrende Strukturierungsmuster (Anhang A-9-FU<sub>3</sub>). Das LMS erscheint damit als Plattform, die didaktische Formate (Kooperation, Feedback, Evaluation) und technische Infrastruktur (Plugins, OER-Ökosysteme, Standards) in ein Arbeits- und Lernarrangement übersetzt.

Als eigenständige Dimension werden Usability und Barrierefreiheit sichtbar: Merkmale werden über Audits, Stakeholderrückmeldungen und Standards (z.B. WCAG) abgesichert und verschieben „Funktionalität“ in Richtung Nutzbarkeit und Zugänglichkeit (Anhang A-9-FU<sub>3</sub>). Parallel wird Adaptivität als Merkmalslogik über Personalisierung und kognitive Belastung diskutiert: Lernsystemarchitektur wird dort als Passung zwischen Systemkomplexität und kognitiven Ressourcen der Lernenden operationalisiert. Insgesamt zeigt FU<sub>3</sub> damit Merkmale als Zusammenspiel aus (a) Interaktionsqualität, (b) Einbettung/Ökosystem und (c) Qualitäts- und Passungslogik, die als Referenzrahmen für die Beschreibung des Forschungsgegenstandes (Kapitel 3) genutzt werden kann.

#### 5.3.2 FU<sub>4a</sub>: Bildungswissenschaftliche Mechanismen

FU<sub>4a</sub> rekonstruiert Mechanismen als Wirkprinzipien, die zwischen Lernumgebung, Akteur:innen und organisationalen Bedingungen vermitteln (Anhang A-9-FU<sub>4a</sub>). In den P-QIA-Ergebnissen treten besonders deutlich Rückkopplungsmechanismen hervor: Learning Analytics, formative Assessments und Feedback werden als Steuerungslogiken beschrieben, die Lernstände sichtbar machen, Selbstregulation unterstützen und Lernentscheidungen strukturieren. Mechanismen erscheinen dabei nicht als isolierte Tools, sondern als Rückkopplungsschleifen, die Daten (Logdaten/Sensorik/Dashboards) in didaktische Entscheidungen übersetzen (Anhang A-9-FU<sub>4a</sub>).

Eine zweite Mechanismenebene betrifft soziale und affektive Dynamiken: Engagement, Aufgabenbearbeitung, Kollaboration und soziale Präsenz werden als Bedingungen kognitiv aktiver Lernhandlungen rekonstruiert; Affekte und Selbstwirksamkeit werden als Prozessgrößen beschrieben, die Wirkungen nicht linear, sondern kontext- und designabhängig modulieren (Anhang A-9-FU<sub>4a</sub>). Konstruktivistische Mechanismen erscheinen dabei als Handlungslogiken (Peer-Learning, Selbst-/Peer-Assessment, gemeinsame Wissenskonstruktion), die im systemisch-konstruktivistischen Verständnis nicht Nebenprodukte, sondern zentrale Träger des Lernens sind.

Eine dritte Mechanismenebene rahmt diese Prozesse systemisch: Organisationskultur, institutionelle Rahmung sowie Ethik/Verantwortung werden als Bedingungen rekonstruiert, die bestimmen, ob Rückkopplung und Kollaboration als legitim, sicher und praktikabel gelten. Personalisierung und Lernendenmodelle treten hier als Differenzierungsmechanismen auf, die heterogene Ausgangslagen adressieren sollen, aber zugleich neue normative und organisatorische Anforderungen erzeugen (Anhang A-9-FU<sub>4a</sub>). Eye-Tracking wird in FU<sub>4a</sub> ausdrücklich als diagnostischer Mechanismus gerahmt, der Aufmerksamkeit und Expertise über Blickmuster als beobachtbare Spuren rekonstruiert und damit die Rückkopplung zwischen Gestaltung und Nutzung ermöglicht (Anhang A-9-FU<sub>4a</sub>; Visualisierungen in Anhang A-7) (Hanisch-Johannsen, 2025e).

### 5.3.3 FU<sub>5</sub>: Möglichkeiten und Grenzen

FU<sub>5</sub> verdichtet Möglichkeiten und Grenzen als Spannungsfeld zwischen Skalierung/Innovation und Barrieren/Nebenfolgen (Anhang A-9-FU<sub>5</sub>). Möglichkeiten werden entlang von Flexibilität (Blended/Hybrid), Skalierung (MOOCs, virtuelle Patient:innen), Interaktivität und motivationalen Arrangements (inkl. analytics-gestützter Unterstützung) beschrieben. Zudem erscheint Professionalisierung als Möglichkeitsraum: Materialpraktiken (Erstellen/Teilen), Kompetenzmodelle und fachdidaktische Operationalisierungen verankern digitale Medien als Bestandteil beruflicher und didaktischer Weiterentwicklung (Anhang A-9-FU<sub>5</sub>).

Grenzen werden zugleich als strukturelle und soziale Effekte sichtbar. Auf der strukturellen Ebene treten Usability- und technische Herausforderungen, Support- und Policy-Lücken sowie Unsicherheiten über Nutzungsrechte als „harte“ Barrieren hervor, die nachhaltige Nutzung unabhängig vom didaktischen Potenzial bremsen (Anhang A-9-FU5). Auf der sozialen Ebene erscheinen Isolation, Medienabhängigkeit und Ungleichheit als Risiken, die digitale Bildungsräume nicht nur einschränken, sondern qualitativ verändern können: Nutzen- und Belastungsprofile verteilen sich ungleich, und Rollenqualifizierung wird zur Voraussetzung, um Chancen tatsächlich zu realisieren.

Schließlich zeigt FU5 Grenzen auch als methodische und evaluative Problematik: Effekte werden als „mixed“ rekonstruiert und hängen von Moderatoren (Feedbackformate, Kontextbedingungen) ab; Evaluation und Qualitätssicherung erscheinen damit zugleich als Ermöglichungs- und Begrenzungsmechanismus, weil nur über konsequente Datenkreisläufe und Qualitätslogiken Stabilisierung möglich wird (Anhang A-9-FU5). Damit liefert FU5 einen Rahmensatz von Chancen- und Grenzbedingungen, der die in den empirischen Daten sichtbaren Spannungen (z.B. Integrations- und Adaptivitätsurteile in Anhang A-12) theoretisch rückbindet.

### 5.3.4 FU<sub>1</sub>: Akzeptanz und Nützlichkeit

FU<sub>1</sub> rekonstruiert Akzeptanz und Nützlichkeit als Bündel konkreter Bedingungen, unter denen Akteur:innen ein LMS als sinnvoll, praktikabel und lernförderlich beschreiben (Anhang A-9-FU<sub>1</sub>). Dominant sind Benutzerfreundlichkeit und Orientierung: Struktur, Navigation und kognitive Entlastung erscheinen als Voraussetzung, dass Lernende ihre Aufmerksamkeit auf Inhalte statt auf Systembedienung richten. Diese Linie ist eng gekoppelt an Zugänglichkeit und Flexibilität, die als Nutzenargumente insbesondere über Verfügbarkeit und orts-/zeitunabhängige Nutzung beschrieben werden (Anhang A-9-FU<sub>1</sub>).

Akzeptanz wird zugleich als sozial und didaktisch eingebettet rekonstruiert. Soziale Interaktion und Kollaboration werden als Akzeptanztreiber beschrieben, während Motivation und Engagement (inkl. Anreiz-

strukturen) als stabilisierende Faktoren der Nutzung hervortreten. Didaktische Integration fungiert dabei als Vermittler: LMS werden als nützlich erlebt, wenn sie Lernprozesse strukturieren, Praxisnähe herstellen und Feedback-/Bewertungslogiken anschlussfähig machen (Anhang A-9-FU1). Feedback, Bewertung und Lernfortschritt erscheinen damit weniger als „Feature“, sondern als Steuerungs- und Sichtbarkeitsmechanismus von Lernprozessen.

Die empirische Triangulation stützt diese Linien als Tendenzen: In der Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f) werden Struktur/Klarheit und Zugriff auf Ressourcen überwiegend neutral bis leicht positiv eingeschätzt, während Adaptivität und externe Integration schwächer bewertet werden (Anhang A-12). Die Eye-Tracking-Befunde (Hanisch-Johannsen, 2025e) ergänzen dies, indem sie Orientierungsmuster vor inhaltlicher Verarbeitung sichtbar machen und zeigen, wie Salienz und Layout die Relevanzzuweisung steuern (Kapitel 5.3.6; Anhang A-7). In der Zusammenschau entsteht eine FU1-Ergebnislinie: Akzeptanz und Nützlichkeit entstehen dort, wo (a) Orientierungskosten niedrig sind, (b) soziale und didaktische Einbettung Nutzung stabilisiert und (c) institutionelle Support- und Implementationsbedingungen die praktische Realisierbarkeit sichern. Gleichzeitig werden Barrieren als Grenzbedingungen rekonstruiert: Datenschutz/IT-Sicherheit, ungleiche Ausgangslagen und Ressourcenknappheit begrenzen Vertrauen, Teilnahme und Nachhaltigkeit (Anhang A-9-FU1).

### 5.3.5 FU<sub>2a</sub>: Effekt auf Lernende

FU<sub>2a</sub> beschreibt Effekte auf Lernende als mehrdimensionale Outcome- und Prozesslogik (Anhang A-9-FU<sub>2a</sub>). Ein Teil der Segmente operationalisiert „Effekt“ über Lernleistung in Interventionsvergleichen; daneben treten motivational-affektive Effekte (Motivation, Engagement, Selbstwirksamkeit) sowie formative Prozessoutcomes (Zufriedenheit, unmittelbare Reaktionen) als eigenständige Effektlinien auf. Diese Mehrdimensionalität ist zentral, weil FU<sub>2a</sub> Effekte nicht nur als „mehr Wissen“, sondern als Veränderung der Lernprozessdynamik rekonstruiert.

Als wiederkehrende Wirkbedingung erscheint didaktische Strukturierung: Scaffolding, Vorstrukturierung und Kooperationsskripts werden als Mechanismen benannt, die Lernhandlungen stabilisieren und Effekte überhaupt erst ermöglichen. Darauf aufbauend werden soziale Interaktion und Kollaboration als Effekthebel rekonstruiert, jedoch differenziert nach Formaten: bestimmte Tools/Interaktionsformen werden mit tieferer kognitiver Diskussion bzw. sozio-emotionaler Präsenz verknüpft (Anhang A-9-FU2a). Personalisierte Unterstützung und selbstreguliertes Lernen (SSRL/SRL) treten als weitere Mechanismen auf, insbesondere dort, wo analytics-gestützte Prompts und Feedback als lernprozesssteuernd beschrieben werden.

Gleichzeitig zeigt FU2a Grenzen der Wirksamkeit: Nutzungshürden und Unterstützungsbedingungen (Usability, Technik, Einbettung) sind direkte Effektmoderatoren. Emotionen erscheinen doppeldeutig: Sie können Lernprozesse stören, werden in Teilen aber auch als kognitiv aktivierende Prozessgröße beschrieben, sofern didaktisch aufgefangen (Anhang A-9-FU2a). Damit wird Effekt nicht als lineare Funktion von Tool-Einsatz verstanden, sondern als Ergebnis einer Passung zwischen Design, Unterstützung und Lenvoraussetzungen. Die empirischen Daten spiegeln diese Mechanismen als Tendenzen: Die Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f) zeigt moderate Werte für Struktur/Klarheit und Interaktion, aber schwächere Werte für Feedback-Hilfreichkeit, Bewertungssysteme als Fortschrittsunterstützung und Adaptivität (Anhang A-12). Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) ergänzt die Effektperspektive, indem es den Nutzungsvollzug als Abfolge von Orientierung, Statusprüfung und (teilweise) verzögter Handlungsüberleitung sichtbar macht (Kapitel 5.3.6; Anhang A-7). Daraus ergibt sich als FU2a-Ergebnislinie: Effekte auf Lernende sind erwartbar, wenn didaktische Strukturierung und Feedbackqualität die Überleitung von Rezeption/Orientierung zu Handlung stabilisieren; ohne diese Kopplung bleiben Effekte eher auf Motivation/Engagement oder auf punktuelle Leistungsindikatoren beschränkt.

### 5.3.6 FU<sub>4b</sub>: Technisch-gestalterische Mechanismen

Das webcam-basierte Eye-Tracking zeigt klare Mechanismen: (1) Orientierung geht Inhalten voraus; Fixationen starten auf Navigation/Breadcrumbs, erst danach folgen Inhaltszonen. (2) Ein Expertisegradient verschiebt die Muster von breiter Suche (1. Jahr) über fokussierte Pfade (2. Jahr) hin zu kurzen, zielgerichteten Scanpaths (3. Jahr). (3) Salienz konkurriert mit Funktion: starke Bilder ziehen Hotspots von Buttons ab; reduzierte Layouts erhöhen die Fixationsdichte auf Interaktionen. (4) Rechtsbündige Steuerungselemente werden verspätet fixiert, links/oben platzierte Navigation und Progress-Indikatoren fungieren als Anker. (5) Triangulation mit der Umfrage: hohe Bewertungen für Struktur/Klarheit stützen die beobachtete Orientierung, niedrige Interaktionswerte passen zu spät fixierten Steuerungselementen. Gestalterisch folgen daraus Salienzsteuerung zugunsten funktionaler Elemente, Reduktion von Ablenkungsflächen und eine expertise-adaptive UI-Logik. Vollständige Bildreihen sind in Anhang A-7 dokumentiert (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f).

Die P-QIA-Ergebnisse zu FU4b rahmen diese Beobachtungen als infrastrukturelle Mechanismen: Interface- und Visualisierungsgestaltung, dialogische Feedbackfunktionen sowie Mess-/Analysepraktiken (Logdaten, Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e)) werden als gekoppelte Mechanismen beschrieben, mit denen Lernräume gestaltet, beobachtet und iterativ verbessert werden (Anhang A-9-FU4b). Gleichzeitig erscheinen Implementationshürden, technische Robustheit und Datenschutz/Offline-Funktionalität als Bedingungen dafür, ob die im Interface angelegten Mechanismen zuverlässig wirksam werden. Damit ordnet FU4b die Blickmuster als Mechanismenebene in das Wirkgefüge ein: Sichtbarkeit, Rückkopplung und technische Verlässlichkeit sind operative Hebel, über die sich Lernhandlungen im digitalen Bildungsraum stabilisieren oder entkoppeln.

### 5.3.7 FU<sub>6</sub>: LMS als Kompetenzerwerbssystem

Der digitale Bildungsraum wirkt als erste professionelle Handlungssituation. Die invariante Aufgabenarchitektur zwingt Lernende zu Orientierung, Musterbildung und operativer Auswahl – exakt den Operationen, die § 4 NotSanG/Anlage 1 verlangt. Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) belegt, dass diese Operationen schon im Interface sichtbar sind (Orientierung -> Stabilität -> Handlung), und die Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f) stützt die Relevanz von Struktur und Zugänglichkeit als Tendenz (Anhänge A-7 und A-12). Die simulationsgestützte Modellierung in Abschnitt 4.4 verdichtet diese Systemlogik als Zeitverlauf und macht sichtbar, wie Kopplungen (Orientierung, Motivation/Neugier, Störung/Regeneration) in Kompetenzdynamiken übersetzbare werden. Die in Tabelle 7 abgeleiteten rechtlich-funktionalen Anforderungen bilden dabei den normativen Rahmen, in dem diese Ergebnisse verortet werden.

Die P-QIA-Ergebnisse zu FU6 präzisieren diese Sicht zu einer Systemlogik: Kompetenzerwerb wird als Ergebnis von Passung (Zielgruppenfit, Infrastruktur), Steuerung (Learning Analytics, personalisierte Interventionen), Motivationsdynamik (Selbstwirksamkeit, Gamification) und Qualitätsprozessen (Qualitätswahrnehmung, Peer-Urteile, partizipative Entwicklung) rekonstruiert (Anhang A-9-FU6). Grenzen erscheinen dort konsistent als technische Hürden, Usability-Probleme und Nutzungsabbrüche, die Kompetenzerwerb auf der Operationsebene blockieren. Damit wird das LMS als Kompetenzerwerbssystem konstitutiv: Es stellt die Bedingungen bereit, unter denen Kompetenzentwicklung praktisch möglich, stabil und wiederholbar wird. Visualisierungen sind in Anhang A-7 dokumentiert.

### 5.3.8 FU<sub>2b</sub>: Effekt auf Lehrende

FU<sub>2b</sub> fokussiert Effektfaktoren aus Lehrendensicht und ergänzt FU<sub>2a</sub> um die Gestaltungs- und Arbeitsbedingungen auf der Angebotsseite (Anhang A-9-FU<sub>2b</sub>). Ein zentrales Muster ist die gemeinsame Lernsteuerung: Monitoring, Planung und Evaluation erscheinen als Kernpraktiken, die in kooperativen Settings nicht

automatisch entstehen, sondern über Lehrkraftinterventionen, Skripts und Unterstützungsformen geprägt werden. Die P-QIA-Ergebnisse zeigen dabei, dass Interventionen nicht linear wirken: Intensiveres Lehrkraft-monitoring kann mit geringerer eigenständiger Monitoringaktivität der Lernenden einhergehen, wodurch sich Steuerung als Balanceakt zwischen Unterstützung und Autonomie darstellt (Anhang A-9-FU<sub>2b</sub>). Zweitens werden Kompetenz- und Qualifizierungsbedingungen auf Seiten der Lehrenden sichtbar. Digitale Kompetenzen und Fortbildungseffekte erscheinen als vermittelnde Faktoren für Unterrichtsqualität und für die Umsetzung kollaborativer Formate; zugleich werden technologische Herausforderungen und digitale Literacy als direkte Barrieren rekonstruiert. In dieser Linie werden Belastungen als Effektfaktoren explizit: Technostress (insb. techno-overload/uncertainty) und unzureichende Infrastruktur wirken als negative Bedingungen, die Umsetzung, Qualität und Gesundheit der Lehrenden beeinträchtigen können (Anhang A-9-FU2b). Drittens zeigt FU2b eine Kopplung an Bewertungs- und Feedbackpraktiken: Peer-Feedback, Online Peer Assessment und prozessorientiertes Feedback über LMS werden als Mechanismen beschrieben, die Professionalisierung und Kompetenzentwicklung unterstützen können (u.a. über E-Portfolios). Gleichzeitig werden Forschungs- und Interventionsbedarfe betont, weil Zufriedenheit und Einstellungen gegenüber digitalen Formaten teils gemischt ausfallen und Implementationsbedingungen variieren (Anhang A-9-FU2b). Insgesamt ergibt sich als FU2b-Ergebnislinie: Effekte digitaler Bildungsräume auf Lehrende entstehen im Zusammenspiel von Steuerungspraktiken (Monitoring/Assessment), Kompetenzressourcen (Fortbildung/digitale Literacy) und Belastungs-/Rahmenbedingungen (Infrastruktur/Technostress). Diese Linie liefert den Hintergrund, vor dem die in FU1/FU2a/FU4b rekonstruierten Nutzungs- und Gestaltungseffekte praktisch möglich werden oder scheitern.

### 5.3.9 FU<sub>7</sub>: Erweiterung von Kausalgesetzen

FU<sub>7</sub> bündelt jene Segmente, in denen Akteur:innen Inputs und Strategien formulieren, um Wirkannahmen in digitalen Bildungsräumen zu stabilisieren und zu erweitern (Anhang A-9-FU<sub>7</sub>). Ein zentraler Strang sind didaktische Leitlinien und High-Impact Practices: Lernwirksamkeit wird nicht mit kurzfristigen Performance-indikatoren verwechselt, sondern als langfristige, reflexive und transferfähige Entwicklung gerahmt. Damit wird die Kausalannahme „mehr Funktion = mehr Wirkung“ durch eine didaktische Kausalannahme ersetzt, die auf Qualität der Lernhandlungen und nachhaltige Lernprozesse zielt (Anhang A-9-FU<sub>7</sub>).

Ein zweiter Strang betrifft Integrationsstrategien: multimodale Lernsettings (Audio/Video/Simulation/Modellierung) sowie reflexionsorientierte Formate werden als Mechanismen beschrieben, die Wirkungen über kognitive Aktivierung und Kontextualisierung erzeugen. Damit wird „Kausalität“ als Kette von didaktischen Operationen modelliert, nicht als direkter Technologieeffekt. Ein dritter Strang rahmt KI primär als Augmentation statt Substitution: Systeme sollen bestehende Lern- und Entscheidungsprozesse verbessern (z.B. Genauigkeit, Anpassungsfähigkeit), ohne die Verantwortung und Urteilstskraft der Akteur:innen zu ersetzen (Anhang A-9-FU7).

Schließlich treten formalisierte Modellstrategien und Stabilisierungskonzepte als Metastrategien hervor (z.B. Strukturlernen, Generalisierung/Stabilisierung): Sie stehen exemplarisch für Versuche, Ursache-Wirkungs-Beziehungen in komplexen, dynamischen Umwelten belastbarer zu machen. Der FU7-Korpus ist klein und heterogen, aber er liefert damit eine begründete Richtung: Erweiterung von Kausalgesetzen erfolgt entweder über (a) didaktische Leitlinien (High-Impact), (b) integrierte Lernarchitekturen (multimodal/reflexiv) oder (c) augmentierende, stabilisierende Systemstrategien (Anhang A-9-FU7). Diese Strategielinien sind in Kapitel 6 als Vorschläge zu lesen, die die empirisch rekonstruierten Mechanismen (Kapitel 5.3.6) nicht ersetzen, sondern in eine weiterführende Gestaltungslogik überführen.

## 5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Diese Ergebnisbündelung fungiert als direkte Brücke in die interdependente Diskussion (Kapitel 6.3.1) und liefert die empirische Grundlage für die manifestartige Verdichtung in Kapitel 7.

#todo (#69): 5.4 um 2–4 Sätze ergänzen: „Was sind die drei stärksten Ergebnislinien?“ + „Welche offene Prüfung wird in Kapitel 6 vorgenommen?“

### 5.4.1 Arbeitshypothesen aus der Triangulation

Die nachfolgenden Arbeitshypothesen dienen der begründeten Verdichtung der Ergebnislinien und verbinden in der Triangulation (a) die P-QIA-Metaanalysen der FU (Anhang A-9), (b) die qualitativ rekonstruierten Eye-Tracking-Befunde (Hanisch-Johannsen, 2025e) (Kapitel 5.3.6 sowie Anhang A-7) und (c) die deskriptiven Umfragebefunde (Hanisch-Johannsen, 2025f) (Anhang A-12). Sie sind nicht als inferenzstatistische Hypothesentests formuliert, sondern als prüfbare, FU-geleitete Mechanismen, die die interdependente Diskussion in Kapitel 6 strukturieren.

Kernhypothesen KH<sub>1</sub>: Salienz erzeugt Statusmodus (Überblick) statt Lernhandlungsmodus (Bearbeitung). Die P-QIA-Ergebnisse zu FU4b zeigen, dass visuelle Hierarchie, Salienzsteuerung und Feedback-/Fortschrittsvisualisierungen als wiederkehrende Gestaltungslinien beschrieben werden (Anhang A-9-FU4b). Die Eye-Tracking-Befunde (Hanisch-Johannsen, 2025e) stützen diese Linie empirisch, indem sie wiederholt Ankerbildungen auf navigationellen und statusbezogenen Elementen vor nachgeordneten Handlungszonen rekonstruieren (Kapitel 5.3.6; Anhang A-7). Zugleich zeigen die Umfragewerte (Hanisch-Johannsen, 2025f), dass Fortschritts- und Bewertungssysteme eher als mittelgradig unterstützend erlebt werden (Anhang A-12, Item Q08), was auf eine mögliche Diskrepanz zwischen Sichtbarkeit und didaktischem Nutzen verweist. Daraus folgt die Hypothese, dass starke, statusorientierte Salienz zwar Orientierung stabilisiert, aber die Überleitung in konkrete Lernhandlungen nicht automatisch herstellt. Prüfbarkeit entsteht über die systematische Gegenüberstellung von (a) salienzdominannten Zonen (z.B. Progress/CTA) und (b) handlungsrelevanten Zonen (z.B. Auswahl/Weiterarbeit) in den Eye-Tracking-Visualisierungen sowie der Parallelität zu den Umfragetendenzen zu Fortschritt, Feedback und Interaktion (Anhang A-12).

KH<sub>2</sub>: UI-Komplexität erhöht Orientierungskosten und fragmentiert Verarbeitung.

Die P-QIA-Ergebnisse zu FU<sub>1</sub> zeigen, dass Benutzerfreundlichkeit/Orientierung und technische Rahmenbedingungen als zentrale Bedingungen von Akzeptanz und Nutzung wiederkehren (Anhang A-9-FU<sub>1</sub>). In den Eye-Tracking-Visualisierungen (Hanisch-Johannsen, 2025e) treten bei navigations- und optionsreichen Oberflächen wiederkehrend explorative Suchmuster und peripher bleibende Bereiche auf, was als erhöhte extrinsische kognitive Belastung interpretierbar ist (Kapitel 5.3.6; Anhang A-7). Die Umfragebefunde (Hanisch-Johannsen, 2025f) ergänzen dies, indem (a) die UI als Interaktionsfaktor im Zeitverlauf weniger positiv bewertet wird und (b) Ressourcen-/Integrationsaspekte in Teilen kritisch ausfallen (Anhang A-12, Items Q06, Q13, Q14). Zusätzlich verdichten die Freitextkommentare das Muster „Überblicken statt Verarbeiten“ und betonen Einfachheit/Reduktion als Bedingung (Anhang A-12). Daraus folgt die Hypothese, dass Komplexität nicht nur die Nutzung verlangsamt, sondern den Wahrnehmungsmodus in eine orientierungsdominante Exploration verschiebt, wodurch inhaltliche Verarbeitung und zielgerichtete Handlung erschwert werden. Prüfbarkeit ergibt sich über die konsistente Kopplung von explorativen Blickpfaden/Coldspots an Handlungszonen mit den Umfragetendenzen zu UI, Zugriff und Integration (Anhang A-12).

Nebenhypothesen NH<sub>1</sub>: Soziale Interaktion benötigt visuelle und didaktische Trigger nahe an Rezeption. Die P-QIA-Ergebnisse zu FU<sub>4a</sub> und FU<sub>2a</sub>/FU<sub>2b</sub> betonen soziale Interaktion, Feedback und strukturierter Kooperation als Mechanismen bzw. Effektbedingungen (Anhang A-9-FU<sub>4a</sub>, A-9-FU<sub>2a</sub>, A-9-FU<sub>2b</sub>). Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) zeigt zugleich, dass Rezeptionszonen (z.B. Video/Leitfragen) die Auf-

merksamkeit dominieren können und Handlungsangebote nur dann zuverlässig folgen, wenn sie unmittelbar gekoppelt sind (Kapitel 5.3.6; Anhang A-7). Die Umfragewerte (Hanisch-Johannsen, 2025f) zu Diskussion/Austausch und Kollaboration liegen überwiegend im neutralen Bereich (Anhang A-12, Items Q04 und Q05). Daraus folgt die Hypothese, dass soziale Funktionen zwar vorhanden sein können, aber ohne lokal sichtbare Trigger (räumliche Kopplung, klare Affordanzen) nicht stabil in Lernhandlungen überführt werden.

Prüfbarkeit ergibt sich über die Prüfung, ob Social-CTAs in den Visualisierungen tatsächlich in der Nähe der Rezeptionsanker liegen und ob dies mit höheren Interaktionsbewertungen korrespondiert (Anhang A-12).

NH<sub>2</sub>: Personalisierung bleibt subjektiv „unsichtbar“, wenn Filterzustände nicht handlungsleitend sind.

Die P-QIA-Ergebnisse zu FU<sub>2a</sub>/FU<sub>4a</sub> machen Passung, Selbststeuerung und Personalisierung als wiederkehrende Bedingung wirksamer Lernprozesse sichtbar (Anhang A-9-FU<sub>2a</sub>, A-9-FU<sub>4a</sub>). Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) zeigt bei filter-/kartenbasierten Oberflächen häufig eine „above-the-fold“-Dominanz und peripher bleibende Bereiche, was nahelegt, dass Steuerungsoptionen zwar wahrgenommen, aber nicht zwingend als wirksam erlebt werden (Anhang A-7). Parallel fällt die Umfragebewertung (Hanisch-Johannsen, 2025f) zur Adaptivität niedrig aus (Anhang A-12, Item Q10). Daraus folgt die Hypothese, dass Personalisierungsfunktionen erst dann als Adaptivität erlebt werden, wenn ihr Zustand und Ergebnis unmittelbar sichtbar und handlungsleitend ist (z.B. klare Rückmeldung „Filter wirkt“ und reduzierte Wahlkomplexität). Prüfbarkeit ergibt sich über den Vergleich von filterzentrierten Blickstarts, der tatsächlichen Bündelung der Exploration und den Adaptivitätsurteilen (Anhang A-12).

NH<sub>3</sub>: Feedbackqualität wird primär durch Prozessqualität bestimmt, nicht durch UI-Sichtbarkeit.

Die P-QIA-Ergebnisse zu FU<sub>2a</sub> und FU<sub>6</sub> verorten Effekte von Feedback in seiner Qualität, Verlässlichkeit und organisatorischen Einbettung (Anhang A-9-FU<sub>2a</sub>, A-9-FU<sub>6</sub>). Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) kann Sichtbarkeit und Ankerbildung von Status-/Feedbackelementen rekonstruieren, liefert aber keine direkte Aussage zur inhaltlichen Qualität des Feedbacks (Kapitel 5.3.6; Anhang A-7). Die Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f) zeigt zugleich eher niedrige Werte für zeitnahe/hilfreiches Feedback (Anhang A-12, Item Q07), was nahelegt, dass sichtbare Statusanzeigen allein nicht ausreichen. Daraus folgt die Hypothese, dass UI-Sichtbarkeit von Feedback nur dann positiv wirkt, wenn die zugrunde liegende Feedbackpraxis (Timing, Spezifität, Dosierung) didaktisch konsistent realisiert ist. Prüfbarkeit entsteht über die kombinierte Analyse: (a) Sichtbarkeits-/Ankerindikatoren in den Visualisierungen und (b) Umfrageurteile zu Feedback, flankiert durch die FU-Verdichtungen zu Prozess-/Kulturbedingungen (Anhang A-9).

## 6 Diskussion

Das Kapitel diskutiert die Ergebnisse im Lichte der theoretischen Grundlagen und der Forschungsfragen. Struktur gemäß den Arbeitsnotizen:

Für die innere Konsistenz der Diskussion wird ein evaluatives Raster zugrunde gelegt, das die in den Kapiteln 2–5 rekonstruierten Wirkdimensionen des digitalen Bildungsraums entlang tragfähiger Stärken, sichtbarer Begrenzungen, daraus erwachsender Gestaltungsoptionen und vulnerabler Zonen betrachtet. Dieses Raster nimmt zur schematischen Anwendung klassischer SWOT-Modelle weiterführend deren analytische Logik der Spannungsverhältnisse auf und überführt sie in eine forschungsfragengeleitete, systemisch angelegte Betrachtung des Wirkgefüges (i.A.a. (Hanisch, 2017; Hogan & Brachmann, 2009; Wollny & Paul, 2015)). Kapitel 6 entfaltet die Forschungsunterfragen vor diesem Hintergrund als beschreibende Interdependenzfelder:

- was trägt,
- was begrenzt,
- was lässt sich gestalten und
- wo werden Risiken beziehungsweise Verletzlichkeiten

des digitalen Bildungsraums sichtbar.

### 6.1 Rückbindung an die Forschungsfragen

- Interpretation der Befunde entlang der Kernbereiche aus Kapitel 5.
- Einordnung, inwieweit jede Forschungsunterfrage beantwortet wurde.

### 6.2 Theoretische Implikationen

- Beitrag zur bildungswissenschaftlichen Theorieentwicklung (z.B. systemisch-konstruktivistische Perspektive, digitale Bildung).
- Rückbindung an 2 (Theorie) und 3 (Forschungsgegenstand).

#todo (#12) Abschnitt ergänzen, der den Beitrag der Arbeit zur Strukturierung des Forschungsfeldes (Zeitreihe, Cluster-/Netzwerkanalysen, systemische Forschungslücke) als theoretisch-methodische Leistung bündelt.

### 6.3 Praktische und gestalterische Implikationen

- Konsequenzen für die didaktische und operative Gestaltung von Learning Management System (LMS).
- Hinweise für Lehrpraxis, Kompetenzförderung und technologische Entwicklung.
- Die Ergebnisse des Eye-Tracking-Versuchs (Hanisch-Johannsen, 2025e) verdeutlichen, dass die Gestaltung des Learning Management Systems (LMS) nicht neutral wirkt; sie beeinflusst die visuelle Orientierung der Lernenden systematisch. Die drei Visualisierungstypen (Heatmap, Viewmap, Fog-View) zeigen im Zusammenspiel, dass Novices häufig diffuse Suchmuster und breit gestreute Fixationen aufweisen, was auf eine erhöhte extrinsische kognitive Belastung hindeutet. Fortgeschrittene Lernende beginnen, Blickpfade zu strukturieren und funktionale Zonen (z. B. relevante EKG-Segmente oder Antwortoptionen) differenzierter zu nutzen, während der dritte Ausbildungsjahrgang hochökonomische, zielgerichtete Fixationsmuster zeigt. Diese Expertisegradienten belegen, dass die UI-Gestaltung die Relevanzzuweisung und Orientierung maßgeblich steuert. Identifizierte Hotspots und Coldspots verweisen auf funktionale und dysfunktionale Bereiche der Oberfläche: So werden diagnostisch zentrale Zonen zunehmend zuverlässig fixiert, während irrelevante Layoutbereiche im höheren Ausbildungsstand

systematisch ausgeblendet werden. Gestalterisch folgen daraus konkrete Hinweise: verstärkte Salienzsteuerung für novice Lernende, Reduktion potenzieller Ablenkungsquellen, adaptive Platzierung zentraler UI-Elemente sowie eine stärker Expertise-adaptive UI-Logik. Die Befunde stützen damit FU4b empirisch und situieren das LMS als aktives gestaltendes Element eines digitalen Bildungsraums.

### 6.3.1 Interdependente Wirkgefüge als theoretischer Erweiterungsrahmen

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass digitale Bildungsräume sich kaum als neutrale Container fassen lassen. Sie erscheinen als Wirkgefüge, deren Effekte sich entlang positiver und negativer Wirkungswahrscheinlichkeiten entfalten. Aufbauend auf den theoretischen Vorarbeiten der Kapitel 2 und 3 wird hier ein konzeptueller Rahmen ergänzt, der das Zusammenspiel dieser Wirkpfade als *Interdependenz* versteht und die Vorbereitung für das manifestartige Schlusskapitel (Kapitel 7) leistet.

Dieser interdependente Zugriff ergänzt die Betrachtung des digitalen Bildungsraums um eine strukturelle Tiefendimension: Das LMS wirkt nicht einseitig; es eröffnet einen systemischen Möglichkeitsraum, in dem konstruktive und dysfunktionale Effekte untrennbar miteinander verschränkt sind. Das Wirkgefüge entsteht durch diese Differenzform – nicht durch die Dominanz eines der beiden Pole.

Ein zentraler begrifflicher Schritt besteht darin, den systemtheoretischen Grundbegriff der Interdependenz der Wirkgefügewahrscheinlichkeiten in den Mittelpunkt zu stellen. Dieser Begriff ist

- systemtheoretisch exakt (Luhmann, jedoch in dieser Form nicht operationalisiert),
- nicht dualistisch,
- nicht esoterisch,
- nicht moralisch,
- nicht normativ,
- strukturell, relationell, formal und anschlussfähig.

Im Fokus steht die Beschreibung eines Interdependenzgefüges, in dem positive und negative Wirkungswahrscheinlichkeiten sich gegenseitig ermöglichen, begrenzen, stabilisieren, irritieren und hervorbringen. Damit entsteht eine wissenschaftliche Grundlage, die an luhmannschen Denkkategorien anschließt und für den Kontext digitaler Bildungsräume weiterentwickelt wird.

#### 6.3.1.1 Rechnerische Spur: Kopplungsindikatorik aus Unsicherheiten

Der interdependente Rahmen bleibt zunächst konzeptuell. Eine ergänzende Perspektive entsteht dort, wo die in Kapitel 5 rekonstruierten Unsicherheiten als Kopplungsphänomene explizit geführt und in eine Zeitlogik übersetzt werden. Die Leitidee ist eine „rechnerische Spur“: Aus Befundmustern werden Unsicherheitsquellen extrahiert, theoriegeleitet gebündelt und im Modell als dynamische Größen fortgeschrieben (vgl. Abschnitt 4.4).

Die Anbindung an Pädagogische Psychologie erfolgt über die Trägervariablen des psychischen Systems: Bedürfnisse, Emotionen, Neugier und persönliche Ereignisse strukturieren, ob Lernende im digitalen Bildungsraum in Handlung bleiben, abreißen oder regenerieren (Abschnitt 2.1; Abschnitt 2.1.3; Abschnitt 2.1.4). In dieser Lesart markieren die Ergebnisse aus Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) und Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f) (Kapitel 5; Anhang A-7 und A-12) jene Stellen, an denen Unsicherheit in Orientierung, Auswahl und Rückmeldung sichtbar wird: als Orientierungs-/Handlungsbrüche, als Verzögerung der Überleitung, als Ambiguität in Feedback- und Bewertungslogiken oder als Diskrepanz zwischen beobachtetem Nutzungsvollzug und Selbstauskunft.

Diese Unsicherheitsquellen werden im Modell in zwei Grundgrößen gebündelt: eine kognitive Unsicherheit  $\Delta K(t)$  und eine emotionale Unsicherheit  $\Delta E(t)$  (Abschnitt 4.4.3). Daraus ergeben sich Bildungswirkfaktor und Bildungswirkindikator als Kopplungsindikatorik (Gl.~(3) und Gl.~(4)). Sie haben den Status modellinterner Indikatoren; sie markieren Kippstellen und Stabilisierungsmuster als Zeitfenster:  $\nu(t)$  als Verdichtung der

Dynamik,  $\iota(t)$  als Veränderungsrate dieser Verdichtung. Der zusätzliche Unsicherheitswert  $C$  (Gl.~(5)) dient als Hilfsgröße, um die Kopplungsnähe zwischen  $\Delta E$  und  $\Delta K$  im Modell abzuschätzen.

Eine zentrale Anschlussstelle an die pädagogisch-psychologische Ebene bildet die Dynamik von Neugier und Motivation: Sie konkretisiert, dass „Trägervariablen“ nicht als statische Dispositionen geführt werden, sondern als zeitliche Prozesse, die die Schleifen von Orientierung, Handlung und Rückmeldung tragen oder unterbrechen (vgl. Abb. 22).

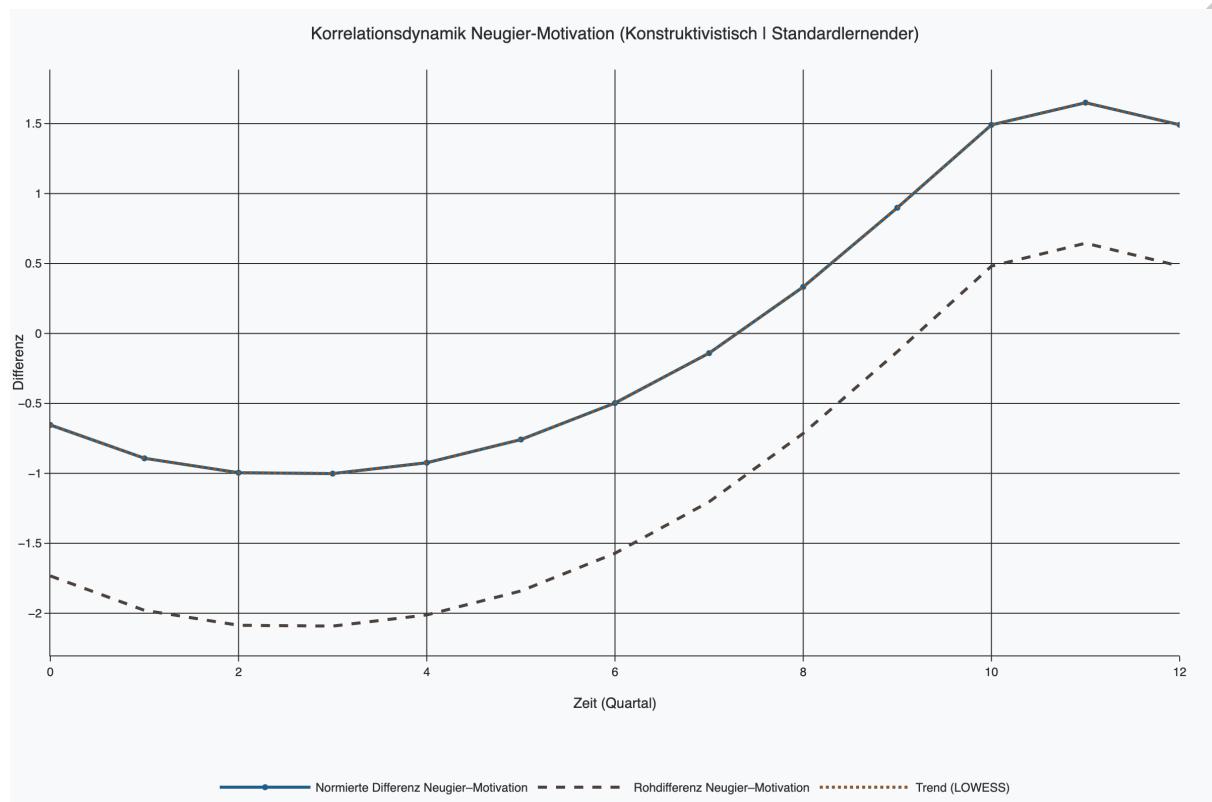


Figure 22: Korrelationsdynamik Neugier-Motivation als Prozessspur über die Quartale (Beispiel: konstruktivistischer „Standardlernender“).

Dargestellt sind Roh- und normierte Differenzen sowie ein geglätteter Trend. Die Kurven markieren Phasen, in denen sich Neugier und Motivation im Modell stärker koppeln oder auseinanderlaufen.

#### Grundarchitektur der Wirkdimensionen (Startpunkt für die Interdependenz)

Die Interdependenz-Thesen bauen auf wiederkehrenden Wirkdimensionen, die in den Kapiteln 2–5 empirisch und theoretisch belegt sind: Sichtbarkeit/Transparenz, Strukturierung/Entlastung, Rückkopplung/Feedback, Steuerung/Agency, Lernort-Kohärenz/Transfer, Zeit/Verfügbarkeit, Interaktion/Kollaboration, Salienz vs. Funktion, Expertise-Adaptivität, Reflexivität/Evaluation, Kompetenzarena/Handlungsfähigkeit, Vertrauensbildung/Sichtbarkeit. Diese Dimensionen sind die Basiselemente, aus denen positive und negative Wirkungswahrscheinlichkeiten abgeleitet und verschränkt werden.

##### 1. Was Interdependenz systemtheoretisch bedeutet

Interdependenz meint weder Gleichgewicht noch Harmonie. Gemeint ist die strukturelle Kopplung zweier unterschiedlicher, aber wechselseitig notwendiger Operationen oder Zustände, die nur im Verhältnis zueinander Sinn ergeben: positive Wirkgefügewahrscheinlichkeiten und negative Wirkgefügewahrscheinlichkeiten. Sie sind wechselseitig bedingt und strukturell abhängig. Sie bilden das Interdependenzgefüge des digitalen Bildungsraums. Damit entsteht eine ontologisch saubere Struktur: Der digitale Bildungsraum ist als Interdependenz beider Wirkgefügestrukturen fassbar; zusammen konstituieren sie das Wirkgefüge als Ganzes. Diese Interdependenz ist kein Add-on – sie ist das Wirkgefüge.

## 2. Warum das keine bloße Opposition ist

Interdependenz heißt systemtheoretisch: A kann ohne B nicht verstanden werden, B kann ohne A nicht existieren, die Grenze zwischen A und B ist nur funktional, und die Beziehung erzeugt eine operative Einheit. Das löst das Dilemma, keinen Gegenpol oder Kampfbegriff zu setzen, sondern ein Wirkgefüge zu beschreiben, dessen interne Differenzen sich wechselseitig bedingen.

## 3. Was daraus für das Modell entsteht

Das Wirkgefüge des digitalen Bildungsraums ist die Interdependenz positiver und negativer Wirkgefügewahrscheinlichkeiten. Beides sind keine moralischen Zustände, keine Werturteile, keine politischen Positionen, keine pädagogischen Ideale, sondern unterschiedliche Formen wirkender Wahrscheinlichkeit, die sich strukturell bedingen, damit das System überhaupt als Wirkgefüge beobachtbar wird.

## 4. Wie sich der Ansatz verortet

Luhmann beschreibt Interdependenz, aber nicht auf Wirkgefüge bezogen, nicht im Kontext digitaler Lernarchitekturen, nicht als duale Wirkungswahrscheinlichkeiten, nicht als epistemische Grundstruktur digitaler Räume und nicht in einem systemisch-epistemischen Modell von Moodle-Architekturen. Der Schritt hier besteht darin, ein luhmannianisches Strukturprinzip in ein operatives epistemisches Modell zu überführen, das für die Analyse digitaler Bildungsräume im vorliegenden Kontext anschlussfähig und spezifisch ausbuchstabiert wird.

## 5. Wie weitergedacht werden kann

Vorschlag für die nächsten Schritte:

- Dimensionen des Wirkgefüges aus dem Exposé extrahieren (z. B. Orientierung, Rückkopplung, Transparenz, Steuerung, Agency/Macht, Strukturierung, Entlastung, Reflexivität, Kognition/Handlungskopplung).
- Für jede Dimension formulieren: a) positive Wirkgefügewahrscheinlichkeit, b) negative Wirkgefügewahrscheinlichkeit, c) Interdependenzformel, die beide verbindet. Beispiel: Transparenz (+) ermöglicht Orientierung; Übertransparenz (-) erzeugt Überwachung; Orientierung existiert nur, weil Sichtbarkeit hergestellt wird, und Sichtbarkeit erzeugt Selektionspotenzial.
- Diese Interdependenzstrukturen bilden das Feld des digitalen Bildungsraums; entscheidend ist ihr Zusammenhang. Weiterführung (Kap. 7): siehe Issue #9 (Interdependenz-Thesen ausformulieren). #todo (#13) Wirkdimensionen (10–12) aus dem Gesamtdokument extrahieren, pro Dimension eine Interdependenzformel (Positiv/Negativ/Kopplung) entwickeln und das Grundgerüst für Kap. 7 (Manifest) daraus bauen.

## 6. Mögliche Titel für Kapitel 7

Vorschläge für das manifestartige Kapitel:

- „Interdependente Wirkgefüge: Positive und negative Wirkungswahrscheinlichkeiten im digitalen Bildungsraum“
- „Das interdependente Wirkgefüge: Zur Kopplung positiver und negativer Wirkungswahrscheinlichkeiten“
- „Interdependenz als Grundform des digitalen Bildungsraums“ Diese Titel sind wissenschaftlich, unmissverständlich, nicht esoterisch oder dualistisch und zeigen, dass das Wirkgefüge aus der Interdependenz besteht.

## 7. Ergebnis auf den Punkt gebracht

Das Modell versteht digitale Bildungsräume als Wirkgefüge, deren zentrale Struktureinheit die Interdependenz unterschiedlicher Wirkungswahrscheinlichkeiten ist. Positive und negative Wirkgefüge sind gleichberechtigt; erst ihre Interdependenz lässt den Bildungsraum als epistemische Form entstehen. Damit ist der Rahmen gesetzt, um in Kapitel 7 das Manifest nahtlos anzuschließen und in einen handlungsleitenden Orientierungsrahmen zu überführen. Damit wird die Grundlage geschaffen, Interde-

pendenz theoretisch zu beschreiben und zugleich als gestaltbare epistemische Infrastruktur digitaler Bildungsräume zu denken.

#### 6.4 Methodische Reflexion und Limitationen

- Bewertung der eingesetzten Methoden (Kapitel 4) und ihrer Grenzen.
- Diskurs über Validität, Reliabilität und Generalisierbarkeit der Befunde.

#todo (#14) In einem Unterabschnitt explizit den methodischen Mehrwert der entwickelten Literaturpipeline (systematische Suche, Tagging, KI-Unterstützung, mdaCV) gegenüber klassischen Reviews herausarbeiten und als eigenständigen Beitrag der Dissertation markieren.

Die Eye-Tracking-Daten (Hanisch-Johannsen, 2025e) markieren innerhalb des Methodenensembles eine bewusst ambivalente Position. Sie sind stark in ihrer visuellen Anschauungskraft, und gleichzeitig schwach in metrischer Präzision und Generalisierbarkeit. Die Nutzung eines webcam-basierten Systems (RealEye) und die Beschränkung auf aggregierte Bildexporte (Heatmap, Viewmap, Fog-View) begrenzen die Auflösung klassischer AOI-Kennwerte und verankern die Analyse auf der Ebene qualitativ interpretierter Fixationsmuster. Diese Begrenzung ist FU-geleitet. Primär stützt das Eye-Tracking FU4b, indem es technisch-gestalterische Mechanismen des LMS im digitalen Bildungsraum sichtbar macht; sekundär verschränkt es FU1 und FU2, indem subjektive Einschätzungen zu Struktur, Nützlichkeit und Interaktionsmöglichkeiten mit den beobachteten Aufmerksamkeitsverteilungen gespiegelt werden. Mit jeweils acht Teilnehmenden pro Ausbildungsjahr  $n_{\text{gesamt}} = 24$  bleibt die Stichprobe klein, macht jedoch die Expertisegradienten zwischen den Jahrgängen hinreichend sichtbar. Die in Abbildung 11 dokumentierte Relation zur Grundgesamtheit verdeutlicht diese Konstellation: ausreichend breit, um typische Muster entlang der FU zu rekonstruieren, bewusst zu schmal für inferenzstatistische Hypothesentests. In der Triangulation mit Literaturbefunden und Umfrageergebnissen (Hanisch-Johannsen, 2025f) entsteht daraus ein methodischer Zwischenraum, in dem die Eye-Tracking-Daten als qualitative, visuell verdichtete Spur fungieren, die die forschungsfragengeleitete Argumentation stützt, ohne ihren Geltungsanspruch zu überdehnen.

Restrisiko betrifft Solo-Auswertung im Eye-Tracking-Datengang (Hanisch-Johannsen, 2025e). Drift über längere Serien sowie Grenzfälle bei AOI-Abgrenzung und ambigen Salienzmustern bleiben möglich. Absicherung erfolgt über fixiertes, versioniertes Entscheidungsraster, Audit Trail, Referenzstimuli und zeitversetzte Wiederholungsauswertung von Stichprobenanteil. Konfidenzmarkierung bindet Befunde an Grenzen Materialtragfähigkeit. (Döring, 2023; Kuckartz, 2018; Mayring, 2022)

Restrisiko ergibt sich aus RealEye-bedingter Kontextvariabilität. Geräteheterogenität, Licht, Kopfhaltung und Kalibrierstabilität beeinflussen Rekonstruktion. Qualitätsgates, Protokollierung und relative Interpretation begrenzen Geltungsanspruch. Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e) fungiert im Methodenensemble als visuelle Evidenzspur für technisch-gestalterische Mechanismen und Expertisegradienten, ohne Anspruch auf Effektstärken oder Kausalität. (iMotions, 2023; Kaduk et al., 2023; Lewandowska, 2020; Wisiecka et al., 2022)

#### 6.5 Ausblick und Forschungsperspektiven

- Ableitung zukünftiger Forschungsfragen.
- Hinweise auf weiterführende Studien, Umsetzungsschritte oder Transfermöglichkeiten.

## 7 Conclusio und Ausblick

### 7.1 Manifestartiger Abschluss: Interdependenz als Grundform des digitalen Bildungsraums

Dieses Schlusskapitel formuliert das Manifest des digitalen Bildungsraums als interdependentes Wirkgefüge. Es bündelt die theoretische Präzisierung aus 6.3.1 in handlungsleitenden Thesen, die den digitalen Bildungsraum als Feld gekoppelter Wirkungswahrscheinlichkeiten verstehen. Es schließt an die Forschungsfrage (Kapitel 1), die theoretischen Grundlagen (Kapitel 2), die Architektur des Forschungsgegenstands (Kapitel 3), das methodische Vorgehen (Kapitel 4) und die Ergebnisse (Kapitel 5) an. Kernannahme: Positive und negative Wirkgefügewahrscheinlichkeiten sind strukturell interdependent; sie ermöglichen, begrenzen und irritieren sich gegenseitig. Die Gestaltungsaufgabe liegt darin, diese Interdependenzen sichtbar, steuerbar und reflexiv zu machen.

#### 7.1.1 Was den digitalen Bildungsraum im Inneren zusammenhält

Frei nach Goethes *Faust*: Entscheidend ist, „was die Welt im Inneren zusammenhält“ – hier: was den digitalen Bildungsraum als Wirkgefüge stabilisiert, bevor einzelne Funktionen oder Oberflächen überhaupt als „wirksam“ erscheinen.

Im Material dieser Arbeit zeigt sich ein Dreiklang, der die Interdependenzen bündelt und als Leseanweisung für die folgenden Thesen dient (vgl. Kapitel 5 und Abschnitt 6.3.1):

- Wirkungsrahmen der Setzungen: Die in Abschnitt 1.2.1 und Abschnitt 1.2.2 formulierten Setzungen werden im Material als wiederkehrende Wirkungsbeobachtungen greifbar und in Abschnitt 5.4.1 verdichtet.
- Handlungs- und Rückkopplungsschleifen: Orientierung geht in Handlung über und Handlung erzeugt Rückmeldung; diese Schleife stabilisiert Lernpfade, kann aber ebenso übersteuern oder entkoppeln (vgl. Abschnitt 5.3.6 sowie Abschnitt 5.4.1).
- Soziale und organisationale Rahmung: Rollen, Kultur, Ressourcen und Regeln entscheiden, ob Interaktion und Feedbackpraxis tatsächlich stattfinden und damit die Kopplungen tragfähig werden (vgl. Abschnitt 5.3.8 und Abschnitt 5.3.3).

Diese drei Kopplungsformen schließen direkt an die zugrundeliegenden Vermutungen und Setzungen der Arbeit an: In Abschnitt 1.2.1 wird angenommen, dass beobachtbare Wirkung aus Gestaltung, Nutzungsdimensionen und Rückkopplungen hervorgeht; in Abschnitt 1.2.2 wird diese Lesart in eine operative Rahmung überführt. Der Dreiklang macht diese Rahmung in der Schlussverdichtung handhabbar und rahmt sie als Grundform des Wirkgefüges.

Grundarchitektur der Wirkdimensionen (als Basis für alle Thesen)

Die Manifest-Thesen verschränken systematisch folgende Dimensionen, die in Kapitel 2, Kapitel 3, Kapitel 4 und Kapitel 5 herausgearbeitet wurden: Sichtbarkeit/Transparenz, Strukturierung/Entlastung, Rückkopplung/Feedback, Steuerung/Agency, Lernort-Kohärenz/Transfer, Zeit/Verfügbarkeit, Interaktion/Kollaboration, Salienz vs. Funktion, Expertise-Adaptivität, Reflexivität/Evaluation, Kompetenzarena/Handlungsfähigkeit, Vertrauensbildung/Beobachtbarkeit. Jede These setzt bei einer dieser Dimensionen an und formuliert positive und negative Wirkungswahrscheinlichkeiten plus Kopplungssatz. Interdependenz bedeutet hier: Weder die positive noch die negative Wirkungswahrscheinlichkeit kann isoliert betrachtet werden; das Wirkgefüge entfaltet sich erst aus ihrer Kopplung.

Prämissen des Manifests

- Interdependenz: Der digitale Bildungsraum besteht aus gekoppelten positiven und negativen Wirkungswahrscheinlichkeiten; keine ist für sich allein tragfähig.
- Nicht-Normativität: Die Zuschreibungen sind strukturell; sie beschreiben operative Wahrscheinlichkeiten

ten, keine Bewertungen.

- Operativität: Wirkgefüge zeigen sich in Handlungen (Orientieren, Entscheiden, Steuern) und in deren Ermöglichungs- und Störungsbedingungen.
- Gestaltung als Kopplungsarbeit: Didaktik und Technik gestalten Koppelungen zwischen Wirkungsrichtungen.

Thesen des interdependenten Wirkgefüges (Grundgerüst)

1. Sichtbarkeit/Transparenz

- (+) Sichtbarkeit erzeugt Orientierung und Anschlussfähigkeit.
- (-) Hypertransparenz erzeugt Überwachung und Selbstdisziplinierung.
- Interdependenz: Orientierung existiert nur via Sichtbarkeit; Sichtbarkeit erzeugt Selektionsmacht und Kontrollpotenzial.

2. Strukturierung/Entlastung

- (+) Strukturierende Vorgaben entlasten kognitiv und eröffnen Handlungspfade.
- (-) Überstrukturierung engt Agency ein und erzeugt Abhängigkeiten.
- Interdependenz: Entlastung bedarf Struktur; Struktur erzeugt Pfadabhängigkeit.

3. Feedback/Rückkopplung

- (+) Feedback stabilisiert Lernpfade und erhöht Selbstwirksamkeit.
- (-) Überdichte Rückkopplung kann Übersteuerung und Signalrauschen erzeugen.
- Interdependenz: Stabilität entsteht aus Rückkopplung; zu viel Rückkopplung destabilisiert Aufmerksamkeit.

4. Steuerung/Agency

- (+) Adaptive Steuerung richtet Ressourcen auf Ziele aus.
- (-) Steuerung kann zu Heteronomie und instrumentellem Verhalten führen.
- Interdependenz: Zielgerichtetheit benötigt Steuerung; Steuerung begrenzt Autonomie.

5. Reflexivität/Handlungskopplung

- (+) Reflexive Interfaces eröffnen Einsicht in eigene Lernhandlungen.
- (-) Reflexionslast kann zu Entscheidungsverzögerung oder Zynismus führen.
- Interdependenz: Reflexivität erhöht Handlungsklarheit; zu viel Reflexionsanforderung blockiert Handlung.

Diese Thesen sind exemplarisch; sie lassen sich um weitere Dimensionen (z. B. Vertrauen/Überwachung, Offenheit/Fragmentierung) ergänzen. Entscheidend ist, dass jede Dimension als Interdependenzformel ausformuliert wird: positive Wirkungswahrscheinlichkeit – negative Wirkungswahrscheinlichkeit – Kopplung, die beide notwendig miteinander verschränkt.

Gestaltungsprinzipien für das Manifest

- Kopplungsdesign: Gestaltung adressiert die Kopplung und nicht allein den positiven Zielzustand. Jede Intervention benennt explizit den intendierten positiven Effekt und den antizipierten negativen Gegeneffekt.
- Expertise-Adaptivität: Wirkungswahrscheinlichkeiten verschieben sich entlang von Expertise;

Manifest-Formulierungen markieren, für wen (Novices/Intermediates/Experts) welche Kopplung relevant ist.

- Sichtbarkeitsregeln: Transparenz wird graduell gesteuert (wann, für wen, in welcher Tiefe) und mit der Interdependenz zu Überwachung gedacht.
- Reflexive Offenlegung: Jede Gestaltung soll die eigenen Interdependenzen offenlegen (z. B. Dashboard-Hinweise „Diese Empfehlung folgt aus ... / erzeugt folgende Einschränkungen ...“).

#### Form der Manifest-Setzung

- Kurzformat (10–12 Thesen): Jede These folgt der Struktur „Dimension – positive Wirkungswahrscheinlichkeit – negative Wirkungswahrscheinlichkeit – Interdependenzsatz – Gestaltungsimpuls“.
- Langformat (Abschnittsweise Ausarbeitung): Jede Dimension erhält einen kurzen Absatz mit empirischer Verankerung (Kap. 5), theoretischer Rahmung (Kap. 2/3) und Designhinweis (Kap. 6.3).
- Scharnier zum Ausblick: Die Manifestthesen fungieren als programmatischer Orientierungsrahmen für Forschung und Praxis; der Ausblick (7.5) kann auf Forschungsdesiderate pro Dimension verweisen.  
#todo (#9) Kurzformat mit 10–12 Interdependenz-Thesen aus den genannten Dimensionen ausformulieren (Positiv/Negativ/Kopplung/Gestaltungsimpuls).

Damit liegt das Gerüst für den manifestartigen Schluss vor. Die nachfolgenden Unterkapitel (7.1–7.5) können die Thesen aufgreifen, verdichten und in Forschungs- sowie Praxisimplikationen überführen.

## 7.2 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse

### 7.2.1 Fazitformel: Was das Wirkgefüge des digitalen Bildungsraums ist

Im Ergebnis dieser Arbeit lässt sich das Wirkgefüge des digitalen Bildungsraums als ein interdependentes System beschreiben, in dem Wirkungen aus Koppelungen entstehen: zwischen didaktischer Strukturierung, technischer Architektur (LMS-Interface, Datenlogik, Steuerungsfunktionen) und sozial-organisationaler Praxis (Rollen, Regeln, Ressourcen, Kultur). Der digitale Bildungsraum ist damit als operative Ordnung zu fassen, die (a) Wahrnehmung und Orientierung strukturiert, (b) Handlungen ermöglicht und begrenzt, (c) Rückkopplung organisiert und (d) diese Rückkopplung wiederum in Steuerungsentscheidungen und Lernpfade einspeist. Genau diese Kopplungsstruktur wird in den Ergebnissen als wiederkehrendes Muster sichtbar (vgl. Kapitel 5) und in Abschnitt 6.3.1 als Interdependenzformel präzisiert.

Diese Verdichtung antwortet damit direkt auf die Forschungsfrage (Kapitel 1): Der Forschungsgegenstand zeigt sich als Wirkgefüge, dessen Stabilität und Störanfälligkeit an die Koppelung von Sichtbarkeit, Struktur, Rückkopplung, Steuerung und Rahmung gebunden ist.

### 7.2.2 Wie diese Verdichtung in der Arbeit hergeleitet wird

Die Herleitung folgt der Logik des Gesamtaufbaus:

1. Begriffliche und theoretische Rahmung: Kapitel 2 legt die systemisch-konstruktivistische Perspektive und die Dynamik des Bildungswirkgefüges als Bezugsrahmen an (Abschnitt 2.2.2; Abschnitt 2.5). Damit wird der Fokus auf Koppelungen, Rückkopplung und Systementkopplungen als zentrale Erklärungseinheiten vorbereitet (Abschnitt 2.5.3).
2. Architektur des Forschungsgegenstands: Kapitel 3 beschreibt den digitalen Bildungsraum als konkreten, strukturierten Gegenstand (LMS-Architektur, didaktische Einbettung, organisatorische Einbindung) und macht damit sichtbar, welche Ebenen empirisch überhaupt beobachtbar sind (Kapitel 3).
3. Methodische Übersetzung in Analyseordnungen und Triangulation: Kapitel 4 operationalisiert den Zugriff über Analysen erster bis dritter Ordnung sowie über die Spiegelung in Nutzungsvollzug (Eye-Tracking (Hanisch-Johannsen, 2025e)) und Akteur\*innenperspektive (Umfrage (Hanisch-Johannsen, 2025f)) (Abschnitt 4.3.1; Abschnitt 4.2.4; Abschnitt 4.2.5; Abschnitt 4.3.9). Damit ist metho-

- disch festgelegt, wie Koppelungen sichtbar werden: als verdichtete Muster im Literaturkorpus, als beobachtbare Orientierungs-/Handlungsspuren und als berichtete Wirkungsdimensionen.
4. Empirische Verdichtung und Hypothesenbildung: Kapitel 5 beantwortet die Forschungsunterfragen entlang der Kernbereiche und führt die Triangulation in Arbeitshypothesen über (Abschnitt 5.3; Abschnitt 5.4.1). Kapitel 6 prüft diese Verdichtung als Interdependenzargumentation und klärt, weshalb positive und negative Wirkungsrichtungen strukturell gekoppelt sind (Abschnitt 6.3.1).
  5. Rechnerische Spur der Kopplungsdynamik: Ergänzend wird in Abschnitt 6.3.1 eine Kopplungsindikatorik eingeführt, die Unsicherheiten aus den Ergebnissen in eine Zeitlogik überführt. Diese Indikatorik (vgl. Abschnitt 4.4.3) erhebt keinen empirischen Messanspruch; sie dient als formalisierte Verdichtung, um Kippstellen und Stabilisierung als modellinterne Spur darstellbar zu machen.

### 7.2.3 Empirische Verdichtung entlang der Forschungsunterfragen

Die Ergebnisse machen das Wirkgefüge sichtbar, indem sie wiederkehrende Koppelungen pro Kernbereich rekonstruieren:

(a) Kernarchitektur: Merkmale, Mechanismen, Grenzen

FU<sub>3</sub> rekonstruiert die didaktisch-technologischen Merkmale als Bedingungsgefüge: Strukturierung, Navigation, Zugänglichkeit, Einbettung in Lehr-Lern-Prozesse und die Qualitätssicherung über Daten und Feedback werden als tragende Dimensionen sichtbar (Abschnitt 5.3.1). FU<sub>4a</sub> präzisiert Mechanismen als bildungswissenschaftliche Handlungs- und Interaktionslogiken (z. B. Kooperationsskripts, Selbstregulation, formative Rückkopplung, Kultur- und Kontextpassung), die in digitalen Bildungsräumen als Stabilisierungseinheiten wirken (Abschnitt 5.3.2). FU<sub>5</sub> zeigt die Grenzen dieser Architektur als Interdependenzen: dieselben Strukturen, die Entlastung und Reichweite ermöglichen, können Übersteuerung, Abhängigkeit, Ungleichheit oder Belastung mitführen, sofern Rahmung und Support nicht tragfähig sind (Abschnitt 5.3.3).

Diese drei Ergebnisseebenen bilden gemeinsam die Grundlage dafür, das Wirkgefüge als Koppelung von Strukturierung/Entlastung, Sichtbarkeit/Transparenz und Rückkopplung/Steuerung zu fassen (vgl. Abschnitt 7.0).

(b) Nutzungsvollzug: Orientierung, Effekte, technisch-gestalterische Koppelungen

FU<sub>1</sub> zeigt Akzeptanz als gekoppeltes Urteil: Nutzbarkeit, Verlässlichkeit, Zugriff und wahrgenommene Passung entscheiden darüber, ob Angebote als anschlussfähig erlebt werden (Abschnitt 5.3.4). FU<sub>2a</sub> rekonstruiert Effekte auf Lernende als abhängig von didaktischer Strukturierung, Feedbackpraxis, Interaktionsformaten und der Einbettung in konkrete Lernprozesse (Abschnitt 5.3.5). FU<sub>4b</sub> ergänzt die Wirkungsperspektive um beobachtbare Orientierungs- und Handlungsmechanismen: Sichtbarkeit, Salienz, Blickführung und Handlungsauslösung koppeln Interface-Gestaltung an Nutzungsvollzug; Überkomplexität oder unklare Affordanzen verschieben den Vollzug in orientierungsdominante Suchmuster und schwächen damit Handlungsklarheit (Abschnitt 5.3.6).

Damit wird das Wirkgefüge an einem zentralen Punkt empirisch greifbar: Wirkungsannahmen aus dem Literaturkorpus werden in Blick- und Handlungsspuren gespiegelt und über Umfrageindikatoren als Akteur\*innenurteile verdichtet (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f) (vgl. Abschnitt 4.3.9 sowie Abschnitt 5.4.1).

(c) Kompetenzorientierung: LMS als Kompetenzerwerbssystem

FU<sub>6</sub> modelliert das LMS als Kompetenzerwerbssystem, in dem Kompetenzentwicklung nur als Ergebnis gekoppelter Bedingungen plausibel wird: Infrastruktur- und Zielgruppenpassung, Steuerung über Daten/Analytics, Motivationsdynamik und Qualität der Rückkopplung wirken zusammen (Abschnitt 5.3.7). Dieser Zugriff bindet die systemische Dynamik (Kapitel 2.5) und die empirischen Befunde (Kapitel 5.3) zu einer konsistenten Wirklogik zusammen: Kompetenz erscheint als emergentes Ergebnis des Wirkgefüges, nicht als isolierter Output einzelner Features.

(d) Rollen und Strategien: Lehrendenbedingungen und Stabilisierung von Kausalannahmen

FU<sub>2b</sub> ergänzt die Verdichtung um Lehrendenbedingungen: Kompetenzanforderungen, Monitoring- und As-

sessmentpraktiken sowie Belastungs- und Entlastungsdynamiken rahmen, ob Rückkopplung tatsächlich in Handlung übersetzt wird (Abschnitt 5.3.8). FU<sub>7</sub> beschreibt Strategien, wie in komplexen digitalen Bildungsräumen plausible Ursache-Wirkungs-Aussagen stabilisiert werden können, ohne Komplexität zu unterschlagen: über klare Modellannahmen, überprüfbare Koppelungssätze und die reflektierte Verbindung von Theorie, Architektur und empirischen Beobachtungen (Abschnitt 5.3.9).

In der Summe entsteht damit ein konsistentes Bild: Das Wirkgefüge des digitalen Bildungsraums ist die Kopplungsarchitektur, die zwischen Gestaltung, Nutzung und Rahmung vermittelt, Rückkopplung organisiert und dadurch Wirkungen als Wahrscheinlichkeitsmuster stabilisiert oder destabilisiert (vgl. Abschnitt 5.4 und Abschnitt 6.3.1).

### 7.3 Theoretische Schlussfolgerungen

Die zentrale theoretische Schlussfolgerung lautet: Der digitale Bildungsraum ist angemessen als Wirkgefüge beschreibbar, wenn Theorie und Empirie konsequent auf Koppelungen, Rückkopplung und Interdependenzen ausgerichtet werden. Kapitel 2 hat diese Perspektive vorbereitet, indem es (a) die systemisch-konstruktivistische Theorie als Grundlage der Beobachtung und Gestaltung etabliert (Abschnitt 2.2.2) und (b) die Dynamik des Bildungswirkgefüges als System mit Regeneration, Störung und Entkopplungsrisiken modelliert (Abschnitt 2.5). Kapitel 5 zeigt, dass sich diese theoretische Rahmung im Material als rekurrentes Muster bestätigt: Wirkungen treten als gekoppelte Wirkungsrichtungen auf, deren Stabilität von Strukturierung, Sichtbarkeit, Rückkopplung, Steuerung und sozial-organisationaler Einbettung abhängt (Abschnitt 5.3). Kapitel 6 präzisiert diese Einsicht als Interdependenzargumentation (Abschnitt 6.3.1).

Damit leistet die Arbeit einen Beitrag auf drei Ebenen:

- Begriffspräzisierung: „Wirkgefüge“ wird als analytischer Begriff gefasst, der Wirkungen über Koppelungen rekonstruiert und damit weder auf Technik noch auf Didaktik noch auf individuelle Einstellungen verkürzt (vgl. Abschnitt 7.1.1).
- Methodische Anschlussfähigkeit: Die Verbindung von Analyseordnungen (1.–3. Ordnung) mit empirischer Spiegelung (Eye-Tracking, Umfrage) zeigt, wie Koppelungen in unterschiedlichen Datenformen sichtbar gemacht und trianguliert werden können (Hanisch-Johannsen, 2025e, 2025f) (Abschnitt 4.3.1; Abschnitt 4.3.9).
- Theoretische Konsequenz: Interdependenz wird als Grundform digitaler Bildungsräume herausgestellt: jede positive Wirkungsrichtung trägt eine negative Gegenrichtung als strukturelle Möglichkeit mit; Gestaltung wird damit als Kopplungsarbeit beschreibbar (Abschnitt 7.0; Abschnitt 2.5.4).

Die Grundform der Interdependenz lässt sich dabei als strukturelle Kopplung im luhmannschen Sinn präzisieren: Unterschiedliche Systemlogiken werden wechselseitig anschlussfähig, ohne ihre Eigenlogik aufzugeben.

In dieser Arbeit lässt sich diese Kopplung als Dreiklang fassen:

- Sinn- und Zielkopplung (Warum): Kopplung über Sinnprogramme, die stabilisieren, worauf sich Kommunikation im Bildungsraum bezieht und wofür Entscheidungen als begründet gelten.
- Handlungs- und Rückkopplungsschleifen (Wie): Kopplung über Operationen/Anschlussfähigkeit; Interfaces, Feedback und Sichtbarkeit erzeugen rekursive Schleifen, in denen Lernen als Prozess stabilisiert wird.
- Soziale/organisationale Rahmung (Wodurch möglich): Kopplung über Rollen, Regeln und Ressourcen; sie entscheidet, welche Anschlüsse in Praxis überhaupt tragfähig werden.

Diese Perspektive erklärt, wie didaktische Sinnordnung, technische Operationslogik und organisationale Entscheidungsstrukturen aneinander anschlussfähig werden und dadurch Wirkung als Wahrscheinlichkeitsmuster hervorbringen.

### 7.3.1 Ordnungsstruktur der Schlussverdichtung

Die Kopplung von Suchergebnissen, Schlagworten, Folgen und Implikationen wird im Folgenden als strukturelle Kopplung im Sinne der Systemtheorie gefasst (vgl. Luhmann (2015); Luhmann (2018)). Die Ebenen bleiben eigenlogisch und werden wechselseitig anschlussfähig gemacht. Abbildung~23 visualisiert diese Kopplungsarchitektur und zeigt, wie die im Rahmen der Analysen erster Ordnung gewonnenen Schlagworte als Elemente der Korpusstruktur in Beziehung zur synthetischen Ebene der Folgen und zu den daraus nachgelagerten Implikationen gesetzt werden.

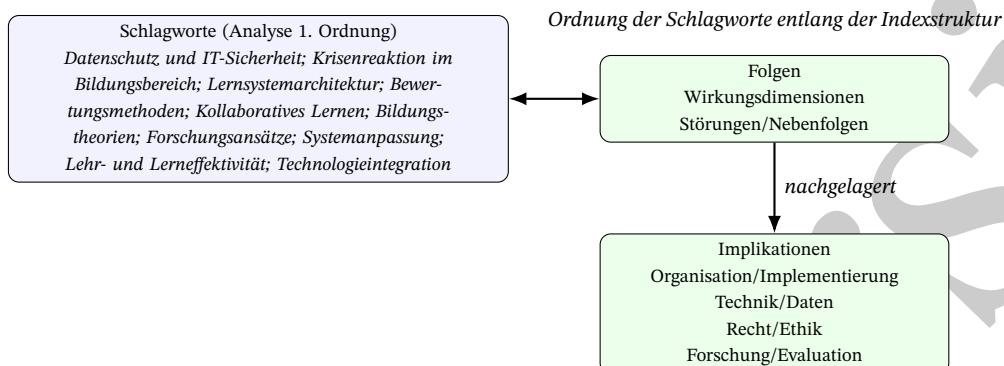


Figure 23: Kopplung von Schlagworten, Folgen und Implikationen.

Schematische Darstellung mit drei Ebenen: Schlagworte (Analyse 1. Ordnung) als Sammelkästen, daran gekoppelt die Folgen als Wirkungsdimensionen und Störungen/Nebenfolgen sowie darunter die Implikationen mit den Feldern Organisation/Implementierung, Technik/Daten, Recht/Ethik und Forschung/Evaluation.

Die in Abbildung~23 dargestellten Kopplungen sind ausdrücklich nicht kausal zu verstehen. Die Schlagworte fungieren als strukturierende Begriffsanker der Analysen erster Ordnung und markieren wiederkehrende semantische Verdichtungen im Literaturkorpus; sie stellen keine erklärenden Variablen dar, sondern dienen der begrifflichen Orientierung und der Rückbindung der Synthese an das Material. Die im Literaturkorpus sichtbar gewordenen Korrelationsmuster der Indizes dienten dabei als heuristische Orientierung (vgl. Abb.~41) (Hanisch-Johannsen, 2025d), entlang derer die empirischen Befunde zu den dargestellten Folgen zusammengeführt wurden. Implikationen sind diesen Folgen nachgelagert.

### 7.3.2 Folgerungen aus den Ergebnissen

#todo (#10) weiter mit [[Folgen.md]]

### 7.3.3 Praktische Implikationen

#todo (#11) weiter mit [[Implikationen.md]].

- Empfehlungen für die Gestaltung und Implementierung von Learning Management System (LMS).
- Hinweise für Bildungsinstitutionen und Lehrpraxis.

## 7.4 Grenzen der Arbeit

- Reflexion der größten Limitierungen und ihrer Auswirkungen.

## 7.5 Ausblick

- Perspektiven für weiterführende Forschung.
- Skizzierung möglicher Entwicklungs- und Transferpfade.

Damit schließt sich die Argumentation an den Ausgangspunkt der Arbeit an: Was in Kapitel 1 als Setzung eingeführt wurde – digitale Bildungsräume als dynamische, rückgekoppelte Ordnungen – wird hier als begründete Verdichtung des Materials ausgewiesen und in eine handlungsleitende Form überführt (vgl. Abschnitt 7.1.1).

Arbeitsversion

## Literaturverzeichnis

- Ade, Larissa, Pohlmann-Rother, Sanna, & Lange, Sarah Désirée. (2021). Kooperative Gestaltungsaufgaben am Tablet: Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtsprojekts für die Grundschule. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 42, 85–107. <https://doi.org/10/gksnx2>
- Afshar, Mohammad, Zarei, Afagh, Moghaddam, Mahdieh Rajabi, & Shoorei, Hamed. (2024). Flipped and Peer-Assisted teaching: a new model in virtual anatomy education. *BMC Medical Education*, 24(1), 722. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05697-4>
- Akinyi, Grace Leah, Oboko, Robert, & Muchemi, Lawrence. (2024). Learning Analytics Intervention Using Prompts and Feedback for Measurement of e-Learners' Socially-Shared Regulated Learning. *Electronic Journal of e-Learning*, 22(5), 103–116. <https://doi.org/10.34190/ejel.22.5.3253>
- Al Mamun, Md Abdullah, & Lawrie, Gwendolyn. (2024). Cognitive presence in learner-content interaction process: The role of scaffolding in online self-regulated learning environments. *Journal of Computers in Education*, 11(3), 791–821. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00279-7>
- Alberti, Vanessa, Strauch, Anne, & Brandt, Peter. (2022). *Digitale Kompetenzen Lehrender. Zur Möglichkeit ihrer Integration in Modelle generisch pädagogischer Kompetenzen am Beispiel von GRETA*. <https://doi.org/10/gp5j94>
- Alturkistani, Abrar, Majeed, Azeem, Car, Josip, Brindley, David, Wells, Glenn, & Meinert, Edward. (2019). Data Collection Approaches to Enable Evaluation of a Massive Open Online Course About Data Science for Continuing Education in Health Care: Case Study. *JMIR Med Educ*, 5(1), e10982. <https://doi.org/10.2196/10982>
- American Psychological Association. (2024). Style and Grammar Guidelines. In <https://apastyle.apa.org>. <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- Annemann, Christiane, Menge, Claudia, & Gerick, Julia. (2024). Beanspruchung von Lehrkräften durch digitale Medien in der Schule: Deskriptive und latente Profilanalysen. *Zeitschrift für Bildungsforschung*. <https://doi.org/10.1007/s35834-024-00435-8>
- Arnold, Rolf. (2015). *Luhmann und die Folgen. Vom Nutzen der neueren Systemtheorie für die Erwachsenenpädagogik*. <https://doi.org/10.25656/01:10517>
- Ashby, William Ross. (1978). Vielfalt. In Klaus Türk (Hrsg.), *Handlungssysteme* (1. Aufl, Bd. 35, S. 48–60). Westdeutscher Verlag.
- Asilo, Eriza C., Laranas, Jesselle S., & Decena, Fezoi Luz C. (2024). Designing Technology-Based e-Learning for Adult Education in the Philippine Agriculture Sector: The PCAARRD Advanced Learning Management System Experience. *SN Computer Science*, 5(5), 620. <https://doi.org/10.1007/s42979-024-02966-3>
- Ataei, Mostafa, Hamedani, Saeid Saffarian, & Zameni, Farshideh. (2020). Effective methods in medical education: from giving lecture to simulation. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*, 10(5), 7.
- Atif, Amara, Richards, Deborah, Liu, Danny, & Bilgin, Ayse Aysin. (2020). Perceived benefits and barriers of a prototype early alert system to detect engagement and support „at-risk“ students: The teacher perspective. *Computers & Education*, 156, 103954. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103954>
- Aubakirova, Saltanat, Kozhamzharova, Maira, Akhmetova, Gaukhar, Artykbayeva, Gulzhan, Iskakova, Zauresh, & Zhayabayeva, Ramilya. (2024). The role of Massive Open Online Courses in transforming academic education and university experience. *Education and Information Technologies*, 29(1), 991–1011. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12291-6>
- Autenrieth, Daniel, & Nickel, Stefanie. (2023). Transformationsprozesse und der Aufbau von (medialer) Gestaltungskompetenz zur nachhaltigen Entwicklung in Bildungsprozessen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 52, 108–128. <https://doi.org/10.21240/mpaed/52/2023.02.06.X>
- Babik, Dmytro, Gehringer, Edward, Kidd, Jennifer, Sunday, Kristine, Tinapple, David, & Gilbert, Steven. (2024). A systematic review of educational online peer-review and assessment systems: charting the land-

- scape. *Educational technology research and development*, 72(3), 1653–1689. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10349-x>
- Bail, Clara, Marquardt, Berit, Harth, Volker, & Mache, Stefanie. (2024). Technostresserleben in der stationären medizinischen Versorgung in deutschen und schweizerischen Kliniken: aktueller Forschungsstand. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*. <https://doi.org/10.1007/s40664-024-00542-3>
- Baraldi, Claudio, Corsi, Giancarlo, & Esposito, Elena. (2019). Operation/Beobachtung. In *GLU: Glossar zu Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme* (No. 1226; 9. Aufl., S. 123–128). Suhrkamp.
- Bastiaens, Theo J. (2017). *Gestaltung und Entwicklung von neuen Medien* [Studienbrief]. FernUniversität in Hagen, Fakultät für Kultur- und Sozialwissenschaften.
- Bauer, Elisabeth, Greiff, Samuel, Graesser, Arthur C., Scheiter, Katharina, & Sailer, Michael. (2025). Looking Beyond the Hype: Understanding the Effects of AI on Learning. *Educational Psychology Review*, 37(2), 45. <https://doi.org/10.1007/s10648-025-10020-8>
- Bertalanffy, Ludwig von. (1968). *General System Theory*. George Braziller.
- Biswas, Som S. (2023). ChatGPT for Research and Publication: A Step-by-Step Guide. *The Journal of Pediatric Pharmacology and Therapeutics*, 28(6), 576–584. <https://doi.org/10.5863/1551-6776-28.6.576>
- Bjälkebring, Pär. (2019). Math Anxiety at the University: What Forms of Teaching and Learning Statistics in Higher Education Can Help Students With Math Anxiety? *Frontiers in Education*, 4, 30. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00030>
- Blum, R. Elizabeth, Stenfors, Terese, & Palmgren, J. Per. (2020). Benefits of Massive Open Online Course Participation: Deductive Thematic Analysis. *J Med Internet Res*, 22(7), e17318. <https://doi.org/10.2196/17318>
- BMG. (2020). *Verordnung zur Sicherung der Ausbildungen in den Gesundheitsfachberufen während einer epidemischen Lage von nationaler Tragweite* (S. 1018). <https://www.gesetze-im-internet.de/epigesausbsichv/EpiGesAusbSichV.pdf>
- BMG. (2023). *Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter* (S. 4280 ff.). <https://www.gesetze-im-internet.de/notsan-aprv/NotSan-APrV.pdf>
- Brandau, Nina, & Hartong, Sigrid. (2024). Visualising the school: a critical study on co-designing a Moodle-based learning management system. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/01596306.2024.2400229>
- Brandic, Benjamin, & Wiesinger, Clemens. (2024). *Asynchroner Arbeitseinstieg: Fachliches Onboarding mithilfe eines autodidaktischen Moodle-Kurses*.
- Brandt, Jenny, & Frey, Nicolas. (o. J.). *Digitale Transformation in der medizinischen Ausbildung*.
- Bundesgesundheitsministerium. (2012). *Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter* (S. 58). [https://www.brk-schulen.de/sites/brkschulen/files/ausbildungs-und\\_pruefungsverordnung\\_fuer\\_notsan\\_entwurf\\_0\\_0.pdf](https://www.brk-schulen.de/sites/brkschulen/files/ausbildungs-und_pruefungsverordnung_fuer_notsan_entwurf_0_0.pdf)
- Bundesgesundheitsministerium. (2025). Gesundheitsberufe - Allgemein. In *Gesundheitsberufe*. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/gesundheitswesen/gesundheitsberufe/gesundheitsberufe-allgemein.html>
- Bundesrepublik Deutschland. (2023). *Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters* (S. 1348 ff.). <https://www.gesetze-im-internet.de/notsan/NotSanG.pdf>
- Buntins, Katja, Diekmann, Daniel, Klar, Maria, Rittberger, Marc, & Kerres, Michael. (2024). Material teilen? Praktiken der Entwicklung und Nutzung digitaler Unterrichtsmaterialien von Lehrpersonen an Schulen in Deutschland. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 1–33. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2024.01.10.X>
- Buseyne, Siem, Rajagopal, Kamakshi, Danquigny, Thierry, Depaepe, Fien, Heutte, Jean, & Raes, Annelies. (2023). Assessing verbal interaction of adult learners in computer-supported collaborative problem solving.

- British Journal of Educational Technology*, n/a(n/a), 1–21. <https://doi.org/10.1111/bjet.13391>
- Chairuddin, Chairuddin, Hidayat, Rahmat, Nasruddin, Nasruddin, Kadayloding, Kamaruddeen, & Toepak, Erwin Prasetya. (2024). Utilization of Quiz Kreator in Student Achievement Assessment in Elementary School. *International Journal of Language and Ubiquitous Learning*, 2(2), 314–326. <https://doi.org/10.70177/ijlul.v2i2.975>
- Chandross, David. (2020). Tripping the light fantastic, online learning, autopoiesis, and hyperreality in open gameworlds. *International Journal on Innovations in Online Education*, 4(3). <https://doi.org/10.gp6jqn>
- Chang-Tik, Chan. (2023). Collaborative spaces: investigating the relationships between students' group-based learning and lecturers' approaches. *Educational Research*, 1–19. <https://doi.org/10.gss62r>
- Chathuranga, Nirmal, Dissanayake, Pasindu, & Gunawardane, Naduni. (2024). Unveiling the perceived benefits of online learning among management undergraduates: a study in a Sri Lankan government-owned university. *Education and Information Technologies*, 29(1), 881–893. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12355-7>
- Chen, Chia-Chen, Lee, Chun-Hsiung, & Hsiao, Kuo-Lun. (2018). Comparing the determinants of non-MOOC and MOOC continuance intention in Taiwan: Effects of interactivity and openness. *Library Hi Tech*, 36(4), 705–719. <https://doi.org/10.1108/LHT-11-2016-0129>
- Chen, He-Ming, Hu, Zhong-Kai, Zheng, Xiao-Lin, Yuan, Zhao-Shun, Xu, Zhao-Bin, Yuan, Ling-Qing, Perez, Jesus Vinicio A. De, Yuan, Ke, Orcholski, Mark, & Liao, Xiao-Bo. (2013). Effectiveness of YouTube as a Source of Medical Information on Heart Transplantation. *Interact J Med Res*, 2(2), e28. <https://doi.org/10.2196/ijmr.2669>
- Chen, Jing. (2024). Effects of learning analytics-based feedback on students' self-regulated learning and academic achievement in a blended EFL course. *System*, 124, 103388. <https://doi.org/10.1016/j.system.2024.103388>
- Chen, Shin-Yun, Salcedo, Daniel, Hsiao, Bu-Yuan, Huang, Wen-Cheng, Su, Bor-Chyuan, & Horng, Jiun-Lin. (2025). Comparison of cooperative learning through use of an immersive virtual reality anatomy model and a 3D plastic anatomical model. *BMC Medical Education*, 25(1), 807. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07397-z>
- Christian, Maurer, Karsten, Rincke, & Michael, Hemmer (Hrsg.). (2021). *Fachliche Bildung und digitale Transformation - Fachdidaktische Forschung und Diskurse. Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020*. Universität. <https://doi.org/10.grstgn>
- Claflin, Suzi B., Campbell, Julie A., Doherty, Kathleen, Farrow, Maree, Bessing, Barnabas, & Taylor, Bruce V. (2021). Evaluating Course Completion, Appropriateness, and Burden in the Understanding Multiple Sclerosis Massive Open Online Course: Cohort Study. *Journal of Medical Internet Research*, 23(12), e21681. <https://doi.org/10.2196/21681>
- Compagnoni, Ilaria, & Serragiotto, Graziano. (2024). „We all contributed to tell stories to the best of our abilities“: Cooperative digital storytelling to promote students' positive interdependence in an online course of Italian as a foreign language. *E-JournALL, EuroAmerican Journal of Applied Linguistics and Languages*.
- Daas, Hanin, Arregui, María, Tarrida, Lluís Giner, Glanville, Rebecca, & Ali, Kamran. (2024). Qatar dental student perceptions of Sirona prep-check software for learning crown preparations. *BMC Medical Education*, 24(1), 1409. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06412-z>
- Dielmann, Gerd, & Malottke, Annette. (2017). *Notfallsanitätergesetz (NotSanG) und Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter (NotSan-APrV): Text und Kommentar für die Praxis*. Mabuse-Verlag.
- Dilling, Frederik, Herrmann, Marc, & Timm, David. (2023). *Argumentieren, Problemlösen & Co – Welche prozessbezogenen Kompetenzen werden durch den Einsatz digitaler Medien angesprochen?*
- Dominici, Gabriele, Barbiero, Pietro, Zarlenga, Mateo Espinosa, Termine, Alberto, Gjoreski, Martin, Marra, Giuseppe, & Langheinrich, Marc. (2024). *Causal Concept Embedding Models: Beyond Causal Opacity in*

- Deep Learning. arXiv. <http://arxiv.org/abs/2405.16507>
- Döring, Nicola. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2>
- Dyrna, Jonathan, & Günther, Franziska. (2021). Methoden, Medien oder Werkzeuge? Eine technologische Klassifizierung von digitalen Bildungsmedien. In Heinz-Werner Wollersheim, Marios Karapanos, & Norbert Pengel (Hrsg.), *Bildung in der digitalen Transformation* (S. 19–30). [https://www.pedocs.de/volltexte/2023/26615/pdf/MidW\\_78\\_Dyrna\\_Guenther\\_Methoden\\_Medien\\_oder\\_Werkzeuge.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2023/26615/pdf/MidW_78_Dyrna_Guenther_Methoden_Medien_oder_Werkzeuge.pdf)
- Egloffstein, Marc, Köbler, Kristina, & Ifenthaler, Dirk. (2024). Evidence-based development of online learning resources on Artificial Intelligence in vocational education and training: Stakeholder perspectives and implementation. *Empirische Pädagogik*, 38(1), 98–117. <https://doi.org/10.62350/DGOP8196>
- Engert, Jonas, Tecle, Nyat, Spahn, Bjoern, Backhaus, Joy, Henig, Linda, Rak, Kristen, Kraus, Fabian, Scherzad, Agmal, Ickrath, Pascal, Voelker, Johannes, König, Sarah, Hackenberg, Stephan, & Kau, Stefan. (2025). Effectiveness of Blended Learning in Teaching Basic Practical Otorhinolaryngology Skills: Pandemic Lessons and Key Influencing Factors. *The Educational Review*, 9(2), 154–163.
- Fahr, Uwe, & Riegler, Peter. (2025). Digitalisierung der Hochschullehre – Ein neues Normal?: Das bayerische Projekt NewNormal als didaktisches Entwicklungsprojekt. In Uwe Fahr & Peter Riegler (Hrsg.), *Digital gestützte Lehre* (S. 1–17). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-45215-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-45215-5_1)
- Fey, Carl-Christian, Wekerle, Christina, Beckmann, Inke, Schröder, Arne, & Kollar, Ingo. (2023). Agile Methoden in Entwicklungsprojekten zur Innovation digitaler Hochschullehre. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 18(3), 275–294. <https://doi.org/10/gs39d8>
- Fink-Heitz, Margit, Engl, Tobias, Oberhoffer, Renate, & Schulz, Thorsten. (2015). Dokumentation eines E-Learning-Szenarios mit virtueller Gruppenarbeit. *Pädagogik der Gesundheitsberufe*, 3(4), 14–39.
- Fonseca, Ana Paula, Zegers, Carolien, & Firoozi, Sara. (2024). Collaborative Learning Ecosystems: Enhancing Communities of Practice in Digital Spaces. *International Journal of Strategy and Organisational Learning*, 1(2). <https://doi.org/10.56830/IJSOL12202405>
- Frohn, Julia, & Heinrich, Martin. (2020). Schulische Bildung in Zeiten der Pandemie. *PraxisForschungLehrer\*innenBildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung*, Vol. 2 No. 6, 1–13. <https://doi.org/10/ghzqbw>
- Gachanja, Francis, Mwangi, Nyawira, & Gicheru, Wagaki. (2021). E-learning in medical education during COVID-19 pandemic: experiences of a research course at Kenya Medical Training College. *BMC Medical Education*, 21(1), 612. <https://doi.org/10/gsgh3v>
- Gerhard, Kristina, Jäger-Biela, Daniela J., & König, Johannes. (2023). Opportunities to learn, technological pedagogical knowledge, and personal factors of pre-service teachers: understanding the link between teacher education program characteristics and student teacher learning outcomes in times of digitalization. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 26(3), 653–676. <https://doi.org/10/gs39c7>
- Geyer, Barbara, & Stampfl, Rita. (2025). Wissenschaftliches Schreiben und KI. In Andreas Hebbel-Seeger (Hrsg.), *Hochschullehre lernen, verstehen und gestalten* (S. 429–444). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-48999-1\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-658-48999-1_27)
- Giannakos, Michail, Azevedo, Roger, Brusilovsky, Peter, Cukurova, Mutlu, Dimitriadis, Yannis, Hernandez-Leo, Davinia, Järvelä, Sanna, Mavrikis, Manolis, & Rienties, Bart. (2024). The promise and challenges of generative AI in education. *Behaviour & Information Technology*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2024.2394886>
- Gittinger, Micha, & Eckenbach, Tristan. (2024). Reflexion und Dokumentation des Erwerbs digitaler Kompetenzen mithilfe von E-Portfolios: Ein Ansatz zur systematischen Professionalisierung von Lehramtsstudierenden. *MedienPädagogik Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*.
- Glaserfeld, Ernst von, & Köck, Wolfram K. (2008). *Radikaler Konstruktivismus: Ideen, Ergebnisse, Probleme* (1. Aufl., [Nachdr.]). Suhrkamp.

- Go, Stefanie. (2024). Lernen im Beziehungsdreieck von Lehrkraft, Studierenden und KI: Explorative Studien. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 19(4), 95–114. <https://doi.org/10.21240/zfhe/19-4/06>
- Goldin, Shoshanna, Kong, So Yeon Joyce, Tokar, Anna, Utunen, Heini, Ndiaye, Ngouille, Bahl, Jhilmil, Appuhamy, Ranil, & Moen, Ann. (2021). Learning From a Massive Open Online COVID-19 Vaccination Training Experience: Survey Study. *JMIR Public Health and Surveillance*, 7(12), e33455. <https://doi.org/10.2196/33455>
- Gössling, Bernd. (2023). Potenziale digitaler Lerntechnologien für die betriebliche Ausbildung didaktisch erschließen. *Berufs- und Wirtschaftspädagogik - online*.
- Goswami, Lahari. (2023). Supporting Co-Regulation and Motivation in Learning Programming in Online Classrooms. 7(2).
- Gu, Yao, & Paracha, Samiullah. (2023). When Eyes Tell a Story ... An Eye-Tracking Approach Towards Creating a Fit-for-Purpose Learning Management System for Higher Education. *2023 IEEE International Conference on Development and Learning (ICDL)*, 306–311. <https://doi.org/10.1109/ICDL55364.2023.10364509>
- Habib, Armaghan, & Pius, A. (2023). Flexible Learning Approach: A Systematic Review of Pedagogical Tools for Higher Education. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10/gs28rq>
- Hagemann, Vera. (2011). *Trainingsentwicklung für High Responsibility Teams*. Universität Duisburg-Essen.
- Hagemann, Vera, Kluge, Annette, & Ritzmann, Sandrina. (2011). High Responsibility Teams – Eine systematische Analyse von Teamarbeitskontexten für einen effektiven Kompetenzerwerb. *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 4(1), 22–42.
- Haltauferheide, Joschka, Münter, Steffen, & Vollmann, Jochen. (2022). *Medizinethik und Forschendes Lernen in Onlineformaten*. 14.
- Hammarén, Mira, Pölkki, Tarja, & Kanste, Outi. (2024). The management of digital competence sharing in health care: A qualitative study of managers' and professionals' views. *Journal of Advanced Nursing*, 80(5), 2051–2064. <https://doi.org/10.1111/jan.15963>
- Handl, Gerald. (2016). „Pimp my Hygiene!“ – Lehrveranstaltungsbegleitende Praxisreflexion mit ePortfolio. *Pädagogik der Gesundheitsberufe*, 2, 7.
- Hanisch, Jochen. (2017). *Nachhaltiges Wissensmanagement durch Kollaborationstools in der rettungsdienstlichen Ausbildung: Evaluation von Einflussfaktoren am Beispiel der Sicherung selbstorganisierter Gruppenarbeitsergebnissen von Notfallsanitäter/innen*. GRIN Publishing GmbH. <https://www.grin.com/document/912021>
- Hanisch, Jochen. (2020). *Notfallsanitäter. Systemische Interventionskompetenz durch High Responsibility Teams in kritischen Situationen: Eine qualitative Inhaltsanalyse der berufsausbildenden Grundlagenliteratur*. GRIN Publishing GmbH. <https://www.grin.com/document/911994>
- Hanisch, Jochen. (2022). *Wirkgefüge im digitalem Bildungsraum: Eine Untersuchung der Merkmale, Effekte, Mechanismen und Reaktionen von Learning-Management-Systemen am Beispiel der Lehre in Gesundheitsberufen* [Exposee, Charité – Universitätsmedizin Berlin]. <https://zenodo.org/records/15980820>
- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025a). NFS-H-01: Eigenverantwortliche Maßnahmen [Learning {Management} {System} [unveröffentlichtes {Lehrmaterial}]]. In *Willkommen im b-Quadrat – Das Edulab*. <https://lernen.jochen-hanisch.de/mod/assign/view.php?id=54>
- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025b). *Systematische Literaturanalyse: Analysemodul für semantische Netzwerke und multidimensionale Visualisierung in systematischen Literaturanalyseprozessen*. b-Quadrat - Das Gitlab. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15387108>
- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025c). *Systematische Literaturanalyse: Analysemodul zur deduktiv-statistischen Clusteranalyse und bivariate Korrelation in systematischen Literaturanalyseprozessen*. b-Quadrat - Das Gitlab. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15386334>
- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025d). *Wirkgefüge im digitalen Bildungsraum – Eye-Tracking (aggregierte Heatmaps, Viewmaps, Fog-Views)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17989978>

- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025e). *Wirkgefüge im digitalen Bildungsraum – Korrelationsmatrizen (FU, Indizes, Kategorien, Suchbegriffe)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17989974>
- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025f). *Wirkgefüge im digitalen Bildungsraum – Umfrage und Analyse-Tabellen*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17988258>
- Hase, Alina, & Kuhl, Poldi. (2024). Datenbasierte Entscheidungsfindung trifft Digitalisierung – Einblicke in die prozesshafte unterrichtliche Nutzung digitaler Lerndaten durch Grundschullehrkräfte. *Zeitschrift für Bildungsforschung*. <https://doi.org/10.1007/s35834-024-00434-9>
- Hashmi, Syeda Saba, & Jan, Maryam. (2025). Exploring Cultural Diversity Awareness and Addressing Cultural Biases among Undergraduate Students in Online Learning Environments. *Journal of Communication, Language and Culture*, 5(1), 121–134. <https://doi.org/10.33093/jclc.2025.5.1.8>
- Hasselkuß, Marco, Heinemann, Anna, Endberg, Manuela, Gageik, Lisa, Ackeren, Isabell van, Kerres, Michael, Universität Duisburg-Essen. Learning Lab, & Universität Duisburg-Essen. Fakultät Für Bildungswissenschaften. Arbeitsgruppe Bildungsforschung. (2022). *Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Digitale Schulentwicklung in Netzwerken. Gelingensbedingungen schulübergreifender Kooperation bei der digitalen Transformation – DigiSchulNet*. <https://doi.org/10.17185/DUEPUBLICO/75976>
- Häusler, Anja, Römer, Sabine, & Görlich, Sarah. (2025). Nachhaltig, digital, offen – Impulse zur Konzeption eines Moodle-gestützten OER Kurses im Projekt Lehrkräfte Plus NRW. *Fremdsprachen und Hochschule*, 101, 1–24. <https://doi.org/10.46586/fuh.v.101.2025.12169>
- Heinz, Jana. (2023). Bildungsgerechtigkeit in einer digitalen Gesellschaft. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 52, 191–216. <https://doi.org/10/grsntn>
- Hellmuth, Christoph, Mundelsee, Lukas, & Jurkowski, Susanne. (2021). Soziales Lernen digital unterstützen: Wie die Klasse zu einer Gemeinschaft wird. *Pädagogik*, 6, 33–36. <https://doi.org/10.3262/PAED2106033>
- Hochholdinger, Sabine, & Beinicke, Andrea. (2002). Evaluation betrieblichen E-Learnings: Methoden und Befunde. In Andreas Hohenstein & Karl Wilbers (Hrsg.), *Handbuch E-Learning: Expertenwissen aus Wissenschaft und Praxis* (Stand: 2002).
- Hogan, B., & Brachmann, M. (2009). SWOT-Analyse einer zentralen Notaufnahme mit Analyse der Erfolgspotentiale. *Notfall + Rettungsmedizin*, 12(4), 256–260. <https://doi.org/10/ch3229>
- Hosavaranchi Puttaraju, Karthik. (2023). Augmenting Classical Strategic Tools with Artificial Intelligence: A Systematic Review of Enhanced Decision - Making Methodologies. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 12(11), 2242–2247. <https://doi.org/10.21275/SR23114091158>
- Hu, Wanqing, Gong, Rushi, Wu, Sisi, & Li, Yanyan. (2025). A conversational agent based on contingent teaching model to support collaborative learning activities: impacts on students' learning performance, self-efficacy and perceptions. *Educational technology research and development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-025-10526-6>
- Huang, Siqi, Zhang, Yuexin, & Han, Lu. (2024). Effects of cooperative learning modes on reading comprehension: general trends and comparative analysis between students with and without vision impairment. *International Journal of Inclusive Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/13603116.2024.2397460>
- Hübener, Anne-Friederike, & Ulf-Henning Willée. (2025). Trialogische Lehre in virtuellen studentischen Lernumgebungen: Neue Wege in der Hochschulausbildung für die Soziale Arbeit. In Anne-Friederike Hübener & Ulf-Henning Willée (Hrsg.), *Digitalisierung in der Hochschulbildung für Soziale Arbeit* (S. 208–225). [https://www.pedocs.de/volltexte/2025/33130/pdf/Huebener\\_Willee\\_2025\\_Trialogische\\_Lehre\\_in\\_virtuellen.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2025/33130/pdf/Huebener_Willee_2025_Trialogische_Lehre_in_virtuellen.pdf)
- Huber, Stephan Gerhard, Helm, Christoph, Günther, Paula S., Schneider, Nadine, Schwander, Marius, Pruitt, Jane, & Schneider, Julia Alexandra. (2020). COVID-19: Fernunterricht aus Sicht der Mitarbeitenden von Schulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Praxis Forschung Lehrer\*innen Bildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung.*, Vol. 2 No. 6, 27–44. <https://doi.org/10.ghzqbv>
- Huynh, Tuyen N., & Mooney, Raymond J. (2011). Online Structure Learning for Markov Logic Networks. In

- Lecture Notes in Computer Science* (S. 81–96). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-23783-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-23783-6_6)
- iMotions. (2023). *iMotions WebET 3.0: Webcam Based Eye Tracking* [Whitepaper]. iMotions Product Specialist Team.
- Janeczko, Jennifer Maria, Junker, Robin, Hörter, Philip, & Holodynki, Manfred. (2024). Förderung der professionellen Wahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen über Klassenführung mithilfe eines digitalen, videobasierten Mastery-Learning-Moduls. *Unterrichtswissenschaft*. <https://doi.org/10.1007/s42010-024-00197-2>
- Jankovski, Christopher, & Schofield, Damian. (2017). *The Eyes Have It: Using Eye Tracking Technology To Assess The Usability Of Learning Management Systems In Elementary Schools*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1034181>
- Jansen, G., Latka, E., Behrens, F., Zeiser, S., Scholz, S., Janus, S., Kinzel, K., Thaemel, D., Kottkamp, H.-W., Rehberg, S., & Borgstedt, R. (2021). Kliniksanitäter. Ein interprofessionelles Blended-Learning-Konzept zur Weiterqualifikation von Rettungsdienst- und medizinischem Personal zum Einsatz auf Intensivstationen und in Notaufnahmen während der COVID-19-Pandemie. *Der Anaesthesist*, 70(1), 13–22. <https://doi.org/10/gqcm3v>
- Jones, Sarah E., Campbell, Penny K., Kimp, Alexander J., Bennell, Kim, Foster, Nadine E., Russell, Trevor, & Hinman, Rana S. (2021). Evaluation of a Novel e-Learning Program for Physiotherapists to Manage Knee Osteoarthritis via Telehealth: Qualitative Study Nested in the PEAK (Physiotherapy Exercise and Physical Activity for Knee Osteoarthritis) Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 23(4), e25872. <https://doi.org/10.2196/25872>
- Junge, Helene, Schuster, Kerstin, Salzmann, Aline, Volz-Willems, Sara, Jäger, Johannes, & Dupont, Fabian. (2023). Anfänge von Learning Analytics in einem Blended-Learning-Curriculum für Allgemeinmedizin an der Universität des Saarlandes –ein quantitativer Überblick. *GMS Journal for Medical Education*, 40(6), 10–19.
- Kaduk, Tobiasz, Goeke, Caspar, Finger, Holger, & König, Peter. (2023). Webcam eye tracking close to laboratory standards: Comparing a new webcam-based system and the EyeLink 1000. *Behavior Research Methods*, 56(5), 5002–5022. <https://doi.org/10.3758/s13428-023-02237-8>
- Kasakowskij, Regina, & Haake, Joerg M. (2025). Supporting a bidirectional feedback process for self-assessment tasks in a digital learning environment. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00512-6>
- Katz, Aric, Tepper, Ronnie, & Shtub, Avraham. (2017). Simulation Training: Evaluating the Instructor's Contribution to a Wizard of Oz Simulator in Obstetrics and Gynecology Ultrasound Training. *JMIR Med Educ*, 3(1), e8. <https://doi.org/10.2196/mededu.6312>
- Kayi, Esinam Afi. (2024). Transitioning to blended learning during COVID-19: Exploring instructors and adult learners' experiences in three Ghanaian universities. *British Journal of Educational Technology*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/bjet.13475>
- Keller, Stefan D. (2016). E-Portfolios als Lern- und Prüfungsinstrumente in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32. <https://doi.org/10/gqcns8>
- Kerman, Nafiseh Taghizadeh, Banihashem, Seyyed Kazem, Karami, Mortaza, Er, Erkan, Van Ginkel, Stan, & Noroozi, Omid. (2024). Online peer feedback in higher education: A synthesis of the literature. *Education and Information Technologies*, 29(1), 763–813. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12273-8>
- Kirkpatrick, Donald L. (1998). *Evaluating Training Programs: The Four Levels* (Second Edition). Berrett-Koehler Publishers, Inc.
- Kleinert, Corinna, Zoch, Gundula, Vicari, Basha, & Ehlert, Martin. (2021). Work-related online learning during the COVID-19 pandemic in Germany. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*. <https://doi.org/10.1007/s40955-021-00192-5>

- Klose, Maria, Steger, Diana, Fick, Julian, & Artelt, Cordula. (2022). Decrypting Log Data: A Meta-Analysis on General Online Activity and Learning Outcome Within Digital Learning Environments. *Zeitschrift für Psychologie*, 230(1), 3–15. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000484>
- Koehler, Stefanie, & Wahl, Michael. (2021). *Empfehlung zu gendergerechter, digital barrierefreier Sprache* (S. 1–22) [Empfehlung]. Überwachungsstelle des Bundes für Barrierefreiheit von Informationstechnik. <https://www.bfit-bund.de/DE/Publikation/empfehlung-zu-gendergerechter-digital-barrierefreier-sprache-studie-koehler-wahl.pdf>
- Koh, Elizabeth, Jonathan, Christin, Lim, Fei Victor, Kadir, Munirah, & Tan, Jennifer Pei-Ling. (2023). Value and Challenges in Using a Collaborative Critical Reading and Learning Analytics System: A Cross-Case Analysis of Two High Schools. *Value and challenges in using a collaborative critical reading and learning analytics system: A cross-case analysis of two high schools*, 233–236. <https://doi.org/10.22318/cscl2023.869864>
- Koh, Joyce Hwee Ling, Daniel, Ben Kei, & Greenman, Angela C. (2023). Adaptiveness for Online Learning: Conceptualising „Online Learning Dexterity“ from Higher Education Students’ Experiences. *New Zealand Journal of Educational Studies*, 58(2), 379–397. <https://doi.org/10.1007/s40841-023-00287-2>
- Komorowski, Tim, Weiland, Meike, König, Daniel, Heimes, Lilli, Gruber, Thomai Svenja, & Heister, Michael. (2023). *Motivationen von Schülerinnen und Schülern bei der Nutzung digitaler Technologien am Lernort Berufsschule: Eine qualitative Befragung von Lehrkräften an Berufsschulen in Hamburg*. <https://doi.org/10/gsn7pj>
- Kononowicz, A. Andrzej, Berman, H. Anne, Stathakarou, Natalia, McGrath, Cormac, Barty?ski, Tomasz, Nowakowski, Piotr, Malawski, Maciej, & Zary, Nabil. (2015). Virtual Patients in a Behavioral Medicine Massive Open Online Course (MOOC): A Case-Based Analysis of Technical Capacity and User Navigation Pathways. *JMIR Medical Education*, 1(2), e8. <https://doi.org/10.2196/mededu.4394>
- Kostolányová, Kateřina, Šarmanová, Jana, & Takács, Ondřej. (2011). Adaptation of teaching process based on a students individual learning needs. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 4(1), 3–17. [www.eriesjournal.com/\\_papers/article\\_130.pdf](http://www.eriesjournal.com/_papers/article_130.pdf)
- Kuckartz, Udo. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Beltz Juventa.
- Kuckartz, Udo, & Rädiker, Stefan. (2022). Datenaufbereitung und Datenbereinigung in der qualitativen Sozialforschung. In Nina Baur & Jörg Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 501–516). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_32)
- Laubrock, Jochen, Krutz, Alexander, Nübel, Jonathan, & Spethmann, Sebastian. (2023). Gaze patterns reflect and predict expertise in dynamic echocardiographic imaging. *Journal of Medical Imaging*, 10(S1). <https://doi.org/10.1117/1.JMI.10.S1.S11906>
- Lee, Li-Ang, Chao, Yi-Ping, Huang, Chung-Guei, Fang, Ji-Tseng, Wang, Shu-Ling, Chuang, Cheng-Keng, Kang, Chung-Jan, Hsin, Li-Jen, Lin, Wan-Ni, Fang, Tuan-Jen, & Li, Hsueh-Yu. (2018). Cognitive Style and Mobile E-Learning in Emergent Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery Disorders for Millennial Undergraduate Medical Students: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*, 20(2), e56. <https://doi.org/10.2196/jmir.8987>
- Leeuw, Robert de, Scheele, Fedde, Walsh, Kieran, & Westerman, Michiel. (2019). A 9-Step Theory- and Evidence-Based Postgraduate Medical Digital Education Development Model: Empirical Development and Validation. *JMIR Med Educ*, 5(2), e13004. <https://doi.org/10.2196/13004>
- Lewandowska, Beata. (2020). *RealEye Eye-tracking system* [Technology {Whitepaper}]. <https://d48dl6cezsco5.cloudfront.net/static/doc/RealEye--+Technical+Whitepaper+v1.1.0.pdf>
- Liew, Siaw Cheok, Tan, Maw Pin, Breen, Emer, Krishnan, Kuhan, Sivarajah, Inthirani, Raviendran, Nivashinie, Aung, Thidar, Nimir, Amal, & Pallath, Vinod. (2023). Microlearning and online simulation-based virtual consultation training module for the undergraduate medical curriculum – a preliminary evaluation. *BMC*

- Medical Education*, 23(1), 796. <https://doi.org/10/gs3qff>
- Litzel, Nico, & Luber, Stefan. (2018). Was ist der k-Means-Algorithmus? In *BigData-Insider*. <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-der-k-means-algorithmus-a-734637/>
- Liverano, Giuseppe. (2024). The educational potential of collaborative writing mediated by digital technology in times of pandemic: a scoping review. *Research on Education and Media*, 16(1), 64–75. <https://doi.org/10.2478/rem-2024-0009>
- Liyanagunawardena, Rekha Tharindu, & Williams, Ann Shirley. (2016). Elderly Learners and Massive Open Online Courses: A Review. *Interact J Med Res*, 5(1), e1. <https://doi.org/10.2196/ijmr.4937>
- Loro, Felix Garcia, Gil, Rosario, Sancristobal, Elio, Merino, Pedro Plaza, Quintana, Blanca, Martin, Sergio, Casanova-Carvajal, Oscar, Miralles, Inma, Tokmakov, Dimitar, Tzanova, Slava Malenkova, Tzanova, Slavka, Meier, Russ, & Castro, Manuel. (2023). Professional On-Line Courses Inside the ECoVEM Project Following Tasks Oriented MOOCs Alike Methodology. *2023 IEEE Learning with MOOCs (LWMOOCs)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/LWMOOC58322.2023.10305888>
- Low, Andrew, & Kalender, Z. Yasemin. (2023). *Data Dialogue with ChatGPT: Using Code Interpreter to Simulate and Analyse Experimental Data*. arXiv. <http://arxiv.org/abs/2311.12415>
- Luhmann, Niklas. (2015). *Die Gesellschaft der Gesellschaft: Erster Teilband Kapitel 1-3* (10. Aufl., Bd. 1). Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas. (2018). *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie* (17. Aufl.). Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas, & Schorr, Karl-. Eberhard. (1982a). Das Technologiedefizit der Erziehung und die Pädagogik. In Niklas Luhmann & Karl-Eberhard Schorr (Hrsg.), *Zwischen Technologie und Selbstreferenz: Fragen an die Pädagogik* (1. Aufl., S. 11–40). Suhrkamp Taschenbuch Verlag.
- Luhmann, Niklas, & Schorr, Karl-Eberhard (Hrsg.). (1982b). *Zwischen Technologie und Selbstreferenz: Fragen an die Pädagogik* (1. Aufl.). Suhrkamp Taschenbuch Verlag.
- Lukaschek, Karoline, Schneider, Nico, Schelle, Mercedes, Kirk, Bak Ulrik, Eriksson, Tina, Kunnamo, Ilkka, Rochfort, Andrée, Collins, Claire, & Gensichen, Jochen. (2019). Applicability of Motivational Interviewing for Chronic Disease Management in Primary Care Following a Web-Based E-Learning Course: Cross-Sectional Study. *JMIR Ment Health*, 6(4), e12540. <https://doi.org/10.2196/12540>
- Lutz, Nadine, Dorn, Tobias, Höhl, Roman Gabriel, & Trumpa, Silke. (2023). Hochschulische Qualifizierung für die Praxisanleitung in der Pflege. *Pädagogik der Gesundheitsberufe*, 10(2), 90–100.
- Lyu, Qianru, Chen, Wenli, & Heng (John Gerard), Kok Hui. (2025). Enhancing collaborative learning in engineering classrooms: the impact of individual preparation on students' collaborative design quality and epistemic behaviours. *European Journal of Engineering Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/03043797.2025.2522283>
- Majid, Norjumaah tul Adawwiah Ab, & Judi, Hairulliza Mohamad. (2024). Promoting and Assessing Collaborative Learning using Learning Analytics in Higher Education– Overview of Drivers and Wheels. *Educatum JSMT*, 12(1).
- Mandal, Debabrata. (2024). Current trends of moocs in india: historical background, development and challenges. *The Online Journal of Distance Education and e-Learning*, 12(1).
- Maphalala, Mncedisi Christian, Mkhasebe, Rachel Gugu, & Mncube, Dumisani Wilfred. (2021). Online Learning as a Catalyst for Self-directed Learning in Universities during the COVID-19 Pandemic. *Research in Social Sciences and Technology*, 6(2), 233–248. <https://doi.org/10.46303/ressat.2021.25>
- Maula, Arini Rusydal, & Wahyuningsih, Sri. (2024, Juni). Enhancing English Proficiency Through Textual: Strategies, Challenges, And Outcomes In Online Learning. *Proceeding of Conference on English Language Teaching (CELTI) English Education Department, Faculty of Tarbiya and Teacher Training*.
- Mavroeidis, Dimitrios, & Marchiori, Elena. (2011). A Novel Stability Based Feature Selection Framework for k-means Clustering. In *Lecture Notes in Computer Science* (S. 421–436). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-23783-6\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-642-23783-6_27)

- Mayring, Philipp. (2008). Neuere Entwicklungen in der qualitativen Forschung und Qualitativen Inhaltsanalyse. In Philipp Mayring & Michaela Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (2.. neu ausgestattete Aufl., S. 7–19). Beltz Verlag. <https://books.google.de/books?id=vrkM6Z-y9S0C>
- Mayring, Philipp. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In Günther Mey & Katja Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 601–613). VS Verlag für Sozialwissenschaften | Springer Fachmedien GmbH. <https://books.google.de/books?id=JHogno56CgsC>
- Mayring, Philipp. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Aufl.). Beltz.
- Mayring, Philipp, & Fenzl, Thomas. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. In Nina Baur & Jörg Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 691–706). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_43)
- Meinert, Edward, Alturkistani, Abrar, Foley, A. Kimberley, Brindley, David, & Car, Josip. (2019). Examining Cost Measurements in Production and Delivery of Three Case Studies Using E-Learning for Applied Health Sciences: Cross-Case Synthesis. *J Med Internet Res*, 21(6), e13574. <https://doi.org/10.2196/13574>
- Mesenhöller, Janne, & Böhme, Katrin. (2024). Validierung des Onlinefragebogens zur sozialen Akzeptanz von Eltern und Lehrkräften gegenüber Künstlicher Intelligenz in der Schule (SAELKIS) und Überprüfung der Faktorstruktur. *Diagnostica*, 0012–1924/a000333. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000333>
- MGPA NRW. (2016). *Rahmenlehrplan Ausbildung zum Notfallsanitäter / zur Notfallsanitäterin in Nordrhein-Westfalen* (S. 1–46) [Curriculum]. Ministerium für Gesundheit, Emanzipation, Pflege und Alter des Landes Nordrhein-Westfalen (MGEPA NRW).
- Mikolov, Tomas, Chen, Kai, Corrado, Greg, & Dean, Jeffrey. (2013). *Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1301.3781>
- Miyamoto, Musashi. (2005). *Das Buch der fünf Ringe: Die klassische Anleitung für strategisches Handeln* (Siegfried Schaarschmidt, Übers.; Ungekürzte Neuausg., 1. Aufl). Ullstein.
- Montaner-Villalba, S. (2025, Juli). *Enhancing Written Competence in English for Specific Purposes Using Google Docs: A Study on Design Engineering Students*.
- Moodle Pty Ltd., Hillenbrand, Gisela, & Bösch, Luca. (2019). Was ist Moodle [Wikitext]. In *Was ist Moodle*. [https://docs.moodle.org/311/de/Was\\_ist\\_Moodle?](https://docs.moodle.org/311/de/Was_ist_Moodle?)
- Mtebe, Joel S. (2015). Learning Management System success: Increasing Learning Management System usage in higher education in sub-Saharan Africa. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, 11(2), 51–64.
- Naamati-Schneider, Lior, & Alt, Dorit. (2023). Enhancing collaborative learning in health management education: an investigation of Padlet-mediated interventions and the influence of flexible thinking. *BMC Medical Education*, 23(1), 846. <https://doi.org/10/gs5658>
- Neugebauer, Malte, & Frochte, Jörg. (2023). *Steigerung von Lernerfolg und Motivation durch gamifizierte Mathematik-Aufgaben in Lernmanagementsystemen*. <https://doi.org/10/gsn7n4>
- Nguyen, Hoa-Huy, Do Trung, Kien, Duc, Loc Nguyen, Hoang, Long Dang, Ba, Phong Tran, & Nguyen, Viet Anh. (2024). A model to create a personalized online course based on the student's learning styles. *Education and Information Technologies*, 29(1), 571–593. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12287-2>
- Nicklen, Peter, Keating, L. Jennifer, & Maloney, Stephen. (2016). Student Response to Remote-Online Case-Based Learning: A Qualitative Study. *JMIR Medical Education*, 2(1), e3. <http://mededu.jmir.org/2016/1/e3/>
- Nicol, David J., & Macfarlane-Dick, Debra. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199–218. <https://doi.org/10.1080/03075070600572090>
- Niehorster, Diederick C., Hessel, Roy S., & Benjamins, Jeroen S. (2020). GlassesViewer: Open-source software for viewing and analyzing data from the Tobii Pro Glasses 2 eye tracker. *Behavior Research Methods*, 52(3),

- 1244–1253. <https://doi.org/10/ggkh52>
- Nóvoa, Andrea, & Magri, Luca. (2025). Online Model Learning with Data-Assimilated Reservoir Computers. In Maciej Paszynski, Amanda S. Barnard, & Yongjie Jessica Zhang (Hrsg.), *Computational Science – ICCS 2025 Workshops* (Bd. 15910, S. 57–64). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-97567-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-97567-7_5)
- Nwosu, Nancy Nnnebuhe, & Koroye, Torupere. (2024). Digitalisation of the management and administration of nigerian educational system for effectiveness and productivity. *International Journal of Economics, Environmental Development and Society*, 5(3), 347–359.
- Ofner, Désirée Jasmin. (o. J.). *Die digitale Medienabhängigkeit im Alltag von jungen Erwachsenen* [Masterarbeit].
- Ohlbrecht, Heike. (2021). Qualitative Forschungsmethoden in der Gesundheitsförderung und Prävention. Ein Überblick. In Marlen Niederberger & Emily Finne (Hrsg.), *Forschungsmethoden in der Gesundheitsförderung und Prävention* (S. 381–404). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-31434-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-658-31434-7_14)
- Oiwa, Hidekazu, Matsushima, Shin, & Nakagawa, Hiroshi. (2011). Frequency-Aware Truncated Methods for Sparse Online Learning. In *Lecture Notes in Computer Science* (S. 533–548). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-23783-6\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-642-23783-6_34)
- Oldenburg, Ines, Hillenbrand, Clemens, & Behrens, Dorthe. (2025). Blickmuster auf ein digitalisiertes Lernmittel zum historischen Lernen im Sachunterricht der Grundschule: Eine Scanpath-Analyse. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 1–26. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2025.01.27.X>
- Oliveira, Cristina Ana, Mattos, Sandra, & Coimbra, Miguel. (2017). Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics. *JMIR Med Educ*, 3(1), e10. <https://doi.org/10.2196/mededu.5434>
- Oyekunle, David, Claude, Bah Esseme Alain, Waliu, Ajibola Olaosebikan, Adekunle, Temitope Samson, & Ugochukwu, Okwudi Matthew. (2024). Cloud based adaptive learning system: virtual reality and augmented reality assisted educational pedagogy development on clinical simulation. *Journal of Digital Health*, 49–62. <https://doi.org/10.55976/jdh.32024126849-62>
- Pan, Nancy, Sadun, Rebecca E., Lerman, Melissa A., Resnick, Cory M., Bost, James E., Stoustrup, Peter, Twilt, Marinka, Ronis, Tova, for the CARRA TMJ arthritis Workgroup, Bryant, Alex, Bloom, Holly, & Sidenstick, Kurt. (2024). A randomized controlled educational study to evaluate an e-learning module to teach the physical examination of the temporomandibular joint in juvenile idiopathic arthritis. *Pediatric Rheumatology*, 22(1), 91. <https://doi.org/10.1186/s12969-024-01026-7>
- Papoutsaki, Alexandra, Sangkloy, Patsorn, Laskey, James, Daskalova, Nediyana, Huang, Jeff, & Hays, James. (o. J.). WebGazer: Scalable Webcam Eye Tracking Using User Interactions. *Proceedings of the Twenty-Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-16)*.
- Parker, Jessica L., Richard, Veronica M., Acabá, Alexandra, Escoffier, Sierra, Flaherty, Stephen, Jablonka, Shannon, & Becker, Kimberly P. (2024). Negotiating Meaning with Machines: AI's Role in Doctoral Writing Pedagogy. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00425-x>
- Pentzold, Christian, Bischof, Andreas, & Heise, Nele (Hrsg.). (2018). *Praxis Grounded Theory: Theoriegenerierendes empirisches Forschen in medienbezogenen Lebenswelten. Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Springer VS.
- Pérez-Ortega, Joaquín, Nely Almanza-Ortega, Nelva, Vega-Villalobos, Andrea, Pazos-Rangel, Rodolfo, Zavala-Díaz, Crispín, & Martínez-Rebollar, Alicia. (2020). The K-Means Algorithm Evolution. In Keshav Sud, Pakize Erdogmus, & Seifedine Kadry (Hrsg.), *Introduction to Data Science and Machine Learning*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85447>
- Pflegekammer NRW. (2023). *Weiterbildungsordnung der Pflegekammer Nordrhein-Westfalen (Entwurf)* (S.

240).

- Platen, P., Abel, T., Friedrich, T., Kerres, M., Klose, C., Lalyko, V., Lebenstedt, M., Machanek, A., Menz, C., Ojstersek, N., Schneider, S., Wienold, K., & Wouters, E. (2003). Neue Medien in der Bildung – Neue Chancen in der Sportmedizin! spomedial – Sportmedizin interaktiv lernen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54, 361–365.
- Pratiwi, Rantian Virta Eka, Hotimah, Oot, & Sucayahanto. (2024). *Hasil Belajar Kognitif Materi Geografi Kelas X Menggunakan Model Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL)*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.12574606>
- Radović, Slaviša, Seidel, Niels, Haake, Joerg M., & Kasakowskij, Regina. (2023). Analysing students' self-assessment practice in a distance education environment: Student behaviour, accuracy, and task-related characteristics. *Journal of Computer Assisted Learning*, jcal.12907. <https://doi.org/10.1111/jcal.12907>
- Rakhlin, Alexander, & Caponnetto, Andrea. (o. J.). *Stability of K-Means Clustering*.
- Ramos, Rita C., Garcia, Primo, Roxas-Ridulme, Queenie, Cabanes, Ria Valerie, Rosario, Hanna May, Enrile, Marie Karen, De Jesus, Ronaldo, Dolliente, Cariza, & Sandoval, Adrian. (2024). Development of a Filipinized Learning Management System. *SN Computer Science*, 5(3), 275. <https://doi.org/10.1007/s42979-024-02621-x>
- Regmi, Aksara, Mao, Xuanxia, Qi, Qi, Tang, Wenjing, & Yang, Kefeng. (2024). Students' perception and self-efficacy in blended learning of medical nutrition course: a mixed-method research. *BMC Medical Education*, 24(1), 1411. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06339-5>
- Reich, Kersten. (2010). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik: Einführung in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik* (Kersten Reich & Reinhard Voß, Hrsg.; 6. Aufl.). Beltz Verlag.
- Reinders, Heinz. (2022). Überblick Forschungsmethoden. In Heinz Reinders, Dagmar Bergs-Winkels, Annette Prochnow, & Isabell Post (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung* (S. 153–159). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-27277-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-658-27277-7_9)
- Rieser, Svenja, & Adl-Amini, Katja. (2025). Gemeinsame Steuerung des Lernprozesses beim kooperativen Lernen: Eine explorative Untersuchung der Peer-Interaktionen von Grundschüler\*innen. *Zeitschrift für Grundschulforschung*. <https://doi.org/10.1007/s42278-025-00236-6>
- Ritzmann, Sandrina, Hagemann, Vera, & Kluge, Annette. (2014). The Training Evaluation Inventory (TEI) - Evaluation of Training Design and Measurement of Training Outcomes for Predicting Training Success. *Vocations and Learning*, 7(1), 41–73. <https://doi.org/10.1007/s12186-013-9106-4>
- Ritzmann, Sandrina, Hagemann, Vera, & Kluge, Annette. (2020). *TEI. Training Evaluations Inventar* (S. 1–33) [Verfahrensdokumentation]. ZPID (Leibniz Institute for Psychology) – Open Test Archive. <https://www.psycharchives.org/handle/20.500.12034/3069>
- Rodziewicz-Cybulska, Agata, Krejtz, Krzysztof, Duchowski, Andrew T., & Krejtz, Izabela. (2022). Measuring Cognitive Effort with Pupillary Activity and Fixational Eye Movements When Reading: Longitudinal Comparison of Children With and Without Primary Music Education. *2022 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3517031.3529636>
- Rohde, Angela. (2021). Lehren und Lernen in der Coronakrise: Empfehlungen für die erfolgreiche Umstellung von der Präsenz- auf die Online-Lehre. In Cansu Hattula, Julia Hilgers-Sekowsky, & Gabriele Schuster (Hrsg.), *Praxisorientierte Hochschullehre* (S. 363–377). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-32393-6\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-658-32393-6_31)
- Rosenthal, Gabriele, & Witte, Nicole. (2020). „Quanti“ und „Quali“ – zwei unversöhnliche Lager oder sich ergänzende Perspektiven? Zur Relevanz des selten und des häufig auftretenden Falls für die Forschung. In Anja Mays, André Dingelstedt, Verena Hambauer, Stephan Schlosser, Florian Berens, Jürgen Leibold, & Jan Karem Höhne (Hrsg.), *Grundlagen - Methoden - Anwendungen in den Sozialwissenschaften* (S. 197–210).

- Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-15629-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-658-15629-9_10)
- Rousseeuw, Peter J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53–65. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
- Röwert, Ronny, Watolla, Ann-Kathrin, Schütt-Sayed, Sören, & Knutzen, Sönke. (2023). *Ergebnisse der Plattformkonzeption, -entwicklung und -skalierung des digital.learning.lab : eine Bilanz zum Online-Kompetenzzentrum für Unterrichtsgestaltung in digitalen Zeiten des ITBH@TUHH*. <https://doi.org/10/g9s6t>
- Runge, Isabell, Scheiter, Katharina, Rubach, Charlott, Richter, Dirk, & Lazarides, Rebecca. (2024). Lehrkräftefortbildungen im Kontext digitaler Medien: Welche Bedeutung haben digitalbezogene Fortbildungsthemen für selbsteingeschätzte digitale Kompetenzen und selbstberichtetes digital gestütztes Unterrichtshandeln? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 27(3), 637–660. <https://doi.org/10.1007/s11618-024-01227-6>
- Sailer, Marcel, Piechnik, Lara, Bittner, Ralf, & Steiner, Barbara. (2025). Förderung der digitalen Kompetenz von Pflegenden: Assistive Technologien (AAL) in der pflegerischen Versorgung. *PADUA*, 20(2), 93–97. <https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000856>
- Sáiz Manzanares, María Consuelo, Marticorena Sánchez, Raúl, García Osorio, César Ignacio, & Díez-Pastor, José F. (2017). How Do B-Learning and Learning Patterns Influence Learning Outcomes? *Frontiers in Psychology*, 8, 745. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00745>
- Schieffner-Rohs, Mandy. (2017). Medienbildung in der Schule. Blinde Flecken und Spannungsfelder in einer Kultur der Digitalität. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 27, 153–172. <https://doi.org/10.21240/mpaed/27/2017.10.15.X>
- Schmitz-Feldhaus, Carmen. (2020). *Nicht traditionelle Studierende vs. traditionelle Studierende. Eine Onlinebefragung zum Sense of Coherence im Studium mit Fokus auf Menschen mit Beeinträchtigungen und Neue Medien*. <https://doi.org/10/grsthj>
- Schnäbelin. (2020). *Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Einsatzfähigkeit der Rettungsdienste in Nordrhein-Westfalen / Einstellung des Unterrichts an allen Schulen der Pflege- und Gesundheitsfachberufe* [Verfügung].
- Schnell, Rainer, Hill, Paul B., & Esser, Elke. (2013). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (10., überarbeitete Aufl.). Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Schulz, Florian. (2024). *Game Design im Kontext von Kunst und Kunstunterricht: digitale Spielentwicklung aus kunstpädagogischer Perspektive* [Phdthesis]. <https://publishup.uni-potsdam.de/64177>
- Sektion Medienpädagogik, DGfE. (2017). Orientierungsrahmen für die Entwicklung von Curricula für medienpädagogische Studiengänge und Studienanteile. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 1–7. <https://doi.org/10/grw338>
- Seño, Reuel Rito Narag. (2020). *The Promises and Challenges of Collaborative Online Learning towards Authentic Assessment in the Tertiary Level*.
- Seufert, Sabine, & Tarantini, Eric. (2022). Gestaltung der digitalen Transformation in Schulen: Ein Reifegradmodell für die Berufsbildung. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 49, 6.
- Sharma, Shavneet, Singh, Gurmeet, Prasad, Biman, & Hussein, Mohammed J. (2024). Identification, quality perceptions, and cultural moderators in learning management system group commitment. *Education and Information Technologies*, 29(13), 17071–17096. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12516-2>
- Shulgina, Galina, Costley, Jamie, Shcheglova, Irina, Zhang, Han, & Sedova, Natalya. (2024). Online peer editing: the influence of comments, tracked changes and perception of participation on students' writing performance. *Smart Learning Environments*, 11(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00315-8>
- Siebert, Horst. (2003). *Pädagogischer Konstruktivismus: Lernen Als Konstruktion Von Wirklichkeit* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Luchterhand.
- Siewert, Jörg. (2022). Gut unterrichten mit digitalen Medien. *Pädagogik*, 5, 6–9.

- Sims, Lisa. (2021). Learning Management Systems. In *Effective Digital Learning* (S. 33–42). Apress. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6864-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6864-3_5)
- Singh, Gurdeep. (2025). Wearable IoT (w-IoT) artificial intelligence (AI) solution for sustainable smart-healthcare. *International Journal of Information Management Data Insights*, 5(1), 100291. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2024.100291>
- Soltan, Andrew A. S., Thakur, Anshul, Yang, Jenny, Chauhan, Anoop, D'Cruz, Leon G., Dickson, Phillip, Soltan, Marina A., Thickett, David R., Eyre, David W., Zhu, Tingting, & Clifton, David A. (2024). A scalable federated learning solution for secondary care using low-cost microcomputing: privacy-preserving development and evaluation of a COVID-19 screening test in UK hospitals. *The Lancet. Digital Health*, 6(2), e93–e104. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00226-1](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00226-1)
- Sommer, Michael, Meier, Anja, Bleidorn, Jutta, & Petruschke, Inga. (2022). Entwicklung eines Blended-Learning-Moduls im PJ-Wahlfach Allgemeinmedizin. *Zeitschrift für Allgemeinmedizin*, 98(3), 94–99.
- Song, Yi, Ferretti, Ralph P., Sabatini, John, & Cui, Wenju. (2024). Insights Into Critical Discussion: Designing a Computer-Supported Collaborative Space for Middle Schoolers. *ETS Research Report Series*, ets2.12387. <https://doi.org/10.1002/ets2.12387>
- Stiller, Klaus D., & Wager, Sven. (2023). Modelling e-learning acceptance of clinical staff using the general extended technology acceptance model for e-learning. *The Online Journal of Distance Education and e-Learning*, 11(4).
- Storey, Valerie A. (2023). AI Technology and Academic Writing: Knowing and Mastering the „Craft Skills“. *International Journal of Adult Education and Technology*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.4018/IJAET.325795>
- Strasser, Alexandra, Motzett, Rudolf, & Stahl, Karsten. (2025). Kompetenz- und Bedarfsoptimierte Lehrstrategie: Digitale und analoge Lehrelemente sinnvoll verzahnen. In Uwe Fahr & Peter Riegler (Hrsg.), *Digital gestützte Lehre* (S. 45–71). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-45215-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-45215-5_3)
- Suryani, Mira, Sensuse, Dana Indra, Santoso, Harry Budi, Aji, Rizal Fathoni, Hadi, Setiawan, Suryono, Ryan Randy, & Kautsarina. (2024). An initial user model design for adaptive interface development in learning management system based on cognitive load. *Cognition, Technology & Work*, 26(4), 653–672. <https://doi.org/10.1007/s10111-024-00772-8>
- Syyntima, Kirsi, Lainema, Kirsi, & Lainema, Timo. (2024). Higher Education Students' Experiences of Game-Based Learning - Fostering and Hampering Aspects in Virtual Teamwork. *International Journal of Technology in Education*, 7(4), 754–780. <https://doi.org/10.46328/ijte.860>
- Tepgec, Mustafa, Heil, Joana, & Ifenthaler, Dirk. (2024). Feedback literacy matters: unlocking the potential of learning analytics-based feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/02602938.2024.2367587>
- The Drawbacks of K-Means Algorithm | Baeldung on Computer Science*. (2023). <https://www.baeldung.com/cs/k-means-flaws-improvements>
- Thimmappa, B. H. S. (2025). Perspectives on high-impact practices for an exciting educational experience. *The Online Journal of Distance Education and e-Learning*, 13(1).
- Tschupke, Sandra. (2021). Microteaching im digitalen Raum: Eine Chance für den Erwerb digitaler Kompetenzen in der Ausbildung von Lehrenden in den Gesundheitsberufen. *Pädagogik der Gesundheitsberufe*, 8(1), 7.
- Tudor Car, Lorainne, Kyaw, Bhone Myint, Dunleavy, Gerard, Smart, Neil A., Semwal, Monika, Rotgans, Jerome I., Low-Beer, Naomi, & Campbell, James. (2019). Digital Problem-Based Learning in Health Professions: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2), e12945. <https://doi.org/10.2196/12945>
- Ulf-Daniel Ehlers. (2013). Qualitätssicherung im E-Learning - Veränderungen durch derzeitige Technologien und Konzepte. In Martin Ebner, Sandra Schön, & Jennifer Frey (Hrsg.), *Lehrbuch für Lernen und Lehren*

- mit Technologien (L3T 2.0)* (Überarbeitete 2. Aufl., S. 1–10). <https://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/146>
- Vagt, Anika, & Kreter, Tim. (2024). Virtuelle Affekte – ein quantitativer Vergleich der erlebten Affekte von Teilnehmenden in digitalen und analogen Trainingsgruppen. *Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO)*. <https://doi.org/10.1007/s11612-024-00780-2>
- Valek, R., Wendel-Garcia, P. D., Schuepbach, R. A., Buehler, P. K., & Hofmaenner, D. A. (2023). Eye-Tracking zur Beobachtung der Einhaltung der Händehygiene auf der Intensivstation eine randomisierte Machbarkeitsstudie. *Journal of Hospital Infection*, 131, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.09.025>
- Van Der Vleuten, C. P. M., Schuwirth, L. W. T., Driessen, E. W., Dijkstra, J., Tigelaar, D., Baartman, L. K. J., & Van Tartwijk, J. (2012). A model for programmatic assessment fit for purpose. *Medical Teacher*, 34(3), 205–214. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.652239>
- Van Niekerk, Johan, Delport, Petrus M. J., & Sutherland, Iain. (2025). Addressing the use of generative AI in academic writing. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100342. <https://doi.org/10.1016/j.caei.2024.100342>
- Vedder, Jan. (2022). Fortbildungen mit Blended Learning. *Pädagogik*, 5, 28–30.
- Velan, Gary M., Jones, Philip, McNeil, H. Patrick, & Kumar, Rakesh K. (2008). Integrated online formative assessments in the biomedical sciences for medical students: benefits for learning. *BMC Medical Education*, 8(1), 52. <https://doi.org/10/fmm9r5>
- Viberg, Olga, Baars, Martine, Mello, Rafael Ferreira, Weerheim, Niels, Spikol, Daniel, Bogdan, Cristian, Gasevic, Dragan, & Paas, Fred. (2024). Exploring the nature of peer feedback: An epistemic network analysis approach. *Journal of Computer Assisted Learning*, jcal.13035. <https://doi.org/10.1111/jcal.13035>
- Volk, Benno, Lehner, Marion, & Pedrocchi, Serena. (2024). Online Blended und Online Flipped Learning. In *Bildung, Praxistransfer und Kooperation* (S. 95–118). [https://www.researchgate.net/publication/378631115\\_Online\\_Blended\\_und\\_Online\\_Flipped\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/378631115_Online_Blended_und_Online_Flipped_Learning)
- Vom Brocke, Jan, Simons, Alexander, Riemer, Kai, Niehaves, Björn, Plattfaut, Ralf, & Cleven, Anne. (2015). Standing on the Shoulders of Giants: Challenges and Recommendations of Literature Search in Information Systems Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 37. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03709>
- Wagner, Marlene, Gegenfurtner, Andreas, & Urhahne, Detlef. (2021). Effectiveness of the Flipped Classroom on Student Achievement in Secondary Education: A Meta-Analysis. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 35(1), 11–31. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000274>
- Weich, Andreas, & Hlukhovych, Adriana. (2023). *Bildungsauftrag. Was Medienwissenschaft im Kontext von Medien und Bildung tut, tun könnte und tun sollte*. <https://doi.org/10/gr6vw3>
- Weidlich, Joshua, Yau, Jane, & Kreijns, Karel. (2024). Social presence and psychological distance: A construal level account for online distance learning. *Education and Information Technologies*, 29(1), 401–423. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12289-0>
- Weihmayer, Lena Sophie, Flämig, Katja, & Groth, Katarina. (2023). Herumdoppeln oder Zuhören?: Organisationskulturelle Betrachtungen zum Einsatz digitaler Bilderbücher in der Kita. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 52, 85–107. <https://doi.org/10/grrq7b>
- Westlake, Bryce, & Mahan, Isabella. (2023). An International Survey of BDSM Practitioner Demographics: The Evolution of Purpose for, Participation in, and Engagement with, Kink Activities. *The Journal of Sex Research*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/00224499.2023.2273266>
- What is k-means clustering? | IBM. (2024). <https://www.ibm.com/think/topics/k-means-clustering>
- Wiater, Werner. (2022). Bildung: Historisch-systematische Analyse eines Leitbegriffs der deutschen Pädagogik. *Zeitschrift für Didaktik der Rechtswissenschaft*, 9(4), 249–278. <https://doi.org/10.5771/2196-7261-2022-4-249>
- Wiepke, Axel. (2022). Präsenzgefühl und Selbstwirksamkeitserwartung im VR-Klassenzimmer. *MedienPäd-*

- agogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 48, 40–51.
- Wisiecka, Katarzyna, Krejtz, Krzysztof, Krejtz, Izabela, Sromek, Damian, Cellary, Adam, Lewandowska, Beata, & Duchowski, Andrew. (2022). Comparison of Webcam and Remote Eye Tracking. *2022 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/3517031.3529615>
- Wollny, Volrad, & Paul, Herbert. (2015). Die SWOT-Analyse: Herausforderungen der Nutzung in den Sozialwissenschaften. In Marlen Niederberger & Sandra Wassermann (Hrsg.), *Methoden der Experten- und Stakeholderreinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung* (S. 189–213). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-01687-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-658-01687-6_10)
- Wut, Tai Ming, Ng, Peggy Mei-lan, & Low, Mei Peng. (2024). Engaging university students in online learning: a regional comparative study from the perspective of social presence theory. *Journal of Computers in Education*, 11(3), 763–789. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00278-8>
- Wuttke, Eveline, Seeber, Susan, Meiners, Hanna, Hartmann, Philipp, Turhan, Lütfiye, Niegemann, Helmut, Schumann, Matthias, & Geiser, Carolin. (2024). Technologiebasiertes und problemorientiertes Prüfen in kaufmännischen Berufen. *Herausforderung Lehrer\*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*, Bd. 7 Nr. 1 (2024): Herausforderung Lehrer\*innenbildungAusgabe 7. <https://doi.org/10.1576/HLZ-6733>
- Xiao, Jun, Chen, Mo, Yang, Yule, & Liu, Mengting. (2025). An exploratory multimodal study of the roles of teacher-student interaction and emotion in academic performance in online classrooms. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13426-7>
- Yan, Lixiang, Echeverria, Vanessa, Jin, Yueqiao, Fernandez-Nieto, Gloria, Zhao, Linxuan, Li, Xinyu, Alfredo, Riordan, Swiecki, Zachari, Gašević, Dragan, & Martinez-Maldonado, Roberto. (2024). Evidence-based multimodal learning analytics for feedback and reflection in collaborative learning. *British Journal of Educational Technology*, bjet.13498. <https://doi.org/10.1111/bjet.13498>
- Yang, Bo. (2024). Combining Danmaku and Discussion Boards: Toward A Scalable and Sociable Environment for Mass Collaboration in MOOCs. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 19(3), 311–339. <https://doi.org/10.1007/s11412-024-09426-3>
- Yang, Christopher C. Y., Wu, Jiun-Yu, & Ogata, Hiroaki. (2024). Learning analytics dashboard-based self-regulated learning approach for enhancing students' e-book-based blended learning. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12913-7>
- Yang, Stephen J. H., Lin, Chien-Chang, Huang, Anna Y. Q., Lu, Owen H. T., Hou, Chia-Chen, & Ogata, Hiroaki. (2023). AI and Big Data in Education: Learning Patterns Identification and Intervention Leads to Performance Enhancement. *Information and Technology in Education and Learning*, 3(1), Inv-p002-Inv-p002. <https://doi.org/10.12937/itel.3.1.Inv.p002>
- Yang, Xiaozhi, & Krajbich, Ian. (2021). Webcam-based online eye-tracking for behavioral research. *Judgment and Decision Making*, 16(6), 1485–1505. <https://doi.org/10.1017/S1930297500008512>
- Yıldız Durak, Hatice. (2024). Impact of ML-LA feedback system on learners' academic performance, engagement and behavioral patterns in online collaborative learning environments: A lag sequential analysis and Markov chain approach. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12911-9>
- Yousef, Ahmed Mohamed Fahmy, Chatti, Mohamed Amine, Schroeder, Ulrik, & Wosnitza, Marold. (2015). A usability evaluation of a blended MOOC environment: An experimental case study. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v16i2.2032>
- Zakaria, Alj, Anas, Bouayad, & Oucamah, Cherkaoui Malki Mohammed. (2022). Intelligent System for Personalised Interventions and Early Drop-out Prediction in MOOCs. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(9). <https://doi.org/10/grw337>
- Zhang, WB Melvyn, Cheok, CS Christopher, & Ho, CM Roger. (2015). Global Outreach of a Locally-Developed Mobile Phone App for Undergraduate Psychiatry Education. *JMIR Medical Education*, 1(1), e3. <https://doi.org/10.2196/medm.3430>

- bmed.ncbi.nlm.nih.gov/27731838/
- Zhang, Zhihui, & Huang, Xiaomeng. (2024). Exploring the impact of the adaptive gamified assessment on learners in blended learning. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12708-w>
- Zhou, Tian, Zhou, Xuejun, & Wang, Baozhu. (2025). Latent profiles of learning engagement and anxiety in high school students: the mediating role of academic self-efficacy. *BMC Psychology*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03114-z>
- Zhu, Chang. (2011). Online collaborative learning: Cultural differences in student satisfaction and performance. *Journal for educational research online*, 3(1), 12–28. <https://doi.org/10.25656/01:4680>

## Anhang

Der Anhang enthält ergänzende Materialien, die zur Vertiefung des Verständnisses der Arbeit beitragen, ohne den Fluss des Haupttextes zu unterbrechen.

Zur Orientierung sind die Anhänge wie folgt gegliedert:

- Analyseprompts und Auswertungslogiken: A-2, A-3, A-10
- Korpus- und Suchdokumentation: A-4, A-6, A-11, A-13
- Empirische Materialien und Ergebnisse: A-7, A-12
- P-QIA-Ergebnisse (Metaanalysen): A-9

## Verzeichnis zentraler Begriffe

Dieses Verzeichnis unterstützt die im Abschnitt Hinweis zur Begriffsbestimmung formulierte Zielsetzung: eine schnelle und gezielte Orientierung im Text. Die Begriffe sind alphabetisch sortiert und jeweils mit der Seite des ersten Auftretens verknüpft.

Table 16: Verzeichnis zentraler Begriffe

| Begriff / Schreibweise   | Beschreibung / Bedeutung   | Seite |
|--|--|-------|
| Akteure  | Lernende, Lehrende sowie organisatorische und institutionelle Einheiten, die im digitalen Bildungsraum handeln und das LMS nutzen bzw. gestalten.  | 13    |
| Ausbildungsträger  | Institution, die die Gesamtverantwortung für die Durchführung der NotSan-Ausbildung trägt und die Schule mit Koordinationsaufgaben beauftragt.   | 33    |
| Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäter:innen (NotSan-APrV) | Bundesverordnung, die Inhalte, Struktur und Prüfungsmodalitäten der Notfallsanitäter:innen-Ausbildung festlegt.  | 41    |
| Bildung  | Prozess und Ergebnis der Selbst- und Weltaneignung; hier als systemisch-konstruktiver Rahmen für Kompetenzentwicklung im digitalen Bildungsraum verstanden.  | 28    |
| Area of Interest   | Vordefinierter Bildschirmbereich zur Aggregation von Blickdaten und Interpretation von Aufmerksamkeitsmustern.   | 65    |
| Audit-Trail  | Dokumentationsspur der Analysepipeline (z.B. Prompt-Versionen, Parameterstände, Revisionen, Entscheidungslog), die Reproduzierbarkeit und Nachvollziehbarkeit in KI-gestützten Auswertungen absichert. | 95    |
| Digitaler Bildungsraum   | Gesamtheit der technisch, didaktisch und sozial gestalteten Lernumgebung, in der Lehr-, Lern- und Interaktionsprozesse digital vermittelt und organisiert werden.                                      | 12    |
| Digitaler Bildungsraum der Gesundheitsberufe                                 | Spezifische Ausprägung des digitalen Bildungsraums, in dem Lern- und Qualifizierungsprozesse für Gesundheitsberufe (z.B. Notfallsanitäter:innen) stattfinden.  | 12    |
| Digitales Bildungswirkgefüge   | Systemische Gesamtstruktur, die digitale Infrastruktur, didaktische Gestaltung und Kompetenzentwicklung zu einem Wirkzusammenhang verknüpft.   | 28    |
| Digitalität  | Modus der Vermittlung und Organisation von Kommunikation, Information und Interaktion über digitale Technologien.  | 28    |
| Embedding  | Hochdimensionale, semantische Vektorrepräsentation von Textsegmenten; bildet Ähnlichkeit im Vektorraum ab und dient als Grundlage für Clustering in P-QIA/mdaCV.                                       | 78    |
| Epistemische Verlustfunktion   | Integritätsmaß $\epsilon$ , das Clustertrennschärfe (z.B. Silhouette) mit Datenvollständigkeit koppelt und als Monitoring-Größe für datenintensive Pipelines fungiert.                                 | 82    |
| E-Portfolio  | Digitaler Sammelort für Lernprodukte, Reflexionen und Leistungsnachweise zur Dokumentation individueller Lernprozesse.   | 33    |

| Begriff / Schreibweise                                | Beschreibung / Bedeutung   | Seite |
|---|--|-------|
| EpiGesAusbSichV                                       | Verordnung zur Sicherung der Ausbildungen in den Gesundheitsfachberufen; erlaubt digitale Formate während pandemischer Lagen.  | 36    |
| Eye-Tracking  | Verfahren zur Erfassung und Auswertung von Blickbewegungen; hier webcam-basiert (RealEye) und bildbasiert ausgewertet (Heatmap, Viewmap, Fog-View).  | 51    |
| Expertisegradient                                     | Veränderung der Aufmerksamkeits- und Navigationsmuster mit wachsendem Erfahrungsstand (z.B. von breiter Suche zu zielgerichteten Scanpaths).   | 101   |
| Forschungsunterfrage                                  | Aus der Hauptforschungsfrage abgeleitete, thematisch fokussierte Teilfragen, die den Forschungsprozess strukturieren und die methodische Auswertung steuern.                                     | 23    |
| Fog-View  | Visualisierung der systematisch ignorierten UI-Zonen in der Eye-Tracking-Auswertung.   | 65    |
| Gesundheitsberufe                                     | Berufsgruppe mit Tätigkeitsfeldern im Gesundheitssektor; umfasst reglementierte Berufe mit gesetzlich geregelter Ausbildung und Prüfung.   | 11    |
| High Responsibility Teams                             | Teams in hochverantwortlichen, sicherheitskritischen Kontexten (z.B. Rettungsdienst), deren Arbeitsweise besondere Anforderungen an Ausbildung, Kompetenzentwicklung und Teaminteraktion stellt. | 12    |
| Heatmap   | Aggregierte Fixationsdichtekarte zur Identifikation visueller Hotspots und Coldspots.  | 65    |
| Handlungssituationen                                  | Standardisierte Kurseinheiten im LMS, die berufspraktische Anforderungen abbilden und curricularen Kompetenzziehen folgen.   | 36    |
| Interdependenz im Wirkgefüge                          | Wechselseitige Kopplung positiver und negativer Wirkungswahrscheinlichkeiten, die den digitalen Bildungsraum als Ganzes konstituieren.   | 107   |
| Learning-Management-System                            | Digitale Plattform zur Bereitstellung, Organisation und Unterstützung von Lehr- und Lernangeboten, inkl. Kommunikation, Materialverwaltung und Leistungsdokumentation.                           | 12    |
| Learning-Management-System als Kompetenzerwerbssystem | Perspektive auf das Learning-Management-System als Struktur, die Lern- und Kompetenzentwicklungsprozesse nicht nur unterstützt, sondern systematisch hervorbringt und stabilisiert.              | 12    |
| Kompetenzentwicklung                                  | Aufbau und Weiterentwicklung von handlungsfähigen, reflektierten Kompetenzen im digitalen Bildungsraum.  | 28    |
| Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung        | Verfahren zur statistischen Überprüfung der Stabilität und Trennschärfe von Clusterstrukturen auf Basis mehrdimensionaler Kennwerte (z.B. Silhouette-Score).                                     | 81    |
| Notfallsanitätergesetz                                | Bundesgesetz, das Ausbildung, Kompetenzen und Anerkennung der Notfallsanitäter:innen regelt; Grundlage der Ausbildungserweiterung auf drei Jahre.  | 11    |

| Begriff / Schreibweise                     | Beschreibung / Bedeutung  | Seite |
|--|---|-------|
| Notfallsanitäter:in                        | Beruf im Rettungsdienst mit dreijähriger Ausbildung und eigenständigem Kompetenzprofil; Erstnennung im Kontext des NotSanG.   | 12    |
| Curriculum Alignment                       | Passung von Lernzielen, Lehr-/Lernaktivitäten und Prüfungen zur Sicherung curricularer Kohärenz.  | 46    |
| Programmatic Assessment                    | Bewertungsansatz, der multiple Prüfungsformate systematisch auf ein Kompetenzprofil ausrichtet und über den Ausbildungszeitraum koppelt.  | 46    |
| Kirkpatrick-Modell                         | Vierstufiges Evaluationsmodell (Reaktion, Lernen, Verhalten, Ergebnisse) zur Bewertung von Trainingsprogrammen.   | 38    |
| k-means                                    | Clusteringverfahren (Lloyd-Iteration), das Datenpunkte im Vektorraum in $k$ Gruppen über Zentren (Means) partitioniert; in dieser Arbeit als heuristisches Verfahren mit Sensitivitätschecks geführt. | 78    |
| Rahmenlehrplan NRW                         | Landesrahmenplan für die Ausbildung von Notfallsanitäter:innen in Nordrhein-Westfalen; gliedert die Ausbildung in Lernfelder.   | 40    |
| Lernorttransfer                            | Gezielte Verbindung der Lernorte Schule, Lehrrettungswache und Krankenhaus zur Sicherung kohärenter Lernprozesse.   | 33    |
| Pädagogisch-psychologische Trägervariablen | Bedürfnisse, Emotionen, Neugier, biografische Ereignisse und dispositionale Merkmale, die als wirksame Faktoren das digitale Bildungswirkgefüge prägen.   | 29    |
| Scanpath                                   | Sequenzielle Folge von Blickfixationen über ein Interface oder einen Stimulus zur Analyse von Orientierungs- und Suchmustern.   | 101   |
| Silhouette-Score                           | Kennwert zur Bewertung der Clusterkohärenz und Trennschärfe im Vektorraum; dient in dieser Arbeit als Prüf- und Monitoringgröße zur Interpretation von Verdichtung vs. Drift im Literaturkorpus.      | 74    |
| Systemisch-konstruktivistische Theorie     | Lerntheoretischer Ansatz, der Wissenserwerb als aktive Konstruktion in selbstorganisierten Systemen begreift und damit Gestaltung sowie Nutzung von Bildungsräumen prägt.                             | 30    |
| Sozio-technisches Wirkgefüge               | Wechselwirkungsgefüge von digitalen Infrastrukturen, didaktischer Gestaltung und sozialen Prozessen im Bildungsraum.  | 28    |
| Systementkopplung                          | Auseinanderfallen zuvor gekoppelter Subsysteme (z.B. Kompetenzmessung und Lernaktivität) mit Risiken für die Stabilität des Bildungswirkgefüges.  | 31    |
| Training Evaluation Inventory (TEI)        | Fragebogenbasiertes Instrument zur Evaluation von Trainingsdesign und -wirkung, speziell für High-Responsibility-Kontexte validiert.  | 45    |
| Probabilistisch-Qualitative Inhaltsanalyse | Hybrides Analyseverfahren, das deduktive qualitative Inhaltsanalyse mit probabilistischer, embedding-basierter Clusterbildung kombiniert, um Textsegmente strukturiert auszuwerten.                   | 77    |

| Begriff / Schreibweise                                     | Beschreibung / Bedeutung  | Seite |
|--|---|-------|
| RealEye  | Webcam-basiertes Remote-Eye-Tracking-System; liefert aggregierte Heatmaps, Viewmaps und Fog-Views.  | 65    |
| Systemisch-forschungsfragengeleitetes Paradigma            | Hegemonistischer methodischer Ansatz, der qualitative, quantitative und simulationsbasierte Verfahren strikt an den Forschungsunterfragen koppelt und über Interdependenz, Emergenz und Rückkopplung verbindet. | 51    |
| Systemisch-konstruktivistisches Learning-Management-System | Learning-Management-System, dessen Architektur und Nutzung auf systemisch-konstruktivistischen Annahmen zu Lernen, Selbstorganisation und Wirkzusammenhängen im Bildungsraum basiert.                           | 12    |
| Technologiedefizit   | Diskrepanz zwischen technologischen Möglichkeiten und deren pädagogischer Nutzung; geht mit unterausgeschöpften Potenzialen digitaler Bildungsräume einher.   | 30    |
| Triangulation  | Systematisches Verschränken unterschiedlicher Datenquellen (z.B. Eye-Tracking und Umfrage), um Befunde wechselseitig zu validieren.   | 103   |
| Viewmap  | Sequenzielle Darstellung der Blickpfade (Orientierungswechsel, Rekursionen) über den Stimulus.  | 66    |
| Wirkdimensionen  | Wiederkehrende Gestaltungs- und Wirkungsebenen (z.B. Transparenz, Strukturierung, Rückkopplung), entlang derer positive und negative Wirkungen eines digitalen Bildungsraums beschrieben werden.                | 107   |
| Wirkgefüge   | System von Wechselwirkungen zwischen technologischen, didaktischen und sozialen Komponenten des LMS, die gemeinsam Effekte auf Lern- und Kompetenzentwicklungsprozesse erzeugen.                                | 12    |

Alphabetisches Begriffstableau als Navigationshilfe. Die Spalte „Seite“ verweist auf die jeweilige Begriffserstnennung/Glossarstelle (über \pageref{}); die Tabelle dient der konsistenten Terminologie und schnellen Orientierung im Text.

## Prompt zur Analyse einer Quelle

Deine Aufgabe ist, wissenschaftliche Artikel, eine Forschungsarbeiten oder Konferenzbeiträge, der sich mit digitalen Bildungssystemen, deren Entwicklung, Nutzung oder Bewertung befasst, zu analysieren. Der Text sollte Informationen zu Methoden, Theorien, Ergebnissen und Diskussionen enthalten.

Im Einzelnen sind Deine Schritte:

### Analyse

- Identifizierung und Beschreibung der Hauptthemen und -ziele der Forschung: Erkennen der zentralen Fragestellungen und Ziele, die die Forschungsarbeit leiten.
- Erkennung der verwendeten Methoden und Datenquellen: Beschreibung der methodischen Ansätze, verwendeten Werkzeuge und Datenquellen. – Erklärung der zentralen Forschungsergebnisse: Darlegung der wichtigsten Ergebnisse und deren Implikationen für das Feld der digitalen Bildung.

### Zusammenfassung

Kernpunkte des Artikels prägnant zusammenfassen: Einschließlich Problemstellung, Methodik, Hauptergebnissen und Schlussfolgerungen.

### Kernaussagen

Extraktion wichtiger Aussagen und Befunde aus dem Text: Klare und strukturierte Präsentation dieser Aussagen mit Angabe der Fundstellen (Seitenangabe).

### Argumentationslinien

Aufbau der Argumente und logische Verbindungen zwischen den Aussagen: Darstellung der logischen Struktur und der Verknüpfungen innerhalb der Argumentation, inklusive Fundstellen (Seitenangabe).

### Verschlagwortung

Zuordnung des Artikels zu relevanten Schlagworten basierend auf Inhalten und Ergebnissen: Zum Beispiel „Lernsystemarchitektur“, „Bildungstheorien“, „Lehr- und Lerneffektivität“, „Kollaboratives Lernen“, „Bewertungsmethoden“, „Technologieintegration“, „Datenschutz und IT-Sicherheit“, „Systemanpassung“, „Krisenreaktion im Bildungsbereich“, „Forschungsansätze“. Jedes Schlagwort sollte mit einer kurzen Begründung versehen sein, warum es relevant ist.

### Die Schlagworte sind:

Lernsystemarchitektur Begründung: Das Exposé behandelt ausführlich die spezifische Architektur von Learning Management Systemen und dessen Anpassungen für das Lernmanagement in Gesundheitsberufen. Dieses Detailwissen kann verallgemeinert werden, um die Gestaltung und Strukturierung verschiedener digitaler Lernsysteme zu erfassen.

Bildungstheorien Begründung: Die Anwendung der systemisch-konstruktivistischen Theorie in deinem Forschungsansatz zeigt, wie theoretische Rahmenwerke genutzt werden, um die Nutzung und die Auswirkungen von LMS zu verstehen. Diese theoretische Basis ist zentral für das Verständnis von Lehr- und Lernprozessen in digitalen Umgebungen.

Lehr- und Lerneffektivität Begründung: Du beziehst dich auf Evaluationsmethoden wie das Training Evaluation Inventory, um die Wirksamkeit von Lernprozessen zu messen. Dies ist ein zentrales Element der Forschung, das auf die allgemeine Wirksamkeit von Lehr- und Lernansätzen in der Bildungstechnologie ausgeweitet werden kann.

Kollaboratives Lernen Begründung: Das Exposé beschreibt die Nutzung von Moodle® zur Förderung von Interaktionen und kollaborativem Lernen unter den Studierenden. Dieser Ansatz ist ein wichtiges Element in vielen digitalen Bildungsplattformen und unterstützt die These der Bedeutung sozialer Lernkomponenten.

Bewertungsmethoden Begründung: Deine Beschreibung spezifischer Instrumente zur Bewertung der Bildungseffektivität zeigt, wie kritisch es ist, valide und reliable Methoden zur Messung des Bildungserfolgs zu haben. Dies ist universell auf andere Bildungsforschungsbereiche anwendbar.

Technologieintegration Begründung: Dein Exposé behandelt die Integration verschiedener technologischer

Tools wie Nextcloud® und Mahara® in das Moodle®-System. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit und Komplexität der Integration verschiedener Technologien in ein kohärentes Lernsystem.

Datenschutz und IT-Sicherheit Begründung: Die technische Diskussion um die sichere Anwendung von LMS inkludiert Aspekte des Datenschutzes und der IT-Sicherheit, welche kritische Komponenten in allen digitalen Bildungsplattformen sind.

Systemanpassung Begründung: Die Anpassung des LMS an verschiedene Bildungsbedürfnisse und Benutzerzahlen, die du diskutierst, zeigt die Notwendigkeit flexibler und skalierbarer Bildungssysteme in verschiedenen Kontexten.

Krisenreaktion im Bildungsbereich Begründung: Die Anpassung von Bildungssystemen an die COVID-19-Pandemie in deinem Exposé betont die Bedeutung der Flexibilität von Bildungstechnologien, auf externe Schocks und Veränderungen zu reagieren.

Forschungsansätze Begründung: Die methodologische Diskussion in deinem Exposé rund um die Forschungsdesigns und -ansätze bietet eine Grundlage, um generelle Forschungsmethoden in der Bildungswissenschaft zu verstehen und anzuwenden.

!Wichtig ist, dass nur wirklich relevante Schlagwörter aus den Quellen identifiziert werden.!

Kategorisiere Systematische Anwendung spezifischer Begriffe im Kontext des Exposés über digitale Bildungsräume:

Argumentation - Kriterium: Nutzung von Quellen oder Theorien zur Unterstützung oder Widerlegung einer These oder Fragestellung. - Beispiel: Diskussion der Effektivität von Learning-Management-Systemen (LMS) unter Verwendung von Literatur, die Vorteile von Moodle® im Kontext der medizinischen Ausbildung beleuchtet, einschließlich Anpassungsfähigkeit und Nutzerfreundlichkeit zur Rechtfertigung der Wahl des LMS im Forschungsdesign.

Kerngedanke - Kriterium: Zentrale Ideen oder Hypothesen, die den grundlegenden Forschungsansatz oder die theoretische Ausrichtung definieren. - Beispiel: Der Kerngedanke könnte die systemisch-konstruktivistische Theorie sein, die als theoretischer Rahmen für die Analyse der Interaktionen innerhalb von LMS wie Moodle® und deren Einfluss auf die Lernerfahrung in Gesundheitsberufen dient.

Weiterführung - Kriterium: Vorschläge oder Ideen basierend auf bisherigen Forschungsergebnissen, die aufzeigen, wie das Forschungsfeld weiterentwickelt werden könnte. - Beispiel: Vorschlag zur Entwicklung neuer Methoden zur Integration von Technologien wie Nextcloud® und Mahara® in Moodle®, um die Dateiverwaltung und das E-Portfolio-Management zu verbessern und die Benutzerfreundlichkeit für die Teilnehmer zu erhöhen.

Schlussfolgerung - Kriterium: Endgültige Bewertungen oder Schlussfolgerungen, die aus den Analyseergebnissen gezogen werden, reflektierend auf die Beantwortung der Forschungsfragen und eingangs gestellten Hypothesen. - Beispiel: Schlussfolgerung, dass die Implementierung von Moodle® in Verbindung mit ergänzenden Technologien wie Nextcloud® und Mahara® die Flexibilität und Effektivität von LMS in der Ausbildung von Gesundheitsfachkräften signifikant steigern kann, gestützt durch positive Nutzerresonanz und verbesserte Lernleistung. - Diese Kriterien und Beispiele sind für die zielgerichtete Nutzung der gesammelten Quellen sowie den strukturierten und fundierten Aufbau der Argumentation im Rahmen des Exposés über digitale Bildungsräume dokumentiert.

!Es ist nur eine Kategorie zulässig!

Zuordnung zu Forschungsfragen

Ordnen die Quelle der passenden Forschungsunterfrage (FU) zu - achte hierbei auf eine enge Determinanz Hauptforschungsfrage „Wie ist das Wirkgefüge des angewendeten Learning-Management-Systems auf Akteure im digitalem Bildungsraum von Gesundheitsberufen gestaltet?“.

Die Forschungsfrage ist absichtlich eng gefasst, da ein bestehendes Learning-Management-System betrachtet wird. Weiterhin besteht die aufgrund einer weit gefassten Begriffsauslegung die Notwendigkeit, die Forschungsfrage in ihrer Syntax zu entfalten. Insbesondere kommt der Operationalisierung eine wesentliche Be-

deutung zu: die beobachtbaren Indikatoren werden dem theoretischem Begriff zugeordnet (Schnell et al., 2013, S. 7). Ziel und Zweck der Forschungsfrage ist die Betrachtung der Anwendung des eingesetzten Medientools LMS (S. 7) im digitalem Bildungsraum (S. 6, 5). Als zentraler Begriff, der zu operationalisieren ist, steht das Wirkgefüige (S. 6) im Fokus. Der Kontext, in dem die Bearbeitung stattfindet, ist in den Gesundheitsberufen (S. 7) zu finden, in dessen Kontext Akteure (S. 7) agieren. Zur Operationalisierung wurde der Begriff der Gestaltung ausgewählt. (Hanisch, 2022, 24-25)

FU1

Welche Akzeptanz und Nützlichkeit (Bedeutung) beschreiben Akteure im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen bei Anwendung eines Learning-Management-Systems?

FU2a

Welchen Effekt erläutern Lernende im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen bei der Anwendung eines systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems?

FU2b

Welche Effekt-Faktoren erläutern Lehrende im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen bei der Anwendung eines systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems?

FU3

Wie sind Konzeption und relevante didaktische und bildungstechnologische Merkmale des systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems für Akteure im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen dargestellt?

FU4a

Welche bildungswissenschaftlichen Mechanismen werden bei Anwendung eines systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems im Bezug zur Wirkung auf Akteure im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen beschrieben?

FU4b

Welche technisch-gestalterischen Mechanismen werden bei Anwendung eines systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems im Bezug zur Wirkung auf Akteure im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen beschrieben?

FU5

Welche Möglichkeiten und Grenzen werden bei Anwendung eines systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems durch Akteure im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen analysiert?

FU6

Wie wird ein systemisch-konstruktivistisches Learning-Management-System als Kompetenzerwerbssystem bei Akteuren im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen beurteilt?

FU7

Welche Inputs und Strategien werden als Erweiterung von Kausalgesetzen bei Anwendung eines systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems durch Akteure im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen abgeleitet?

Einordnung der Relevanz, Bewertungsskala - 5 - Hoch relevant: Die Quelle ist direkt und umfassend relevant für die Beantwortung der Forschungsfrage. - 4 - Relevant: Die Quelle liefert wichtige Informationen, die zur Beantwortung der Forschungsfrage beitragen. - 3 - Mittelmäßig relevant: Die Quelle bietet einige nützliche Einblicke, ist aber nicht zentral für die Beantwortung der Forschungsfrage. - 2 - Wenig relevant: Die Quelle ist nur am Rande relevant und bietet begrenzte nützliche Informationen. - 1 - Irrelevant: Die Quelle ist nicht relevant für die Beantwortung der Forschungsfrage

Nur die Ganzzahl ist zulässig, entscheide nach den benannten Kriterien.

Lernziel Das KI-Modell soll lernen, Forschungsarbeiten effizient zu analysieren, präzise zusammenzufassen und entsprechend den inhaltlichen und thematischen Schwerpunkten zu verschlagworten, um die systematische Organisation und das Verständnis der Forschungsliteratur zu unterstützen.

## **Erwartete Ausgabe**

Eine strukturierte Analyse des Textes, die die genannten Aufgaben erfüllt und tiefergehende Einblicke in die diskutierten Themen bietet. Das Modell sollte fähig sein, die Relevanz der Forschung im Kontext der digitalen Bildung zu bewerten und mögliche Forschungslücken oder -bedarfe zu identifizieren.

## **Feedback:**

Nach Deinen Analysen gebe ich Dir eine Rückmeldung, die zum Lernen genutzt werden soll.

Keine Emojis

Warte auf [Eingabe]

---

Hier ist ein positiv-Beispiel:

„Analyse der Studie „Opportunities to learn, technological pedagogical knowledge, and personal factors of pre-service teachers: Understanding the link between teacher education program characteristics and student teacher learning outcomes in times of digitalization“ von Gerhard et al. (2023)

### **1. Hauptthemen und Ziele der Forschung**

Die Studie von Gerhard et al. (2023) untersucht die Zusammenhänge zwischen den Lerngelegenheiten (Opportunities to Learn, OTL) in der Lehrerausbildung, dem technologisch-pädagogischen Wissen (Technological Pedagogical Knowledge, TPK) und den persönlichen Faktoren von Lehramtsstudierenden. Das Hauptziel ist es, ein besseres Verständnis darüber zu gewinnen, wie Merkmale von Lehrerausbildungsprogrammen in Zeiten der Digitalisierung mit den Lernergebnissen der Studierenden zusammenhängen.

### **2. Methoden und Datenquellen**

Methoden:

- Die Studie verwendet ein Pfadmodell, um die Beziehungen zwischen den OTL, dem allgemeinen pädagogischen Wissen (General Pedagogical Knowledge, GPK), dem TPK und persönlichen Faktoren der Studierenden zu analysieren.
- Es wurden Daten von 338 Lehramtsstudierenden im sechsten Semester an der Universität zu Köln erhoben. Die Datenerhebung erfolgte im Sommer 2021 während der COVID-19-Pandemie.

Datenquellen:

- Die Daten basieren auf einem standardisierten Testinstrument, das von einem interdisziplinären Forscherteam entwickelt wurde, um das TPK der Lehramtsstudierenden zu messen. Zusätzlich wurden Selbstberichte der Studierenden zu ihren Lerngelegenheiten und Motivationen erhoben.

### **3. Zentrale Forschungsergebnisse**

#### **1. Zusammenhang zwischen OTL und TPK:**

- Es konnte kein direkter Effekt der technologisch-pädagogischen OTL auf das TPK festgestellt werden. Stattdessen zeigte sich ein indirekter Effekt zwischen den pädagogischen OTL und dem TPK, vermittelt durch das allgemeine pädagogische Wissen (GPK).

#### **3. Einfluss persönlicher Faktoren:**

- Die Motivation der Studierenden, Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) im Unterricht einzusetzen, zeigte einen direkten Effekt auf das TPK. Andere persönliche Faktoren wie Geschlecht oder der Typ des Lehramtsstudiengangs hatten keinen Einfluss auf das TPK.

#### **5. Bedeutung des GPK:**

- Das GPK erwies sich als wichtiger Prädiktor für das TPK und zeigt, dass dieses Wissen als Basis für die Entwicklung von TPK im Rahmen der Lehrerausbildung dient.

### **4. Zusammenfassung**

Die Studie untersucht, wie Lerngelegenheiten in der Lehrerausbildung und persönliche Faktoren das technologisch-pädagogische Wissen von Lehramtsstudierenden beeinflussen. Die Ergebnisse zeigen, dass allgemeines pädagogisches Wissen eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von technologisch-pädagogischem Wissen darstellt und dass die Motivation zur Nutzung von IKT einen positiven Einfluss auf

dieses Wissen hat.

#### 5. Kernaussagen

- Indirekte Wirkung von OTL: Pädagogische OTL beeinflussen das TPK indirekt durch das allgemeine pädagogische Wissen (GPK). (S. 660)
- Einfluss der Motivation: Die Motivation zur Nutzung von IKT zeigt einen direkten Effekt auf das TPK. (S. 668)

#### 6. Argumentationslinien

Die Autoren argumentieren, dass das TPK von Lehramtsstudierenden stark von ihrem allgemeinen pädagogischen Wissen und ihrer Motivation zur Nutzung von IKT abhängt. Sie betonen die Notwendigkeit, die OTL in der Lehrerausbildung stärker auf die Vermittlung von technologisch-pädagogischem Wissen auszurichten, um die digitale Kompetenz zukünftiger Lehrkräfte zu fördern. (S. 670-671)

#### 7. Verschlagwortung

1. Technologieintegration: Die Studie befasst sich mit der Integration von IKT in die Lehrerausbildung und deren Einfluss auf das technologisch-pädagogische Wissen.
2. Lehr- und Lerneffektivität: Untersucht wird die Effektivität der Lehrerausbildung in Bezug auf die Vermittlung von TPK und GPK.
3. Forschungsansätze: Die Anwendung von Pfadmodellen zur Untersuchung der Beziehungen zwischen OTL, GPK, TPK und persönlichen Faktoren der Lehramtsstudierenden.

#### 8. Kategorisierung

Kerngedanke: Die Studie hebt hervor, dass das allgemeine pädagogische Wissen eine zentrale Rolle bei der Entwicklung von technologisch-pädagogischem Wissen spielt und dass die Motivation der Studierenden zur Nutzung von IKT ein Schlüsselfaktor für den Erfolg in der Lehrerausbildung ist. (S. 670)

#### 9. Zuordnung zu der passendsten Forschungsunterfrage

Passendste Forschungsunterfrage:

- FU4a: Welche bildungswissenschaftlichen Mechanismen werden bei Anwendung eines systemisch-konstruktivistischen Learning-Management-Systems im Bezug zur Wirkung auf Akteure im digitalen Bildungsraum von Gesundheitsberufen beschrieben?
- Begründung: Die Studie untersucht bildungswissenschaftliche Mechanismen, wie die Lerngelegenheiten (OTL) und deren Einfluss auf das TPK, was relevante Einblicke in die Wirkung von Ausbildungselementen auf das Lernen bietet.

#### 10. Relevanzbewertung

- Direkte Relevanz für die Forschungsfrage: 5 (Die Studie bietet wertvolle Erkenntnisse zur Bedeutung von Lerngelegenheiten und persönlicher Motivation für die Entwicklung von TPK).
- Zitierhäufigkeit und Einfluss: 4 (Die Studie ist relativ neu, aber das Thema ist hochrelevant für die Bildungsforschung).
- Aktualität: 5 (Veröffentlichung im Jahr 2023, also sehr aktuell).

Gesamtbewertung: 4

#### 11. Schlussfolgerung

Die Studie von Gerhard et al. (2023) verdeutlicht die Bedeutung der Lerngelegenheiten und der Motivation der Studierenden für die Entwicklung von technologisch-pädagogischem Wissen in der Lehrerausbildung. Die Ergebnisse legen nahe, dass ein stärkerer Fokus auf die Vermittlung von TPK in der Lehrerausbildung notwendig ist, um zukünftige Lehrkräfte auf die digitalen Anforderungen des modernen Bildungswesens vorzubereiten.“

Ich gebe Dir immer mal wieder ein Feedback, dieses ist für Dich zum Lernen wichtig.

Warte auf [Eingabe]

## Prompt zur probabilistisch-qualitativen Inhaltsanalyse (P-QIA)

Dieser Prompt beschreibt exemplarisch, wie die in Anhang A.2 erzeugten Primäranalysen mittels probabilistisch-qualitativer Inhaltsanalyse (P-QIA) zu einer Metaanalyse zusammengeführt werden. Er richtet sich an ein KI-Modell, das die im Literaturverzeichnis hinterlegten Analysen erster Ordnung verarbeitet (FU-Tags in `keywords`, Analysen im Feld `annotate`). Die hier beschriebene P-QIA bildet damit die konkrete Operationalisierung der aus den Forschungsunterfragen abgeleiteten Analysekategorien auf der Ebene textbasierter Segmente (siehe auch Anhang A.2).

### Aufgabe

Führe auf Basis der bereitgestellten Primäranalysen eine probabilistisch-qualitative Inhaltsanalyse durch. Ziel ist es, wiederkehrende Muster zu identifizieren, diese in Kategorien zu überführen und theoriegeleitet zu interpretieren.

### Datenbasis

- Eingabe sind alle Analysen erster Ordnung einer FU, wie sie im Literaturverzeichnis kodiert sind (Einträge mit `Promotion:FX` in `keywords` und Analyse-Text im Feld `annotate`; vgl. Übersichtstabelle in diesem Anhang).
- Jede Analyse enthält bereits strukturierte Abschnitte (z.B. Kontext, Kernaussagen, Argumentation, Vertragswortung), die im `annotate`-Text verfügbar sind.

### Schritte der P-QIA

1. Segmentierung
  - Zerlege alle Texte in Sinnabschnitte (1–3 Sätze).
  - Achte darauf, dass jeder Abschnitt eine inhaltlich geschlossene Aussage enthält.
2. Embedding und Clustering
  - Erzeuge für jeden Sinnabschnitt einen semantischen Vektor (Embedding).
  - Führe ein k-means-Clustering mit einem FU-spezifischen  $k$  durch.
  - Bewerte die Clustertrennschärfe mithilfe des Silhouette-Koeffizienten und passe  $k$  bei sehr niedrigen Werten an.
3. Kategorienbildung
  - Interpretiere jedes stabile Cluster inhaltlich und formuliere daraus eine Kategorie mit kurzer Definition.
  - Ordne die Kategorien, wenn sinnvoll, übergeordneten Dimensionen zu (z.B. Akzeptanz, Nützlichkeit, Mechanismen, Grenzen).
4. Codierschema
  - Erstelle für jede Kategorie ein Codierschema mit:
    - präziser Definition,
    - mindestens zwei Ankerbeispielen (Originalsegmente mit Quellenangabe),
    - klaren Kodierregeln (Wann gehört ein Segment in diese Kategorie? Wie mit Mehrdeutigkeiten umgehen?).
5. Kodierung und Synthese
  - Weise alle Segmente den gebildeten Kategorien zu (Mehrfachkodierungen sind möglich, wenn sachlich begründet).
  - Beschreibe anschließend die wichtigsten Muster, Zusammenhänge und Spannungsfelder zwischen den Kategorien.
6. Theoretische Einbettung und Reflexion
  - Ordne die Befunde passenden theoretischen Rahmenmodellen zu (z.B. Technology Acceptance Model, Motivationstheorien, systemisch-konstruktivistische Ansätze).
  - Reflektiere Grenzen der Methode (z.B. mögliche Verzerrungen, Abhängigkeit von Parametern, In-

terpretationsspielräume).

#### Erwartete Ausgabe

- eine kurze Beschreibung der Datenbasis (Anzahl Analysen, Segmente, Cluster),
- eine Liste der gebildeten Kategorien mit Definitionen,
- ein tabellarisches Codierschema (Kategorie, Definition, Ankerbeispiele, Kodierregeln),
- eine narrative Synthese der zentralen Muster und ihrer Bedeutung für die Forschungsfrage,
- eine kurze kritische Reflexion und Hinweise auf mögliche weiterführende Analysen.

#### Reproduzierbares Vorgehen (Agenten-Workflow)

Die folgenden Schritte dokumentieren das reproduzierbare Vorgehen zur Umsetzung der P-QIA als Analyse 3. Ordnung auf Basis der Analysen 1. Ordnung (Zotero-annotate). Ziel ist, dass die Schritte für jede Forschungsunterfrage (FU1-FU7) identisch nachvollziehbar sind und jederzeit erneut ausgeführt werden können.

**Agentenlogik (Werkbank-Prinzip)** Die P-QIA wird als „Werkbank“ verstanden: Ein Analyse-Agent (bzw. eine standardisierte Pipeline) ist kein eigenständiger Autor, sondern führt die festgelegten Verarbeitungsschritte mechanisch aus und dokumentiert sie transparent. Interpretative Entscheidungen (z.B. finale Kategorienamen, theoretische Einbettung, Umgang mit Grenzfällen) verbleiben bei der Forschenden.

#### Kernprinzipien:

- Rollenverständnis: Kurator/Analyst, nicht „allwissender“ Theoretiker. Keine neuen Inhalte erfinden, sondern vorhandenes Material verdichten.
- Regelgebundenheit: Pro FU wird strikt dieselbe Prozesslogik abgearbeitet (Segmentierung -> Vektorisierung -> Clustering -> Qualität -> Codierschema -> Synthese).
- Transparenz: Parameter (z.B.  $k$ , Segmentierungsregeln, Seed/Run), Abweichungen und Abbruchgründe werden protokolliert.
- Entscheidungslog: Jede nachgelagerte Entscheidung (z.B. Umbenennung, Zusammenlegung/Splitting von Clustern zu Kategorien, Verschiebung von Grenzfällen) wird als Changelog je FU festgehalten.
- Reproduzierbarkeit: Identischer Input + identische Parameter => identische Outputs (sofern die genutzten Modelle/Tools deterministisch konfiguriert sind).

Datenbasis und Auswahlregel (Analysen 1. Ordnung) Quelle der Primäranalysen: 08  
Metaquellen/Matadaten/Literaturverzeichnis.bib

#### Auswahlregel pro FU:

- Ein Eintrag gehört zur FU, wenn im Feld keywords der Tag Promotion: FUx vorkommt.
- Ein Eintrag zählt als Analyse 1. Ordnung, wenn zusätzlich ein Analyse-Text im Feld annotate vorhanden ist.

Ergebnis: FU-spezifischer Korpus aus Analysen 1. Ordnung (Primäranalysen).

**FU-spezifische Arbeitsdateien (Input)** Für jede FU wird eine Arbeitsdatei gepflegt (Beispielnamen: „P-QIA Arbeitsdatei FU1.md“, „... FU2a.md“ usw.). Jeder Quellenblock beginnt mit dem BibTeX-Key als Referenzanker (z.B. ### <bib-key>), darunter folgt der vollständige annotate-Text.

Damit sind Ankerbeispiele später eindeutig referenzierbar (über den BibTeX-Key).

**Protokoll (Pflichtangaben je FU-Run)** Vor (oder spätestens nach) jedem FU-Durchlauf werden folgende Angaben festgehalten (z.B. am Anfang des FU-Abschnitts in Anhang A.9):

- FU, Datum/Version, Umfang (n Analysen 1. Ordnung), Segmentanzahl
- verwendetes  $k$  (und ggf. getestete Alternativen)

- verwendetes Embedding-Verfahren/Modell (Name/Version) und Random-Seed (falls relevant)
- Silhouette-Kennwerte und Begründung bei Abweichungen vom Standard
- Changelog: Kategorie-Namen, Clusterzusammenlegungen/-splits (falls vorgenommen) + kurze Begründung

## Segmentierung

- Zerlege alle `annotate`-Texte in Sinnabschnitte.
- Standard: 1–3 Sätze pro Segment (FU7: 1–2 Sätze).
- Jedes Segment trägt weiterhin den BibTeX-Key der Quelle als Referenz.

## Segmentierungsregeln (minimal):

- Segmente müssen inhaltstragend sein (keine reinen Template-Überschriften wie „Methoden und Datenquellen“, keine reinen Metadatenzeilen).
- Template-/Metasektionen werden konsequent ausgeschlossen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Zuordnung“, reine Relevanzbewertungen).
- Artefakte aus der Datenbasis werden bereinigt (z.B. abgeschnittene Textreste/„...“, alleinstehende Trennzeichen wie ---, offene Klammern).
- Mehrfachkodierungen sind zulässig, wenn mehrere Dimensionen tatsächlich angesprochen werden.

## Embedding (semantische Vektorisierung)

- Erzeuge für jedes Segment ein semantisches Embedding (Vektorraumrepräsentation).
- Ergebnis ist eine Vektor-Menge, die semantische Ähnlichkeit rechnerisch abbildet.

## Reproduzierbarkeit:

- Ein Modell und eine Konfiguration pro Analysephase festlegen und beibehalten (nur bei begründetem Methodikwechsel ändern).
- Wenn das Embedding-Verfahren stochastisch ist: Random-Seed fixieren und dokumentieren.

## Clustering (k-means)

- Führe ein k-means-Clustering der Segment-Embeddings durch.
- Verwende ein FU-spezifisches  $k$  (siehe Tabelle „P-QIA-Einstellungen je Forschungsunterfrage“).
- Random-Seed/Initialisierung fixieren und dokumentieren.

## Qualitätsprüfung (Silhouette)

- Berechne den Silhouette-Koeffizienten als Maß der Clustertrennschärfe.
- Wenn der Wert auffällig niedrig ist:  $k$  in engem Rahmen variieren (z.B.  $k \pm 1$ ) und die Auswirkungen dokumentieren.
- Abbruchregel für k-Tuning: maximal 3 Varianten testen; finale Wahl bleibt eine begründete Entscheidung der Forschenden (keine automatische „Optimierung“).

## Outputstruktur (pro FU)

Für jede FU werden die Ergebnisse in einem einheitlichen Schema dokumentiert (Anhang A.9):

1. Datenbasis: Anzahl Analysen 1. Ordnung ( $n$ ), Segmentanzahl,  $k$ , Silhouette.
2. Kategorienliste: Name + Kurzdefinition je Cluster/Kategorie.
3. Codierschema: Kategorie | Definition | mind. 2 Ankerbeispiele (Segment + BibKey) | Kodierregeln.
4. Narrative Synthese: zentrale Muster, Spannungsfelder, Zusammenhänge.
5. Theoretische Einbettung: Zuordnung zu passenden Rahmenmodellen (FU-spezifisch).
6. Reflexion: Grenzen/Bias/Parameterabhängigkeit.
7. Qualitätsgate: Vollständigkeit + Ankerqualität + narrative Qualität (siehe unten).

Vollständigkeits- und Qualitätsgate (Pflicht vor „fertig“) Bevor ein FU-Abschnitt als „fertig“ gilt, werden die Outputs gegen folgende Kriterien geprüft (und bei Bedarf korrigiert):

#### Vollständigkeit

- Jede Kategorie aus dem Kategorienüberblick erscheint auch im Codierschema (Definition, Kodierregel, mindestens 2 Ankerbeispiele).
- Jede Kategorie aus dem Kategorienüberblick hat im narrativen Teil mindestens einen eigenständigen Syntheseabsatz (nicht nur eine Liste von Quellen).
- Für jede FU sind Theorie und Reflexion als eigene Unterabschnitte vorhanden.

#### Ankerqualität

- Pro Kategorie mindestens zwei Ankerbeispiele aus unterschiedlichen BibTeX-Keys.
- Anker stammen aus inhaltstragenden Segmenten, nicht aus Template-Teilen („Methoden“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, reine Relevanzbewertungen).
- Zitationen sind technisch sauber: `[@bibkey]`, keine offenen Klammern, keine abgeschnittenen Textreste, keine Artefakte (`-{\textgreater}`, --- o.ä.).

#### Narrative Qualität (deskriptiv, nicht interpretativ)

- Pro Kategorie: 2–5 Sätze Verdichtung (wiederkehrende Muster, Spannungsfelder, Bedingungen), anschließend 1–2 Anker (Zitat oder sehr nahe Paraphrase) mit Quellenangabe.
- Keine Meta-Sätze ohne Benennung der Muster (z.B. nicht nur „verdichtet sich zu Mustern“, sondern die Muster explizit benennen).

Template: FU-Abschnitt (zum Kopieren)

### FUx – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

#### \*\*Kurztext\*\*

- Datenbasis: n = ...
- Segmentierung: N = ... (Regel: ...; Ausschlüsse: ...)
- Parameter: k = ...; Silhouette: S = ...

#### \*\*Protokoll (Run-Parameter)\*\*

- Datum:
- Segmentierungsregeln (kurz):
- Embedding (Modell/Version/Seed):
- k-Tuning (falls ja/nein + getestete Varianten):
- Besonderheiten/Bereinigung:
- Changelog (Umbenennungen/Merge/Split):

#### \*\*Kategorienüberblick (Tabelle)\*\*

| Kategorie | Segmente (n) | Beispielquellen |
|-----------|--------------|-----------------|
| ---       | ---          | ---             |
| ...       | ...          | [@...]          |

#### \*\*Codierschema (Tabelle)\*\*

| Kategorie | Definition | Kodierregel (kurz)     | Ankerbeispiele |
|-----------|------------|------------------------|----------------|
| ---       | ---        | ---                    | ---            |
| ...       | ...        | ..."[@...]<br><br>..." | [@...]         |

#### \*\*Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)\*\*

#### Kategorie 1  
 2-5 Sätze Verdichtung (deskriptiv) ... [©...]  
 > „...“ [©...]  
 > „...“ [©...]

#### Barrieren, Risiken & Grenzen  
 2-5 Sätze Verdichtung (deskriptiv) ... [©...]  
 > „...“ [©...]  
 > „...“ [©...]

#### \*\*Theoretische Einbettung\*\*

Kurze Zuordnung ... [©...]

#### \*\*Reflexion\*\*

Grenzen/Bias (Segmentierung, Modell-/Parameterabhängigkeit, Korpuszuschnitt, FU-Tagging) ...

#### \*\*Qualitätsgate (Haken dran)\*\*

- [ ] Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte
- [ ] Pro Kategorie >=2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys
- [ ] Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen

#### Übersicht der P-QIA-Einstellungen je Forschungsunterfrage

Die konkrete Anwendung dieses Prompts erfolgt für jede Forschungsunterfrage (FU1-FU7) auf Basis der im Literaturverzeichnis hinterlegten Primäranalysen. Technisch werden dafür jeweils alle Zotero-Einträge verwendet, die

- im Feld keywords den entsprechenden FU-Tag (Promotion:FUx) tragen und
- eine Analyse 1. Ordnung im Feld annotate enthalten.

Die konkrete Wahl der Clusteranzahl  $k$  je FU orientiert sich an den in Abschnitt 4.3.4 dokumentierten Silhouette-Kennwerten und der inhaltlichen Interpretierbarkeit der Cluster.

Table: P-QIA-Einstellungen je Forschungsunterfrage

Die folgende Tabelle fasst die P-QIA-Einstellungen je FU zusammen:

| FU   | Filter im Literaturverzeichnis             | Analysen 1. Ordnung | $k$ für P-QIA |
|------|--|---------------------|---------------|
| FU1  | keywords enthält Promotion:FU1 + annotate  | 58                  | 8             |
| FU2a | keywords enthält Promotion:FU2a + annotate | 85                  | 12            |
| FU2b | keywords enthält Promotion:FU2b + annotate | 27                  | 14            |
| FU3  | keywords enthält Promotion:FU3 + annotate  | 115                 | 15            |
| FU4a | keywords enthält Promotion:FU4a + annotate | 211                 | 12            |
| FU4b | keywords enthält Promotion:FU4b + annotate | 92                  | 12            |
| FU5  | keywords enthält Promotion:FU5 + annotate  | 125                 | 14            |
| FU6  | keywords enthält Promotion:FU6 + annotate  | 65                  | 12            |
| FU7  | keywords enthält Promotion:FU7 + annotate  | 8                   | 10            |

FU-spezifische Parametrisierung der P-QIA. Aufgeführt sind die Filterkriterien im Literaturverzeichnis (Zotero), die Anzahl verfügbarer Analysen 1. Ordnung sowie die gewählte Clusterzahl  $k$ ;  $k$  wird entlang der Silhouette-Kennwerte und der interpretativen Trennschärfe je FU festgelegt (vgl. Abschnitt 4.3.4).

Damit ist die Überführung der Analysen 1. Ordnung aus dem Literaturverzeichnis in die P-QIA und die FU-spezifisch Parametrisierung dokumentiert.

Arbeitsversion

## Analysen dritter Ordnung (P-QIA-Metaanalysen)

Dieser Anhang bündelt die Ergebnisse der Analysen dritter Ordnung, die mittels probabilistisch-qualitativer Inhaltsanalyse (P-QIA) aus den Primäranalysen (Analysen erster Ordnung) abgeleitet wurden. Die methodische Herleitung ist in Abschnitt 4.3 beschrieben, der zugrunde liegende Prompt in Anhang A.3.

Für jede Forschungsunterfrage (FU1–FU7) werden die P-QIA-basierten Metaanalysen knapp dokumentiert. Detaillierte inhaltliche Auswertungen fließen in das Ergebniskapitel ein; dieser Anhang dient der transparenten Nachvollziehbarkeit der FU-spezifischen Kategorien, Cluster und Muster.

Die Dokumentation folgt pro FU einem einheitlichen Schema:

1. Datenbasis und Parameter: Anzahl Analysen 1. Ordnung (n), Segmentanzahl, verwendetes  $k$ , Silhouette-Kennwerte.
2. Kategorienüberblick: Liste der gebildeten Kategorien (Cluster) mit Kurzdefinitionen.
3. Codierschema: Kategorien, Definitionen, mindestens zwei Ankerbeispiele (Segment + Quellenreferenz über BibTeX-Key) sowie Kodierregeln.
4. Synthese: narrative Verdichtung der zentralen Muster und Spannungsfelder.
5. Theorie und Reflexion: theoretische Einordnung sowie methodische Grenzen/Bias.

### FU1 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

#### Kurztext

- Datenbasis:  $n = 58$  Analysen 1. Ordnung (FU1) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + annotate).
- Segmentierung:  $N = 235$  Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Zuordnung“, reine Relevanzbewertungen).
- Parameter:  $k = 8$  (FU1); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4:  $S = 0.91$ .

#### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v2)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. isolierte Trennzeichen) entfernt.
- Clustering:  $k = 8$ ; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [`@bibkey`].
- Changelog ggü. v1: Vollständige Unterabschnitte „Theoretische Einbettung“ und „Reflexion“ ergänzt; Barrieren-Synthese auf Verdichtung (statt Referenzliste) umgestellt; Ankerbeispiele inhaltlich geschärft.

#### Kategorienüberblick (Tabelle)

| Kategorie                                    | Segmente (n) | Beispielquellen  |
|--|--------------|--|
| Benutzerfreundlichkeit & Orientierung        | 17           | (Mesenhöller & Böhme, 2024)<br>(Jankovski & Schofield, 2017) |
| Zugänglichkeit & Flexibilität                | 30           | (Chathuranga et al., 2024)<br>(WB Melvyn Zhang et al., 2015) |
| Soziale Interaktion & Kollaboration          | 26           | (Hasselkuß et al., 2022) (Seño, 2020)                        |
| Motivation & Engagement (inkl. Gamification) | 56           | (Joyce Hwee Ling Koh et al., 2023) (Komorowski et al., 2023) |

| Kategorie                                       | Segmente (n) | Beispielquellen                              |
|---|--------------|--|
| Didaktische Integration & Lernprozessgestaltung | 45           | (Vedder, 2022) (Loro et al., 2023)           |
| Feedback, Bewertung & Lernfortschritt           | 33           | (Jing Chen, 2024) (Loro et al., 2023)        |
| Institutioneller Support & Implementierung      | 15           | (Atif et al., 2020) (Hasselkuß et al., 2022) |
| Barrieren, Risiken & Grenzen                    | 13           | (Stiller & Wager, 2023) (Heinz, 2023)        |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie                             | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---------------------------------------|--|---|---|
| Benutzerfreundlichkeit & Orientierung | Aussagen zur Bedienbarkeit, Orientierung und kognitiven Entlastung durch Struktur, Navigation und UI-Design eines LMS. | Kodieren, wenn Bedienbarkeit/Navigation/Struktur als Akzeptanz- oder Nutzenbedingung benannt wird; nicht kodieren bei rein inhaltlichen Aussagen ohne Interfacebezug. | „Dreidimensionale Struktur als beste Modellpassung: Das dreifaktorielle Modell (Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, Verhaltensintention) konnte sowohl für Lehrkräfte als auch Eltern bestätigt werden und weist die beste Passung auf.“ (Mesenhöller & Böhme, 2024), „Sie betonen die Bedeutung gut definierter Organisation, Zugänglichkeit und Benutzerfreundlichkeit, um den Schülern zu ermöglichen, sich auf ihre Lerninhalte statt auf die Navigation durch das LMS zu konzentrieren.“ (Jankovski & Schofield, 2017) |

| Kategorie                           | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Zugänglichkeit & Flexibilität       | Aussagen zur zeitlich-räumlichen Flexibilität und zur Verfügbarkeit von Lernressourcen als Nutzen- oder Akzeptanzfaktor. | Kodieren, wenn Ort/Zeit/Verfügbarkeit/Zugang als Vorteil oder Einschränkung thematisiert werden; nicht kodieren bei allgemeiner Digitalisierungsrhetorik ohne Zugangsbezug. | „Flexibilität und Zugänglichkeit: 51,8 % der Befragten schätzen den Komfort, den das Lernen von zu Hause aus bietet, während 38,6 % den Zugang zu Bildungsressourcen jederzeit als großen Vorteil ansehen.“ (Chathuranga et al., 2024), „Studierende aus mehreren Ländern griffen auf die App zu, wobei Singapur den Großteil der Nutzer*innen stellte.“ (WB Melvyn Zhang et al., 2015) |
| Soziale Interaktion & Kollaboration | Aussagen zu sozialer Unterstützung, Austausch und kollaborativen Lernformen über LMS-Funktionen oder angebundene Tools.  | Kodieren, wenn soziale Lernprozesse als Nutzen, Akzeptanztreiber oder Hürde beschrieben werden; nicht kodieren bei rein individuellen Lernaktivitäten ohne Sozialbezug.     | „Netzwerke unterstützen die Digitalisierung durch Austausch von Ideen, gemeinsames Lernen und die Bündelung von Ressourcen.“ (Hasselkuß et al., 2022), „Kollaborative Online-Lernmethoden fördern die sozialen und kommunikativen Kompetenzen der Studierenden und verbessern die Qualität der eingereichten Arbeiten.“ (Seño, 2020)  |

| Kategorie                                       | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|---|--|---|--|
| Motivation & Engagement (inkl. Gamification)    | Aussagen zu Motivation/Engagement sowie Anreiz- und Beteiligungsmechanismen als Einflussfaktoren der Nutzung digitaler Lernumgebungen.   | Kodieren, wenn motivational-affektive Mechanismen explizit benannt werden; nicht kodieren bei Outcome-Aussagen ohne Motivationsbezug.   | „Persistenz-Manöver“ und „Lernpräsenz-Manöver“ halfen den Studierenden, ihre Aufmerksamkeit und Motivation im Online-Umfeld aufrechtzuerhalten.“ (Joyce Hwee Ling Koh et al., 2023), „Die Studie betont die Notwendigkeit, die intrinsische Motivation zu stärken und die Partizipation der Schülerinnen und Schüler in der digitalisierten Welt zu fördern, um nachhaltige Lernergebnisse zu erzielen.“ (Komorowski et al., 2023) |
| Didaktische Integration & Lernprozessgestaltung | Aussagen zur didaktischen Einbettung (Aufgabenformate, Blended/Hybrid, Passung zu Lernzielen) als Bedingung wahrgenommener Nützlichkeit. | Kodieren, wenn didaktische Gestaltung/Einbindung des LMS oder digitaler Lernformate thematisiert wird; nicht kodieren bei rein technischen Implementationsdetails ohne Didaktikbezug. | „Die Blended-Learning-Fortbildungen fördern das individualisierte Lernen und die Vernetzung zwischen Lehrkräften, was zu einem nachhaltigeren und effektiveren Lernprozess führt.“ (Vedder, 2022), „Die Implementierung von simulationsbasierten Aufgaben und remote Labors demonstriert die komplexe Integration von Technologien zur Unterstützung des Lernprozesses.“ (Loro et al., 2023)                                       |

| Kategorie                                  | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|--|---|---|--|
| Feedback, Bewertung & Lernfortschritt      | Aussagen zu Feedbackmechanismen, Leistungsbewertung, Lernstandserhebung und deren Wirkung auf Lernprozesse.   | Kodieren, wenn Feed-back/Assessment/Lernfortschritt als Nutzen, Steuerungs- oder Qualitätsdimension beschrieben wird; nicht kodieren bei allgemeinen Outcome-Aussagen ohne Bewertungs-/Feedbackbezug. | „The treatment group „The treatment group<br>handed superior performance in the final examination compared to the comparison group, providing evidence of the positive impact of LA-based feedback on students' course performance.“ (Jing Chen, 2024), „Die Evaluation der Kurse mittels digitaler Abzeichen und Zertifikate sowie die Analyse der Engagement-Raten und Lernzeiten der Teilnehmer sind zentrale Elemente zur Bewertung der Lehr- und Lerneffektivität.“ (Loro et al., 2023) |
| Institutioneller Support & Implementierung | Aussagen zu organisatorischen, technischen und institutionellen Bedingungen der Einführung und des Betriebs eines LMS (Ressourcen, Steuerung, Supportstrukturen). | Kodieren, wenn Implementationsbedingungen, Support, Ressourcen oder institutionelle Steuerung thematisiert werden; nicht kodieren bei rein individuellen Nutzungspräferenzen ohne Organisationsbezug. | „Die Implementierung eines Frühwarnsystems bringt technologische und organisatorische Herausforderungen mit sich, die überwunden werden müssen, um die Effektivität des Systems zu gewährleisten.“ (Atif et al., 2020), „Haupthemmisse sind personeller, zeitlicher und finanzieller Ressourcenmangel.“ (Hasselkuß et al., 2022)   |

| Kategorie                    | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|------------------------------|--|---|---|
| Barrieren, Risiken & Grenzen | Aussagen zu Risiken, Barrieren und Negativfolgen (z.B. Datenschutz, IT-Sicherheit, Ungleichheit), die Akzeptanz und Nutzung begrenzen. | Kodieren, wenn Risiken/Barrieren explizit benannt werden; nicht kodieren bei neutraler Problembeschreibung ohne Risiko-/Grenzenbezug. | „Während diese speziell nicht thematisiert wurden, ist die sichere und vertrauensvolle Handhabung von E-Learning-Plattformen implizit kritisch für die Akzeptanz.“ (Stiller & Wager, 2023), „Da digitale Medien verstärkt eingesetzt werden, spielt auch der Datenschutz eine wichtige Rolle, um benachteiligte Schüler zu schützen.“ (Heinz, 2023) |

#### Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

**Benutzerfreundlichkeit & Orientierung** In FU1 erscheinen Akzeptanz und Nützlichkeit eines LMS eng an die Erfahrbarkeit einer klaren, entlastenden Bedienlogik gebunden: Struktur, Navigation und Organisation werden als Bedingungen genannt, damit Aufmerksamkeit auf Inhalte statt auf Systemhandhabung gelenkt werden kann. In quantitativen Akzeptanzmodellen wird dieser Zusammenhang zudem als Zusammenspiel von wahrgenommener Benutzerfreundlichkeit, Nützlichkeit und Nutzungsintention modelliert. (Jankovski & Schofield, 2017) (Mesenhöller & Böhme, 2024)

Dreidimensionale Struktur als beste Modellpassung: Das dreifaktorielle Modell (Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, Verhaltensintention) konnte sowohl für Lehrkräfte als auch Eltern bestätigt werden und weist die beste Passung auf. (Mesenhöller & Böhme, 2024)

Sie betonen die Bedeutung gut definierter Organisation, Zugänglichkeit und Benutzerfreundlichkeit, um den Schülern zu ermöglichen, sich auf ihre Lerninhalte statt auf die Navigation durch das LMS zu konzentrieren. (Jankovski & Schofield, 2017)

**Zugänglichkeit & Flexibilität** Ein wiederkehrendes Muster ist die Zuschreibung von Nutzen über zeitliche und räumliche Entkopplung: Lernen von zu Hause, jederzeitiger Zugriff und mobile Verfügbarkeit werden als primäre Vorteile beschrieben. In FU1 fungiert „Zugänglichkeit“ zugleich als Brücke zur Frage, wer tatsächlich profitieren kann (Verfügbarkeit von Ressourcen, Anschlussfähigkeit der Infrastruktur). (Chathuranga et al., 2024) (Frohn & Heinrich, 2020) (WB Melvyn Zhang et al., 2015)

Flexibilität und Zugänglichkeit: 51,8 % der Befragten schätzen den Komfort, den das Lernen von zu Hause aus bietet, während 38,6 % den Zugang zu Bildungsressourcen jederzeit als großen Vorteil ansehen. (Chathuranga et al., 2024)

Studierende aus mehreren Ländern griffen auf die App zu, wobei Singapur den Großteil der Nutzer\*innen stellte. (WB Melvyn Zhang et al., 2015)

**Soziale Interaktion & Kollaboration** FU1 zeigt, dass Akzeptanz- und Nutzenurteile nicht nur individuell, sondern sozial vermittelt sind: Austausch, Kooperation und geteilte Ressourcen erscheinen als Mechanismen

men, die digitale Transformation und Lernqualität stützen. Gleichzeitig wird Kollaboration als ambivalent beschrieben, weil sie Koordinationsaufwand und Konfliktpotenziale mit sich bringen kann (z.B. ungleiche Beiträge). (Hasselkuß et al., 2022) (Seño, 2020)

Netzwerke unterstützen die Digitalisierung durch Austausch von Ideen, gemeinsames Lernen und die Bündelung von Ressourcen. (Hasselkuß et al., 2022)

Kollaborative Online-Lernmethoden fördern die sozialen und kommunikativen Kompetenzen der Studierenden und verbessern die Qualität der eingereichten Arbeiten. (Seño, 2020)

**Motivation & Engagement (inkl. Gamification)** Ein zentrales Muster ist die Kopplung von Nutzungsbereitschaft an motivationale Stabilisierung: Engagement muss im Online-Setting aktiv hergestellt werden (Selbstorganisation, Persistenz, Lernpräsenz), wobei soziale Unterstützung und Anreize als unterstützende Bedingungen erscheinen. Zugleich wird Motivation nicht nur als „innere“ Eigenschaft, sondern als gestalt- und kontextabhängig beschrieben (Partizipation, Bedürfnisse, Anreizstrukturen). (Joyce Hwee Ling Koh et al., 2023) (Komorowski et al., 2023)

„Persistenz-Manöver“ und „Lernpräsenz-Manöver“ halfen den Studierenden, ihre Aufmerksamkeit und Motivation im Online-Umfeld aufrechtzuerhalten. (Joyce Hwee Ling Koh et al., 2023)

Die Studie betont die Notwendigkeit, die intrinsische Motivation zu stärken und die Partizipation der Schülerinnen und Schüler in der digitalisierten Welt zu fördern, um nachhaltige Lernergebnisse zu erzielen. (Komorowski et al., 2023)

**Didaktische Integration & Lernprozessgestaltung** FU1 verdichtet didaktische Nützlichkeit als Passung zwischen LMS-Funktionen, Aufgabenformaten und Lernzielen: Nutzen entsteht dort, wo digitale Formate lernprozessbezogen integriert werden (z.B. Blended/Hybrid) und Vernetzung als Bestandteil der Lernarchitektur fungiert. Gleichzeitig erscheint Technologieintegration nicht als Selbstzweck, sondern als didaktische Konstruktionsleistung (Aufgaben, Settings, Begleitung). (Vedder, 2022) (Loro et al., 2023)

Die Blended-Learning-Fortbildungen fördern das individualisierte Lernen und die Vernetzung zwischen Lehrkräften, was zu einem nachhaltigeren und effektiveren Lernprozess führt. (Vedder, 2022)

Die Implementierung von simulationsbasierten Aufgaben und remote Labors demonstriert die komplexe Integration von Technologien zur Unterstützung des Lernprozesses. (Loro et al., 2023)

**Feedback, Bewertung & Lernfortschritt** In FU1 wird Nutzen auch über die Sichtbarkeit von Lernprozessen und Leistungen hergestellt: Feedback, Leistungsdaten und Zertifikats-/Badge-Logiken werden als Instrumente beschrieben, um Fortschritt zu steuern und Wirksamkeit zu evaluieren. Gleichzeitig wird deutlich, dass datenbasiertes Feedback erst dann als nützlich gilt, wenn es die Leistung tatsächlich verbessert und anschlussfähig an die Praxis der Bewertung ist. (Jing Chen, 2024) (Loro et al., 2023)

The treatment group exhibited superior performance in the final examination compared to the comparison group, providing evidence of the positive impact of LA-based feedback on students' course performance. (Jing Chen, 2024)

Die Evaluation der Kurse mittels digitaler Abzeichen und Zertifikate sowie die Analyse der Engagement-Raten und Lernzeiten der Teilnehmer sind zentrale Elemente zur Bewertung der Lehr- und Lerneffektivität. (Loro et al., 2023)

**Institutioneller Support & Implementierung** FU1 zeigt, dass Akzeptanz nicht allein aus individueller Nutzungserfahrung folgt, sondern an institutionelle Möglichkeitsbedingungen gebunden ist: Ressourcen, Supportstrukturen und organisatorische Umsetzung beeinflussen, ob Systeme als praktikabel und sinnvoll erlebt

werden. Implementationsbeispiele (z.B. Frühwarnsysteme) verdeutlichen zudem, dass zusätzliche Funktionalität neue Anforderungen an Interpretation, Arbeitsaufwand und Organisation erzeugt. (Atif et al., 2020) (Hasselkuß et al., 2022)

Haupthemmisse sind personeller, zeitlicher und finanzieller Ressourcenmangel. (Hasselkuß et al., 2022)

Es wird darauf hingewiesen, dass die Implementierung eines Frühwarnsystems technologische und organisatorische Herausforderungen mit sich bringt, die überwunden werden müssen, um die Effektivität des Systems zu gewährleisten. (Atif et al., 2020)

**Barrieren, Risiken & Grenzen** Die Barrierenkategorie bündelt jene Segmente, in denen Nutzen- und Akzeptanzzuschreibungen ausdrücklich begrenzt werden: Datenschutz/IT-Sicherheit und ungleiche Ausgangslagen (insbesondere bei vulnerablen Gruppen) erscheinen als Risiken, die Vertrauen und Teilnahme beeinträchtigen können. Damit wird sichtbar, dass Akzeptanz nicht nur „pro“ argumentiert, sondern als Abwägung unter Risiko- und Ungleichheitsbedingungen rekonstruiert werden muss. (Heinz, 2023) (Stiller & Wager, 2023)

Während diese speziell nicht thematisiert wurden, ist die sichere und vertrauensvolle Handhabung von E-Learning-Plattformen implizit kritisch für die Akzeptanz. (Stiller & Wager, 2023)

Da digitale Medien verstärkt eingesetzt werden, spielt auch der Datenschutz eine wichtige Rolle, um benachteiligte Schüler zu schützen. (Heinz, 2023)

#### Theoretische Einbettung

Die Kategorien „Benutzerfreundlichkeit & Orientierung“ sowie „Zugänglichkeit & Flexibilität“ lassen sich als FU1-nahe Operationalisierung von Akzeptanzmodellen lesen, in denen Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit zentrale Prädiktoren der Nutzungsintention bilden (FU1-Korpus mit explizitem TAM-Bezug). (Atif et al., 2020) (Mesenhöller & Böhme, 2024) „Motivation & Engagement“ adressiert die motivational-affektive Stabilisierung digitaler Lernprozesse (Engagement-Manöver, Partizipation), während „Soziale Interaktion & Kollaboration“ und „Institutioneller Support & Implementierung“ die soziale und organisationale Einbettung als Bedingung nachhaltiger Nutzung sichtbar machen. (Joyce Hwee Ling Koh et al., 2023) (Hasselkuß et al., 2022) Die Kategorie „Barrieren, Risiken & Grenzen“ zeigt, dass Akzeptanz als risikobehaftete Vertrauensentscheidung zu rekonstruieren ist (Datenschutz/Schutzbedarfe), und damit als Grenzbedingung für alle anderen Kategorien wirkt. (Heinz, 2023) (Stiller & Wager, 2023)

#### Reflexion

Die P-QIA basiert auf stark strukturierten Primäranalysen (*annotate*), die neben inhaltstragenden Passagen auch metadatennahe Abschnitte enthalten. Der Ausschluss von Template-/Metasektionen reduziert dieses Rauschen, kann jedoch Grenzfälle erzeugen (z.B. wenn „Zusammenfassung“ inhaltlich relevante Verdichtungen enthält). Zudem bleiben die Kategorien sensitiv gegenüber Segmentierungsentscheidungen (Satzgrenzen, Zusammenfassung vs. Detail) und gegenüber der FU-Zuordnung über Tags in *keywords*. Schließlich ist die FU-spezifische Clusterzahl  $k$  als dokumentierte Setzung (Abschnitt 4.3.4) zu verstehen; alternative  $k$ -Werte können andere Granularitäten erzeugen, ohne dass damit automatisch „bessere“ Kategorien entstehen.

#### Qualitätsgate (erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte (inkl. Barrieren): ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

#### FU2a – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

##### Kurztext

- Datenbasis: n = 85 Analysen 1. Ordnung (FU2a) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + *annotate*).

- Segmentierung: N = 1199 Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Zuordnung“, Relevanz-/Zitierbewertungen).
- Parameter: k = 12 (FU2a); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4: S = 0.88.

#### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. isolierte Trennzeichen) entfernt.
- Clustering: k = 12; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [`@bibkey`].
- Hinweis (v1): Kategoriennamen sind als Arbeitslabels formuliert und werden bei Bedarf in späteren Runs konsolidiert.

#### Kategorienüberblick (Tabelle)

| Cluster | Kategorie  | Segmente (n) | Beispielquellen   |
|---------|--|--------------|---|
| 0       | Lernleistung (Interventionsvergleich)                  | 233          | (Pratiwi et al., 2024)<br>(Hu et al., 2025)                             |
| 11      | Motivation,<br>Engagement &<br>Selbstwirksamkeit       | 136          | (Aubakirova et al.,<br>2024) (Wiepke, 2022)                             |
| 8       | Didaktische<br>Strukturierung &<br>Kooperationsskripts | 133          | (Ade et al., 2021)<br>(Mandal, 2024)                                    |
| 2       | Technologieintegration<br>& LMS-Einbettung             | 117          | (Afshar et al., 2024)<br>(Wagner et al., 2021)                          |
| 6       | Soziale Interaktion &<br>Kollaboration                 | 99           | (Weidlich et al.,<br>2024) (Goswami,<br>2023)                           |
| 3       | Nutzungshürden &<br>Unterstützungsbedingungen          | 85           | (Elizabeth Koh et al.,<br>2023) (Maula &<br>Wahyuningih, 2024)          |
| 9       | Personalisierte<br>Unterstützung &<br>SSRL             | 71           | (Akinyi et al., 2024)<br>(Hu et al., 2025)                              |
| 10      | Emotionen &<br>Lernprozessdynamik                      | 71           | (Xiao et al., 2025)<br>(Junge et al., 2023)                             |
| 4       | Interventions- und<br>Plattformdesign                  | 69           | (Naamati-Schneider<br>& Alt, 2023) (Song et<br>al., 2024)               |
| 5       | Messung &<br>Evaluation von<br>Effekten                | 64           | (Stephen J. H. Yang<br>et al., 2023)<br>(Shin-Yun Chen et<br>al., 2025) |
| 1       | Kognitive<br>Interaktion<br>(Formate/Tools)            | 62           | (Bo Yang, 2024)<br>(Kerman et al., 2024)                                |

| Cluster | Kategorie                             | Segmente (n) | Beispielquellen                                    |
|---------|---------------------------------------|--------------|--|
| 7       | Formatives Assessment & Zufriedenheit | 59           | (Afshar et al., 2024)<br>(Montaner-Villalba, 2025) |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie                                  | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele  |
|--|--|--|---|
| Lernleistung<br>(Interventionsvergleich)   | Aussagen zu Lernleistung/Lernzuwachs in Experimental-/Kontrollgruppen oder Vor-/Nachtest-Designs.                        | Kodieren, wenn Leistungs- oder Lernzuwachsmetriken berichtet/vergleichen werden; nicht kodieren bei reinen Einstellungs-/Zufriedenheitsaussagen ohne Leistungsbezug. | „Die CSCL-Gruppe zeigte signifikant höhere kognitive Lernergebnisse im Posttest im Vergleich zur Kontrollgruppe.“ (Pratiwi et al., 2024), „Die CA-CL-Gruppe erzielte signifikant höhere Lernzuwächse im Posttest im Vergleich zur CL- und CA-I-Gruppe ( $p < 0.01$ ).“ (Hu et al., 2025)                      |
| Motivation, Engagement & Selbstwirksamkeit | Aussagen zu Motivation, Engagement, Selbstwirksamkeit und erlebtem Nutzen (affektiv/motivational) bei der LMS-Anwendung. | Kodieren, wenn motivationale/affektive Effekte benannt werden; nicht kodieren bei rein technischen Implementationsdetails.   | „Die Teilnahme an MOOCs führte zu signifikanten Verbesserungen in der inneren und positiven Motivation der Studierenden.“ (Aubakirova et al., 2024), „Kein signifikanter Zusammenhang zwischen räumlicher Präsenz und Selbstwirksamkeit; positive qualitative Rückmeldungen der Studierenden.“ (Wiepke, 2022) |

| Kategorie  | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|--|--|---|--|
| Didaktische Strukturierung & Kooperationsskripts | Aussagen zu didaktischen Unterstützungsstrukturen (Scaffolding, Skripts, Vorstrukturierung) und deren Effekt auf Lernen. | Kodieren, wenn Strukturierung/Scaffolding als Ursache von Lerneffekten benannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen Wirksamkeitsaussagen ohne Gestaltungsbezug. | „Vorstrukturierung der Aufgabenstellung und Unterstützung durch Kooperationsskripts verbessern die Lehr- und Lerneffektivität signifikant.“ (Ade et al., 2021), „Die Studie bewertet die Effektivität von MOOCs bei der Verbesserung der Bildungszugänglichkeit und -qualität.“ (Mandal, 2024) |
| Technologieintegration & LMS-Einbettung          | Aussagen zur Integration von LMS/digitalen Materialien in Lehrpläne, Settings und Unterrichtspraxis.                     | Kodieren, wenn Einbettung/Integration als Bedingung von Effekten beschrieben wird; nicht kodieren bei isolierten Tool-Beschreibungen ohne Einbettungsbezug.     | „Integration von LMS und digitalen Lernmaterialien in den Unterricht.“ (Afshar et al., 2024), „Integration von digitalen Lernmaterialien und LMS in den Unterricht.“ (Wagner et al., 2021)   |
| Soziale Interaktion & Kollaboration              | Aussagen zu sozialer Präsenz, Interaktion, Zusammenarbeit und kollaborativen Lernprozessen.                              | Kodieren, wenn soziale Prozesse als Wirkbedingung/Effekt benannt werden; nicht kodieren bei rein individuellen Lernaktivitäten ohne Sozialbezug.                | „Soziale Präsenz in Online-Lernumgebungen ... zentral für kollaboratives Lernen.“ (Weidlich et al., 2024), „Soziale Interaktionen in Online-Programmierkursen [können] das Lernen fördern.“ (Goswami, 2023)  |

| Kategorie                                  | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|--|---|---|--|
| Nutzungshürden & Unterstützungsbedingungen | Aussagen zu Barrieren, technischen/organisationalen Voraussetzungen und Unterstützungsbedarfen, die Effekte begrenzen.  | Kodieren, wenn Hürden/Supportbedingungen explizit benannt werden; nicht kodieren bei Ergebnisangaben ohne Kontextbedingungen.                             | „Technische und konzeptionelle Herausforderungen können die Effektivität des Systems beeinträchtigen.“ (Elizabeth Koh et al., 2023), „Analyse der Rolle digitaler Technologien bei der Unterstützung des Sprachenlernens.“ (Maula & Wahyuningsih, 2024)    |
| Personalisierte Unterstützung & SSRL       | Aussagen zu personalisiertem Feedback/Prompts und Effekten auf (sozial-)selbstreguliertes Lernen und Engagement.        | Kodieren, wenn personalisierte Rückmeldungen/Prompts als Mechanismus genannt werden; nicht kodieren bei allgemeinem Feedback ohne Personalisierungsbezug. | „LA-based personalized feedback and prompts were effective in improving students' SSRL strategies and engagement.“ (Akinyi et al., 2024), „... more balanced participation during discussion.“ (Hu et al., 2025)   |
| Emotionen & Lernprozessdynamik             | Aussagen zu Emotionen (z.B. Frustration), deren Rolle im Lernprozess und Bedingungen produktiver/negativer Dynamiken.   | Kodieren, wenn Emotionen als Effekt oder Mediator beschrieben werden; nicht kodieren bei rein kognitiven Ergebnisangaben ohne Affektbezug.                | „Negative Emotionen können Teil produktiver Lernprozesse sein, wenn sie kognitiv aktivierend wirken.“ (Xiao et al., 2025), „Nutzung digitaler Lernmaterialien häufiger, wenn sie in ein Blended-Learning-Curriculum integriert sind.“ (Junge et al., 2023) |
| Interventions- und Plattformdesign         | Aussagen zur Gestaltung von Interventionen/Plattformen (Tools, Features, Workflows) zur Förderung spezifischer Effekte. | Kodieren, wenn Designmerkmale als Ursache/Bedingen von Effekten genannt werden; nicht kodieren bei bloßen Ergebnisangaben ohne Designbezug.               | „Interventionsprogramm mit Padlet zur Förderung von Online-Kollaboration.“ (Naamati-Schneider & Alt, 2023), „Plattform (EPCAL) zur Förderung kollaborativer Diskussionen und Argumentationsfähigkeiten.“ (Song et al., 2024)                               |

| Kategorie                             | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|---------------------------------------|--|---|--|
| Messung & Evaluation von Effekten     | Aussagen zu Messinstrumenten, Skalen, Tests und Evaluationsdesigns zur Erfassung von Effekten.                               | Kodieren, wenn Instrumente/Designs der Effektmessung benannt werden; nicht kodieren bei inhaltlichen Ergebnissen ohne Messbezug.                  | „Verwendung des MSLQ zur Messung der SRL-Fähigkeiten ...“ (Stephen J. H. Yang et al., 2023), „Standardisierte Tests und psychometrische Fragebögen“ (Shin-Yun Chen et al., 2025)                             |
| Kognitive Interaktion (Formate/Tools) | Aussagen zu Interaktionsformaten (Foren, Danmaku und verwandte Formate) und deren kognitiven Effekten (Tiefe, Verarbeitung). | Kodieren, wenn Interaktionsformat -> kognitive Wirkung benannt wird; nicht kodieren bei Sozial-/Motivationsaspekten ohne kognitive Dimension.     | „Danmaku ... sozio-emotionale Präsenz; Diskussionsforen ... tiefere kognitive Diskussionen.“ (Bo Yang, 2024), „Kombination aus quantitativen Ratings und qualitativen Kommentaren ...“ (Kerman et al., 2024) |
| Formatives Assessment & Zufriedenheit | Aussagen zu formativer Beurteilung/Feedback als Lernunterstützung sowie zu Zufriedenheit als Effektgröße.                    | Kodieren, wenn formative Beurteilung oder Zufriedenheit als Effekt/Outcome genannt wird; nicht kodieren bei reinen Summaries ohne Outcome-Angabe. | „Formative Beurteilung ... fördert das Lernen.“ (Afshar et al., 2024), „Zufriedenheit: 64,3 % der Studierenden äußerten hohe Zufriedenheit mit dem kollaborativen Schreiben.“ (Montaner-Villalba, 2025)      |

#### Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Lernleistung (Interventionsvergleich) FU2a verdichtet Effekte häufig als messbaren Lernzuwachs: Interventionen werden über Vor-/Nachtests, Kontrollgruppenvergleiche oder unterschiedliche Lernbedingungen miteinander kontrastiert. In diesen Segmenten wird Effekt primär als Leistungs- bzw. Lernzuwachs operationalisiert. (Pratiwi et al., 2024) (Hu et al., 2025)

Die CSCL-Gruppe zeigte signifikant höhere kognitive Lernergebnisse im Posttest im Vergleich zur Kontrollgruppe. (Pratiwi et al., 2024)

Die CA-CL-Gruppe erzielte signifikant höhere Lernzuwächse im Posttest im Vergleich zur CL- und CA-I-Gruppe ( $p < 0.01$ ). (Hu et al., 2025)

Motivation, Engagement & Selbstwirksamkeit Ein zweites Muster beschreibt Effekte als motivational-affektive Veränderungen: Motivation, Engagement und Selbstwirksamkeit werden als Outcomes benannt

oder als Vermittlungsgrößen, die Lernleistung flankieren. Die Segmente zeigen dabei sowohl positive Effekte (Motivationszuwächse) als auch Grenzbefunde (fehlende Signifikanz bei einzelnen Konstrukten). (Aubakirova et al., 2024) (Wiepke, 2022)

Die Teilnahme an MOOCs führte zu signifikanten Verbesserungen in der inneren und positiven Motivation der Studierenden. (Aubakirova et al., 2024)

Kein signifikanter Zusammenhang zwischen räumlicher Präsenz und Selbstwirksamkeit; positive qualitative Rückmeldungen der Studierenden. (Wiepke, 2022)

**Didaktische Strukturierung & Kooperationsskripts** FU2a weist Effekte wiederholt auf konkrete didaktische Arrangements zurück: Vorstrukturierung, Skripts und Scaffolding werden als Bedingungen genannt, unter denen Effekte stabiler auftreten. Damit wird Effekt nicht nur als Ergebnis, sondern als Folge von Gestaltungsentscheidungen beschrieben. (Ade et al., 2021) (Mandal, 2024)

Vorstrukturierung der Aufgabenstellung und Unterstützung durch Kooperationsskripts verbessern die Lehr- und Lerneffektivität signifikant. (Ade et al., 2021)

Die Studie bewertet die Effektivität von MOOCs bei der Verbesserung der Bildungszugänglichkeit und -qualität. (Mandal, 2024)

**Technologieintegration & LMS-Einbettung** Effekte werden in FU2a häufig an die Einbettung des LMS in konkrete Lehr-Lern-Praxis gekoppelt: Integration in den Unterricht bzw. in Curricula erscheint als Voraussetzung, damit Nutzung überhaupt wirksam werden kann. (Afshar et al., 2024) (Wagner et al., 2021)

Integration von LMS und digitalen Lernmaterialien in den Unterricht. (Afshar et al., 2024)

Integration von digitalen Lernmaterialien und LMS in den Unterricht. (Wagner et al., 2021)

**Soziale Interaktion & Kollaboration** Ein zentrales Wirkungsmuster beschreibt Effekte als sozial vermittelt: Interaktion, soziale Präsenz und kollaborative Prozesse werden als Mechanismen genannt, die Motivation, Beteiligung und Lernergebnisse stützen oder begrenzen. (Weidlich et al., 2024) (Goswami, 2023)

Soziale Präsenz in Online-Lernumgebungen ist zentral für kollaboratives Lernen. (Weidlich et al., 2024)

Soziale Interaktionen in Online-Programmierkursen können das Lernen fördern. (Goswami, 2023)

**Nutzungshürden & Unterstützungsbedingungen** Neben positiven Effekten werden Bedingungen sichtbar, unter denen Effekte ausbleiben oder sich abschwächen: technische und konzeptionelle Herausforderungen sowie Unterstützungsbedarfe werden als Grenzen der Wirksamkeit markiert. (Elizabeth Koh et al., 2023) (Maula & Wahyuningsih, 2024)

Technische und konzeptionelle Herausforderungen können die Effektivität des Systems beeinträchtigen. (Elizabeth Koh et al., 2023)

Analyse der Rolle digitaler Technologien bei der Unterstützung des Sprachenlernens. (Maula & Wahyuningsih, 2024)

**Personalisierte Unterstützung & SSRL** FU2a enthält Segmente, in denen Effekte explizit über personalisierte Rückmeldungen und Prompts vermittelt werden: Lernanalytics-gestützte Hinweise werden als Mechanismus beschrieben, der selbstregulierte Lernstrategien und Engagement verbessert. (Akinyi et al., 2024) (Hu et al., 2025)

LA-based personalized feedback and prompts were effective in improving students' SSRL strategies and engagement. (Akinyi et al., 2024)

Students in CA-CL group showed significantly higher post-test scores and more balanced participation during discussion. (Hu et al., 2025)

**Emotionen & Lernprozessdynamik** Effekte werden teilweise über emotionale Dynamiken beschrieben: negative Emotionen erscheinen nicht nur als Störung, sondern können (unter Bedingungen) als kognitiv aktivierender Bestandteil produktiver Lernprozesse verstanden werden. Zugleich wird Nutzungshäufigkeit an curricularer Einbettung festgemacht. (Xiao et al., 2025) (Junge et al., 2023)

Negative Emotionen können Teil produktiver Lernprozesse sein, wenn sie kognitiv aktivierend wirken. (Xiao et al., 2025)

Studierende nutzen digitale Lernmaterialien häufiger, wenn sie in ein Blended-Learning-Curriculum integriert sind. (Junge et al., 2023)

**Interventions- und Plattformdesign** FU2a umfasst auch designorientierte Segmente: Plattformen/Tools und ihre Workflows werden als gezielte Interventionen beschrieben, die kollaborative Diskussionen und spezifische Kompetenzen fördern sollen. (Naamati-Schneider & Alt, 2023) (Song et al., 2024)

Interventionsprogramm mit Padlet zur Förderung von Online-Kollaboration. (Naamati-Schneider & Alt, 2023)

Plattform (EPCAL) zur Förderung kollaborativer Diskussionen und Argumentationsfähigkeiten. (Song et al., 2024)

**Messung & Evaluation von Effekten** Ein Teil der Segmente fokussiert die Operationalisierung von „Effekt“: Skalen, Tests und psychometrische Instrumente strukturieren, welche Effekte überhaupt sichtbar werden. (Stephen J. H. Yang et al., 2023) (Shin-Yun Chen et al., 2025)

Verwendung des MSLQ zur Messung der SRL-Fähigkeiten und Analyse von Lernmustern. (Stephen J. H. Yang et al., 2023)

Standardisierte Tests und psychometrische Fragebögen. (Shin-Yun Chen et al., 2025)

**Kognitive Interaktion (Formate/Tools)** Ein differenzierendes Muster ist die Zuschreibung kognitiver Effekte an Interaktionsformate: unterschiedliche Tools (z.B. Danmaku vs. Foren) werden mit unterschiedlichen Formen kognitiver Tiefe und sozio-emotionaler Präsenz verknüpft. (Bo Yang, 2024) (Kerman et al., 2024)

Danmaku fördert sozio-emotionale Präsenz, während Diskussionsforen tiefere kognitive Diskussionen ermöglichen. (Bo Yang, 2024)

Kombination aus quantitativen Ratings und qualitativen Kommentaren führt zu besseren Lernergebnissen. (Kerman et al., 2024)

**Formatives Assessment & Zufriedenheit** FU2a beschreibt Effekte auch über unmittelbare Reaktionen und Prozessunterstützung: formative Beurteilung/Feedback wird als lernförderlich beschrieben, Zufriedenheit als Outcome erfasst. (Afshar et al., 2024) (Montaner-Villalba, 2025)

Formative Beurteilung bietet Möglichkeiten für Feedback und fördert das Lernen. (Afshar et al., 2024)

Zufriedenheit: 64,3 % der Studierenden äußerten hohe Zufriedenheit mit dem kollaborativen Schreiben. (Montaner-Villalba, 2025)

**Theoretische Einbettung**

FU2a lässt sich als evaluativer Zugriff auf Wirkungen bei Lernenden lesen: Effekte werden in den Segmenten sowohl als „Learning“-Dimension (Lernzuwachs/Leistung) als auch als „Reaction“-Dimension (Zufriedenheit/Motivation) operationalisiert und damit an Evaluationslogiken anschlussfähig (z.B. Kirkpatrick; Training Evaluation Inventory). (Kirkpatrick, 1998) (Ritzmann et al., 2014) (Ritzmann et al., 2020) Die in Ab-

schnitt 4.3.4 dokumentierte Silhouette ( $S = 0.88$ ) spricht für eine stabile Clusterstruktur im FU2a-Korpus und stützt die interpretative Differenzierung der Effektdimensionen. (Rousseeuw, 1987)

#### Reflexion

Die FU2a-Primäranalysen sind heterogen (unterschiedliche Domänen, Designs, Messinstrumente), wodurch „Effekt“ in verschiedenen Operationalisierungen erscheint. Das Verfahren verdichtet diese Vielfalt in Kategorien, bleibt aber abhängig von Segmentierungsentscheidungen und davon, welche Abschnitte als metanah ausgeschlossen werden. Für v1 sind Kategorienamen als Arbeitslabels zu verstehen; eine spätere Konsolidierung kann Cluster zusammenführen (z.B. „Soziale Interaktion“ und „Kognitive Interaktion“) oder stärker an das FU-spezifische Evaluationsframework koppeln.

#### Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

#### FU2b – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

##### Kurztext

- Datenbasis:  $n = 27$  Analysen 1. Ordnung (FU2b) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + annotate).
- Segmentierung:  $N = 398$  Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Zuordnung“, Relevanz-/Zitierbewertungen).
- Parameter:  $k = 14$  (FU2b); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4:  $S = 0.89$ .

##### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. isolierte Trennzeichen) entfernt.
- Clustering:  $k = 14$ ; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [`@bibkey`].
- Hinweis (v1): Kategorienamen sind als Arbeitslabels formuliert und werden bei Bedarf in späteren Runs konsolidiert.

##### Kategorienüberblick (Tabelle)

| Cluster | Kategorie  | Segmente (n) | Beispielquellen   |
|---------|--|--------------|---|
| 0       | Monitoring,<br>Lernsteuerung &<br>Lehrkraftinterventi-<br>on | 80           | (Schulz, 2024)<br>(Rieser & Adl-Amini,<br>2025)         |
| 9       | Lernanalytik/NLP<br>für Teamkommuni-<br>kation (CPS)         | 32           | (Buseyne et al., 2023)<br>(Lyu et al., 2025)            |
| 4       | Digitale<br>Kompetenzen &<br>Fortbildungseffekte             | 31           | (Runge et al., 2024)<br>(Liverano, 2024)                |
| 11      | Lernmuster,<br>Vorbereitung &<br>Lernergebnisse              | 31           | (Sáiz Manzanares et<br>al., 2017) (Lyu et al.,<br>2025) |

| Cluster | Kategorie   | Segmente (n) | Beispielquellen   |
|---------|---|--------------|---|
| 7       | Unterstützungsbedarfe<br>(Stress/Anxiety) &<br>Peer-Support                   | 30           | (Bjälkebring, 2019)<br>(Compagnoni &<br>Serragiotto, 2024)            |
| 2       | Kompetenzentwicklung<br>in praktischen<br>Settings<br>(Supervision/OSCE)      | 29           | (Engert et al., 2025)<br>(Liew et al., 2023)                          |
| 10      | Peer-Feedback,<br>Tutoring &<br>Leistungswirkung                              | 28           | (Viberg et al., 2024)<br>(Radović et al., 2023)                       |
| 1       | Blended Learning:<br>Flexibilität & Wirk-<br>samkeitsvergleich                | 26           | (Kayi, 2024) (Engert<br>et al., 2025)                                 |
| 12      | Online Peer<br>Assessment:<br>Plattformen &<br>Bewertungsprozesse             | 26           | (Radović et al., 2023)<br>(Buseyne et al., 2023)                      |
| 13      | E-Portfolios,<br>Reflexion &<br>Professionalisierung                          | 25           | (Gittinger &<br>Eckenbach, 2024)<br>(Sáiz Manzanares et<br>al., 2017) |
| 6       | Technologische<br>Herausforderungen<br>& digitale Literacy                    | 20           | (Liverano, 2024)<br>(Compagnoni &<br>Serragiotto, 2024)               |
| 3       | DPBL/Online-<br>Formate:<br>Zufriedenheit,<br>Umsetzung &<br>Forschungsbedarf | 17           | (Tudor Car et al.,<br>2019) (Bail et al.,<br>2024)                    |
| 5       | Vorwissen,<br>Selbstkonzept &<br>Lehrhandeln als<br>Effektfaktoren            | 15           | (Schulz, 2024)<br>(Rieser & Adl-Amini,<br>2025)                       |
| 8       | Technostress &<br>Beanspruchung<br>durch digitale<br>Medien                   | 8            | (Bail et al., 2024)<br>(Annemann et al.,<br>2024)                     |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---|--|---|---|
| Monitoring, Lernsteuerung & Lehrkraftintervention | Aussagen zur gemeinsamen Steuerung von Lernprozessen (Planung/Monitoring/Evaluation und zur Wirkung von Lehrkraftunterstützung in kooperativen Settings. | Kodieren, wenn Monitoring/Steuerung oder Lehrkraftintervention als Wirkbedingung beschrieben wird; nicht kodieren bei reinen Ergebnisangaben ohne Steuerungsbezug.                      | „Monitoring dominiert: 25,7 % aller Äußerungen bezogen sich auf Monitoring, aber nur 3,5 % auf Planung.“ (Schulz, 2024), „Intensivere Unterstützung des Monitorings durch die Lehrkraft wies einen negativen Zusammenhang mit dem Monitoring der Schüler*innen auf.“ (Rieser & Adl-Amini, 2025) |
| Lernanalytik/NLP für Teamkommunikation (CPS)      | Aussagen zur Analyse und Messung von Teamkommunikation (z.B. CPS) mittels lernanalytischer, sprachverarbeitender oder multimodaler Verfahren.            | Kodieren, wenn Mess-/Analyseverfahren der Teamkommunikation als Effektfaktor/Feedbackgrundlage beschrieben wird; nicht kodieren bei rein didaktischen Beschreibungen ohne Analysebezug. | „Die Studie untersucht die verbale Interaktion Erwachsener in einem computergestützten, kollaborativen Problemlösungsprozess (CPS).“ (Buseyne et al., 2023), „Preparation quality is a mediator between prior knowledge and group learning outcomes.“ (Lyu et al., 2025)                        |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|---|--|---|--|
| Digitale Kompetenzen & Fortbildungseffekte            | Aussagen, in denen digitale Kompetenzen (insb. Lehrende) und Fortbildungsteilnahme als Wirkfaktoren für Unterrichtsqualität oder Umsetzung digitaler Formate beschrieben werden. | Kodieren, wenn Kompetenz/Fortbildung als vermittelnder Faktor oder Voraussetzung der Wirksamkeit benannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen Digitalisierungsappellen ohne Kompetenzbezug. | „Selbsteingeschätzte digitale Kompetenzen vermitteln die Zusammenhänge zwischen der Teilnahme an Fortbildungen und der Unterrichtsqualität.“ (Runge et al., 2024), „Technologische Einschränkungen und mangelnde digitale Kompetenzen [können] die Umsetzung und Effektivität kollaborativer Schreibprojekte beeinträchtigen.“ (Liverano, 2024)  |
| Lernmuster, Vorbereitung & Lernergebnisse             | Aussagen zu Lernmustern (Logdaten, Lernanalytik), Vorbereitung und deren Zusammenhang mit Lernergebnissen.   | Kodieren, wenn Lernmuster/Preparation/Outcomes verknüpft werden; nicht kodieren bei reinen Zufriedenheitsurteilen ohne Muster-/Outcome-Bezug.   | „Learning patterns in RB environments can predict student learning outcomes.“ (Sáiz Manzanares et al., 2017), „Preparation quality is a mediator between prior knowledge and group learning outcomes.“ (Lyu et al., 2025)  |
| Unterstützungsbedarfe (Stress/Anxiety) & Peer-Support | Aussagen zu Unterstützungsbedarfen (z.B. Angst/Stress) und zur Rolle von Peer-Support/Buddy-Systemen als Wirkfaktor.   | Kodieren, wenn Bedarfslagen (Anxiety/Stress) und Unterstützungsformen als Effektfaktoren beschrieben werden; nicht kodieren bei allgemeinen Empfehlungen ohne Bezug zur Bedarfslage.        | „Students high in Math anxiety said they used their classmates as help to pass the course to a greater extent compared to those lower in Math anxiety.“ (Bjälkebring, 2019), „Zukünftige Forschungen mit größeren Stichproben und verbesserten technologischen Lösungen sollen die Gruppenbeteiligung fördern.“ (Compagnoni & Serragiotto, 2024) |

| Kategorie   | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---|---|---|---|
| Kompetenzentwicklung in praktischen Settings (Supervision/OSCE) | Aussagen zu Kompetenzentwicklung in praktischen Trainingssettings (z.B. OSCE, Supervision, Simulation) und deren Wirkfaktoren.        | Kodieren, wenn praktische Kompetenzentwicklung oder Supervision/Simulation als Wirkbedingung genannt wird; nicht kodieren bei rein theoretischem Wissenszuwachs ohne Praxisbezug. | „Blended Learning mit Supervision [ist] die effektivste Methode zur Vermittlung praktischer medizinischer Fertigkeiten.“ (Engert et al., 2025), „Microlearning und simulationsbasierte Sitzungen wurden als effektive Lehrmethoden zur Erreichung der VC-Kompetenzen bewertet.“ (Liew et al., 2023) |
| Peer-Feedback, Tutoring & Leistungswirkung                      | Aussagen zur Wirkung von Peer-Feedback, Peer-Tutoring und Feedbacktypen (formativ/summativ) auf Leistung und Lernprozesse.            | Kodieren, wenn Feedback/Tutoring als Mechanismus der Leistungs- oder Lernverbesserung beschrieben wird; nicht kodieren bei Mess-/Methodenbeschreibungen ohne Wirkannahme.         | „Formatives Feedback zeigte einen stärkeren Effekt auf die Leistung als summatives Feedback.“ (Viberg et al., 2024), „Studierende mit regelmäßiger Peer-Assessment-Erfahrung verbesserten ihre Bewertungsgenauigkeit.“ (Radović et al., 2023)   |
| Blended Learning: Flexibilität & Wirksamkeitsvergleich          | Aussagen, die Blended Learning über Flexibilität, Lernwirksamkeit oder Vergleich zu rein digitalen/traditionellen Formaten begründen. | Kodieren, wenn Flexibilität/Wirksamkeit von Blended Learning als Effektfaktor beschrieben wird; nicht kodieren bei allgemeinen Kursbeschreibungen ohne Vergleich/Outcome.         | „Blended Learning ... bietet ... Flexibilität und ... Kompetenzentwicklung.“ (Kayi, 2024), „Die Effektivität des Blended Learning im Vergleich zu rein digitalen Lehrmethoden.“ (Engert et al., 2025)   |

| Kategorie  | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|--|---|--|--|
| Online Peer Assessment: Plattformen & Bewertungsprozesse | Aussagen zu Online-Peer-Assessment-Prozessen, Plattformen (z.B. Moodle) und deren Effekten auf Bewertung/Genauigkeit/Prozessqualität. | Kodieren, wenn Online-Peer-Assessment als Prozess- oder Wirkfaktor beschrieben wird; nicht kodieren bei Peer-Feedback ohne Assessment-/Plattformbezug.           | „Nutzung von Moodle® und cloudbasierten Plattformen für Online-Peer Assessment.“ (Radović et al., 2023), „Wortanzahl und Anzahl der Äußerungen variieren zwischen und innerhalb der Teams deutlich. Eine Kombination von Wortanzahl und Satzlänge kann wertvolle Erkenntnisse zur Gleichmäßigkeit der Beteiligung liefern.“ (Buseyne et al., 2023)   |
| E-Portfolios, Reflexion & Professionalisierung           | Aussagen zu Portfolios/E-Portfolios als Reflexions- und Professionalisierungsinstrument und deren Wirkung.                            | Kodieren, wenn Portfolios/Reflexion/Professionalisierung als Effektfaktor beschrieben wird; nicht kodieren bei reiner Tool-Nennung ohne Reflexions-/Prof.-Bezug. | „E-Portfolios [können] ... Professionalisierung und effektiven Ausbildung ... beitragen.“ (Gittinger & Eckenbach, 2024), „Well-designed LMS mean that the development of process-oriented feedback is more structured for students, since they can consult the orientations of the teacher, both in real time and afterwards, at any time in the learning process.“ (Sáiz Manzanares et al., 2017) |

| Kategorie  | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|--|---|---|---|
| Technologische Herausforderungen & digitale Literacy             | Aussagen zu Infrastrukturproblemen, digitaler Literacy und technischen Barrieren, die Nutzung und Wirksamkeit digitaler Lernformate begrenzen.    | Kodieren, wenn technologische Einschränkungen als Hürde/Wirkbegrenzung beschrieben werden; nicht kodieren bei allgemeinen Digitalisierungsurteilen ohne Barrierenbezug. | „Technological constraints, such as poor internet connectivity and lack of digital literacy, can hinder the effectiveness of collaborative writing activities.“ (Liverano, 2024), „Technologische Einschränkungen können die Nutzung und das Engagement der Teilnehmer beeinträchtigen.“ (Compagnoni & Serragiotto, 2024) |
| DPBL/Online-Formate: Zufriedenheit, Umsetzung & Forschungsbedarf | Aussagen zu digitalen Problem-Based-Learning/Online-Formaten, inkl. Zufriedenheit/Attitudes, Implementationsfragen und Bedarf weiterer Forschung. | Kodieren, wenn DPBL/Online-Format als Wirkfaktor diskutiert wird (inkl. Grenzen/Forschungsbedarf); nicht kodieren bei reinen Outcome-Zahlen ohne Formatbezug.           | „DPBL is as effective as traditional PBL and more effective than traditional learning in improving knowledge outcomes.“ (Tudor Car et al., 2019), „Notwendigkeit weiterer empirischer Studien und Interventionsstudien, um Coping-Strategien zu entwickeln und umzusetzen.“ (Bail et al., 2024)                           |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|--|--|--|
| Vorwissen, Selbstkonzept & Lehrhandeln als Effektfaktoren | Aussagen, die individuelle Lernvoraussetzungen (Vorwissen, Selbstkonzept) und Lehrhandeln als Determinanten von Lernsteuerung/Wirksamkeit beschreiben. | Kodieren, wenn Vorwissen/Selbstkonzept/Lehrerhandeln als Effektfaktor genannt wird; nicht kodieren bei rein beschreibenden Kontextangaben ohne Wirkbezug.                      | „Je höher die mittlere Kompetenz eines Tandems, desto höher der Anteil der Steuerungsäußerungen zur Aufgabenbearbeitung.“ (Schulz, 2024), „Untersucht wird die Qualität der Lernsteuerung in Verbindung mit Vorwissen, Selbstkonzept und Lehrerhandeln.“ (Rieser & Adl-Amini, 2025)  |
| Technostress & Beanspruchung durch digitale Medien        | Aussagen zu Technostress/Beanspruchung durch digitale Medien, inkl. Überlastung/Unsicherheit und Folgen für Gesundheit/Arbeitszufriedenheit.           | Kodieren, wenn technikbezogene Belastung/Beanspruchung als Effektfaktor/Negativfolge beschrieben wird; nicht kodieren bei neutralen Medienbeschreibungen ohne Belastungsbezug. | „The current study situation indicates a moderate level of technostress, with the highest levels recorded for the subcategories techno-overload and techno-uncertainty.“ (Bail et al., 2024), „Die unzureichende schulische digitale Infrastruktur wird als häufigste Quelle negativer Beanspruchung identifiziert.“ (Annemann et al., 2024) |

#### Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Monitoring, Lernsteuerung & Lehrkraftintervention FU2b verdichtet Effektfaktoren häufig als Balance zwischen Eigensteuerung der Lernenden und Unterstützung durch Lehrende: Monitoring dominiert gegenüber Planung; Lehrkraftintervention kann dabei sowohl förderlich (gezielte Evaluation) als auch hemmend (zu starke Monitoring-Unterstützung) wirken. (Schulz, 2024) (Rieser & Adl-Amini, 2025)

Monitoring dominiert: 25,7 % aller Äußerungen bezogen sich auf Monitoring, aber nur 3,5 % auf Planung. (Schulz, 2024)

Intensivere Unterstützung des Monitorings durch die Lehrkraft wies einen negativen Zusammenhang mit dem Monitoring der Schüler\*innen auf. (Rieser & Adl-Amini, 2025)

Lernanalytik/NLP für Teamkommunikation (CPS) Ein wiederkehrendes Muster beschreibt Effekte über die Mess- und Sichtbarmachung von Interaktionsqualität: Verfahren wie Inhaltsanalyse, LIWC/LSM oder Mixed-Methods-Designs dienen dazu, Teamkommunikation zu diagnostizieren und als Grundlage für Rückmeldung/Steuerung zu nutzen. (Buseyne et al., 2023) (Lyu et al., 2025)

Die Studie untersucht die verbale Interaktion Erwachsener in einem computergestützten, kollaborativen Problemlösungsprozess (CPS). (Buseyne et al., 2023)

Preparation quality is a mediator between prior knowledge and group learning outcomes. (Lyu et al., 2025)

Digitale Kompetenzen & Fortbildungseffekte FU2b verortet Effekte häufig in Kompetenzen der Lehrenden: Fortbildung wirkt nicht „direkt“, sondern vermittelt über digitale Kompetenzen, die wiederum Unterrichtsqualität und die Umsetzbarkeit digitaler Settings beeinflussen. (Runge et al., 2024) (Liverano, 2024)

Selbsteingeschätzte digitale Kompetenzen vermitteln die Zusammenhänge zwischen der Teilnahme an Fortbildungen und der Unterrichtsqualität. (Runge et al., 2024)

Technologische Einschränkungen und mangelnde digitale Kompetenzen können die Umsetzung und Effektivität kollaborativer Schreibprojekte beeinträchtigen. (Liverano, 2024)

Lernmuster, Vorbereitung & Lernergebnisse Ein weiterer Strang verdichtet Effekte über Lernmuster und Vorbereitung: Logdatenbasierte Muster, metakognitive/motivationale Strategien und individuelle Vorbereitung werden als Prädiktoren von Lernergebnissen beschrieben. (Sáiz Manzanares et al., 2017) (Lyu et al., 2025)

Learning patterns in RB environments can predict student learning outcomes. (Sáiz Manzanares et al., 2017)

Preparation quality is a mediator between prior knowledge and group learning outcomes. (Lyu et al., 2025)

Unterstützungsbedarfe (Stress/Anxiety) & Peer-Support FU2b enthält Segmente, in denen Unterstützungsbedarf als Effektfaktor sichtbar wird: bei Stress/Anxiety werden peerbasierte Unterstützungsformen (Komiliton:innenhilfe, Buddy-Systeme) als besonders wirksam beschrieben; zugleich werden Gestaltungs- und Forschungsbedarfe zur Förderung von Beteiligung markiert. (Bjälkebring, 2019) (Compagnoni & Serragiotto, 2024)

Students high in Math anxiety said they used their classmates as help to pass the course to a greater extent compared to those lower in Math anxiety. (Bjälkebring, 2019)

Zukünftige Forschungen mit größeren Stichproben und verbesserten technologischen Lösungen sollen die Gruppenbeteiligung fördern. (Compagnoni & Serragiotto, 2024)

Kompetenzentwicklung in praktischen Settings (Supervision/OSCE) Effektfaktoren werden häufig an praktische Kompetenzentwicklung gekoppelt: hybride Formate mit Supervision bzw. Simulation/Microlearning werden als besonders wirksam beschrieben, weil sie digitale Inhalte mit Rückmeldung und Übungsgelegenheiten verbinden. (Engert et al., 2025) (Liew et al., 2023)

Blended Learning mit Supervision ist die effektivste Methode zur Vermittlung praktischer medizinischer Fertigkeiten. (Engert et al., 2025)

Microlearning und simulationsbasierte Sitzungen wurden als effektive Lehrmethoden zur Erreichung der VC-Kompetenzen bewertet. (Liew et al., 2023)

Peer-Feedback, Tutoring & Leistungswirkung FU2b verdichtet Effekte über Feedbacklogiken: formativ Rückmeldung wird als leistungsförderlicher beschrieben als summative; wiederholte Peer-Assessment-

Erfahrung erhöht die Genauigkeit und Qualität von Bewertungen. (Viberg et al., 2024) (Radović et al., 2023)

Formatives Feedback zeigte einen stärkeren Effekt auf die Leistung als summatives Feedback. (Viberg et al., 2024)

Studierende mit regelmäßiger Peer-Assessment-Erfahrung verbesserten ihre Bewertungsgenauigkeit. (Radović et al., 2023)

**Blended Learning: Flexibilität & Wirksamkeitsvergleich** Als Effektfaktor erscheint Blended Learning wiederholt über die Kombination von Flexibilität, theoretischer Vorbereitung und praktischer Rückmeldung; Wirksamkeit wird explizit im Vergleich zu rein digitalen Formaten thematisiert. (Kayi, 2024) (Engert et al., 2025)

Blended Learning durch die Kombination von Präsenz- und Online-Unterricht bietet Flexibilität und fördert die Kompetenzentwicklung. (Kayi, 2024)

Die Effektivität des Blended Learning im Vergleich zu rein digitalen Lehrmethoden. (Engert et al., 2025)

**Online Peer Assessment: Plattformen & Bewertungsprozesse** Ein wiederkehrendes Muster ist die Formalisierung von Bewertung durch Plattformen: Moodle-/Cloud-Tools strukturieren Peer-Assessment-Prozesse; Kommunikationsindikatoren (z.B. Wortanzahl, Beteiligung) werden als Hinweise auf Prozessqualität und Rollenverteilung genutzt. (Radović et al., 2023) (Buseyne et al., 2023)

Nutzung von Moodle® und cloudbasierten Plattformen für Online-Peer Assessment. (Radović et al., 2023)

Wortanzahl und Anzahl der Äußerungen variieren zwischen und innerhalb der Teams deutlich und können Erkenntnisse zur Gleichmäßigkeit der Beteiligung liefern. (Buseyne et al., 2023)

**E-Portfolios, Reflexion & Professionalisierung** FU2b bündelt Effekte auch über Reflexionsinstrumente: E-Portfolios werden als Beitrag zur Professionalisierung beschrieben; in LMS-Kontexten wird zudem prozessorientiertes Feedback als dauerhaft abrufbare Unterstützung herausgestellt. (Gittinger & Eckenbach, 2024) (Sáiz Manzanares et al., 2017)

Die Studie zeigt, wie E-Portfolios zur Professionalisierung und effektiven Ausbildung von Lehramtsstudierenden beitragen können. (Gittinger & Eckenbach, 2024)

Well-designed LMS mean that the development of process-oriented feedback is more structured for students, since they can consult the orientations of the teacher, both in real time and afterwards, at any time in the learning process. (Sáiz Manzanares et al., 2017)

**Technologische Herausforderungen & digitale Literacy** Barrieren werden als Effektfaktoren explizit benannt: fehlende Konnektivität, geringe digitale Literacy und technische Einschränkungen reduzieren Wirksamkeit und Beteiligung und erfordern kompensierende Unterstützungsstrukturen. (Liverano, 2024) (Compagnoni & Serragiotto, 2024)

Technological constraints, such as poor internet connectivity and lack of digital literacy, can hinder the effectiveness of collaborative writing activities. (Liverano, 2024)

Technologische Einschränkungen können die Nutzung und das Engagement der Teilnehmer beeinträchtigen. (Compagnoni & Serragiotto, 2024)

**DPBL/Online-Formate: Zufriedenheit, Umsetzung & Forschungsbedarf** FU2b verknüpft Effekte digitaler Formate auch mit Mixed-Outcomes und Implementationsfragen: DPBL wird als wirksam für Wissens- und Fähigkeitsentwicklung beschrieben, während Zufriedenheit/Attitudes teils gemischt ausfallen; zugleich werden Forschungs- und Interventionsbedarfe betont. (Tudor Car et al., 2019) (Bail et al., 2024)

DPBL is as effective as traditional PBL and more effective than traditional learning in improving knowledge outcomes. (Tudor Car et al., 2019)

Notwendigkeit weiterer empirischer Studien und Interventionsstudien, um Coping-Strategien zu entwickeln und umzusetzen. (Bail et al., 2024)

Vorwissen, Selbstkonzept & Lehrhandeln als Effektfaktoren Effekte werden als abhängig von Lernvoraussetzungen und Lehrhandeln beschrieben: Vorwissen verschiebt die Qualität gemeinsamer Steuerung, und Lehrkraftunterstützung wirkt nicht linear, sondern kontextspezifisch (z.B. Monitoring vs. Evaluation). (Schulz, 2024) (Rieser & Adl-Amini, 2025)

Je höher die mittlere naturwissenschaftliche Kompetenz eines Tandems, desto höher der Anteil der Steuerungsäußerungen zur Aufgabenbearbeitung. (Schulz, 2024)

Untersucht wird die Qualität der Lernsteuerung in Verbindung mit Vorwissen, Selbstkonzept und Lehrerhandeln. (Rieser & Adl-Amini, 2025)

Technostress & Beanspruchung durch digitale Medien FU2b markiert Technostress/Beanspruchung als negativen Effektfaktor auf Seiten der Lehrenden: techno-overload/uncertainty sowie unzureichende Infrastruktur und Support erscheinen als Belastungsquellen, die Umsetzung und Qualität digitaler Lehr-Lern-Arrangements beeinträchtigen können. (Bail et al., 2024) (Annemann et al., 2024)

The current study situation indicates a moderate level of technostress, with the highest levels recorded for the subcategories techno-overload and techno-uncertainty. (Bail et al., 2024)

Die unzureichende schulische digitale Infrastruktur wird als häufigste Quelle negativer Beanspruchung identifiziert. (Annemann et al., 2024)

#### Theoretische Einbettung

FU2b fokussiert Effektfaktoren auf der Seite der Lehrenden und ihrer Gestaltungs- und Arbeitsbedingungen: Fortbildung/digitale Kompetenz (als Ressource), Monitoring/Feedback/Assessment (als didaktische Steuerung) sowie Infrastruktur/Technostress (als Belastung) strukturieren die Rekonstruktion. Damit ist FU2b anschlussfähig an Modelle, die Wirkungen digitaler Lehr-Lern-Arrangements als Zusammenspiel von didaktischen Interventionen, organisationalen Ressourcen und Belastungsdynamiken verstehen. (Annemann et al., 2024) (Bail et al., 2024) (Runge et al., 2024)

#### Reflexion

Der FU2b-Korpus ist vergleichsweise klein ( $n = 27$ ;  $N = 398$ ) und inhaltlich heterogen (von Feedback/Assessment über Fortbildung bis Technostress). In v1 werden diese Dimensionen als Cluster/Kategorien ausgewiesen, ohne bereits eine Konsolidierung auf wenige Oberkategorien zu erzwingen. Zudem stammen viele Aussagen aus sekundär strukturierten Primäranalysen (annotate); trotz Filterung können paraphrasierende Passagen die Formulierungen glätten. In späteren Runs bietet sich an, Kategorien stärker entlang eines expliziten Rahmenmodells (z.B. Ressourcen/Belastungen vs. didaktische Steuerung) zu bündeln.

#### Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

### FU3 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

#### Kurztext

- Datenbasis:  $n = 115$  Analysen 1. Ordnung (FU3) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + annotate).
- Segmentierung:  $N = 1748$  Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Kategorisierung“,

„Zuordnung“, reine Relevanzbewertungen).

- Parameter:  $k = 15$  (FU3); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4:  $S = 0.87$ .

#### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. isolierte Trennzeichen) entfernt.
- Clustering:  $k = 15$ ; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [`@bibkey`].

#### Kategorienüberblick (Tabelle)

| Kategorie   | Segmente (n) | Beispielquellen                                      |
|---|--------------|--|
| Interaktivität, Zufriedenheit & Engagement                  | 344          | (Wut et al., 2024) (Chia-Chen Chen et al., 2018)     |
| Technologieintegration & Medienpraktiken                    | 176          | (Siewert, 2022) (Habib & Pius, 2023)                 |
| Digitale Kompetenzen & Qualifizierung                       | 156          | (Christian et al., 2021)<br>(Hammarén et al., 2024)  |
| Blended Learning, Learning Analytics & Design-Based Ansätze | 154          | (Volk et al., 2024) (Sommer et al., 2022)            |
| Kollaboration, Teamarbeit & Kommunikation                   | 141          | (Fink-Heitz et al., 2015)<br>(Chang-Tik, 2023)       |
| Moodle-Ökosystem, OER & Plugins                             | 112          | (Nguyen et al., 2024) (Häusler et al., 2025)         |
| Lehr-Lerneffektivität & Wirksamkeitsbefunde                 | 102          | (Lukaschek et al., 2019)<br>(Meinert et al., 2019)   |
| Feedback, Evaluation & Lernindikatoren                      | 88           | (Oldenburg et al., 2025)<br>(Hellmuth et al., 2021)  |
| Zielgruppen, Kontextbedingungen & Implementationsrahmen     | 85           | (Shulgina et al., 2024)<br>(Chairuddin et al., 2024) |
| LMS-Architektur, Adaptivität & kognitive Belastung          | 83           | (Suryani et al., 2024) (Sims, 2021)                  |
| Qualitative Studien & Erfahrungsberichte                    | 80           | (Syynimaa et al., 2024) (Al Mamun & Lawrie, 2024)    |
| Instruktionsdesign-Modelle & Bewertungsrahmen               | 71           | (Leeuw et al., 2019) (Siewert, 2022)                 |
| Systemanpassung & Personalisierung                          | 66           | (Sektion Medienpädagogik, 2017) (Gu & Paracha, 2023) |
| Usability & Barrierefreiheit (WCAG, Audits)                 | 49           | (Röwert et al., 2023) (Häusler et al., 2025)         |
| Theoriebezüge (z.B. SDT) & Rahmenkonzepte                   | 41           | (Fahr & Riegler, 2025)<br>(Strasser et al., 2025)    |

#### Codierschema (Tabelle)

| Kategorie                                  | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|--|--|--|--|
| Interaktivität, Zufriedenheit & Engagement | Aussagen, die Interaktivität/Funktionsumfang digitaler Lernumgebungen mit Zufriedenheit, Engagement oder Nutzungsintention verknüpfen. | Kodieren, wenn Interaktivität (Mensch-System, Mensch-Mensch, Mensch-Inhalt) als Wirkfaktor benannt wird; nicht kodieren bei reinen Tool-Aufzählungen ohne Wirkbezug. | „Interaktivität hat den größten Einfluss auf verhaltensbezogenes Engagement in allen Regionen.“ (Wut et al., 2024), „Die Interaktivität ... hat den stärksten Einfluss auf die Zufriedenheit und damit auf die kontinuierliche Nutzung von MOOCs.“ (Chia-Chen Chen et al., 2018) |
| Technologieintegration & Medienpraktiken   | Aussagen zur Integration digitaler Medien/Tools in Unterricht/Studium und zur Einbettung in Lehr-Lern-Praktiken.                       | Kodieren, wenn Integration/Einbettung (statt isolierter Einsatz) thematisiert wird; nicht kodieren bei reinen Kompetenz-/Motivationsaussagen ohne Integrationsbezug. | „Untersuchung der Integration digitaler Medien in den Schulunterricht und deren Auswirkungen auf die Unterrichtsqualität.“ (Siewert, 2022), „Nutzung digitaler Plattformen und Tools zur Flexibilisierung der Hochschulbildung.“ (Habib & Pius, 2023)                            |
| Digitale Kompetenzen & Qualifizierung      | Aussagen über notwendige/zu fördernde digitale Kompetenzen (Lehrende/Lernende) sowie Qualifizierungs- und Kompetenzmanagement.         | Kodieren, wenn Kompetenzaufbau als Voraussetzung oder Ziel benannt wird; nicht kodieren bei reinen Technikbeschreibungen ohne Kompetenzdimension.                    | „Digitale Kompetenzen sind eine Schlüsselqualifikation ... und müssen systematisch gefördert werden.“ (Christian et al., 2021), ... Implementierung intergenerationalen Lernens ... Förderung digitaler Kompetenzen ...“ (Hammarén et al., 2024)                                 |

| Kategorie   | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|---|---|---|--|
| Blended Learning, Learning Analytics & Design-Based Ansätze | Aussagen zu Blended-/Hybridformaten, learning-analytics-gestützten Designs und (design-based) Entwicklungs-/Evaluationslogiken. | Kodieren, wenn Blended/Hybrid oder Analytcs/Designforschung als Gestaltungslogik dargestellt wird; nicht kodieren bei allgemeinen Wirksamkeitsaussagen ohne Format-/Designbezug.                        | „Online Blended Learning ... ,Learning to Teach‘ ... “ (Volk et al., 2024), „Blended Learning ... eine effektive Methode ... flexible Lernumgebung ...“ (Sommer et al., 2022)  |
| Kollaboration, Teamarbeit & Kommunikation                   | Aussagen zu kollaborativen Lernarrangements, Teamarbeit, Kommunikationsformen und ihren didaktischen Funktionen.                | Kodieren, wenn Zusammenarbeit/Kommunikation als Merkmal oder Mechanismus benannt wird; nicht kodieren bei rein individuellen Outcomes ohne Sozialbezug.   | „Förderung von virtueller Gruppenarbeit und kollaborativem Lernen.“ (Fink-Heitz et al., 2015), „Förderung von Teamarbeit durch kollaborative und problemorientierte Aufgaben.“ (Chang-Tik, 2023)                       |
| Moodle-Ökosystem, OER & Plugins                             | Aussagen zu LMS-Ökosystemen (Moodle, H5P, Plugins), OER und operationalisierten Lernaktivitäten/Spuren im System.               | Kodieren, wenn konkrete Plattform-/Ökosystemelemente (Plugins, OER-Portale, Nutzungsdaten) als Merkmal beschrieben werden; nicht kodieren bei allgemeinen Digitalisierungssargumenten ohne Systembezug. | „Erhebung der Lernaktivitäten über Moodle (z.B. Aufrufe von Materialien, Quiz-Ergebnisse, Interaktionen in Foren).“ (Nguyen et al., 2024), „Zusammenspiel von Moodle, H5P ... OER-Portalen ...“ (Häusler et al., 2025) |
| Lehr-Lerneffektivität & Wirksamkeitsbefunde                 | Aussagen, die didaktische/technologische Merkmale mit Wirksamkeit (Lernen, Kompetenzen, Kosteneffizienz) verbinden.             | Kodieren, wenn Effektivität/Wirkung als Ergebnis berichtet oder verglichen wird; nicht kodieren bei reinen Implementations-/Planungsbeschreibungen ohne Outcome.  | „Untersuchung der Effektivität von E-Learning-Methoden ...“ (Lukaschek et al., 2019), „Untersuchung der Effektivität und Kosteneffizienz von E-Learning-Methoden.“ (Meinert et al., 2019)                              |

| Kategorie   | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|---|--|--|
| Feedback, Evaluation & Lernindikatoren                  | Aussagen zu Feedbackformen, Evaluation (Skalen/Expert:innenurteile) und (z.B. Eye-Tracking-)Indikatoren für Lernprozesse.                     | Kodieren, wenn Feed-back/Evaluation/Messindikatörer als Merkmal didaktischer/technologischer Gestaltung benannt werden; nicht kodieren bei reinen Outcome-Statements ohne Mess-/Feedbackbezug. | „Während Schüler:innen Lesekompetenz die Bilder weitgehend ignorierten ...“ (Oldenburg et al., 2025), „Hohe Motivation und positive Wahrnehmung des Tools ...“ (Hellmuth et al., 2021)             |
| Zielgruppen, Kontextbedingungen & Implementationsrahmen | Aussagen zu Zielgruppen (Studierende, Lehrkräfte, Schulformen) und zu kontextuellen Implementationsbedingungen (Rahmen, Akzeptanzfelder).     | Kodieren, wenn Population/Kontext als relevanter Faktor beschrieben wird; nicht kodieren bei rein abstrakten Modell-/Theorieaussagen ohne Kontext.   | „Teilnehmer: 149 Bachelor-Studierende ...“ (Shulgina et al., 2024), „... Nutzung von LMS in Schulen/Universitäten ...“ (Chairuddin et al., 2024)   |
| LMS-Architektur, Adaptivität & kognitive Belastung      | Aussagen zu LMS-Architektur, Adaptivität/Personalisierung und Mess-/Modellierung kognitiver Belastung (inkl. Eye-Tracking).                   | Kodieren, wenn Systemarchitektur/Adaptivität oder kognitive Belastung explizit thematisiert wird; nicht kodieren bei allgemeinen Usability-Aussagen ohne Belastungs-/Adaptivitätsbezug.        | „Wie kann die kognitive Belastung in einem LMS effektiv gemessen und modelliert werden?“ (Suryani et al., 2024), „The biggest limitation of many proprietary LMS platforms is price.“ (Sims, 2021) |
| Qualitative Studien & Erfahrungsberichte                | Aussagen, die didaktische/technologische Merkmale über qualitative Erhebungen (Interviews, Reflexionsberichte, Beobachtungen) rekonstruieren. | Kodieren, wenn qualitative Methoden/Erfahrungsberichte als Datengrundlage sichtbar sind; nicht kodieren bei rein quantitativen Outcome-Statements ohne qualitative Perspektive.                | „Qualitative Inhaltsanalyse ... Reflexionsberichten ...“ (Syynimaa et al., 2024), „... Videoaufnahmen, Beobachtungen und Interviews.“ (Al Mamun & Lawrie, 2024)                                    |

| Kategorie                                     | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|--|--|--|
| Instruktionsdesign-Modelle & Bewertungsrahmen | Aussagen zu systematischen Gestaltungsmodellen (z.B. 9-step, ADDIE-Vergleich) und Bewertungs-/Reifegradrahmen (z.B. SAMR).               | Kodieren, wenn Modelle/Rahmen explizit als Strukturierung didaktisch-technologischer Gestaltung genutzt werden; nicht kodieren bei allgemeinen Designempfehlungen ohne Modellbezug.          | „Vergleich mit anderen Modellen (z.B. ADDIE, Gagné) ...“ (Leeuw et al., 2019), „Anwendung und Implementierung des SAMR-Modells ...“ (Siewert, 2022)  |
| Systemanpassung & Personalisierung            | Aussagen, die Anpassung von Curricula/Systemen an mediatisierte Anforderungen oder Personalisierung an Lernendenbedürfnisse beschreiben. | Kodieren, wenn Anpassung (Curriculum/System/Interface) als notwendige Maßnahme benannt wird; nicht kodieren bei allgemeinem Kompetenzdiskurs ohne Anpassungsbezug.                           | „Anpassung der Hochschulcurricula an die Anforderungen einer mediatisierten Gesellschaft.“ (Sektion Medienpädagogik, 2017), „Anpassung des LMS an die spezifischen Bedürfnisse und Verhaltensweisen der Lernenden.“ (Gu & Paracha, 2023) |
| Usability & Barrierefreiheit (WCAG, Audits)   | Aussagen zu Usability, Accessibility und Evaluationspraktiken (z.B. WCAG-Audits) jenseits rein formativer Kurzfeedbacks.                 | Kodieren, wenn Barrierefreiheit/Usability als eigenständige Prüfdimension genannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen Akzeptanzstatements ohne konkrete Usability-/Accessibility-Dimension. | „Rückmeldungen von Stakeholdern zu Funktionalität, Usability und Nutzen.“ (Röwert et al., 2023), „Barrierefreiheits-/Usability-Audits: Standardisierte WCAG/Usability-Evaluationen ...“ (Häusler et al., 2025)                           |
| Theoriebezüge (z.B. SDT) & Rahmenkonzepte     | Aussagen, die didaktisch-technologische Merkmale explizit an Theorie-/Rahmenkonzepte koppeln (z.B. SDT, SAMR, Visible Learning).         | Kodieren, wenn Theoriebezug als Begründungs- oder Deutungsrahmen sichtbar ist; nicht kodieren bei reinen Tool-/Implementationsbeschreibungen ohne Rahmenreferenz.                            | „Bezug auf Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan), SAMR-Modell ...“ (Fahr & Riegler, 2025), „Die Grundbedürfnisse nach Rygen und Deci (2000) bilden die Basis für Motivation und Lernerfolg.“ (Strasser et al., 2025)                    |

## Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Interaktivität, Zufriedenheit & Engagement FU3 rekonstruiert Interaktivität als zentrales Merkmal digitaler Lernumgebungen: Interaktive Funktionen werden nicht nur als „nice to have“, sondern als Treiber von Engagement und Nutzungsstabilität beschrieben. Damit wird Interaktivität zur didaktischen und technologischen Gestaltungsdimension, die sich in unterschiedlichen Kontexten ähnlich auswirkt. (Wut et al., 2024) (Chia-Chen Chen et al., 2018)

Interaktivität hat den größten Einfluss auf verhaltensbezogenes Engagement. (Wut et al., 2024)

Interaktivität ... beeinflusst Zufriedenheit und die kontinuierliche Nutzung von MOOCs. (Chia-Chen Chen et al., 2018)

Technologieintegration & Medienpraktiken Ein wiederkehrendes Muster ist die Betonung von Integration statt Insellösungen: Digitale Medien werden als wirksam und „qualitätsrelevant“ beschrieben, wenn sie in Unterrichts- und Studienpraktiken eingebettet sind. FU3 macht damit deutlich, dass didaktische und technologische Merkmale gemeinsam betrachtet werden müssen (Tool + Einsatzpraxis). (Siewert, 2022) (Habib & Pius, 2023)

Integration digitaler Medien in den Schulunterricht wird als Qualitätsdimension der Unterrichtsgestaltung verhandelt. (Siewert, 2022)

Digitale Plattformen und Tools dienen der Flexibilisierung von Studium und Lehre. (Habib & Pius, 2023)

Digitale Kompetenzen & Qualifizierung FU3 bündelt zahlreiche Segmente, die Kompetenzen als Voraussetzung der Nutzung und als Ziel von Entwicklungsprozessen beschreiben: Lehrende und Lernende benötigen digitale Kompetenzen, damit technologische Angebote didaktisch produktiv werden. Qualifizierung erscheint dabei sowohl als individueller als auch organisationaler Prozess (Kompetenzmanagement). (Christian et al., 2021) (Hammarén et al., 2024)

Digitale Kompetenzen ... müssen systematisch gefördert werden. (Christian et al., 2021)

Identifiziert werden u.a. Praktiken des Kompetenzmanagements und der Kompetenzförderung. (Hammarén et al., 2024)

Blended Learning, Learning Analytics & Design-Based Ansätze FU3 weist Blended-/Hybridformate als wiederkehrendes didaktisches Design aus: Sie werden als flexible Struktur beschrieben, in der Präsenz und Online-Anteile kombiniert werden. Gleichzeitig treten learning-analytics-gestützte Designs und designorientierte Evaluationslogiken hervor, die technologische Merkmale (Daten/Spuren) unmittelbar mit didaktischen Entscheidungen koppeln. (Volk et al., 2024) (Sommer et al., 2022)

Online Blended Learning wird als Rahmen zur Qualifizierung („Learning to Teach“) beschrieben. (Volk et al., 2024)

Blended Learning wird als effektive Methode für eine flexible Lernumgebung dargestellt. (Sommer et al., 2022)

Kollaboration, Teamarbeit & Kommunikation Kollaboration erscheint als didaktisches Kernmerkmal digitaler Lernumgebungen: Teamarbeit, virtuelle Gruppenprozesse und kommunikative Praktiken strukturieren Aufgaben und Lernhandlungen. Die Segmente markieren damit soziale Arrangements als integrierten Teil technologisch vermittelter Lehr-Lern-Settings. (Fink-Heitz et al., 2015) (Chang-Tik, 2023)

Virtuelle Gruppenarbeit und kollaboratives Lernen werden als zentrale Zielgrößen formuliert. (Fink-Heitz et al., 2015)

Teamarbeit wird durch kollaborative und problemorientierte Aufgaben gezielt gefördert. (Chang-Tik, 2023)

Moodle-Ökosystem, OER & Plugins FU3 enthält zahlreiche technisch-konkrete Beschreibungen von Plattformökosystemen: Moodle wird als Hub für Materialien, Quizzes, Foreninteraktionen und OER-Integration dargestellt. Dadurch wird sichtbar, dass technologische Merkmale (Plugins, Tools, OER-Portale) als didaktische Möglichkeitsräume interpretiert werden. (Nguyen et al., 2024) (Häusler et al., 2025)

Lernaktivitäten werden über Moodle als Nutzungsdaten (Materialaufrufe, Quiz-Ergebnisse, Foreninteraktionen) operationalisiert. (Nguyen et al., 2024)

Moodle, H5P, OER-Portale und Indexstrukturen werden als zusammenhängendes Ökosystem beschrieben. (Häusler et al., 2025)

**Lehr-Lerneffektivität & Wirksamkeitsbefunde** Als Verdichtung von „Merkmale“ treten wiederholt Wirksamkeitsbefunde auf: Technologische und didaktische Gestaltungen werden daraufhin bewertet, ob sie Kompetenzen verbessern, effizienter sind oder lernwirksame Prozesse unterstützen. FU3 verknüpft damit Merkmalsbeschreibungen und Evaluationslogiken, ohne dass ein einheitliches Outcome-Set dominiert. (Lukaschek et al., 2019) (Meinert et al., 2019)

E-Learning-Methoden werden im Hinblick auf Effektivität (und teils Kosteneffizienz) bewertet. (Meinert et al., 2019)

Wirksamkeit digitaler Lehrmethoden wird über Kompetenzzuwächse und kommunikative Fähigkeiten operationalisiert. (Lukaschek et al., 2019)

**Feedback, Evaluation & Lernindikatoren** FU3 macht sichtbar, dass didaktisch-technologische Merkmale nicht nur „gebaut“, sondern auch gemessen und rückgekoppelt werden: Lernindikatoren (z.B. Blickmuster) und Evaluationen (Skalen, Wahrnehmungen) dienen als Belege für Passung oder Optimierungsbedarf. Damit wird Feedback als Querschnittsmerkmal zwischen Design und Nutzung positioniert. (Oldenburg et al., 2025) (Hellmuth et al., 2021)

Unterschiedliche Blickmuster weisen auf differente Verarbeitungsstrategien und Designpassagen hin. (Oldenburg et al., 2025)

Motivation und positive Wahrnehmung werden als Evaluationsergebnisse zur Akzeptanz/Passung berichtet. (Hellmuth et al., 2021)

**Zielgruppen, Kontextbedingungen & Implementationsrahmen** Die FU3-Segmente verankern Merkmalsdiskussionen häufig in konkreten Zielgruppen und Settings: Studien beschreiben Populationen, institutionelle Rahmen und Implementationsbedingungen. Dadurch wird deutlich, dass didaktisch-technologische Merkmale nicht universell, sondern kontextsensitiv verhandelt werden. (Shulgina et al., 2024) (Chairuddin et al., 2024)

Populationen (z.B. Studierende bestimmter Studiengänge) werden explizit als Rahmenbedingung der Befunde dokumentiert. (Shulgina et al., 2024)

Nutzungsszenarien von LMS werden in unterschiedlichen Bildungskontexten beschrieben. (Chairuddin et al., 2024)

**LMS-Architektur, Adaptivität & kognitive Belastung** Ein technischer Schwerpunkt liegt auf Architektur- und Adaptivitätsfragen: Die Segmente thematisieren, wie LMS gestaltet sein müssen, um kognitive Belastung zu reduzieren oder adaptive Anpassungen zu ermöglichen. Gleichzeitig treten Grenzen proprietärer Systeme (z.B. Kosten) als strukturelle Merkmale hervor, die Gestaltungsspielräume einschränken. (Suryani et al., 2024) (Sims, 2021)

Kognitive Belastung wird als mess- und modellierbare Designgröße im LMS-Kontext verhandelt.

(Suryani et al., 2024)

Preis/Proprietarität wird als zentrale Begrenzung von LMS-Plattformen benannt. (Sims, 2021)

Qualitative Studien & Erfahrungsberichte FU3 enthält viele qualitative Zugriffe auf Merkmale: Reflexionsberichte, Interviews und Beobachtungen rekonstruieren, wie Lernende und Lehrende didaktisch-technologische Settings erleben. Dadurch wird „Merkmal“ als erfahrungsbezogene, interpretierte Größe sichtbar, nicht nur als technische Spezifikation. (Syynimaa et al., 2024) (Al Mamun & Lawrie, 2024)

Reflexionsberichte werden als Datenbasis genutzt, um Merkmalswahrnehmungen und Lernprozesse zu erschließen. (Syynimaa et al., 2024)

Interviews und Beobachtungen strukturieren, welche Merkmale im Nutzungsvollzug relevant werden. (Al Mamun & Lawrie, 2024)

Instruktionsdesign-Modelle & Bewertungsrahmen FU3 zeigt eine explizite Modellorientierung: Gestaltungsentscheidungen werden über Instruktionsdesignmodelle strukturiert oder über Bewertungsrahmen (z.B. SAMR) eingeordnet. Damit werden didaktische und technologische Merkmale nicht nur empirisch beschrieben, sondern auch normativ gerahmt (Was gilt als „gute“ Integration?). (Leeuw et al., 2019) (Siewert, 2022)

Modelle (z.B. 9-step im Vergleich zu ADDIE/Gagné) dienen der systematischen Planung didaktischer Settings. (Leeuw et al., 2019)

SAMR wird als Raster zur Bewertung und Weiterentwicklung digitaler Unterrichtsmethoden genutzt. (Siewert, 2022)

Systemanpassung & Personalisierung Ein weiteres Muster ist die Kopplung von Technologie an Anpassungslogiken: Curricula und Systeme sollen an mediatisierte Anforderungen angepasst werden; zugleich wird Personalisierung als Reaktion auf heterogene Bedürfnisse sichtbar. Damit wird „Merkmal“ als Passung zwischen System und Nutzung verstanden. (Sektion Medienpädagogik, 2017) (Gu & Paracha, 2023)

Curriculare Anpassung wird als notwendige Reaktion auf mediatisierte Gesellschaftsanforderungen beschrieben. (Sektion Medienpädagogik, 2017)

LMS-Anpassungen werden an spezifische Bedürfnisse und Verhaltensweisen der Lernenden geknüpft. (Gu & Paracha, 2023)

Usability & Barrierefreiheit (WCAG, Audits) FU3 differenziert Usability/Accessibility als eigenständige Dimension: Neben didaktischen Überlegungen werden Prüfpraktiken (Stakeholderfeedback, Audits) sichtbar, die technische und gestalterische Qualität absichern sollen. Das verschiebt „Merkmal“ von reiner Funktionalität zu Nutzbarkeit und Zugänglichkeit. (Röwert et al., 2023) (Häusler et al., 2025)

Stakeholderrückmeldungen werden als Quelle zur Bewertung von Funktionalität und Usability genutzt. (Röwert et al., 2023)

WCAG- und Usability-Audits werden als standardisierte Evaluationspraktiken dokumentiert. (Häusler et al., 2025)

Theoriebezüge (z.B. SDT) & Rahmenkonzepte Schließlich zeigt FU3, dass Merkmale häufig theoretisch gerahmt werden: Motivation, Integration und „Qualität“ digitaler Lehre werden an Rahmenkonzepte (z.B. SDT, SAMR, Visible Learning) gekoppelt. Das stärkt die Anschlussfähigkeit der Merkmalsdiskussion an bestehende theoretische Diskurse. (Fahr & Riegler, 2025) (Strasser et al., 2025)

Selbstbestimmungstheorie und weitere Rahmenmodelle werden als Begründungsfolie für Gestaltung und Motivation genutzt. (Fahr & Riegler, 2025)

Grundbedürfnisse werden als Basis von Motivation und Lernerfolg im Kontext digitaler Lehre benannt. (Strasser et al., 2025)

#### Theoretische Einbettung

FU3 rekonstruiert „didaktische und technologische Merkmale“ als mehrschichtiges Gefüge: von Interaktivität als Akzeptanz- und Engagementfaktor über konkrete Plattformökosysteme (Moodle/OER/Plugins) bis hin zu Modell- und Theoriebezügen (z.B. SAMR, SDT) als Strukturierungsrahmen. (Chia-Chen Chen et al., 2018) (Häusler et al., 2025) (Siewert, 2022) (Fahr & Riegler, 2025) Die Silhouette ( $S = 0.87$ ) stützt eine stabile Differenzierung dieser Merkmalsebenen im FU3-Korpus. (Rousseeuw, 1987)

#### Reflexion

Der FU3-Korpus ist methodisch heterogen: Praxis-/Übersichtsbeiträge, qualitative Studien und evaluative Wirksamkeitsbefunde stehen nebeneinander. Dadurch verschränkt sich die Beschreibung von „Merkmälern“ mit Outcomes, Implementationsbedingungen und Theoriebezügen. In v1 sind die Kategorien als Arbeitslabels zu verstehen; spätere Runs können die Merkmalsebenen stärker hierarchisieren (z.B. „Plattformökosystem“ vs. „Interaktivitätsdesign“ vs. „Rahmenmodelle“) und Überschneidungen (z.B. Usability vs. kognitive Belastung) konsolidieren.

#### Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

#### FU4a – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

##### Kurztext

- Datenbasis:  $n = 211$  Analysen 1. Ordnung (FU4a) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + annotate).
- Segmentierung:  $N = 1429$  Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Kategorisierung“, „Zuordnung“, Relevanz-/Aktualitätsbewertungen).
- Parameter:  $k = 12$  (FU4a); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4:  $S = 0.90$ .

##### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. \\textless) entfernt/normalisiert.
- Clustering:  $k = 12$ ; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [@bibkey].

##### Kategorienüberblick (Tabelle)

| Kategorie   | Segmente (n) | Beispielquellen   |
|---|--------------|---|
| Learning Analytics & datenbasierte Steuerung          | 245          | (Yan et al., 2024) (Yildiz Durak, 2024)                   |
| Organisationskultur & institutionelle Rahmung         | 172          | (Weihmayer et al., 2023) (Schiefner-Rohs, 2017)           |
| Ethik, Verantwortung & medienpädagogische Grundlegung | 159          | (Haltaufderheide et al., 2022) (Weich & Hlukhovych, 2023) |
| Personalisierung, Lernendenmodelle & Differenzierung  | 143          | (Kostolányová et al., 2011) (Zhou et al., 2025)           |

| Kategorie   | Segmente (n) | Beispielquellen  |
|---|--------------|--|
| Engagement,<br>Aufgabenbearbeitung &<br>soziale Dynamiken             | 122          | (Zhu, 2011) (Yildiz Durak,<br>2024)                            |
| Affekte, Selbstwirksamkeit &<br>(Nicht-)Signifikanz                   | 98           | (Janeczko et al., 2024) (Vagt &<br>Kreter, 2024)               |
| Systemtheorie, Vielfalt &<br>kulturelle Kontextualisierung            | 97           | (Ashby, 1978) (Hashmi & Jan,<br>2025)                          |
| Konstruktivistische<br>Lernmechanismen &<br>Kollaboration             | 92           | (Bastiaens, 2017) (Maphalala<br>et al., 2021)                  |
| Aufmerksamkeit, Blickmuster<br>& kognitive Prozesse<br>(Eye-Tracking) | 89           | (Valek et al., 2023) (Laubrock<br>et al., 2023)                |
| Didaktische<br>Interventionstypologien &<br>dialogische Formate       | 81           | (Hübener & Ulf-Henning<br>Willée, 2025) (Zhou et al.,<br>2025) |
| Feedback, formatives<br>Assessment & Selbstregulation                 | 71           | (Nicol & Macfarlane-Dick,<br>2006) (Velan et al., 2008)        |
| Iterative Verbesserung,<br>Trainingseffekte &<br>Kompetenzentwicklung | 60           | (Wuttke et al., 2024) (Velan et<br>al., 2008)                  |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie                                       | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele  |
|---|--|--|---|
| Learning Analytics &<br>datenbasierte Steuerung | Aussagen zu<br>datenbasierten Rück-<br>kopplungsmechanismen<br>(Logdaten, Sensorik,<br>Dashboards), die<br>Reflexion, Feedback<br>oder Lernsteuerung<br>ermöglichen. | Kodieren, wenn<br>Daten/Analytics als<br>Mechanismus der Steue-<br>rung/Reflexion/Feedback<br>beschrieben werden;<br>nicht kodieren bei<br>bloßer Erwähnung von<br>„digital“ ohne Daten-<br>/Rückkopplungsbezug. | „Evaluation eines<br>MMLA-Systems ...<br>Erhebung von<br>Feedback-Daten durch<br>Learning Analytics ...<br>Datavisualisierungen<br>zur Analyse von<br>Teaminteraktionen ...“<br>(Yan et al.,<br>2024), „ML-LA-Feedback<br>... Einfluss auf<br>akademische Leistung,<br>Engagement und<br>Systemnutzung ...“<br>(Yildiz Durak, 2024) |

| Kategorie   | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|---|--|--|
| Organisationskultur & institutionelle Rahmung         | Aussagen, die Wirkmechanismen digitaler Bildung an Organisationskultur, Routinen, Institutionenlogiken und Implementationspraxis koppeln.                   | Kodieren, wenn Organisations-/Institutionenbedingungen als Wirkfaktoren benannt werden; nicht kodieren bei rein individuellen Lernstrategien ohne institutionellen Bezug.  | „.... organisationskulturelle Orientierungen und Routinen ... prägen maßgeblich den Umgang mit digitalen Medien ...“ (Weihmayer et al., 2023),.... Schule ... im Spannungsfeld einer ‚Kultur der Digitalität‘ ... Medienbildung ... als kulturelle Gestaltungsaufgabe ...“ (Schieffner-Rohs, 2017) |
| Ethik, Verantwortung & medienpädagogische Grundlegung | Aussagen zu normativen/ethischen Mechanismen (Verantwortung, Datenschutz, Gerechtigkeit) sowie zur medienpädagogischen Begründung digitaler Bildungsräume.  | Kodieren, wenn Ethik/Verantwortung/Grundlegung Onlinelehre ... als Mechanismus oder Bedingung digitaler Bildungsprozesse thematisiert wird; nicht kodieren bei rein technischen Sicherheitsdetails ohne Bildungsbezug. | „.... Forschendes Lernen Herausforderungen und Potenziale der digitalen Transformation ...“ (Haltaufderheide et al., 2022),.... Rolle der Medienwissenschaft ... im Kontext von Medien und Bildung ... methodische und institutionelle Bedingungen ...“ (Weich & Hlukhovych, 2023)                 |
| Personalisierung, Lernendenmodelle & Differenzierung  | Aussagen zu Anpassungsmechanismen (Lernendenmodelle, Profile, Personalisierung) sowie zu Differenzierung/Typologien als Grundlage gezielter Interventionen. | Kodieren, wenn Anpassung/Profilbildung/Differenzierung ... auf als Mechanismus beschrieben wird; nicht kodieren bei allgemeinen Kompetenzappellen ohne Anpassungslogik.  | „.... personalisierte Lernmodelle ... auf Grundlage statischer und dynamischer Lernenden-Daten ...“ (Kostolányová et al., 2011),.... Typologien schulischer Erfahrungen ... um gezielte Bildungsinterventionen zu ermöglichen ...“ (Zhou et al., 2025)   |

| Kategorie  | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|--|---|--|--|
| Engagement,<br>Aufgabenbearbeitung &<br>soziale Dynamiken  | Aussagen, die Beteiligung/Engagement als Mechanismus oder Outcome sozialer/didaktischer Arrangements rekonstruieren (z.B. Kollaboration, Wettbewerb, Aufgaben).                   | Kodieren, wenn Engagement/Beteiligung als dynamischer Prozess (ggf. gruppen-/kulturspezifisch) beschrieben wird; nicht kodieren bei isolierten Effektzahlen ohne Bezug zu Lernhandlungen.              | „.... kulturelle Unterschiede ... Wettbewerb ... Zufriedenheit ... Beiträge in Gruppenarbeiten ...“ (Zhu, 2011),... Studierende mit ML-LA-Feedback waren aktiver in Diskussionen, Aufgaben und Gruppenarbeit ...“ (Yildiz Durak, 2024)   |
| Affekte,<br>Selbstwirksamkeit &<br>(Nicht-)Signifikanz     | Aussagen zu affektiven Mechanismen (z.B. negative Affekte, Stress), Selbstwirksamkeit und gemischten/fehlenden Effekten in Interventionen.  | Kodieren, wenn Affekte/Selbstwirksamkeit als (Teil-)Mechanismus oder als ausbleibender Effekt thematisiert werden; nicht kodieren bei rein organisatorischen Implementationsfragen.                    | „.... keine signifikanten Veränderungen ... keine signifikanten Unterschiede ... Selbstwirksamkeitsüberzeugungen ...“ (Janeczko et al., 2024),... virtuelle Gruppen zeigen signifikant weniger intensive negative Affekte ... Auswirkungen auf Gruppenentwicklung ...“ (Vagt & Kreter, 2024) |
| Systemtheorie, Vielfalt<br>& kulturelle Kontextualisierung | Aussagen, die digitale Bildungsräume als Systeme mit Regeldynamiken beschreiben (Variety, Anpassungsfähigkeit) oder Mechanismen kultureller Passung/inklusive Strategien betonen. | Kodieren, wenn Systemlogik/Regulation/Vielfalt oder kulturelle Kontextualisierung als Mechanismus sichtbar ist; nicht kodieren bei reinen Tool- oder Plattformbeschreibungen ohne System-/Kulturbezug. | „.... Vielfalt ... Rolle in der Steuerung und Regelung komplexer Systeme ...“ (Ashby, 1978),... kulturelle Unterschiede ... Herausforderungen ... Strategien zur Förderung einer inklusiven digitalen Bildungsumgebung ...“ (Hashmi & Jan, 2025)   |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|--|--|--|
| Konstruktivistische Lernmechanismen & Kollaboration             | Aussagen, die Lernwirksamkeit an kognitiv-aktive, kontextualisierte, (peer-)kollaborative Prozesse binden und „Technologie allein“ zurückweisen.   | Kodieren, wenn konstruktivistische Lernmechanismen oder Peer-/kollaborative Prozesse als Wirklogik beschrieben werden; nicht kodieren bei reinem Medien-/Technikdeterminismus.                             | „Erfolgreiches Lernen ... nicht durch Technologie allein ... kognitiv-aktive, kontextualisierte Lernprozesse ...“ (Bastiaens, 2017),... kollaboratives Lernen ... Peer-Learning ... Selbst- und Peer-Assessment ...“ (Maphalala et al., 2021)      |
| Aufmerksamkeit, Blickmuster & kognitive Prozesse (Eye-Tracking) | Aussagen zu visueller Aufmerksamkeit, Blickmustern und deren Zusammenhang mit Expertise/Verstehen oder Interaktion in digitalen Lernumgebungen.  | Kodieren, wenn Eye-Tracking/Blickmuster als Mechanismus- oder Diagnostikzugriff auf Lernprozesse genutzt wird; nicht kodieren bei reinen Methodenbeschreibungen ohne Bezug auf Lern-/Interaktionsprozesse. | .... Eye-Tracking ... Interaktion mit einem LMS ...“ (Valek et al., 2023),... Unterschiede in Blickmustern zwischen Experten und Anfängern ... diagnostische Expertise ...“ (Laubrock et al., 2023)  |
| Didaktische Interventionstypologien & trialogische Formate      | Aussagen zu typologischen Zugriffen (Profile/Cluster) und zu didaktisch strukturierten Interventionsformaten (z.B. trialogischer Austausch), die soziale Präsenz und Fallverstehen erzeugen. | Kodieren, wenn Interventionslogik/Formatgestaltung als Mechanismus dargestellt wird; nicht kodieren bei rein deskriptiven Aufzählungen ohne didaktische Logik.   | .... trialogischer Austausch ... fördert Reflexion, Empathie und Fallverstehen ...“ (Hübener & Ulf-Henning Willée, 2025),... latente Profile ... als Grundlage gezielter Bildungsinterventionen ...“ (Zhou et al., 2025)                           |
| Feedback, formatives Assessment & Selbstregulation              | Aussagen zu Feedbackprinzipien, formativen Assessments und deren Funktion für Selbstregulation, Monitoring und Lernprozesssteuerung.   | Kodieren, wenn Feedback/Assessment als Mechanismus zur Selbstregulation beschrieben wird; nicht kodieren bei summativen Noten ohne Rückkopplungs-/Regulationsbezug.  | .... sieben Prinzipien ... Feedback ... unterstützt Selbstregulation ...“ (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006),... formative Assessments ... automatisiertes Feedback ... steigern Leistung ... Identifikation von Lernlücken ...“ (Velan et al., 2008) |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---|--|---|---|
| Iterative Verbesserung, Trainingseffekte & Kompetenzentwicklung | Aussagen zu Verbesserungsschleifen (Iteration, wiederholtes Üben) und Kompetenzzuwachsen als Ergebnis didaktisch-technologischer Interventionen. | Kodieren, wenn iteratives Training/Verbesserungsschleife als Mechanismus oder Outcome beschrieben werden; nicht kodieren bei einmaligen Beschreibungen ohne Entwicklungs-/Verbesserungsbezug. | „.... signifikante Verbesserung ... Problemlösekompetenz ... realistische, digitalisierte Arbeitsumfelder ...“ (Wuttke et al., 2024),... kontinuierliche Verbesserung ... führte zu einer positiven Wahrnehmung über die Zeit ...“ (Velan et al., 2008) |

#### Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Learning Analytics & datenbasierte Steuerung FU4a rekonstruiert datenbasierte Rückkopplung als zentralen Mechanismus: Learning Analytics wird genutzt, um Teaminteraktionen und Lernprozesse sichtbar zu machen, Reflexion anzuregen und Feedback zu strukturieren. Damit wird „Mechanismus“ als beobachtbare, aus Daten abgeleitete Prozessstruktur greifbar. (Yan et al., 2024) (Yildiz Durak, 2024)

Erhebung von Feedback-Daten durch Learning Analytics ... Datenvizualisierungen zur Analyse von Teaminteraktionen. (Yan et al., 2024)  
 ML-LA-Feedback ... Einfluss auf akademische Leistung, Engagement und Systemnutzung. (Yildiz Durak, 2024)

Organisationskultur & institutionelle Rahmung Mechanismen werden nicht allein im „Tool“ lokalisiert, sondern in Organisationskulturen und institutionellen Routinen: Wie digitale Medien genutzt werden (und welche Effekte plausibel werden) hängt an Praktiken, Orientierungen und an der Einbettung von Medienbildung in Institutionenlogiken. (Weihmayer et al., 2023) (Schiefer-Rohs, 2017)

Organisationskulturelle Orientierungen und Routinen prägen den Umgang mit digitalen Medien. (Weihmayer et al., 2023)  
 Medienbildung wird als kulturelle Gestaltungsaufgabe im Kontext einer „Kultur der Digitalität“ gefasst. (Schiefer-Rohs, 2017)

Ethik, Verantwortung & medienpädagogische Grundlegung FU4a bündelt normative Mechanismen: Digitale Bildungsräume werden als verantwortungsgebundene Arrangements beschrieben, in denen didaktische Kernelemente (z.B. Forschendes Lernen) unter Onlinebedingungen erhalten und zugleich ethisch reflektiert werden müssen. Gleichzeitig wird die Grundlegung über disziplinäre Rollen und institutionelle Bedingungen der Wissensproduktion markiert. (Haltaufderheide et al., 2022) (Weich & Hlukhovych, 2023)

Didaktische Kernelemente sollen beibehalten und an Onlinelehre angepasst werden. (Haltaufderheide et al., 2022)  
 Medienwissenschaftliche Perspektiven und institutionelle Bedingungen strukturieren die Reflexion digitaler Bildung. (Weich & Hlukhovych, 2023)

Personalisierung, Lernendenmodelle & Differenzierung Ein weiterer Mechanismus ist Passung durch Anpassung: Lernendenmodelle, Profile und Typologien strukturieren, wie Interventionen gezielt werden können. FU4a zeigt damit eine Logik, in der Wirkung nicht „gleichförmig“ erwartet wird, sondern differenziert über Profile und adaptive Pfade erzeugt werden soll. (Kostolányová et al., 2011) (Zhou et al., 2025)

Personalisierte Lernpfade werden aus statischen und dynamischen Lernenden-Daten abgeleitet.

(Kostolányová et al., 2011)

Differenzierte Profile ermöglichen gezielte Bildungsinterventionen. (Zhou et al., 2025)

Engagement, Aufgabenbearbeitung & soziale Dynamiken FU4a macht Engagement als Prozess sichtbar: Beteiligung wird über Aufgabenbearbeitung, Gruppenarbeit und kulturell geprägte Interaktionsformen (z.B. Wettbewerb, Machtdistanz) rekonstruiert. Damit wird „Mechanismus“ als sozial-dynamischer Zusammenhang zwischen Interaktionsform, Engagement und Zufriedenheit beschrieben. (Zhu, 2011) (Yildiz Durak, 2024)

Kulturelle Unterschiede beeinflussen Zufriedenheit und Wahrnehmung von Beiträgen in Gruppenarbeiten. (Zhu, 2011)

Mit ML-LA-Feedback waren Studierende aktiver in Diskussionen, Aufgaben und Gruppenarbeit.

(Yildiz Durak, 2024)

Affekte, Selbstwirksamkeit & (Nicht-)Signifikanz Neben positiven Wirkannahmen dokumentiert FU4a auch Grenz- und Nullbefunde: Selbstwirksamkeit und Affekte treten als relevante, aber nicht durchgängig klar wirksame Mechanismen auf. Das stabilisiert die Interpretation, dass Mechanismen kontext- und interventionsabhängig sind. (Janeczko et al., 2024) (Vagt & Kreter, 2024)

Keine signifikanten Unterschiede bei Selbstwirksamkeitsüberzeugungen zwischen den Gruppen.  
(Janeczko et al., 2024)

Virtuelle Gruppen zeigen weniger intensive negative Affekte; dies wirkt auf Gruppenentwicklung.  
(Vagt & Kreter, 2024)

Systemtheorie, Vielfalt & kulturelle Kontextualisierung FU4a integriert systemtheoretische Mechanismen: „Variety“ und Anpassungsfähigkeit werden als Bedingungen von Steuerung in komplexen Systemen beschrieben. Ergänzend wird kulturelle Passung (und inklusives Design) als Mechanismus sichtbar, der Missverständnisse und Verzerrungen adressiert. (Ashby, 1978) (Hashmi & Jan, 2025)

Vielfalt bestimmt, wie Systeme auf Umweltdynamik reagieren und regulieren können. (Ashby, 1978)

Kulturelle Unterschiede erfordern Strategien zur Förderung inklusiver digitaler Bildungsumgebungen. (Hashmi & Jan, 2025)

Konstruktivistische Lernmechanismen & Kollaboration FU4a verdichtet eine konstruktivistische Grundannahme: Lernwirksamkeit entsteht nicht aus Technologie selbst, sondern aus kognitiv-aktiven, kontextualisierten und kollaborativen Lernhandlungen (Peer-Learning, Selbst-/Peer-Assessment). Damit werden Mechanismen als Handlungs- und Interaktionslogiken gefasst. (Bastiaens, 2017) (Maphalala et al., 2021)

Lernen ist nicht „durch Technologie allein“ erreichbar, sondern durch kognitiv-aktive Lernprozesse. (Bastiaens, 2017)

Peer-Learning sowie Selbst- und Peer-Assessment werden als Strategien zur Bewältigung von Online-Lernen beschrieben. (Maphalala et al., 2021)

Aufmerksamkeit, Blickmuster & kognitive Prozesse (Eye-Tracking) Mechanismen werden auch diagnostisch erschlossen: Eye-Tracking wird genutzt, um Interaktion und Expertise über Blickmuster zu rekonstru-

ieren. Dadurch werden kognitive Prozesse als beobachtbare Spuren im Nutzungsvollzug fassbar und können in didaktische Entscheidungen zurückübersetzt werden. (Valek et al., 2023) (Laubrock et al., 2023)

Eye-Tracking fokussiert die Interaktion mit einem LMS und ergänzt Beobachtungen. (Valek et al., 2023)

Blickmuster unterscheiden Expertise und antizipieren diagnostische Leistung. (Laubrock et al., 2023)

Didaktische Interventionstypologien & trialogische Formate FU4a weist auf Mechanismen der Formatgestaltung hin: didaktisch strukturierte, partizipative Arrangements (z.B. trialogische Austauschformate) erzeugen soziale Präsenz, Reflexion und Fallverständen; typologische Profile liefern dabei eine Logik, Interventionen an unterschiedliche Ausgangslagen anzupassen. (Hübener & Ulf-Henning Willée, 2025) (Zhou et al., 2025)

Triologische Prozesse verbinden monologische, dialogische und trialogische Anteile und fördern Reflexion und Empathie. (Hübener & Ulf-Henning Willée, 2025)

Profile/Typologien dienen als Grundlage gezielter Interventionen. (Zhou et al., 2025)

Feedback, formatives Assessment & Selbstregulation Feedback erscheint als Kernmechanismus der Steuerung: Es wird als dialogischer Prozess verstanden, der Selbstregulation unterstützt, Lernlücken sichtbar macht und wiederholtes Üben gezielt stabilisiert. FU4a koppelt damit Mechanismen (Regulation) und didaktische Instrumente (Assessment/Feedback). (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006) (Velan et al., 2008)

Sieben Prinzipien für effektives Feedback zielen auf Selbstregulation. (Nicol & Macfarlane-Dick, 2006)

Formative Assessments mit automatisiertem Feedback unterstützen Leistung und Lernlückendiagnostik. (Velan et al., 2008)

Iterative Verbesserung, Trainingseffekte & Kompetenzentwicklung Mechanismen werden schließlich als Verbesserungsschleifen sichtbar: Wiederholung, Iteration und Training in realistischen (digitalisierten) Kontexten führen zu Kompetenzzuwachsen und zu veränderten Wahrnehmungen über Zeit. Damit wird „Wirkung“ prozessual als Entwicklung modelliert. (Wuttke et al., 2024) (Velan et al., 2008)

Signifikante Kompetenzverbesserungen werden nach Trainingsprogrammen in digitalisierten Arbeitsumfeldern berichtet. (Wuttke et al., 2024)

Kontinuierliche Verbesserung von Assessment-Designs wirkt auf Wahrnehmung über Zeit. (Velan et al., 2008)

#### Theoretische Einbettung

FU4a rekonstruiert bildungswissenschaftliche Mechanismen als Zusammenspiel aus (a) Rückkopplung/Regulation (Feedback, Assessment, Analytics), (b) sozialer Prozesslogik (Engagement, Kollaboration, Affekte) und (c) System-/Kontextbedingungen (Organisationskultur, Ethik, kulturelle Passung). Damit ist FU4a anschlussfähig an systemtheoretische Beschreibungen von Steuerung und erforderlicher Vielfalt sowie an konstruktivistische Lernparadigmen, in denen Lernwirksamkeit über aktive, kontextualisierte Lernhandlungen modelliert wird. (Ashby, 1978) (Bastiaens, 2017) Die Silhouette ( $S = 0.90$ ) stützt eine sehr starke Clustertrennung im FU4a-Korpus und damit die Differenzierung der Mechanismenebenen. (Rousseeuw, 1987)

#### Reflexion

Der FU4a-Korpus ist breit und heterogen (von theoretischen Grundlegungen über Implementations- und Ethikdiskurse bis zu analytics-gestützten Interventionsstudien). Dadurch überlappen Mechanismen teilweise (z.B. Feedback als didaktisches Instrument und als datenbasiertes Dashboard-Feature). In v1 sind Kategorien als Arbeitslabels zu verstehen; eine spätere Konsolidierung kann stärker zwischen Mechanismen (z.B. Rückkopplung/Regulation) und Kontextbedingungen (z.B. Organisationskultur/Ethik) trennen und Untergruppen hierarchisch ordnen.

## Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

## FU4b – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

### Kurztext

- Datenbasis: n = 92 Analysen 1. Ordnung (FU4b) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + annotate).
- Segmentierung: N = 634 Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Relevanzbewertung“, „Verschlagwortung“, „Zuordnung“, „Kernaussagen“, „Argumentationslinien“, Reife-/Aktualitätsbewertungen).
- Parameter: k = 12 (FU4b); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4: S = 0.92.

### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. \textless) entfernt/normalisiert.
- Clustering: k = 12; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [@bibkey].

### Kategorienüberblick (Tabelle)

| Kategorie  | Segmente (n) | Beispielquellen   |
|--|--------------|---|
| Soziotechnische Plattformgestaltung & Datenvisualisierung            | 88           | (Brandau & Hartong, 2024)<br>(Klose et al., 2022)       |
| Dialogisches Feedback & Rückkopplungsfunktionen                      | 81           | (Kasakowskij & Haake, 2025)<br>(Handl, 2016)            |
| LMS-Implementationshürden in der Online-Lehre<br>(Gesundheitsberufe) | 79           | (Brandt & Frey, o. J.) (Rohde, 2021)                    |
| Datenschutz,<br>Offline-Funktionalität & agile Entwicklung           | 62           | (Ramos et al., 2024) (Fey et al., 2023)                 |
| Logdaten, Eye-Tracking & Nutzungsanalytik im LMS                     | 61           | (Valek et al., 2023) (Klose et al., 2022)               |
| Digitale Transformation & Kompetenzintegration                       | 60           | (Brandt & Frey, o. J.) (Seufert & Tarantini, 2022)      |
| Technische Evaluation,<br>Robustheit & Systemleistung                | 54           | (Ramos et al., 2024) (Asilo et al., 2024)               |
| Mess-/Analyse-Tooling<br>(Eye-Tracking, Annotation, Visualisierung)  | 43           | (Niehorster et al., 2020)<br>(Papoutsaki et al., o. J.) |
| Vergleichs- und Wirksamkeitsdesigns<br>(Kompetenz, Zufriedenheit)    | 36           | (Lee et al., 2018) (Katz et al., 2017)                  |
| Reflexion, E-Portfolios & Praxis-Theorie-Transfer                    | 26           | (Handl, 2016) (Keller, 2016)                            |

| Kategorie   | Segmente (n) | Beispielquellen                                 |
|---|--------------|---|
| Content/Videoressourcen & nachhaltige Integration               | 24           | (He-Ming Chen et al., 2013)<br>(Gössling, 2023) |
| Evidenzbasierte Kursgestaltung & Evaluation digitaler Lernräume | 20           | (Egloffstein et al., 2024)<br>(Chandross, 2020) |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie   | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---|---|---|---|
| Soziotechnische Plattformgestaltung & Datenvisualisierung         | Aussagen zu Interface-/Visualisierungsmechanismen (Dashboards, grafische Strukturen), die Praxis, Wahrnehmung und Nutzung eines LMS mitformen.            | Kodieren, wenn Visualisierung/Interface als handlungsleitend beschrieben wird; nicht kodieren bei bloßen Tool-Listen ohne Praxisbezug.  | „... grafische Datenvisualisierungen (GDV) ... beeinflussen ... Nutzung eines LMS ...“ (Brandau & Hartong, 2024), „... Log Data ... Online Activity and Learning Outcome ...“ (Klose et al., 2022)  |
| Dialogisches Feedback & Rückkopplungsfunktionen                   | Aussagen zu Feedbackmechanismen (Anonymität, Kontextintegration, Analysefunktionen, bidirektonaler Dialog) innerhalb eines LMS.                           | Kodieren, wenn systemseitige Feedbackfunktionen als Mechanismus der Steuerung/Verbesserung beschrieben werden; nicht kodieren bei rein summativen Bewertungen ohne Rückkopplung.    | „... Dialogfähigkeit, Kontextintegration, Anonymität und Analysefunktionen ... bidirektonaler Feedbackprozess systemisch im LMS ...“ (Kasakowskij & Haake, 2025), „... E-Portfolio-Plattform Mahara ... Förderung selbstgesteuerten, reflexiven und kollaborativen Lernens ...“ (Handl, 2016) |
| LMS-Implementationshürden in der Online-Lehre (Gesundheitsberufe) | Aussagen zu Implementationshürden und organisatorisch-technischen Bedingungen, unter denen LMS-Mechanismen in Onlinelehre funktionieren (oder scheitern). | Kodieren, wenn Hürden/Maßnahmen/Supportstrukturen in Bezug auf LMS-gestützte Lehre beschrieben werden; nicht kodieren bei abstrakten Digitalisierungsappellen ohne Umsetzungsebene. | „... Nutzung von LMS ... Integration neuer Lehrformate ...“ (Brandt & Frey, o. J.), „... typische Hürden und Maßnahmen ... Checklisten ... Breakout-Sessions ...“ (Rohde, 2021)   |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---|--|---|---|
| Datenschutz,<br>Offline-Funktionalität &<br>agile Entwicklung | Aussagen zu<br>technischen<br>Rahmenmechanismen<br>(Offlinebetrieb,<br>Sicherheit/Privacy) und<br>zu iterativen<br>Entwicklungsprozessen<br>(agil), die<br>LMS-Funktionalität und<br>Akzeptanz bedingen. | Kodieren, wenn Sicher-<br>heit/Offline/iterative<br>Entwicklung als zentrale<br>Systembedingung<br>genannt wird; nicht<br>kodieren bei<br>allgemeinen<br>Techniklobhudelen<br>ohne konkrete<br>Mechanismen.           | „.... offline funktioniert<br>... benutzerfreundliches<br>System ...<br>Sicherheitsmaßnahmen<br>zum Schutz der<br>Benutzerdaten ...“<br>(Ramos et al., 2024), „...<br>Plugins für ... Stud.IP ...<br>Scrum ... iterative<br>Entwicklung in Sprints<br>...“ (Fey et al., 2023) |
| Logdaten, Eye-Tracking<br>& Nutzungsanalytik im<br>LMS        | Aussagen zu Mess- und<br>Analysemechanismen<br>(Logdaten,<br>Eye-Tracking), die<br>Nutzung,<br>Aufmerksamkeit oder<br>Lernprozesse in<br>LMS-Umgebungen<br>rekonstruieren.                               | Kodieren, wenn<br>Datenquellen/Analytik<br>als Mechanismus der<br>Diagnostik/Optimierung<br>genutzt werden; nicht<br>kodieren bei reinen<br>Methodenpassagen<br>ohne Bezug auf Lern-<br>/Interaktionsprozesse.        | „.... Eye-Tracking ...<br>Interaktion mit einem<br>LMS ...“ (Valek et al.,<br>2023), „... Meta-Analysis<br>... Online Activity ...<br>Learning Outcome ...“<br>(Klose et al., 2022)   |
| Digitale Transformation<br>& Kompetenzintegration             | Aussagen zur curricula-<br>ren/programmatischen<br>Verankerung digitaler<br>Kompetenzen und zur<br>Transformation von<br>Lehrformaten, in denen<br>LMS als<br>Infrastrukturträger<br>fungiert.           | Kodieren, wenn<br>Kompetenzzie-<br>le/Transformation als<br>System-<br>/Curriculummechanismus<br>beschrieben wird; nicht<br>kodieren bei isolierten<br>Einzeltools ohne<br>Transformationsbezug.                      | „.... digitale<br>Kompetenzen ... KI ...<br>Telemedizin ...“ (Brandt<br>& Frey, o. J.), „... digitale<br>Reife ... Dimensionen<br>wie Strategie, Kultur, Or-<br>ganisationsentwicklung<br>...“ (Seufert & Tarantini,<br>2022)   |
| Technische Evaluation,<br>Robustheit &<br>Systemleistung      | Aussagen zu<br>technischen<br>Qualitätsmechanismen<br>(Performance,<br>Zuverlässigkeit,<br>Wartbarkeit) und<br>Evaluationslogiken, die<br>LMS-Technik belastbar<br>machen.                               | Kodieren, wenn<br>technische<br>Qualitätsdimensionen<br>explizit als<br>Erfolgsvoraussetzung<br>diskutiert werden; nicht<br>kodieren bei rein<br>pädagogischen<br>Wirkbehauptungen<br>ohne technische<br>Absicherung. | „.... gute Leistung und<br>Zuverlässigkeit ...<br>Offline-Funktionalität<br>... einfache Wartung ...“<br>(Ramos et al., 2024), ...<br>Leistung und<br>Zuverlässigkeitstests ...<br>Empfehlungen für<br>Implementierung ...“<br>(Asilo et al., 2024)                           |

| Kategorie  | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|--|---|---|---|
| Mess-/Analyse-Tooling (Eye-Tracking, Annotation, Visualisierung) | Aussagen zu konkreten Tools/Komponenten zur Datenerhebung und -auswertung (Eye-Tracking-Software, Annotation, Visualisierung), die Analyse/Optimierung von LMS-Nutzung ermöglichen. | Kodieren, wenn Tooling als Enabler für Mess-/Analysemechanismen beschrieben wird; nicht kodieren bei generischen Toolnamen ohne Funktionsbeschreibung.                              | „.... GlassesViewer ... Synchronisierung, Annotation und Visualisierung ...“ (Niehorster et al., 2020), „... WebGazer ... gaze tracking ... without explicit calibration ...“ (Papoutsaki et al., o. J.)        |
| Vergleichs- und Wirksamkeitsdesigns (Kompetenz, Zufriedenheit)   | Aussagen, die LMS-nahe Interventionen/Trainings über Vergleichsdesigns hinsichtlich Kompetenz/Leistung/Zufriedenheit evaluieren.  | Kodieren, wenn Vergleichs-/Gruppendesign und Outcome (Kompetenz, Zufriedenheit) verknüpft werden; nicht kodieren bei reinen Implementationsbeschreibungen ohne Outcome.             | „.... kognitiver Stil ... signifikante Auswirkungen ... Zufriedenheit ...“ (Lee et al., 2018), „... Wissenszuwachs ... signifikant ... im Vergleich ...“ (Katz et al., 2017)                                    |
| Reflexion, E-Portfolios & Praxis-Theorie-Transfer                | Aussagen zu E-Portfolio-/Blog-Mechanismen (Dokumentation, Reflexion, Feedback), die Praxis-Theorie-Transfer und Selbststeuerung unterstützen.                                       | Kodieren, wenn Reflexion/Dokumentation/Transfer als systemisch gestützter Prozess beschrieben wird; nicht kodieren bei allgemeinen Reflexionsappellen ohne Tool-/Prozessbezug.      | „.... Mahara ... ... Raum für Selbstreflexion ...“ (Handl, 2016), „... E-Portfolios ... Verbindung zwischen theoretischem Wissen und praktischer Anwendung ... fördern Reflexion ...“ (Keller, 2016)            |
| Content/Videoressourcen & nachhaltige Integration                | Aussagen zu Content-Mechanismen (Videos, Lernmaterialien) sowie zu Bedingungen nachhaltiger didaktischer Integration digitaler Ressourcen in LMS/Lehrpraxis.                        | Kodieren, wenn Content (z.B. Videos) und Integration/Qualitätskriterien der Nutzung thematisiert werden; nicht kodieren bei isolierten Link-/Materiallisten ohne Integrationslogik. | „.... nützliche Videos ... Zuschaueranteil ... Quellen ...“ (He-Ming Chen et al., 2013), „... Potenziale digitaler Lerntechnologien ... geringe Nachhaltigkeit ... didaktisch erschließen ...“ (Gössling, 2023) |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|--|--|--|
| Evidenzbasierte Kursgestaltung & Evaluation digitaler Lernräume | Aussagen zu evidenzbasierten Gestaltungs- und Evaluationsmechanismen (Stakeholder-Perspektiven, In-Game-Interaktionen, neue Evaluationslogiken). | Kodieren, wenn explizite Evaluations-/Designlogiken für digitale Lernräume beschrieben werden; nicht kodieren bei reiner Formatbeschreibung ohne Evaluationsbezug. | „.... Umsetzung ... in die Kursgestaltung ... Perspektiven der Stakeholder ...“ (Egloffstein et al., 2024), „... kontinuierliche Analyse von Lernfortschritten durch In-Game-Interaktionen ersetzt klassische Evaluationsmethoden ...“ (Chandross, 2020) |

Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Soziotechnische Plattformgestaltung & Datenvisualisierung FU4b zeigt, dass LMS-Mechanismen nicht nur „Funktionen“ sind, sondern Praxisformen mitproduzieren: Visualisierungen, Dashboards und grafische Strukturen strukturieren Wahrnehmung, Handlungsoptionen und damit die Nutzung in Lehr-Lern-Kontexten. (Brandau & Hartong, 2024) Logdatenanalysen ergänzen diesen Zugriff, indem sie Nutzungsmuster als Grundlage von Gestaltung und Intervention ausweisen. (Klose et al., 2022)

Dialogisches Feedback & Rückkopplungsfunktionen Ein zentrales Mechanismenbündel ist Feedback: FU4b rekonstruiert Feedbacksysteme als technisch verankerte Dialogstrukturen (Kontextintegration, Anonymität, Analysefunktionen), die Rückkopplung zwischen Lernenden und Lehrenden stabilisieren. (Kasakowski & Haake, 2025) E-Portfolio-Arrangements erweitern diese Logik um reflexive Dokumentation und kollaborative Selbststeuerung. (Handl, 2016)

LMS-Implementationshürden in der Online-Lehre (Gesundheitsberufe) FU4b macht Implementationsbedingungen explizit: Evidenzbasierte didaktische Methoden (z.B. ICM) werden zusammen mit LMS/Analytics als Infrastruktur genannt, die neue Lehrformate trägt. (Brandt & Frey, o. J.) Gleichzeitig werden typische Hürden (digitale Erfahrung, Teilnehmerzahl, Kommunikationsorganisation) und pragmatische Maßnahmen (Checklisten, Breakouts) als notwendige Begleitmechanismen sichtbar. (Rohde, 2021)

Datenschutz, Offline-Funktionalität & agile Entwicklung Ein technischer Kernmechanismus betrifft Robustheit unter Realbedingungen: Offline-Funktionalität, Wartbarkeit und Datensicherheit werden als Bedingungen von Zugänglichkeit und Akzeptanz beschrieben. (Ramos et al., 2024) Ergänzend werden agile Entwicklungspraktiken als Mechanismus der Passungsherstellung rekonstruiert, indem iterativ (Sprints) und feedbackbasiert Funktionen (z.B. LMS-Plugins) entwickelt werden. (Fey et al., 2023)

Logdaten, Eye-Tracking & Nutzungsanalytik im LMS FU4b nutzt datenbasierte Diagnose, um Mechanismen sichtbar zu machen: Eye-Tracking und Logdatenanalysen dienen dazu, Interaktion, Aufmerksamkeit und Outcome-Bezüge zu rekonstruieren und Gestaltung zu begründen. (Valek et al., 2023) (Klose et al., 2022)

Digitale Transformation & Kompetenzintegration Technologische Mechanismen werden in FU4b häufig curricular gerahmt: Digitale Kompetenzen (inkl. KI/Telemedizin) werden als Lernziele verankert und bilden

den Kontext, in dem LMS als Infrastruktur der Transformation fungiert. (Brandt & Frey, o. J.) Reifegradmodelle strukturieren diese Transformationslogik über Dimensionen wie Strategie, Kultur und Technologieentwicklung. (Seufert & Tarantini, 2022)

**Technische Evaluation, Robustheit & Systemleistung** Neben Didaktik tritt Technikqualität als Mechanismus auf: Systemleistung, Zuverlässigkeit und Wartungsanforderungen werden als Voraussetzungen dafür beschrieben, dass LMS-Mechanismen (Kommunikation, Content, Feedback) überhaupt wirksam werden können. (Ramos et al., 2024) (Asilo et al., 2024)

**Mess-/Analyse-Tooling (Eye-Tracking, Annotation, Visualisierung)** FU4b zeigt, dass bildungstechnologische Mechanismen häufig über Tooling erschlossen werden: Open-Source-Software zur Synchronisierung/Annotation/Visualisierung von Blick- und Kontextdaten macht Interaktion analysierbar. (Niehorster et al., 2020) Skalierbare Eye-Tracking-Ansätze (Webcam-basiert) werden als Enabler beschrieben, um Nutzungsdaten in realen Settings zu erfassen. (Papoutsaki et al., o. J.)

**Vergleichs- und Wirksamkeitsdesigns (Kompetenz, Zufriedenheit)** Mechanismen werden empirisch über Vergleichsdesigns stabilisiert: Kompetenz- und Zufriedenheitsoutcomes dienen als Indikatoren, um technologische/didaktische Varianten zu bewerten und als „wirksam“ zu legitimieren. (Lee et al., 2018) (Katz et al., 2017)

**Reflexion, E-Portfolios & Praxis-Theorie-Transfer** E-Portfolios erscheinen als Mechanismus der Selbststeuerung: Dokumentation, Reflexion und Feedback werden über Plattformfunktionen (Mahara/Portfolio-Settings) in Praxisphasen eingebunden und ermöglichen Transfer zwischen Theorie und Anwendung. (Handl, 2016) (Keller, 2016)

**Content/Videoressourcen & nachhaltige Integration** FU4b enthält zudem einen Content-Mechanismus: Videos und digitale Materialien werden entlang von Nützlichkeits- und Qualitätsdimensionen bewertet und als Ressourcen in Lehrpraxis eingebunden. (He-Ming Chen et al., 2013) Gleichzeitig wird Nachhaltigkeit als Problem sichtbar: Technische Verfügbarkeit allein führt nicht zu stabiler didaktischer Integration. (Gössling, 2023)

**Evidenzbasierte Kursgestaltung & Evaluation digitaler Lernräume** Schließlich werden Evaluationslogiken selbst zum Mechanismus: Stakeholder-Perspektiven, Kursgestaltung und neue Evaluationsformen (z.B. in-game Interaktionsdaten) strukturieren, wie digitale Lernräume legitimiert, angepasst und weiterentwickelt werden. (Egloffstein et al., 2024) (Chandross, 2020)

#### Theoretische Einbettung

FU4b rekonstruiert bildungstechnologische Mechanismen als „infrastrukturelle“ Kopplung von (a) Mess-/Rückkopplung (Analytics, Logdaten, Eye-Tracking, Feedbacksysteme), (b) Interface-/Plattformgestaltung (Visualisierung, Content, Portfolios) und (c) Entwicklungs-/Betriebsbedingungen (agil, offline, Sicherheit). Damit werden Mechanismen als technische und gestalterische Bedingungen von Lernprozessen beschrieben, die erst im Zusammenspiel mit didaktischen Arrangements wirksam werden. Die Silhouette ( $S = 0.92$ ) stützt eine nahezu perfekte Trennung der Mechanismencluster im FU4b-Korpus. (Rousseuw, 1987)

#### Reflexion

FU4b ist geprägt von der Verschränkung technischer, didaktischer und organisatorischer Argumente: Viele Analysen 1. Ordnung mischen Mechanismen (z.B. Feedback) mit Outcomes (Zufriedenheit/Kompetenz) und Rahmenbedingungen (Akzeptanz, Infrastruktur). In v1 werden diese Verschränkungen als eigenständige Kategorien sichtbar gemacht, ohne bereits eine Hierarchie (Mechanismus vs. Bedingung vs. Outcome) zu

erzwingen. Für spätere Runs bietet sich eine Konsolidierung entlang eines expliziten Mechanismenmodells (Messung/Rückkopplung, Interaktionsgestaltung, Betriebs-/Entwicklungsbedingungen) an.

Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

#### FU5 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

Kurztext

- Datenbasis: n = 125 Analysen 1. Ordnung (FU5) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + `annotate`).
- Segmentierung: N = 761 Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Kategorisierung“, „Zuordnung“, Relevanz-/Aktualitätsbewertungen).
- Parameter: k = 14 (FU5); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4: S = 0.88.

Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. `\textless`, Trennlinien) entfernt/normalisiert.
- Clustering: k = 14; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [`@bibkey`].

Kategorienüberblick (Tabelle)

| Kategorie  | Segmente (n) | Beispielquellen  |
|--|--------------|--|
| Professionalisierung & Materialpraktiken<br>(Teilen/Erstellen) | 122          | (Alberti et al., 2022) (Buntins et al., 2024)            |
| Usability, Akzeptanz & technische Herausforderungen            | 66           | (Yousef et al., 2015) (Babik et al., 2024)               |
| Soziale Dynamiken, Isolation & Medienabhängigkeit              | 65           | (Ofner, o. J.)<br>(Liyanagunawardena & Williams, 2016)   |
| Blended/Hybrid: Flexibilität, Performance & Bewertungsmix      | 63           | (Regmi et al., 2024) (Daas et al., 2024)                 |
| MOOCs: Wirksamkeit, Skalierung & virtuelle Patienten           | 61           | (Alturkistani et al., 2019)<br>(Kononowicz et al., 2015) |
| Interaktivität & Motivation (inkl. Analytics-Unterstützung)    | 61           | (Majid & Judi, 2024) (Zhihui Zhang & Huang, 2024)        |
| Digitale Kompetenzmodelle & fachdidaktische Förderung          | 58           | (Alberti et al., 2022) (Dilling et al., 2023)            |
| Rollenqualifizierung, Nutzungsmuster & Ungleichheit            | 56           | (Lutz et al., 2023) (Kleinert et al., 2021)              |

| Kategorie  | Segmente (n) | Beispielquellen                                      |
|--|--------------|--|
| LMS-Erfolg/Wirksamkeit:<br>Modelle, Evaluationen & Effekte | 54           | (Mtebe, 2015) (Jansen et al., 2021)                  |
| Selbstgesteuertes Lernen & handlungsorientierte Gestaltung | 48           | (Platen et al., 2003)<br>(Autenrieth & Nickel, 2023) |
| Feedbackformate,<br>Moderatoren & Mixed Effects            | 43           | (Tepgec et al., 2024)<br>(Schmitz-Feldhaus, 2020)    |
| Micro-Credentials, Standards & inklusive Weiterentwicklung | 25           | (Soltan et al., 2024) (Huang et al., 2024)           |
| Barrieren, Support, Policies & Nutzungsrechte              | 24           | (Mtebe, 2015) (Buntins et al., 2024)                 |
| Evaluation,<br>Qualitätssicherung & Datenkreislauf         | 15           | (Hochholdinger & Beinicke, 2002) (Hase & Kuhl, 2024) |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie  | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|--|---|--|--|
| Professionalisierung & Materialpraktiken<br>(Teilen/Erstellen) | Aussagen zur Professionalisierung (v.a. Lehrende) und zu Praktiken des Erstellen/Teilens/Nutzens digitaler Materialien als Möglichkeits- oder Begrenzungsdimension. | Kodieren, wenn Materialpraktiken (OER/Teilen/Erstellen) und Professionalisierungsbedarf verbunden werden; nicht kodieren bei reinen Tool-Aufzählungen ohne Praxis-/Kompetenzbezug. | „Integration digitaler Kompetenzen ist notwendig ... um die professionelle Entwicklung der Lehrenden zu unterstützen.“ (Alberti et al., 2022), „Lehrkräfte erstellen Unterrichtsmaterialien überwiegend selbst ... Barrieren: Zeitaufwand ... Unsicherheit über Nutzungsrechte ...“ (Buntins et al., 2024) |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele   |
|---|--|---|--|
| Usability, Akzeptanz & technische Herausforderungen       | Aussagen zu Bedienbarkeit, Zugang, Implementationshürden und Akzeptanz als Grenzen oder Gelingensbedingungen digitaler Angebote.                             | Kodieren, wenn Usability/Akzeptanz/technische Herausforderungen als zentrale Bedingung genannt werden; nicht kodieren bei allgemeinen Effektaussagen ohne Interface-/Technikbezug.  | „Trotz kleinerer Herausforderungen ist die Plattform effektiv und benutzerfreundlich.“ (Yousef et al., 2015), „Trotz Potenzialen ... bleiben Herausforderungen ... benutzerfreundliche Schnittstellen ... Konsistenz von Bewertungen ...“ (Babik et al., 2024)                                 |
| Soziale Dynamiken, Isolation & Medienabhängigkeit         | Aussagen zu sozialen Effekten (Interaktion, Isolation, sozialer Druck) sowie zu Abhängigkeit/Problemnutzung als Grenze digitaler Medien.                     | Kodieren, wenn Nutzung als sozialer Mechanismus mit Risiken (FOMO, Abhängigkeit, Isolation) beschrieben wird; nicht kodieren bei rein organisationalen Implementationsfragen.       | „Ambivalenz ... Vorteile ... potenziell negative Konsequenzen ... soziale Abhängigkeit ... soziale Isolation ...“ (Ofner, o. J.), „MOOCs könnten ... soziale Isolation ... bekämpfen, indem sie ... soziale Interaktionen ermöglichen.“ (Liyanagunawardena & Williams, 2016)                   |
| Blended/Hybrid: Flexibilität, Performance & Bewertungsmix | Aussagen zu Blended-/Hybridformaten, in denen Flexibilität, Leistungsbefunde und kombinierte Bewertungs-/Feedbackformen als Chancen oder Grenzen erscheinen. | Kodieren, wenn Blended/Hybrid mit Flexibilität und Leistungs-/Bewertungslogik verknüpft wird; nicht kodieren bei rein technischen Kursbeschreibungen ohne Outcome-/Bewertungsbezug. | „Blended-Learning-Studierende ... bessere Ergebnisse in Gruppenarbeiten ... keine Unterschiede bei Einzelprüfungen ... Flexibilität ...“ (Regmi et al., 2024), „Kombination aus digitaler Bewertung und traditionellem Feedback ... als optimale Strategie identifiziert.“ (Daas et al., 2024) |

| Kategorie   | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|---|--|--|
| MOOCs: Wirksamkeit, Skalierung & virtuelle Patienten        | Aussagen zu MOOCs als Möglichkeitsraum (Skalierung, Reichweite) und zu Grenzen/Qualitätsfragen (Evaluation, Gestaltung, virtuelle Patienten).               | Kodieren, wenn MOOCs als Format mit Wirksamkeits-/Skalierungslogik oder als Designproblem beschrieben werden; nicht kodieren bei allgemeinen E-Learning-Statements ohne MOOC-Bezug.                                    | „Bewertung und Verbesserung der Effektivität von MOOCs ...“ (Alturkistani et al., 2019), „Technische Herausforderungen ... Cloud-Infrastrukturen ... virtuelle Patienten in MOOCs ... Empfehlungen für Implementierung ...“ (Kononowicz et al., 2015)            |
| Interaktivität & Motivation (inkl. Analytics-Unterstützung) | Aussagen, die Motivation/Engagement mit interaktiven (digitalen) Lernarrangements koppeln, teils unter Einbezug analytics-gestützter Interaktionsförderung. | Kodieren, wenn Interaktivität/Engagement/Motivationssignifikant zur als Mechanismus oder Outcome digitaler Angebote benannt wird; nicht kodieren bei rein kognitiven Fachinhalten ohne Interaktions-/Motivationsbezug. | „Integration von Learning Analytics ... Verbesserung der Studierendenleistung ... Interaktivität zwischen Lehrenden und ...“ (Majid & Judi, 2024), „Gamifizierte Tests ... höhere Sprachgenauigkeit ... positive Einstellungen ...“ (Zhihui Zhang & Huang, 2024) |
| Digitale Kompetenzmodelle & fachdidaktische Förderung       | Aussagen zur Modellierung digitaler Kompetenzen und zur fachdidaktischen Förderung durch digitale Medien (Kompetenzen wie Argumentieren/Problemlösen).      | Kodieren, wenn digitale Kompetenzen in Kompetenzmodelle integriert oder fachdidaktisch operationalisiert werden; nicht kodieren bei reinen Akzeptanz-/Usability-Aussagen.  | „Integration digitaler Kompetenzen in Kompetenzmodelle (GRETA) ... Erweiterung bestehender Modelle ...“ (Alberti et al., 2022), „Digitale Medien fördern prozessbezogene mathematische Kompetenzen (Argumentieren, Problemlösen) ...“ (Dilling et al., 2023)     |

| Kategorie  | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|--|---|--|--|
| Rollenqualifizierung, Nutzungsmuster & Ungleichheit        | Aussagen zu Rollen (z.B. Praxisanleitung), Qualifizierung und Nutzungsmustern, inkl. sozialer Ungleichheiten und kompensatorischer/limitierender Effekte. | Kodieren, wenn Rollen/Qualifizierung oder Ungleichheit als Möglichkeits-/Grenzendimension benannt wird; nicht kodieren bei reinem Tool-Design ohne Bezug auf Rolle/Soziallage.                   | „Blended-Learning-Modul ... qualifiziert Studierende für die Rolle der Praxisanleitung ...“ (Lutz et al., 2023), „Pandemie ... welche Personengruppen vermehrt Online-Lernangebote nutzten ... soziale Ungleichheiten ...“ (Kleinert et al., 2021) |
| LMS-Erfolg/Wirksamkeit: Modelle, Evaluationen & Effekte    | Aussagen, die Möglichkeiten/Grenzen über Erfolgsmodelle, Evaluationen und (positive) Effekte von LMS/E-Learning-Arrangements beschreiben.                 | Kodieren, wenn Erfolg/Wirksamkeit (Modelle, Indikatoren, Effekte) thematisiert wird; nicht kodieren bei bloßen Formatbeschreibungen ohne Bewertungs-/Erfolgslogik.                               | „LMS-Erfolg orientiert sich an Modellen der Informationssystemforschung (DeLone & McLean) ...“ (Mtebe, 2015), „Teilnehmende fühlten sich signifikant sicherer ... positive Bewertung ...“ (Jansen et al., 2021)                                    |
| Selbstgesteuertes Lernen & handlungsorientierte Gestaltung | Aussagen zu Selbststeuerung, Individualisierung, kooperativem Lernen und handlungsorientierter Gestaltung (z.B. Game-Design) als Möglichkeitsraum.        | Kodieren, wenn Selbststeuerung/Handlungsorientierung als Mechanismus digitaler Angebote beschrieben wird; nicht kodieren bei rein administrativen Plattformentscheidungen ohne Lernprozessbezug. | „Plattform unterstützt Lernende ...“ (Platen et al., 2003), „Game-Design-Tools ... fördern eigenständiges sowie kooperatives Lernen ...“ (Autenrieth & Nickel, 2023)   |
| Feedbackformate, Moderatoren & Mixed Effects               | Aussagen zu Feedbackformaten (Prozess/Ergebnis), moderierenden Variablen und gemischten/fehlenden Effekten als Grenze eindeutiger Wirksamkeitsannahmen.   | Kodieren, wenn Feedback-typ/Mediation/Moderation oder Nicht-Signifikanz thematisiert wird; nicht kodieren bei pauschalen Feedbackaussagen ohne Format-/Bedingungsbezug.                          | „Wirkung verschiedener Feedback-Formate ...“ (Tepgenc et al., 2024), „Kein signifikanter Einfluss ...“ (Schmitz-Feldhaus, 2020)  |

| Kategorie  | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|--|--|---|---|
| Micro-Credentials, Standards & inklusive Weiterentwicklung | Aussagen zu Micro-Credentials/Standards sowie zu Ansatzpunkten inklusiver Weiterentwicklung digitaler Lehrmethoden.                                      | Kodieren, wenn Micro-Credentials/Standardisierung inklusiver oder explizite Inklusionslogik benannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen Digitalisierungsbeschreibungen ohne Credential-/Inklusionsbezug. | „Weiterentwicklung (Huang et al., 2024), „Kostengünstige, leicht zu implementierende Lösung ... erleichtert breite Anwendung ...“ (Soltan et al., 2024)   |
| Barrieren, Support, Policies & Nutzungsrechte              | Aussagen zu systemischen Barrieren (Support, Policies, Awareness) und rechtlich-organisatorischen Hindernissen (Nutzungsrechte) als Grenzen der Nutzung. | Kodieren, wenn Barrieren/fehlender Support/Policies/Rechte explizit benannt werden; nicht kodieren bei individuellen Schwierigkeiten ohne System-/Rahmenbezug.  | „Fehlen von Support, Policies und Awareness als systemische Barrieren ...“ (Mtebe, 2015), „Unsicherheit über Nutzungsrechte ... Zeitaufwand ...“ (Buntins et al., 2024)   |
| Evaluation, Qualitätssicherung & Datenkreislauf            | Aussagen, die Evaluation als Qualitätssicherungs- und Steuerungsmechanismus (inkl. Datenkreislauf) rekonstruieren.                                       | Kodieren, wenn Evaluation/Qualitätssicherung/Controlling oder (unvollständige) Nutzung des Datenkreislaufs thematisiert wird; nicht kodieren bei Einzelbewertungen ohne Reflexions-/Steuerungsbezug.      | „Evaluation ist für Qualitätssicherung und Bildungscontrolling unerlässlich.“ (Hochholdinger & Beincke, 2002), „Evaluation von Entscheidungen ... nicht bewusst reflektiert ... unvollständige Nutzung des Datenkreislaufs ...“ (Hase & Kuhl, 2024) |

#### Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Professionalisierung & Materialpraktiken (Teilen/Erstellen) FU5 zeigt Möglichkeiten und Grenzen im Alltag der Lehrenden: Professionalisierung wird an Materialpraktiken sichtbar, insbesondere am Spannungsfeld zwischen eigener Erstellung, Teilen/Nutzen und rechtlich-organisatorischen Barrieren. (Alberti et al., 2022) (Buntins et al., 2024)

Usability, Akzeptanz & technische Herausforderungen Ein wiederkehrendes Muster ist, dass Chancen digitaler Angebote stark von Usability, Zugang und konsistenter Implementierung abhängen. FU5 markiert hier Grenzen: selbst „wirksame“ Plattformen bleiben auf Akzeptanz- und Schnittstellenprobleme angewiesen. (Yousef et al., 2015) (Babik et al., 2024)

**Soziale Dynamiken, Isolation & Medienabhängigkeit** FU5 umfasst ambivalente Befunde: Digitale Medien können soziale Interaktion stützen (z.B. bei älteren Lernenden), aber zugleich sozialen Druck, Problemnutzung und Isolation verstärken. Damit werden Grenzen nicht nur technisch, sondern sozialpsychologisch greifbar. (Ofner, o. J.) (Liyanagunawardena & Williams, 2016)

**Blended/Hybrid:** Flexibilität, Performance & Bewertungsmixe Blended-/Hybridformate erscheinen als pragmatischer Möglichkeitsraum: Flexibilität wird positiv bewertet, während Leistungsbefunde differenziert ausfallen (z.B. Vorteile in Gruppenarbeiten bei gleichbleibenden Einzelprüfungsleistungen). Zugleich zeigt FU5, dass hybride Bewertungsmixe (digital + menschlich) als robuste Lösung gelten. (Regmi et al., 2024) (Daas et al., 2024)

**MOOCs:** Wirksamkeit, Skalierung & virtuelle Patienten FU5 verdichtet MOOCs als Skalierungsmechanismus mit Qualitätsfragen: Evaluationen zielen auf Wirksamkeit, während Implementationsfragen (z.B. technische Infrastruktur/Cloud) und didaktische Gestaltung (virtuelle Patienten) als Grenzen und Gestaltungspunkte sichtbar werden. (Alturkistani et al., 2019) (Kononowicz et al., 2015)

**Interaktivität & Motivation (inkl. Analytics-Unterstützung)** Ein zentrales Chancenfeld ist Motivation/Engagement: Gamifizierte Tests und interaktive Arrangements werden mit Leistungs- und Einstellungsverbesserungen verknüpft; learning-analytics-gestützte Interaktionsförderung wird als zusätzlicher Hebel beschrieben. (Zhihui Zhang & Huang, 2024) (Majid & Judi, 2024)

**Digitale Kompetenzmodelle & fachdidaktische Förderung** FU5 zeigt, dass „Möglichkeiten“ zunehmend als Kompetenzfrage gefasst werden: Digitale Kompetenzen sollen in bestehende Kompetenzmodelle integriert werden; fachdidaktisch werden digitale Medien als Mittel zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen (z.B. Argumentieren) operationalisiert. (Alberti et al., 2022) (Dilling et al., 2023)

**Rollenqualifizierung, Nutzungsmuster & Ungleichheit** Grenzen treten als ungleiche Nutzungsmuster und als Rollen-/Qualifizierungsbedarf hervor: Online-Lernen kann kompensatorisch wirken, bleibt aber sozial ungleich verteilt; zugleich werden spezifische Rollen (z.B. Praxisanleitung) durch Blended-Learning-Module adressiert. (Kleinert et al., 2021) (Lutz et al., 2023)

**LMS-Erfolg/Wirksamkeit: Modelle, Evaluationen & Effekte** FU5 verdichtet Möglichkeiten und Grenzen über Evaluationslogiken: Erfolgsmodelle strukturieren, was als „funktionierend“ gilt (Nutzung, Qualität, Nutzen), während positive Effekte (z.B. Sicherheitsgewinne) als Ergebnis von Kurs-/Systemgestaltung berichtet werden. (Mtebe, 2015) (Jansen et al., 2021)

**Selbstgesteuertes Lernen & handlungsorientierte Gestaltung** Mehrere Segmente markieren Selbststeuerung als Möglichkeitsraum: Plattformen unterstützen individuelles Lerntempo und Verständnis; handlungsorientierte Settings (z.B. Game-Design) verbinden Motivation, Kooperation und BNE-Themen. (Platen et al., 2003) (Autenrieth & Nickel, 2023)

**Feedbackformate, Moderatoren & Mixed Effects** FU5 macht deutlich, dass Effekte nicht linear sind: Feedback wirkt abhängig vom Format (Prozess vs. Ergebnis) und von moderierenden Bedingungen; zugleich bleiben manche Einflussfaktoren ohne signifikanten Effekt. Damit werden Grenzen der Generalisierbarkeit sichtbar. (Tepgec et al., 2024) (Schmitz-Feldhaus, 2020)

Micro-Credentials, Standards & inklusive Weiterentwicklung Als weiteres Feld erscheinen Micro-Credentials/Standards und Inklusion: FU5 bündelt Hinweise, dass digitale Weiterentwicklung sowohl standardisierte, skalierbare Lösungen als auch inklusive Lehrmethoden adressieren muss. (Soltan et al., 2024) (Huang et al., 2024)

Barrieren, Support, Policies & Nutzungsrechte Systemische Grenzen werden explizit benannt: fehlender Support, Policies und Awareness sowie Unsicherheiten über Nutzungsrechte wirken als „harte“ Barrieren, die Nutzung und nachhaltige Integration bremsen. (Mtebe, 2015) (Buntins et al., 2024)

Evaluation, Qualitätssicherung & Datenkreislauf Schließlich ist Evaluation selbst ein Mechanismus der Begrenzung und Ermöglichung: Qualitätssicherung und Controlling werden als notwendig markiert; gleichzeitig kann der Datenkreislauf unvollständig bleiben, wenn Evaluation nicht konsequent reflektiert wird. (Hochholdinger & Beinicke, 2002) (Hase & Kuhl, 2024)

#### Theoretische Einbettung

FU5 rekonstruiert „Möglichkeiten und Grenzen“ als Zusammenspiel von (a) sozialpsychologischen und kulturellen Dynamiken (Isolation/Abhängigkeit vs. soziale Teilhabe), (b) didaktischen Gestaltungslogiken (Interaktivität, Feedbackformate, Blended/MOOCs) und (c) strukturellen Rahmenbedingungen (Support/Policies/Rechte, Usability/Akzeptanz, Evaluation). Damit ist FU5 anschlussfähig an Perspektiven, die digitale Bildungsräume als soziotechnische Arrangements mit Erfolgs-/Akzeptanzlogiken verstehen (z.B. IS-Erfolg über Nutzung/Qualität/Nutzen). (Mtebe, 2015) Die Silhouette ( $S = 0.88$ ) spricht für eine stabile Clusterstruktur im FU5-Korpus. (Rousseeuw, 1987)

#### Reflexion

Der FU5-Korpus mischt Problem- und Chancenperspektiven (z.B. Motivation/Gamification vs. Abhängigkeit/Isolation) sowie sehr unterschiedliche Kontexte (Schule, Hochschule, Weiterbildung, Gesundheit). Dadurch sind Kategorien als Arbeitslabels zu lesen, die in späteren Runs stärker entlang eines konsistenten Grenzbegriffs gebündelt werden können (z.B. „Grenzen“ als Barrieren/Negativfolgen vs. als methodische Grenzen gemischter Befunde). Zudem können einzelne Segmente trotz Filterung paraphrasierend bleiben; eine zweite Iteration kann stärker auf zitierfähige Kernpassagen fokussieren.

#### Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

### FU6 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

#### Kurztext

- Datenbasis:  $n = 65$  Analysen 1. Ordnung (FU6) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + annotate).
- Segmentierung:  $N = 480$  Sinnabschnitte (1–3 Sätze) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Kategorisierung“, „Zuordnung“, Relevanz-/Aktualitätsbewertungen).
- Parameter:  $k = 12$  (FU6); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4:  $S = 0.89$ .

#### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–3 Sätze; Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. \\textless, Trennlinien) entfernt/normalisiert.
- Clustering:  $k = 12$ ; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [@bibkey].

Kategorienüberblick (Tabelle)

| Kategorie  | Segmente (n) | Beispielquellen  |
|--|--------------|--|
| Systemanpassung,<br>Zielgruppenfit & Infrastruktur                   | 78           | (Oyekunle et al., 2024) (Sailer et al., 2025)                      |
| Learning Analytics &<br>personalisierte Interventionen               | 62           | (Christopher C. Y. Yang et al., 2024) (Zakaria et al., 2022)       |
| KI/SRL, Partizipation &<br>kollaborative                             | 50           | (Go, 2024) (Giannakos et al., 2024)                                |
| Lernmechanismen  |              |  |
| MOOC-Nutzen &<br>lernendenbezogene<br>Perspektiven                   | 47           | (Blum et al., 2020) (Goldin et al., 2021)                          |
| Qualitätswahrnehmung,<br>Kulturmoderatoren &<br>Engagement           | 42           | (Sharma et al., 2024) (Asilo et al., 2024)                         |
| Qualitätsverständnis,<br>Peer-Urteile & partizipative<br>Entwicklung | 36           | (Ulf-Daniel Ehlers, 2013)<br>(Sailer et al., 2025)                 |
| Motivation, Selbstwirksamkeit<br>& Gamification                      | 36           | (Christopher C. Y. Yang et al., 2024) (Neugebauer & Frochte, 2023) |
| Technische Hürden,<br>Usability-Probleme &<br>Nutzungsabbrüche       | 35           | (Nicklen et al., 2016) (Ramos et al., 2024)                        |
| Moodle-basierte Schulung in<br>Regionen/Settings                     | 29           | (Oliveira et al., 2017) (Pan et al., 2024)                         |
| Digitale Kompetenz,<br>Technikakzeptanz &<br>Microteaching           | 28           | (Sailer et al., 2025) (Tschupke, 2021)                             |
| Kursdesign, Abschlussraten &<br>Zufriedenheit                        | 25           | (Goldin et al., 2021) (Claflin et al., 2021)                       |
| MOOC-<br>Technologieintegration<br>(Gesundheit/Schulung)             | 12           | (Goldin et al., 2021) (Claflin et al., 2021)                       |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---|--|---|---|
| Systemanpassung, Zielgruppenfit & Infrastruktur       | Aussagen zur Anpassung von LMS/Lerntechnologien an Zielgruppen, Infrastruktur und Rahmenbedingungen als Voraussetzung für Kompetenzerwerb.             | Kodieren, wenn Fit als Mechanismus benannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen Effektbehauptungen ohne Anpassungslogik.  | „Anpassung von <del>Technologien</del> an individuelle Bedürfnisse und technische Rahmenbedingungen.“ (Oyekunle et al., 2024), „Anpassung des Bildungsangebots an technische Entwicklungen, Zielgruppen und Infrastrukturdefizite.“ (Sailer et al., 2025) |
| Learning Analytics & personalisierte Interventionen   | Aussagen zu LA-basierten Steuerungsmechanismen und personalisierten Interventionen (z.B. Dropout-Reduktion, SRL-Unterstützung) als Kompetenzförderung. | Kodieren, wenn Analytics/Personalisierung als Intervention/Steuerung beschrieben wird; nicht kodieren bei reinen Tool- oder Plattformlisten ohne Interventionslogik.  | „Bedeutung von Educational Technology und Learning Analytics für die Entwicklung effektiver Lernstrategien ...“ (Christopher C. Y. Yang et al., 2024), „Personalisierte Interventionen ... verringern Abbruchrisiko ...“ (Zakaria et al., 2022)           |
| KI/SRL, Partizipation & kollaborative Lernmechanismen | Aussagen zu KI-gestützten Lernarrangements, SRL-Fokus sowie zu kollaborativen Mechanismen (Gruppeninteraktion, spielerisches Lernen).                  | Kodieren, wenn KI/SRL/Partizipation als Mechanismen der Kompetenzentwicklung benannt werden; nicht kodieren bei rein technischen KI-Statements ohne Lernprozessbezug. | „Fokus auf selbstreguliertem Lernen (SRL) und studentischer Partizipation ...“ (Go, 2024), „Kollaboratives Lernen ... Förderung von Gruppeninteraktionen und spielerischem Lernen.“ (Giannakos et al., 2024)  |
| MOOC-Nutzen & lernendenbezogene Perspektiven          | Aussagen zu Nutzenmustern (Motivation, Selbststeuerung, Lernen) aus Sicht der Lernenden in MOOCs/Onlinekursen.   | Kodieren, wenn MOOC-Teilnahme als Nutzen-/Erfahrungsmechanismus beschrieben wird; nicht kodieren bei reiner Plattformtechnik ohne Lernendenperspektive.               | „Vorteile der Teilnahme an MOOCs aus der Perspektive der Lernenden ...“ (Blum et al., 2020), „Hohe Abschlussrate ... viele Lernende ...“ (Goldin et al., 2021)  |

| Kategorie  | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele  |
|--|--|--|---|
| Qualitätswahrnehmung, Kulturmoderatoren & Engagement           | Aussagen, die Qualität (System/Service/Information) und kulturelle Moderatoren mit Engagement koppeln, sowie allgemeine Design-/Implementationshinweise. | Kodieren, wenn Qualitätswahrnehmung oder kulturelle Moderation explizit als Mechanismus für Engagement genannt wird; nicht kodieren bei „Empfehlungen“ ohne Qualitäts-/Kulturbzug. | „Kollektivismus und Unsicherheitsvermeidung beeinflussen ... Beziehungen zwischen Qualitätswahrnehmungen und Engagement.“ (Sharma et al., 2024), „Ergebnisse ... Empfehlungen für die zukünftige Gestaltung und Implementierung ...“ (Asilo et al., 2024) |
| Qualitätsverständnis, Peer-Urteile & partizipative Entwicklung | Aussagen zu Prozess-/Outputqualität, Peer-Urteilen und partizipativen Entwicklungsprozessen als Qualitätsmechanismus eines Kompetenzsystems.             | Kodieren, wenn Qualitätsverständnis (Peer, Prozess) oder Partizipation als Mechanismus genannt wird; nicht kodieren bei rein summativen Rankings ohne Qualitätslogik.              | „Qualität wird zunehmend von Lernenden und Peers beurteilt ... Fokus ... Prozess- und Outputqualität ...“ (Ulf-Daniel Ehlers, 2013), „Partizipative Entwicklungsprozesse ... bislang unzureichend etabliert.“ (Sailer et al., 2025)                       |
| Motivation, Selbstwirksamkeit & Gamification                   | Aussagen zu motivationalen Mechanismen (Selbstwirksamkeit, Gamification) als Treiber von Selbstregulation und Kompetenzentwicklung.                      | Kodieren, wenn Motivation/Selbstwirksamkeit als Mechanismus/Outcome einer Intervention beschrieben wird; nicht kodieren bei reinen Kompetenzzuwächsen ohne motivationalen Bezug.   | „Steigerung der Selbstwirksamkeit ... ermöglicht ... Selbstregulation ...“ (Christopher C. Y. Yang et al., 2024), „Gamifizierte Elemente ... signifikant erhöhte Motivation ...“ (Neugebauer & Frochte, 2023)   |
| Technische Hürden, Usability-Probleme & Nutzungsabbrüche       | Aussagen zu technischen Problemen, Bedienbarkeit und Implementationsrisiken, die Nutzung und Kompetenzentwicklung begrenzen.                             | Kodieren, wenn technische/Usability-Probleme als Begrenzung der Nutzung beschrieben werden; nicht kodieren bei allgemeinen Kritikpunkten ohne konkrete Störfaktoren.               | „Technische Probleme waren die größte Herausforderung ...“ (Nicklen et al., 2016), „Technische Probleme ... langsame Synchronisation ... Schwierigkeiten ...“ (Ramos et al., 2024)  |

| Kategorie  | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|--|--|--|--|
| Moodle-basierte Schulung in Regionen/Settings        | Aussagen zu Moodle-/LMS-gestützten Schulungen als Strukturierung von Kompetenzerwerb (z.B. in ressourcenarmen Regionen).             | Kodieren, wenn Moodle/Plattform als Träger von Kompetenzschulung beschrieben wird; nicht kodieren bei allgemeinen Onlinekursen ohne LMS-Bezug.                                     | „.... asynchrone Lernplattform (Moodle) ... in ressourcenarmen Regionen ... Wissenszuwachs ...“ (Oliveira et al., 2017), „Ziel ist es, Kompetenzen ... zu verbessern ...“ (Pan et al., 2024)                           |
| Digitale Kompetenz, Technikakzeptanz & Microteaching | Aussagen zu Qualifizierung/Training (hands-on) zur Förderung digitaler Kompetenz und Technikakzeptanz, inkl. Microteaching-Settings. | Kodieren, wenn Training/Hands-on/Microteaching als Mechanismus der Kompetenzentwicklung beschrieben wird; nicht kodieren bei abstrakten Kompetenzappellen ohne Trainingsbezug.     | „Schulung ... Förderung digitaler Kompetenz und Technikakzeptanz ... Hands-on-Phasen.“ (Sailer et al., 2025), „Praktische Anwendung digitaler Tools als Selbstwirksamkeitserfahrung ...“ (Tschupke, 2021)              |
| Kursdesign, Abschlussraten & Zufriedenheit           | Aussagen zu Kursgestaltung, Completion und Zufriedenheit als Indikatoren eines funktionierenden Kompetenzerwerbssystems.             | Kodieren, wenn Kursdesign/Struktur/Completion/Zufriedenheit als Erfolgsindikator genutzt wird; nicht kodieren bei isolierten Teilnehmerzahlen ohne Bezug auf Struktur/Wirksamkeit. | „.... 53.593 Lernende ... <b>Zufriedenheit</b> abschlossen.“ (Goldin et al., 2021), „Kurs gut strukturiert ... hilft ... Wissen zu erweitern ... nützlich und anwendbar.“ (Claflin et al., 2021)                       |
| MOOC-Technologieintegration (Gesundheit/Schulung)    | Aussagen, die MOOC-Plattformen als technische Infrastruktur zur Schulung/Kompetenzvermittlung (z.B. Gesundheit) beschreiben.         | Kodieren, wenn MOOC/Plattform als Technologieintegration für Schulung thematisiert wird; nicht kodieren bei generischen MOOC-Bewertungen ohne Integrationsbezug.                   | „Nutzung der OpenWHO-Plattform zur Schulung von Gesundheitspersonal ...“ (Goldin et al., 2021), „Nutzung eines MOOCs zur Wissensvermittlung ... Integration fortschrittlicher Technologien ...“ (Claflin et al., 2021) |

Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Systemanpassung, Zielgruppenfit & Infrastruktur FU6 rekonstruiert Kompetenzerwerb als Passungsproblem: Systeme und Angebote müssen an Zielgruppen und Infrastruktur angepasst werden, damit Lernhandlungen stabil möglich werden. (Oyekunle et al., 2024) (Sailer et al., 2025)

Learning Analytics & personalisierte Interventionen Learning Analytics erscheint als Steuerungsmechanismus eines Kompetenzerwerbssystems: Datenbasierte Diagnostik und Personalisierung sollen Lernstrategien fördern und Abbruchrisiken senken. (Christopher C. Y. Yang et al., 2024) (Zakaria et al., 2022)

KI/SRL, Partizipation & kollaborative Lernmechanismen FU6 bündelt Segmente, in denen KI-gestützte Arrangements und SRL mit Partizipation und kollaborativen Formen verbunden werden: Kompetenzentwicklung wird als aktiver, interaktiver Prozess modelliert. (Go, 2024) (Giannakos et al., 2024)

MOOC-Nutzen & lernendenbezogene Perspektiven MOOCs fungieren als skalierbare Kompetenzräume, deren Nutzen aus Sicht der Lernenden über Motivation, Selbststeuerung und Teilnahmeentscheidungen beschrieben wird; Completion wird dabei als grober Erfolgsindikator verwendet. (Blum et al., 2020) (Goldin et al., 2021)

Qualitätswahrnehmung, Kulturmoderatoren & Engagement Engagement wird als abhängig von Qualitätswahrnehmung und kulturellen Moderatoren rekonstruiert. Damit wird Qualität nicht nur als „Systemeigenchaft“, sondern als wahrgenommene Passung im Nutzungskontext verstanden. (Sharma et al., 2024)

Qualitätsverständnis, Peer-Urteile & partizipative Entwicklung FU6 weist Qualität als Prozessmechanismus aus: Peer-Urteile und partizipative Entwicklung verschieben Qualität von reiner Expert:innenprüfung hin zu Prozess- und Outputlogiken (Kompetenzentwicklung, Selbstorganisation). (Ulf-Daniel Ehlers, 2013) (Sailer et al., 2025)

Motivation, Selbstwirksamkeit & Gamification Motivation und Selbstwirksamkeit fungieren als innere „Trägermechanismen“ des Kompetenzerwerbs: Rückmeldungen und gamifizierte Elemente werden als Hebel beschrieben, die Selbstregulation und Persistenz stützen. (Christopher C. Y. Yang et al., 2024) (Neugebauer & Frochte, 2023)

Technische Hürden, Usability-Probleme & Nutzungsabbrüche FU6 markiert Grenzen des Kompetenzerwerbssystems durch technische und Usability-Probleme: Synchronisations- und Bedienhürden erscheinen als unmittelbare Gründe für reduzierte Nutzung und damit für ausbleibenden Kompetenzerwerb. (Nicklen et al., 2016) (Ramos et al., 2024)

Moodle-basierte Schulung in Regionen/Settings Kompetenzerwerb wird in FU6 auch als Skalierungs- und Versorgungsthema sichtbar: Moodle-gestützte Schulungen werden genutzt, um Kompetenzen in spezifischen Regionen/Settings aufzubauen und zu prüfen. (Oliveira et al., 2017) (Pan et al., 2024)

Digitale Kompetenz, Technikakzeptanz & Microteaching Ein wiederkehrendes Muster ist „hands-on“: Kompetenz und Akzeptanz entstehen über praktische Anwendung in geschützten Settings (Microteaching), die Selbstwirksamkeitserfahrungen erzeugen. (Sailer et al., 2025) (Tschupke, 2021)

Kursdesign, Abschlussraten & Zufriedenheit FU6 nutzt Kurs- und Completiondaten sowie Zufriedenheit als Indikatoren, ob ein System als Kompetenzerwerbssystem funktioniert. Der Fokus liegt dabei auf Struktur/Passung und auf Anwendbarkeit. (Goldin et al., 2021) (Claflin et al., 2021)

MOOC-Technologieintegration (Gesundheit/Schulung) MOOC-Plattformen werden als technische Infrastruktur für Kompetenzerwerb rekonstruiert, insbesondere im Gesundheitsspektrum: Technologieintegration ist hier an Reichweite, Zugänglichkeit und Wissensvermittlung gekoppelt. (Goldin et al., 2021) (Claflin et al., 2021)

#### Theoretische Einbettung

FU6 lässt sich als Systemperspektive auf Kompetenzerwerb lesen: Kompetenzentwicklung wird als Ergebnis von Passung (Systemanpassung, Infrastruktur), Steuerung (Analytics, Personalisierung), Motivationsdynamik (Selbstwirksamkeit, Gamification) und Qualitätsprozessen (Peer-Urteile, partizipative Entwicklung) rekonstruiert. Damit wird LMS nicht als reines Tool, sondern als soziotechnisches Kompetenzerwerbssystem modelliert. Die Silhouette ( $S = 0.89$ ) spricht für eine stabile Clusterstruktur im FU6-Korpus. (Rousseau, 1987)

#### Reflexion

Der FU6-Korpus kombiniert sehr unterschiedliche Kontexte (MOOCs, Pflege/Medizin, KI/SRL, organisationsbezogene Implementationslogiken). Dadurch werden Kompetenzmechanismen teils über Outcomes (Completion, Zufriedenheit) operationalisiert, teils über Prozessannahmen (Peer-Qualität, Partizipation). In v1 sind Kategorien als Arbeitslabels zu verstehen; spätere Iterationen können Kompetenz als Oberkategorie expliziter operationalisieren (z.B. Kompetenzdimensionen vs. Systemdimensionen) und Querverbindungen (z.B. LA als Qualitäts- und Motivationshebel) konsolidieren.

#### Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

### FU7 – Analyse dritter Ordnung (P-QIA)

#### Kurztext

- Datenbasis:  $n = 8$  Analysen 1. Ordnung (FU7) aus dem Literaturverzeichnis (FU-Tag + annotate).
- Segmentierung:  $N = 90$  Sinnabschnitte (FU7: 1–2 Sätze, v1: i.d.R. 1 Satz) nach Ausschluss von Template-/Metasektionen (z.B. „Methoden und Datenquellen“, „Zusammenfassung“, „Verschlagwortung“, „Kategorisierung“, „Zuordnung“, Relevanz-/Aktualitätsbewertungen).
- Parameter:  $k = 10$  (FU7); Silhouette gemäß Abschnitt 4.3.4:  $S = 0.93$ .

#### Protokoll (Run-Parameter)

- Datum/Version: 2025-12-15 (v1)
- Segmentierung: 1–2 Sätze (FU7); Metasektionen ausgeschlossen; Artefakte (z.B. \\textless, Trennlinien) entfernt/normalisiert.
- Clustering:  $k = 10$ ; k-Tuning: nein (Parameter gemäß Abschnitt 4.3.4).
- Referenzanker: Ankerbeispiele über BibTeX-Keys [@bibkey].

#### Kategorienüberblick (Tabelle)

| Kategorie  | Segmente (n) | Beispielquellen                         |
|--|--------------|---|
| Didaktische Leitlinien & High-Impact Practices                         | 47           | (Thimmappa, 2025) (Bauer et al., 2025)  |
| Integration multimodaler Lernsettings (Simulation/Modelling/Reflexion) | 11           | (Thimmappa, 2025) (Nóvoa & Magri, 2025) |

| Kategorie   | Segmente (n) | Beispielquellen                                      |
|---|--------------|--|
| KI-gestützte Frameworks:<br>Augmentation statt<br>Substitution                                      | 8            | (Hosavaranchi Puttaraju, 2023) (Nóvoa & Magri, 2025) |
| Online Structure Learning<br>(MLNs): signifikante<br>Performancegewinne                             | 5            | (Huynh & Mooney, 2011)<br>(Oiwa et al., 2011)        |
| Domänenspezifische<br>Leistungsgewinne (Craigslist<br>vs. CiteSeer)                                 | 4            | (Huynh & Mooney, 2011)<br>(Oiwa et al., 2011)        |
| Skalierung mit vielen kleinen<br>strukturierten Beispielen  | 4            | (Huynh & Mooney, 2011)<br>(Oiwa et al., 2011)        |
| Interaktive/spielbasierte<br>Lernsettings &<br>Technikprozesse                                      | 3            | (Thimmappa, 2025) (Singh, 2025)                      |
| Integrative Systeme:<br>Datenintegration, Mensch-<br>Maschine-Kollaboration,<br>Continuous Learning | 3            | (Hosavaranchi Puttaraju, 2023) (Singh, 2025)         |
| Edge/Privacy und analytische<br>Intelligenz in realen Szenarien                                     | 3            | (Singh, 2025) (Thimmappa, 2025)                      |
| Generalisierung &<br>Stabilisierung<br>(Regularisierung, Kovarianz,<br>Augmentation)                | 2            | (Nóvoa & Magri, 2025) (Bauer et al., 2025)           |

Codierschema (Tabelle)

| Kategorie   | Definition  | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|---|--|--|
| Didaktische Leitlinien &<br>High-Impact Practices | Aussagen zu<br>didaktischen Leitlinien,<br>die „hochwirksame“<br>Lernerfahrungen<br>strukturieren (z.B.<br>Fokus auf nachhaltiges<br>Lernen statt<br>kurzfristiger<br>Performance). | Kodieren, wenn<br>didaktische<br>Prinzipien/Leitlinien als<br>Begründung oder<br>Orientierung genannt<br>werden; nicht kodieren<br>bei reinen<br>Technikdetails ohne<br>didaktische Perspektive. | „High-Impact Practices<br>... exciting educational<br>experience ...“<br>(Thimmappa, 2025), „Verwechslung von<br>kurzfristiger Leistung<br>mit langfristigem<br>Lernen ...“ (Bauer et al., 2025) |

| Kategorie  | Definition  | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|--|---|---|---|
| Integration multimodaler Lernsettings (Simulation/Modelling/Reflexion) | Aussagen zur Integration von Audio/Video/Simulation/Modellierung und Reflexion als Mechanismus der Lernvertiefung.  | Kodieren, wenn multimodale Integration und Medienformate beschrieben wird; nicht kodieren bei isolierten Medienformaten ohne Integrationslogik.                                   | „Integration von Audio, Video, Simulationen ... multisensorische Ansprache ...“ (Thimmappa, 2025), „Welche Rolle spielt die Integration von Zustands- und Parameteranpassung?“ (Nóvoa & Magri, 2025)          |
| KI-gestützte Frameworks: Augmentation statt Substitution               | Aussagen, die KI als Erweiterung bestehender Entscheidungs-/Lernframeworks (nicht als Ersatz) konzipieren und Mechanismen der Genauigkeit/Anpassungsfähigkeit benennen. | Kodieren, wenn Augmentation/Verbesserung (statt Substitution) als Leitidee explizit ist; nicht kodieren bei reinen KI-Buzzwords ohne Mechanismen.                                 | „... KI ... ersetzt nicht, sondern verbessert ... Entscheidungsgenauigkeit, Anpassungsfähigkeit ...“ (Hosavaranchi Puttaraju, 2023), „... Echtzeit ... kontinuierliche Updates ...“ (Nóvoa & Magri, 2025)     |
| Online Structure Learning (MLNs): signifikante Performancegewinne      | Aussagen zu Online-Strukturlernen (OSL/MLNs) als Mechanismus, der Modellgüte gegenüber reinem Parameterlernen steigt.   | Kodieren, wenn Strukturlernen als Ursache von Performanceverbesserung (z. B. F1-Score) genannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen ML-Beschreibungen ohne Vergleich/Mechanismus. | „OSL verbessert signifikant die Vorhersagegüte (F1-Score) im Vergleich zu reinem Parameterlernen.“ (Huynh & Mooney, 2011), „OSL verbessert signifikant die Vorhersagegüte (F1-Score) ...“ (Oiwa et al., 2011) |
| Domänenspezifische Leistungsgewinne (Craigslist vs. CiteSeer)          | Aussagen, die Leistungsgewinne als domänenspezifische Differenzen/Trade-offs dokumentieren (z.B. moderate Steigerung im härteren Task).                                 | Kodieren, wenn Domänen-/Datensatzunterschiede als Erklärung/Begrenzung von Performancegewinnen genannt werden; nicht kodieren bei generellen Erfolgsaussagen ohne Domänenbezug.   | „Craigslist: Moderate Steigerung ... (OSL-M1).“ (Huynh & Mooney, 2011), „Craigslist: Moderate Steigerung ... (OSL-M1).“ (Oiwa et al., 2011)   |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)   | Ankerbeispiele   |
|---|--|--|--|
| Skalierung mit vielen kleinen strukturierten Beispielen                                   | Aussagen zu Skalierungsannahmen (viele kleine Beispiele, Batch-Limits) als Bedingung/Begründung für Online-Ansätze.                                  | Kodieren, wenn Skalierung (viele kleine Beispiele, Speicher/Rechenaufwand) als Motiv für Online-Methoden genannt wird; nicht kodieren bei reinen Ergebniszahlen ohne Skalierungsbezug. | „.... viele kleine strukturierten Beispiele ... Batch-Methoden ... versagen ...“ (Huynh & Mooney, 2011), „.... viele kleine strukturierten Beispiele ...“ (Oiwa et al., 2011)  |
| Interaktive/spielbasierte Lernsettings & Technikprozesse                                  | Aussagen, die technische Prozesse über interaktive oder spielbasierte Lernsettings erfahrbar machen (Game-based learning, Technikveranschaulichung). | Kodieren, wenn interaktive/spielbasierte Formate als Mechanismus des Verständnisses/Engagements beschrieben werden; nicht kodieren bei reinen Fachinhalten ohne didaktische Form.      | „.... Game-Based Learning ... digitale oder analoge Spiele ...“ (Thimmappa, 2025), „Simulation und Evaluierung der Plattformarchitektur ... Prototypen und Benchmarks ...“ (Singh, 2025)   |
| Integrative Systeme: Datenintegration, Mensch-Maschine-Kollaboration, Continuous Learning | Aussagen zu integrativen Systemkonzepten (Datenintegration, algorithmische Erweiterung, Human-in-the-loop, kontinuierliches Lernen).                 | Kodieren, wenn Systemkonzept als integratives Framework beschrieben wird; nicht kodieren bei isolierten Komponenten ohne Integrationslogik.  | „Framework ... Datenintegration ... Mensch-Maschine-Kollaboration ... kontinuierliches Lernen.“ (Hosavaranchi Puttaraju, 2023), „... integratives Framework, das KI, Datenmanagement und mobile Endgeräte verbindet ...“ (Singh, 2025) |
| Edge/Privacy und analytische Intelligenz in realen Szenarien                              | Aussagen zu Verlagerung analytischer Intelligenz (Edge) sowie Privacy/Energieeffizienz als Bedingung realer Einsetzbarkeit.                          | Kodieren, wenn Edge/Privacy/Effizienz als Mechanismus/Begründung genannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen „Realwelt“-Behauptungen ohne technische Begründung.                      | „.... analytische Intelligenz in Edge Devices ... energieeffizient und datenschutzfreundlich ...“ (Singh, 2025), „... reale Szenarien ... analytische Differenzierung ...“ (Thimmappa, 2025)   |

| Kategorie   | Definition   | Kodierregel (kurz)  | Ankerbeispiele  |
|---|--|---|---|
| Generalisierung & Stabilisierung (Regularisierung, Kovarianz, Augmentation) | Aussagen zu Stabilisierung/Generalisierung von Modellen/Prozessen (z.B. Regularisierung, Kovarianzmanagement) als Voraussetzung robuster Ergebnisse. | Kodieren, wenn explizit Generalisierung/Stabilisierung/Regularisierung/Kovarianz und als Mechanismus benannt wird; nicht kodieren bei allgemeinen „besser“-Aussagen ohne Mechanismus. | „.... vermeidet ... Zusammenbrechen der Fisziemle Kovarianz und verbessert die Generalisierung ...“ (Nóvoa & Magri, 2025), „Augmentation: KI verbessert bestehende Lernprozesse ...“ (Bauer et al., 2025) |

Ausführlicher Fließtext (Synthese mit BibTeX-Ankern)

Didaktische Leitlinien & High-Impact Practices FU7 verdichtet leitlinienartige Aussagen dazu, wie „hochwirksame“ Lernerfahrungen entstehen sollen. Ein wiederkehrendes Motiv ist die Abgrenzung kurzfristiger Performanceindikatoren von nachhaltigem Lernen. (Thimmappa, 2025) (Bauer et al., 2025)

Integration multimodaler Lernsettings (Simulation/Modelling/Reflexion) Ein zweites Muster betont Integration: Audio/Video/Simulation/Modellierung werden als kombinierbare Bausteine beschrieben, die Lernvertiefung und Reflexion unterstützen sollen. (Thimmappa, 2025) (Nóvoa & Magri, 2025)

KI-gestützte Frameworks: Augmentation statt Substitution FU7 markiert KI primär als Erweiterung: Frameworks sollen bestehende Entscheidungs- und Lernprozesse nicht ersetzen, sondern in Genauigkeit, Anpassungsfähigkeit und strategischer Steuerung verbessern. (Hosavaranchi Puttaraju, 2023) (Nóvoa & Magri, 2025)

Online Structure Learning (MLNs): signifikante Performancegewinne Als spezifischer Mechanismus tritt Online-Strukturlernen hervor: Struktur- und Parameterlernen in einem Online-Setup wird als Weg beschrieben, modellbasierte Vorhersagegüte gegenüber reinem Parameterlernen signifikant zu steigern. (Huynh & Mooney, 2011) (Oiwa et al., 2011)

Domänenspezifische Leistungsgewinne (Craigslist vs. CiteSeer) FU7 differenziert Leistungsgewinne nach Domänen: In anspruchsvolleren Datensätzen werden Gewinne als moderat, aber dennoch stabil beschrieben, was Grenzen und Transferfragen sichtbar macht. (Huynh & Mooney, 2011) (Oiwa et al., 2011)

Skalierung mit vielen kleinen strukturierten Beispielen Skalierung erscheint als zentrale Begründung: Online-Ansätze adressieren Szenarien mit vielen kleinen strukturierten Beispielen, in denen Batch-Verfahren an Speicher- und Rechenaufwand scheitern. (Huynh & Mooney, 2011) (Oiwa et al., 2011)

Interaktive/spielbasierte Lernsettings & Technikprozesse FU7 enthält zudem didaktische Formate, die Technikprozesse über Interaktion/Spiel erfahrbar machen. Gleichzeitig tauchen Simulation und prototypische Evaluation als Brücke zwischen Konzept und Implementierung auf. (Thimmappa, 2025) (Singh, 2025)

Integrative Systeme: Datenintegration, Mensch-Maschine-Kollaboration, Continuous Learning Ein weiteres Muster ist Systemintegration: Datenintegration, algorithmische Erweiterung und Human-in-the-loop werden als zusammenhängendes Framework formuliert, das kontinuierliches Lernen ermöglicht. (Hosavaranchi Puttaraju, 2023) (Singh, 2025)

Edge/Privacy und analytische Intelligenz in realen Szenarien FU7 markiert Realwelttauglichkeit über Architekturentscheidungen: Analytische Intelligenz wird in Edge-Strukturen verlagert, um Effizienz und Datenschutz zu verbessern und damit Einsatz in realen Szenarien zu ermöglichen. (Singh, 2025) (Thimmappa, 2025)

Generalisierung & Stabilisierung (Regularisierung, Kovarianz, Augmentation) Schließlich werden Stabilisierung und Generalisierung als Mechanismen sichtbar, die robuste Ergebnisse erst möglich machen (z.B. Kovarianzstabilisierung, Augmentation als gezielte Unterstützung). (Nóvoa & Magri, 2025) (Bauer et al., 2025)  
Theoretische Einbettung

FU7 ist als „Erweiterung von Kausalgesetzen“ anschlussfähig an zwei Lesarten: (1) regel-/strukturorientierte Modellierung (z.B. Strukturlernen in MLNs) als formale Verdichtung von „Wenn-Dann“-Beziehungen und (2) soziotechnische Augmentation als Versuch, Entscheidungs- und Lernprozesse unter Unsicherheit zu stabilisieren. Beide Lesarten lassen sich mit dem Technologiedefizit als theoretischer Hintergrund (Begrenztheit sicherer Techniken in komplexen Sozialkontexten) in Beziehung setzen. (Luhmann & Schorr, 1982a) (Pentzold et al., 2018) Die Silhouette ( $S = 0.93$ ) stützt eine sehr klare Trennung der FU7-Cluster trotz des kleinen Korpus. (Rousseeuw, 1987)

Reflexion

FU7 ist in v1 der kleinste Korpus ( $n = 8$ ;  $N = 90$ ). Dadurch dominieren einzelne Quellen mehrere Kategorien, und Kategorien sollten als Arbeitslabels gelesen werden. Zudem ist der Korpus inhaltlich heterogen (didaktische Leitlinien vs. algorithmische Struktur-/Frameworkthemen). Für spätere Runs bietet sich an, FU7 stärker entlang eines expliziten Kausal-/Regelbegriffes zu fokussieren und ggf. eine engere Quellenabgrenzung vorzunehmen.

Qualitätsgate (v1, erfüllt)

- Kategorienüberblick == Codierschema == Narrative Unterabschnitte: ja
- Pro Kategorie mindestens 2 Anker aus unterschiedlichen BibTeX-Keys: ja
- Keine Template-/Meta-Anker, keine Artefakte, saubere Zitationen: ja

## Übersicht Berufliche Handlungssituationen

In diesem Anhang wird eine tabellarische Übersicht der im digitalen Bildungsraum für die Ausbildung von Notfallsanitäter:innen vorgesehenen beruflichen Handlungssituationen präsentiert. Jede Handlungssituation ist mit ihrer Kursbezeichnung, dem Titel, der Anzahl der zugehörigen Aufgaben sowie der geplanten Bearbeitungsdauer in Tagen aufgeführt.

Table 17: Übersicht Berufliche Handlungssituationen

| Kurs     | Titel   | $\Sigma$ | Aufgaben | Dauer [d] |
|----------|---|----------|----------|-----------|
| NFS-H-01 | Einführung in die berufliche Ausbildung                                     | 6        | 7        |           |
| NFS-H-02 | Das eigene Berufsfeld erkunden und berufliches Selbstverständnis entwickeln | 16       | 32       |           |
| NFS-H-03 | Die eigene Lehrrettungswache erleben  | 28       | 17       |           |
| NFS-H-04 | Das rettungsdienstliche Umfeld kennen lernen                                | 37       | 31       |           |
| NFS-H-05 | Mit sich selbst und Anderen umgehen   | 31       | 53       |           |
| NFS-H-06 | Einen Patienten im Krankentransport beurteilen                              | 14       | 15       |           |
| NFS-H-07 | Lebensrettende Maßnahmen durchführen  | 47       | 67       |           |
| NFS-H-08 | Eine Einsatzfahrt durchführen   | 36       | 77       |           |
| NFS-H-09 | Einen Krankentransport durchführen  | 11       | 13       |           |
| NFS-H-10 | Mit BOS-Peers kommunizieren   | 25       | 42       |           |
| NFS-H-11 | Mit unterschiedlichen Patienten-Peers kommunizieren                         | 12       | 2        |           |
| NFS-H-12 | Beratungsgespräche führen   | 18       | 7        |           |
| NFS-H-13 | Mit Sterben im Rettungsdienst umgehen                                       | 15       | 4        |           |
| NFS-H-14 | Einen Einsatz in der primären Notfallmedizin durchführen                    | 18       | 20       |           |
| NFS-H-15 | Einen Notfallpatienten beurteilen   | 24       | 31       |           |
| NFS-H-16 | Patienten mit A-Problem behandeln   | 26       | 48       |           |
| NFS-H-17 | Patienten mit B-Problem behandeln   | 24       | 7        |           |
| NFS-H-18 | Patienten mit C-Problem behandeln   | 36       | 12       |           |
| NFS-H-19 | Patienten mit D-Problem behandeln   | 20       | 29       |           |
| NFS-H-20 | Patienten mit E-Problem behandeln   | 57       | 90       |           |
| NFS-H-21 | Einen pädiatrischen Patienten behandeln                                     | 15       | 2        |           |
| NFS-H-22 | Einen Einsatz in der Sekundärrettung durchführen                            | 11       | 53       |           |
| NFS-H-23 | Urologische und nephrologische Notfälle versorgen                           | 17       | 5        |           |
| NFS-H-24 | Hals-Nasen-Ohren Erkrankungen und Verletzungen versorgen                    | 19       | 2        |           |
| NFS-H-25 | Mit psychischen Erkrankungen und Notfällen umgehen                          | 11       | 42       |           |
| NFS-H-26 | Eine gynäkologische Patientin versorgen                                     | 22       | 18       |           |
| NFS-H-27 | Notfälle der Wasserrettung versorgen  | 9        | 2        |           |
| NFS-H-28 | Einsätze mit besonderen Verhaltensauffälligkeiten durchführen               | 61       | 93       |           |
| NFS-H-29 | Einsätze mit besonderer Logistik durchführen                                | 55       | 100      |           |
| NFS-H-30 | Mit BOS zusammenarbeiten  | 13       | 5        |           |
| NFS-H-31 | Das eigene Berufsfeld reflektieren  | 54       | 5        |           |
| NFS-H-32 | Vorbereitung auf die Notfallsanitäterprüfung                                | 60       | 40       |           |
| Gesamt   |   | 848      | 971      |           |

Übersicht der curricularen Handlungssituationen als Kursarchitektur des LMS. Spalten: Kurs-ID, Titel, Anzahl zugeordneter Aufgaben sowie geplante Bearbeitungsdauer (Tage); die Summenzeile dokumentiert den Gesamtumfang der Aufgabenarchitektur als Grundlage für strukturelle Auswertungen der curricularen Dichte.

Diese tabellarische Darstellung zeigt die Zuordnung der Aufgaben sowie die vorgesehene Bearbeitungsdauer in Tagen für jede Handlungssituation im digitalen Bildungsraum. Sie bildet die empirische Grundlage für die statistische Analyse der curricularen Struktur.

Arbeitsversion

## Struktur der Suchordner

Die in dem verwendetem Literaturmanagementsystem angelegten Suchordner wurden thematisch gegliedert und hierarchisch sortiert. Die folgende Übersicht dokumentiert die finale Struktur. Die ID (z.B. S:01) findet sich als Suchordnername in Zotero wieder und dient zur systematischen Tag-Kodierung der Literatur. Diese Struktur bildet die Grundlage für die Reproduzierbarkeit der Suchstrategie und deren analytische Weiterverarbeitung (4.2.1).

Table 18: Semantisch-hierarchische Struktur der angelegten Suchordner

| Ordner ID                     | Begriff                    | Synonyme / Varianten                                 |
|-------------------------------|----------------------------|--|
| <i>Primäre Suchbegriffe</i>   |                            |  |
| S:01                          | Learning Management System | LMS, Lernmanagementsystem, Kursplattform             |
| S:02                          | Online-Lernplattform       | Lernplattform, Digitale Plattform                    |
| S:03                          | Online-Lernumgebung        | Virtuelle Lernumgebung, Digitale Umgebung            |
| S:05                          | E-Learning                 | Elektronisches Lernen, Digitales Lernen              |
| <i>Sekundäre Suchbegriffe</i> |                            |  |
| S:04                          | MOOC                       | Massive Open Online Course                           |
| S:06                          | Bildungstechnologie        | EdTech, Technologie im Bildungssektor                |
| S:07                          | Digitale Medien            | Medienkompetenz, Medientechnologie                   |
| S:08                          | Blended Learning           | Integriertes Lernen, Hybridunterricht                |
| S:09                          | Digitales Lernen           | Digital Learning (dt.), technologiegestütztes Lernen |
| S:12                          | Digital Learning           | Digitales Lernen (engl.), tech-enhanced learning     |
| <i>Tertiäre Suchbegriffe</i>  |                            |  |
| S:10                          | Online Lernen              | Lernen im Netz, Web-basiertes Lernen                 |
| S:11                          | Online Learning            | Online-based education, remote learning              |

Dokumentation der semantisch-hierarchischen Suchordnerlogik in Zotero. Die Tabelle listet Ordner-IDs, Kernbegriffe und Varianten und gliedert in primäre, sekundäre und tertiäre Ebenen; sie dient der Reproduzierbarkeit der Suchstrategie und der späteren Tag-/Analysezuordnung.

## Fortschrittsübersichten

Die Fortschrittsübersichten dokumentieren den Arbeitsstand der Sichtung, Qualitäts- und Relevanzprüfung. Die zentrale Statusgrafik zur Verteilung akzeptierter, ausgeschlossener und noch zu prüfender Quellen wird bereits im Methodikteil gezeigt (siehe Abschnitt 4.2.3) und ist dort inhaltlich erläutert.

Zusätzliche, künftig ergänzbare Übersichten (z.B. nach Suchordnern oder Zeitverlauf) können hier im Anhang aufgenommen werden, sobald entsprechende Abbildungen vorliegen.

## Zusatzvisualisierungen zur Literaturbasis

Dieser Anhang bündelt ergänzende Visualisierungen, die die Struktur und Qualität des Literaturkorpus detailliert ausweisen. Sie werden in der Methodologie zur Einordnung herangezogen, ohne den Fluss des Methodik-Kapitels zu überladen.

Die Darstellungen sind als Korpusdiagnostik zu lesen: Sie beschreiben die Materialbasis (Was ist im Korpus?) und unterstützen die methodische Einordnung (Welche Schwerpunkte/Blindstellen sind sichtbar?). Die operative Herleitung der Pipeline erfolgt in Abschnitt 4.2.3; die nachfolgenden Kurzanalysen dokumentieren die zentralen Beobachtungen pro Abbildung.

### A.13.1 Indizes (Korpusfokus)

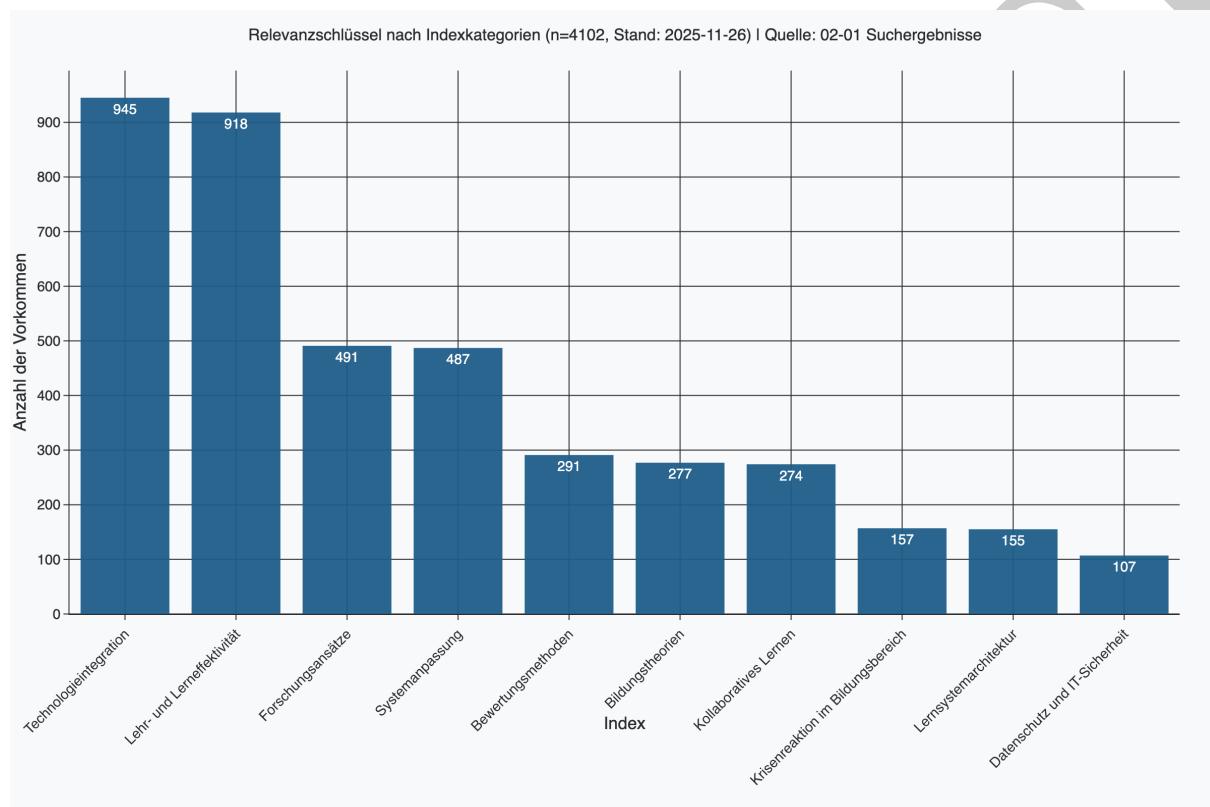


Figure 24: Verteilung zentraler Indizes im Quellenkorpus.

Häufigkeitsverteilung der Indexkategorien im Literaturkorpus (Quelle: 02-01 Suchergebnisse;  $n = 4102$ , Stand: 2025-11-26). x-Achse: Index; y-Achse: Anzahl Vorkommen; die Balken markieren, welche Inhaltsachsen (z.B. Technologieintegration, Lehr-/Lerneffektivität, Forschungsansätze) den Korpus dominieren.

Analyse/Einordnung. Dominante Indizes markieren die Achsen, entlang derer sich das Literaturfeld im vorliegenden Korpus strukturiert. Ein Schwerpunkt bei Implementations- und Wirkungsdimensionen (z.B. Technologieintegration, Lehr-/Lerneffektivität) ist methodisch erwartbar, weil die Suchstrings auf digitale Bildungsräume und LMS-Funktionalität fokussieren; zugleich deutet eine Randständigkeit von Governance-/Sicherheitsindizes darauf hin, dass entsprechende Fragen im Diskurs häufig implizit bleiben oder in spezialisierten Subfeldern ausgelagert sind. Für die Ergebnisinterpretation bedeutet dies: Aussagen zu Wirkung und Implementation sind auf breiter Materialbasis rekonstruierbar, während normative/regulative Fragen stärker theoriegeleitet zu rahmen und gezielt in der Diskussion zu gewichten sind.

### A.13.2 Tags (Such- und Tagginglogik)

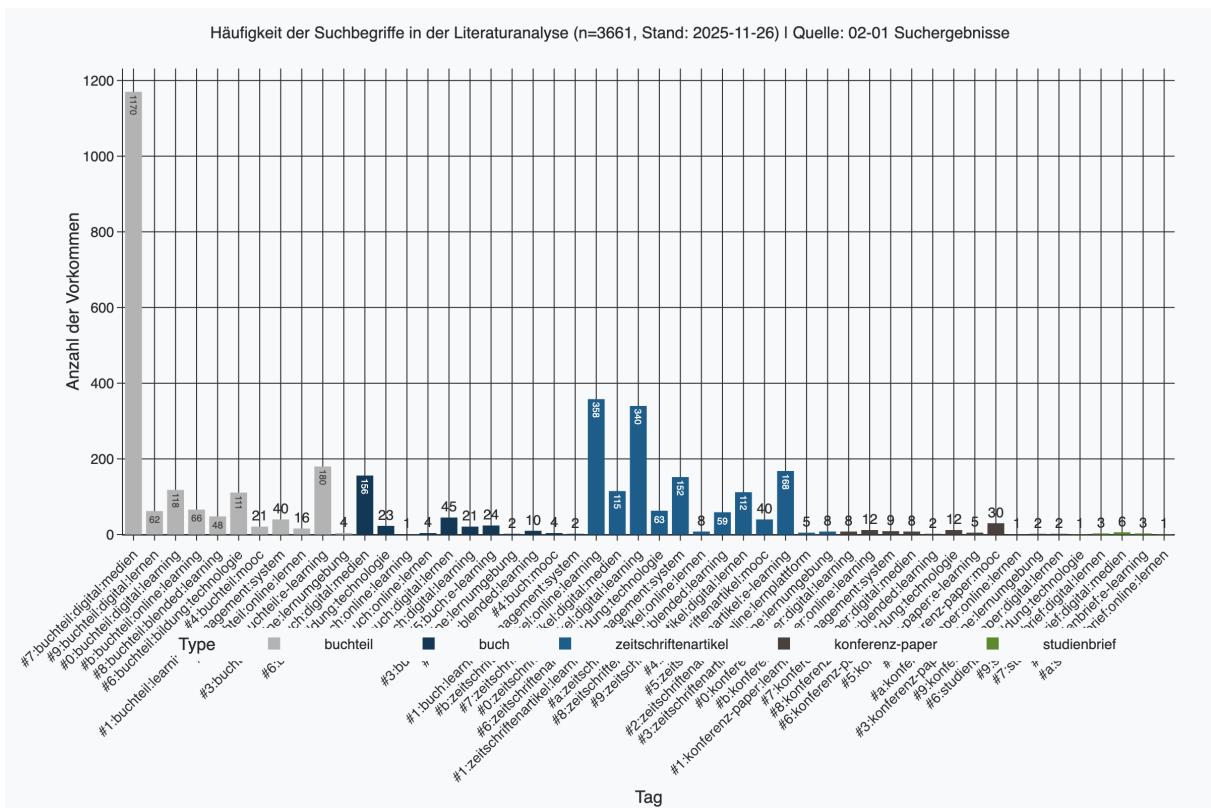


Figure 25: Tag-Struktur der verarbeiteten Quellen.

Tag-Frequenzen der Literurbasis nach Eintragstyp (Quelle: 02-01 Suchergebnisse; n = 3661, Stand: 2025-11-26). x-Achse: Tag (Suchbegriff inkl. Typ-Prefix); y-Achse: Anzahl Vorkommen; Farben differenzieren Eintragstypen (z.B. Zeitschriftenartikel, Buchteil, Konferenzpaper).

Analyse/Einordnung. Eine starke Konzentration auf wenige Kern-Tags ist ein Indikator dafür, dass die Such- und Taggingstrategie nicht beliebig, sondern kontrolliert um zentrale Konzepte (z.B. LMS/digital learning) herum aufgebaut ist. Lange, dünne Ränder deuten auf spezialisierte Nischenbegriffe, die als Ergänzungen wirken, aber das Korpus nicht dominieren. Methodisch stützt dies die Reproduzierbarkeit der Korpusbildung: Kern-Tags definieren den Suchraum, Rand-Tags liefern Anschlussstellen für Grenzfälle und emergente Motive.

### A.13.3 FU-Zuordnung (thematische Schwerpunktsetzung)

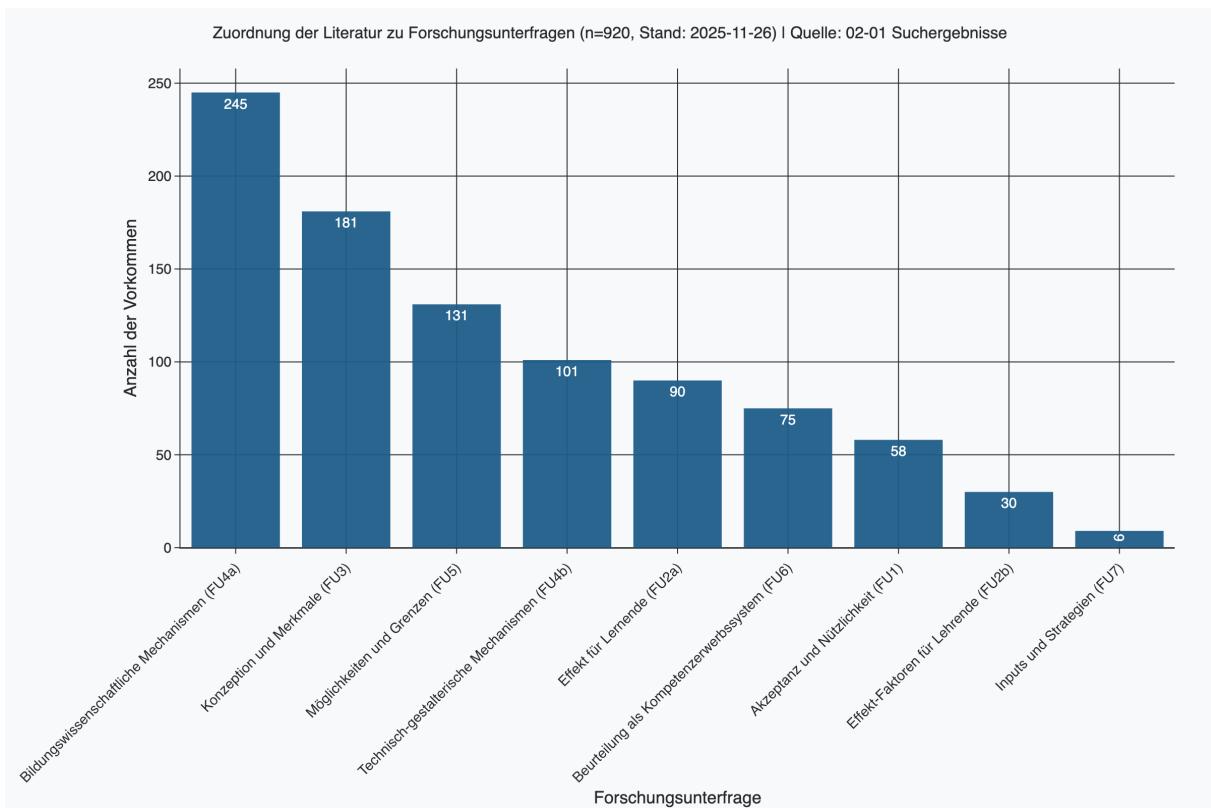


Figure 26: Zuordnung der Quellen zu den Forschungsunterfragen.

Verteilung der Quellenzuordnungen auf Forschungsunterfragen (Quelle: 02-01 Suchergebnisse;  $n = 920$ , Stand: 2025-11-26). x-Achse: FU; y-Achse: Anzahl der Zuordnungen; dient zur Sichtbarmachung materialreicher vs. randständiger FU-Kontingente.

Analyse/Einordnung. Dichte FU-Kontingente (typischerweise FU<sub>3</sub>/FU<sub>4a</sub>/FU<sub>5</sub>) bilden die robuste Basis für Mechanismen- und Merkmalsrekonstruktionen. Dünnerne FU-Kontingente (z.B. FU<sub>2b</sub>, FU<sub>7</sub>) sind methodisch nicht „schwächer“, aber sie verlangen eine vorsichtigere Argumentation: stärkere Verdichtung, klarere Begrenzung der Generalisierung und eine explizite Einbettung in das Gesamtwirkgefüge. Für die Ergebnisdarstellung ist die Abbildung damit eine Begründungsfolie, warum manche Ergebnislinien breiter rekonstruiert werden können als andere.

#### A.13.4 Relevanz je FU (Materialqualität nach FU)

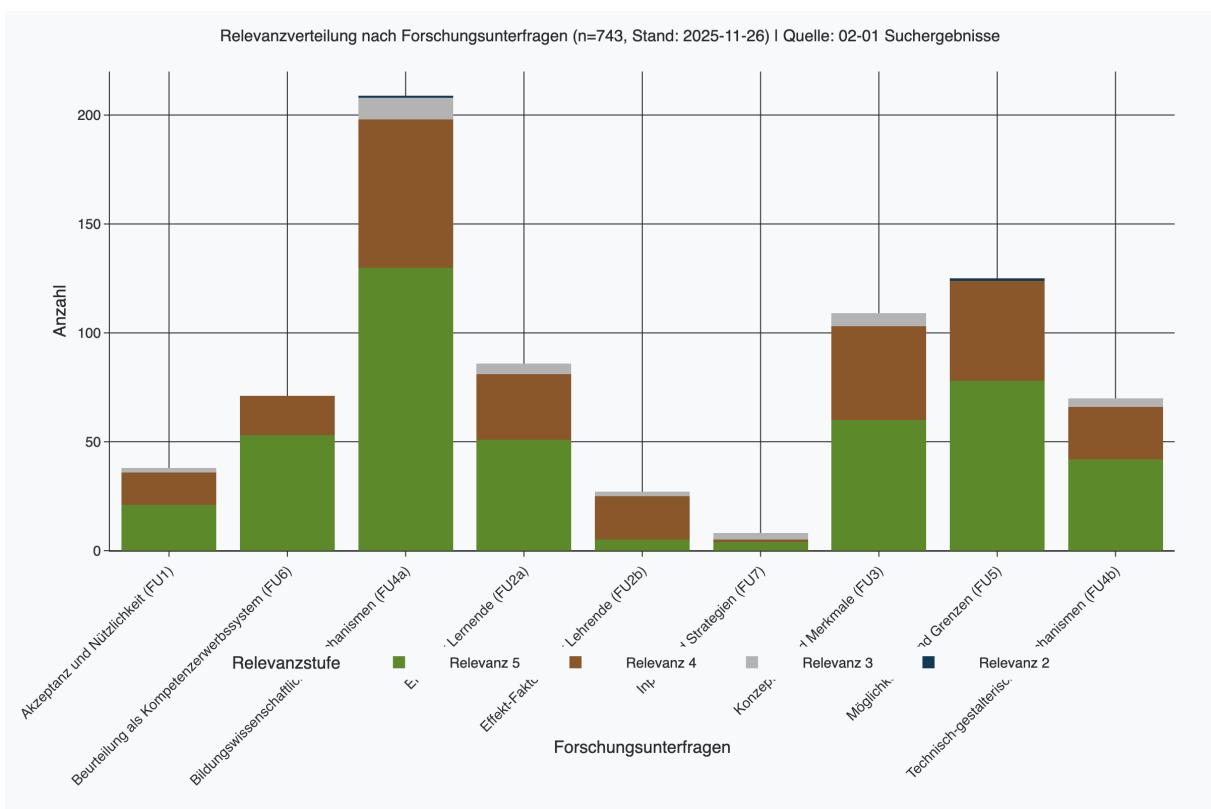


Figure 27: Relevanzverteilung je Forschungsunterfrage.

Relevanzverteilung nach Forschungsunterfragen (Quelle: 02-01 Suchergebnisse;  $n = 743$ , Stand: 2025-11-26). Gestapelte Balken zeigen Fallzahlen pro Relevanzstufe (2–5) je FU; dient als Qualitäts- und Fokussierungscheck der FU-spezifischen Materialbasis.

Analyse/Einordnung. Hohe Relevanzanteile in den zentralen FU stützen die Aussage, dass die Korpusbildung nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ tragfähig ist. Wo Relevanzanteile stärker streuen, sind entweder heterogene Diskursstränge zusammengeführt oder die FU adressiert ein Grenzfeld (z.B. Lehrendenperspektive, strategische Kausalmodelle). Für die Auswertung bedeutet das: In streuenden FU sind stärkere Plausibilitätschecks (Ankerbeispiele, Gegenlesungen) nötig, bevor Ergebnislinien verdichtet werden.

#### A.13.5 Relevanz je Kategorie (Textsorten-/Kategorienqualität)

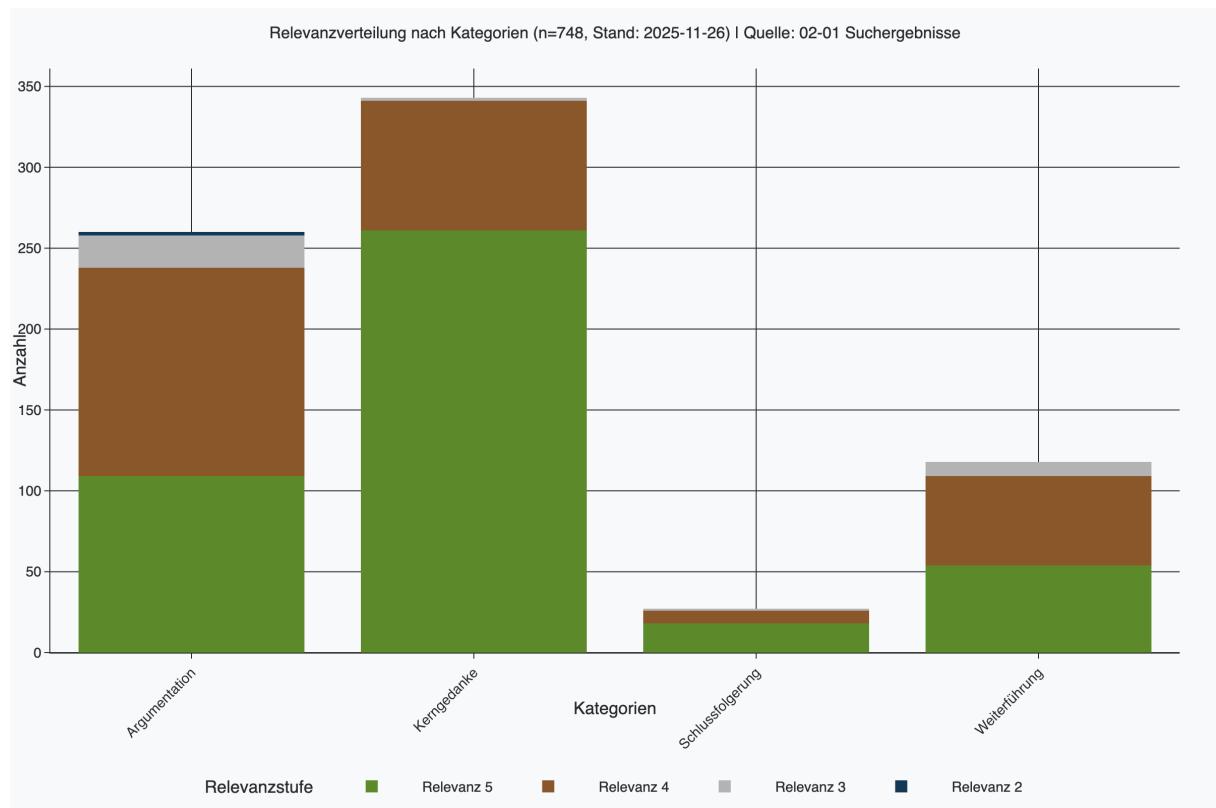


Figure 28: Relevanzverteilung je Kategorie.

Relevanzverteilung nach Textsorten/Kategorien (Quelle: 02-01 Suchergebnisse; n = 748, Stand: 2025-11-26). x-Achse: Kategorie; y-Achse: Anzahl; gestapelte Balken: Relevanzstufen (2-5).

Analyse/Einordnung. Ein hoher Anteil an Kerngedanken/Argumentationsbausteinen ist für ein Literaturkorpus erwartbar und für die Rekonstruktion von Mechanismen besonders ergiebig. Eine vergleichsweise dünne Schlussfolgerungsebene ist zugleich ein typischer Befund: Viele Arbeiten diskutieren Implikationen weniger systematisch als Ergebnisse. Methodisch erklärt dies, warum die Arbeit Schlussfolgerungen stärker verdichten und über Triangulation/Modellierung in eine konsistente Ergebnis- und Diskussionslogik überführen muss.

#### A.13.6 Relevanz je Suchbegriff (Suchstring-Treffgüte)

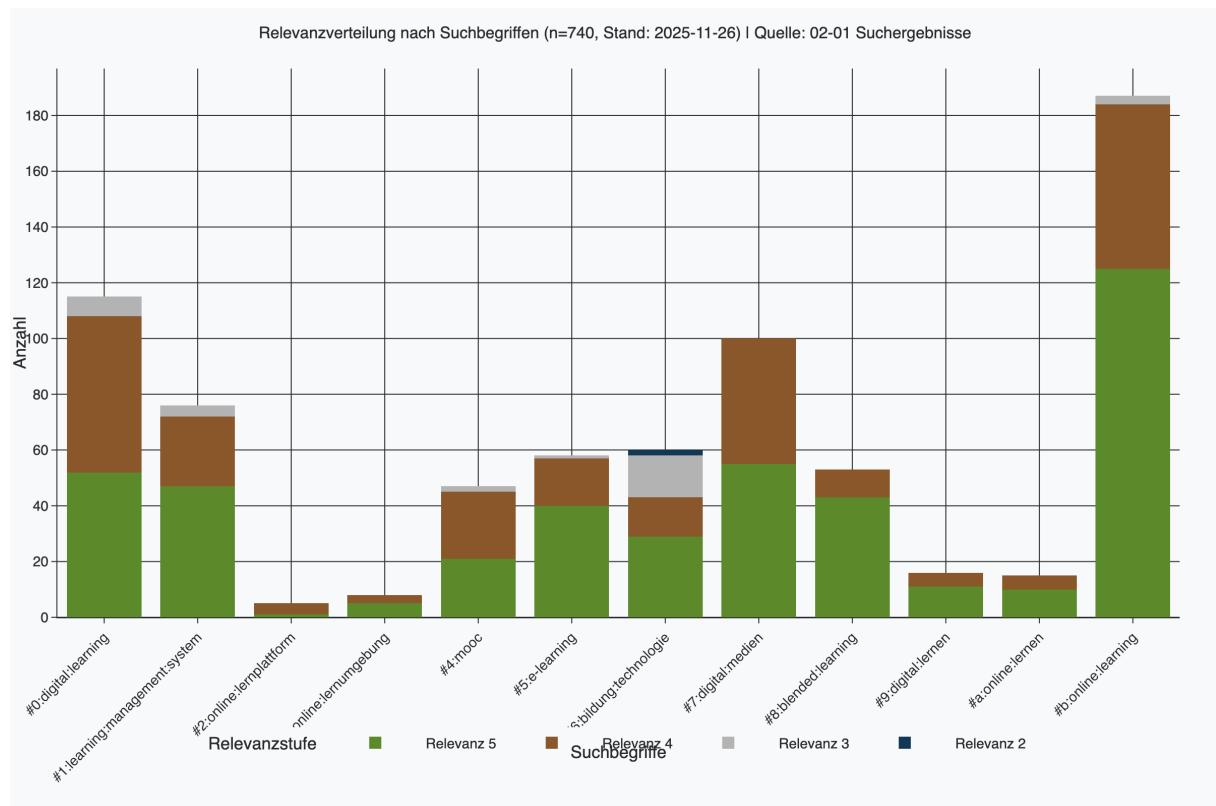


Figure 29: Relevanzverteilung je Suchbegriff.

Relevanzverteilung nach Suchbegriffen (Quelle: 02-01 Suchergebnisse; n = 740, Stand: 2025-11-26). x-Achse: Suchbegriffe (Tags); y-Achse: Anzahl; gestapelte Balken: Relevanzstufen (2–5) und damit Treffgüte der Suchstrings.

Analyse/Einordnung. Kernbegriffe (z.B. learning management system/digital learning) liefern erwartungsgemäß die höchste Treffgüte und bilden den stabilen Korpusanker. Randbegriffe (z.B. online learning) sind methodisch sinnvoll, wenn sie kontrolliert eingesetzt werden: Sie erhöhen Sensitivität für angrenzende Diskurse, ohne den Korpus thematisch zu verwässern. Die Abbildung dokumentiert damit die Balance aus Präzision (Kernbegriffe) und Reichweite (Randbegriffe).

### A.13.7 Quellenstatus (Screening und Qualitätsgate)

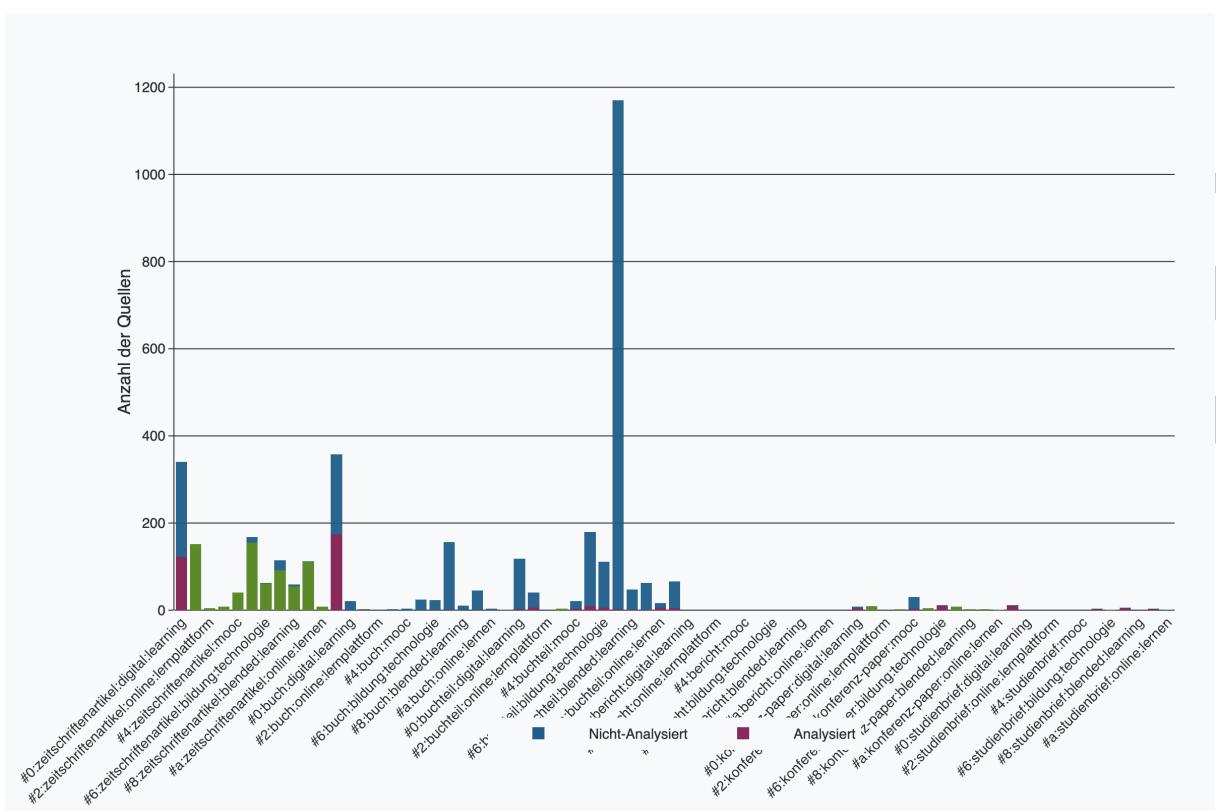


Figure 30: Statusübersicht der Quellen (z. B. akzeptiert, ausgeschlossen, in Prüfung).

Statusübersicht des Screening-/Analyseprozesses nach Tag/Typ (Quelle: 02-01 Suchergebnisse). y-Achse: Anzahl Quellen; Farben: Status (analysiert vs. nicht-analysiert). Dient als Prozesskontrolle (Coverage) und zeigt, welche Segmente des Suchraums bereits in die Analyse überführt wurden.

Analyse/Einordnung. Ein hoher akzeptierter Anteil ist nur dann ein Qualitätsindikator, wenn die Einschlusskriterien präzise sind und das Screening konsequent durchgeführt wurde. In Kombination mit den Relevanzverteilungen spricht die Statusübersicht dafür, dass die Korpusbildung überwiegend stabile, inhaltlich passende Quellen in die Analyse überführt. Aus methodischer Sicht dient die Abbildung als Nachweis, dass Ausschlüsse nicht ad hoc, sondern systematisch im Prozess verankert sind.

#### A.13.8 Top-Autor\*innen (Diskursstruktur) {#sec:A-13-top-authors}

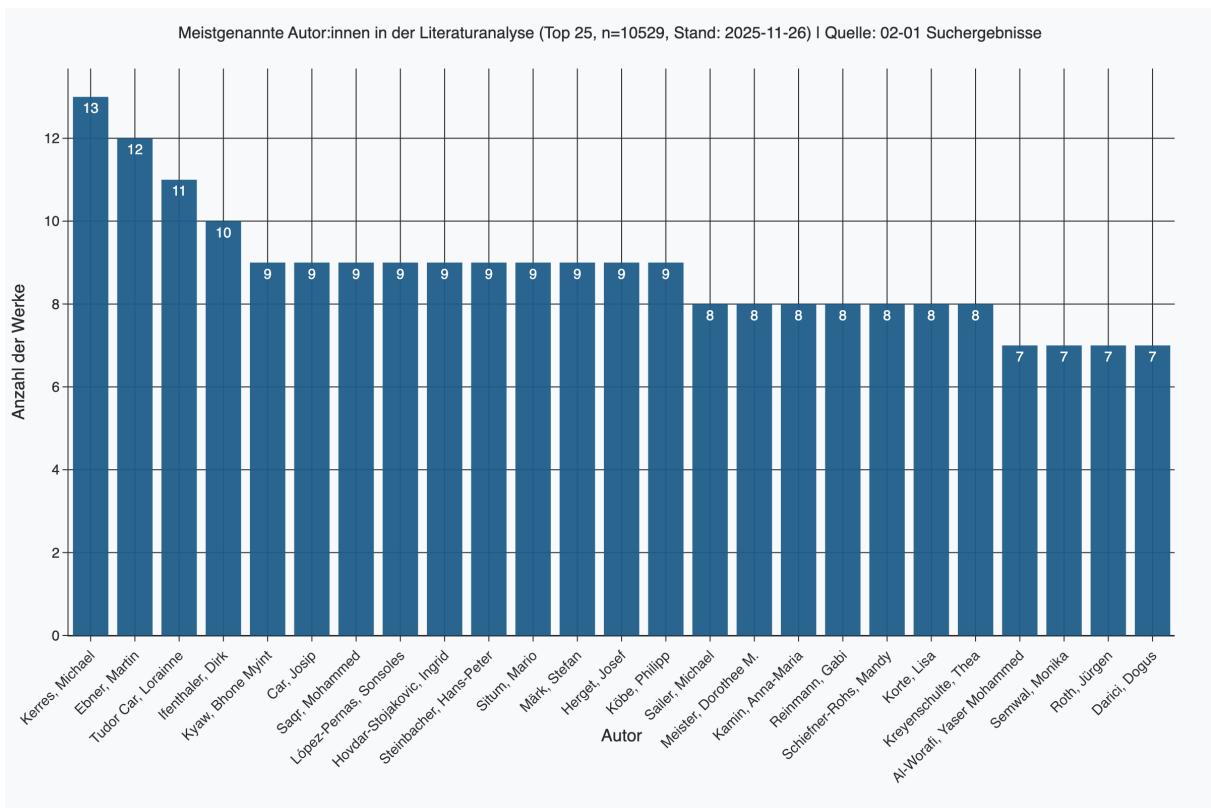


Figure 31: Top-Autor\*innen nach Häufigkeit im Korpus.

Meistgenannte Autor:innen im Korpus (Top 25; Quelle: 02-01 Suchergebnisse; n = 10529 Autor:innen-Nennungen, Stand: 2025-11-26). x-Achse: Autor:in; y-Achse: Anzahl der Werke im Korpus.

Analyse/Einordnung. Eine „flache“ Top-Verteilung ohne dominanten Ausreißer ist ein Indiz für ein multiperspektivisches Feld, in dem keine einzelne Schule das Korpus strukturell monopolisiert. Methodisch ist das günstig für eine systemische Synthese: Die Verdichtung stützt sich dann weniger auf Kanonisierung, sondern stärker auf wiederkehrende Mechanismen und empirische Muster über unterschiedliche Diskurslinien hinweg.

### A.13.9 Sprachen (Diskursraum)

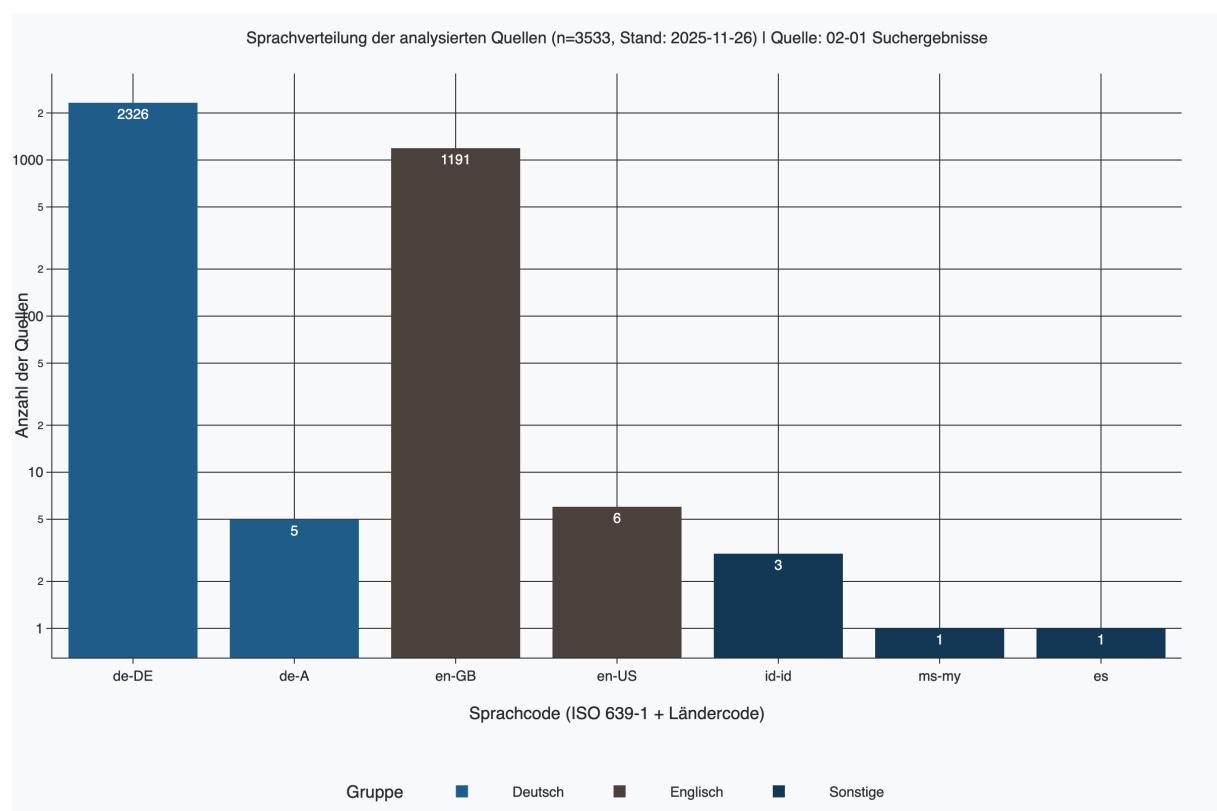


Figure 32: Sprachenverteilung der Quellen.

Sprachenverteilung der analysierten Quellen nach ISO-639-1+Ländercode (Quelle: 02-01 Suchergebnisse; n = 3533, Stand: 2025-11-26). x-Achse: Sprachcode; y-Achse: Anzahl; Farben gruppieren Deutsch/Englisch/Sonstige.

Analyse/Einordnung. Eine zweipolare Verteilung (Deutsch/Englisch) ist für den Gegenstand plausibel und trägt die Anschlussfähigkeit an deutschsprachige Praxis-/Regulationskontakte sowie an internationale Bildungsforschung. Methodisch bedeutet es zugleich: Aussagen sind primär in diesen Diskursräumen verankert; andere Sprachräume treten als Randimpulse auf und werden entsprechend vorsichtig generalisiert.

#### A.13.10 Sprachen nach Dokumententyp (Basis der Evidenz)

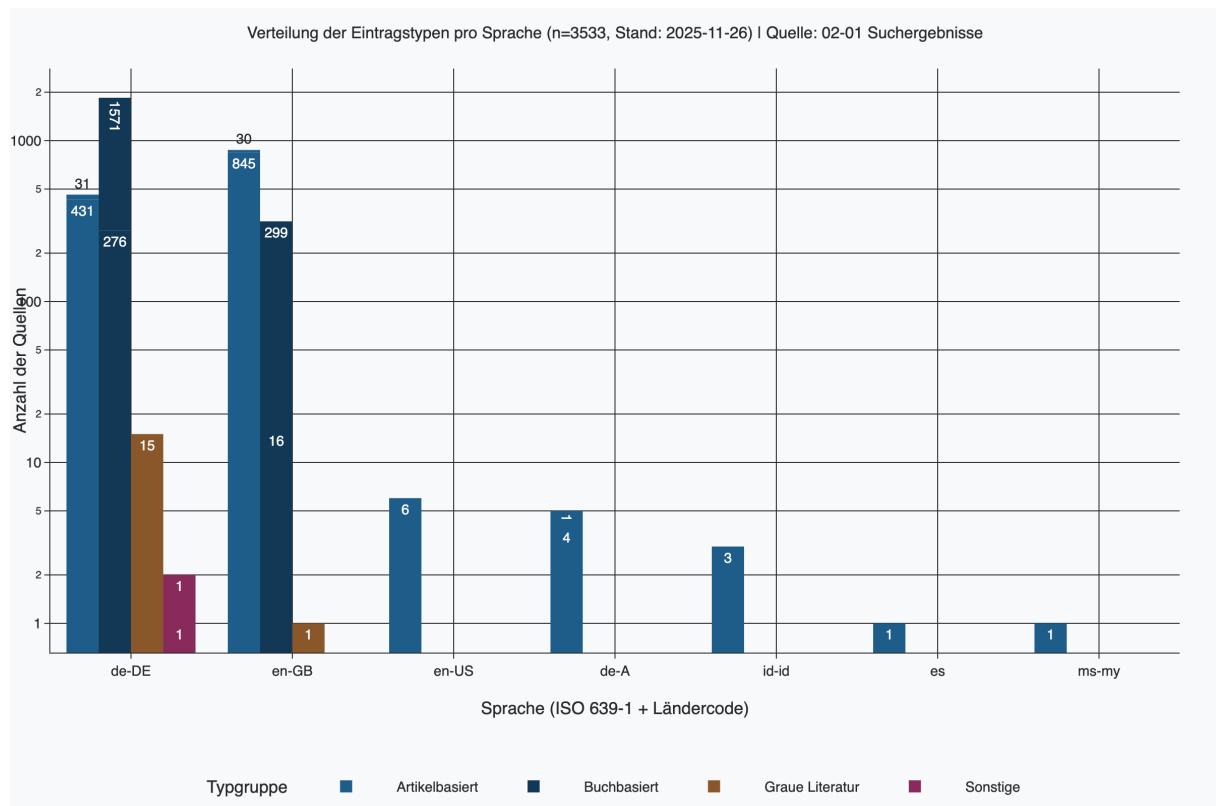


Figure 33: Sprachenverteilung nach Dokumententyp.

Eintragstypen nach Sprache (Quelle: 02-01 Suchergebnisse; n = 3533, Stand: 2025-11-26). x-Achse: Sprache; y-Achse: Anzahl; Farben: Typgruppen (artikelbasiert, buchbasiert, graue Literatur, sonstige). Zeigt, welche Dokumenttypen die jeweiligen Sprachsegmente tragen.

Analyse/Einordnung. Hohe Artikelanteile stützen eine evidenznahe Rekonstruktion von Befunden und Designs; Buchanteile tragen eher theoretische Linien und begriffliche Rahmungen. Wenn graue Literatur nur randständig ist, erhöht dies die formale Stabilität des Korpus (weniger Heterogenität in Qualitätsstandards), reduziert aber zugleich potenzielle Praxisnähe mancher Quellenarten. In der Diskussion kann diese Asymmetrie als bewusste Setzung ausgewiesen werden: wissenschaftliche Tragfähigkeit im Hauptkorpus, Praxisimpulse über gezielte Einbettung in den Forschungsgegenstand.

## Prompt zur systemisch-forschungsfragengeleiteten Auswertung der Eye-Tracking-Visualisierungen

Dieser Prompt dient der reproduzierbaren, theorie- und forschungsfragengeleiteten Auswertung der im Forschungsdesign verwendeten Eye-Tracking-Daten (Heatmaps, Viewmaps, Fog-Views). Er folgt den methodischen Grundlagen des systemisch-forschungsfragengeleiteten Paradigmas der Arbeit (Kapitel 4.1–4.2) und operationalisiert die qualitative Bildauswertung gemäß Abschnitt 4.2.4 (Eye-Tracking).

Eingabe je Analysefall

- Stimulus-ID und kurze Kontextangabe (UI-Ausschnitt, Ziel-FUs, z.B. FU4b/FU1/FU6).
- LMS-Screenshot (Kontext), Heatmap, Viewmap/Gaze-Plot (Kreise proportional zur Fixationsdauer + Pfade), Fog-View (invertierte Fixationsdichte, ignorierte Zonen).
- Optional: AOI-Beschreibung (rechteckige AOIs, identische Auflösung).

Zweck des Prompts

Der Prompt ermöglicht eine konsistente, FU4b-zentrierte Analyse der Eye-Tracking-Visualisierungen. Er stellt sicher, dass die Auswertung:

- theoriegeleitet (Salienz, Gestaltgesetze, visuelle Hierarchie),
- systemisch (Interdependenzen der UI-Elemente),
- forschungsfragenorientiert (FU4b: technisch-gestalterische Mechanismen),
- und methodisch transparent erfolgt.

Er wird ausschließlich zur strukturierten Beschreibung verwendet; die Interpretationsverantwortung bleibt bei der forschenden Person.

Eingabematerial

Für jede Analyse werden folgende Visualisierungstypen bereitgestellt:

1. Heatmap
  - zeigt Fixationsdichte (Hotspots/Warmspots/Coldspots).
2. Viewmap / Scanpath / Fixation Plot
  - zeigt Blickpfade, Fixationsabfolgen und relative Fixationsdauer (Kreise proportional zur Dauer + Linienverbindungen; keine nummerierte Reihenfolge).
3. Fog-View
  - zeigt nicht beachtete Bereiche (invertierte Fixationsdichte, ignorierte Zonen).
4. Stimulus-Screenshot
  - Kontextualisierung der Bildstruktur des LMS.
  - Stimulusreihe = Stimulus + die drei Visualisierungstypen (Heatmap, Viewmap/Gaze-Plot, Fog-View). Die referenzierten Stimuli sind im Bildarchiv (08 Metaquellen/08-01 Abbildungen/eye-traking) hinterlegt.

Ziel der Analyse

Die Auswertung beantwortet die Leitfrage von FU4b:

*Welche technisch-gestalterischen Mechanismen des LMS leiten die visuelle Aufmerksamkeit, strukturieren das Orientierungsgeschehen und beeinflussen die Wahrnehmungslogik der Lernenden?*

Prompt zur Auswertung der Eye-Tracking-Bilder

Analyseprompt (für jede Stimulusreihe):

Bitte analysiere die folgenden Eye-Tracking-Visualisierungen eines LMS-Stimulus (Heatmap, Viewmap/Scanpath, Fog-View) nach den im Methodenabschnitt beschriebenen Prinzipien. Berücksichtige die systemisch-forschungsfragengeleitete Logik aus Kapitel 4.1–4.2 und die Zielsetzung von FU4b.

Führe dazu die folgenden Schritte aus:

1. Beschreibung der Heatmap (Fixationsverteilung)
  - Identifiziere Hotspots und ordne sie funktionalen UI-Elementen zu.

- Bewerte die visuelle Salienz und erkennbare Gestaltungsmuster.
  - Bestimme, ob die Fixationen erwartbaren Mustern folgen (z. B. F-Pattern, Z-Pattern, zentral-peripherie Steuerung).
  - Analysiere visuelle Konkurrenz (Elemente, die ungewollt Aufmerksamkeit ziehen).
2. Beschreibung der Viewmap / Scanpath
- Rekonstruiere Blickpfadlogik über Blickstart, Ankerzonen und Orientierungswechsel.
  - Identifiziere Orientierungswechsel zwischen UI-Bereichen.
  - Bestimme, ob der Blickfluss linear, fragmentiert oder sprunghaft wirkt.
  - Leite daraus gestalterische Implikationen ab (z. B. Navigierbarkeit, Blickführung, Kohärenz).
3. Beschreibung der Fog-View (Nichtbeachtung)
- Markiere alle Bereiche, die systematisch nicht beachtet werden.
  - Beurteile deren Funktionalität (z. B. wichtige vs. unwichtige Elemente).
  - Leite daraus ab, ob Elemente überflüssig, zu wenig salienzstark oder gestalterisch unterrepräsentiert sind.
4. Systemische Analyse (Interdependenzen)
- Zeige wechselseitige Wirkungen zwischen UI-Bereichen auf.
  - Analysiere die Relation zwischen Text, Navigation, Icons, interaktiven Elementen und Weißraum.
  - Identifiziere Muster, die auf emergente Wahrnehmungslogiken hinweisen (z. B. ungewollte Priorisierung eines Elements).
5. Ableitung technisch-gestalterischer Mechanismen (FU4b) Formuliere präzise Mechanismen, z. B.:
- *Salienzsteuerung (Farbkontrast, Bildanteile, ikonische Signale)*
  - *Orientierungslogiken (Sequenzialität, Blickanfangszonen)*
  - *Affordances und visuelle Zugänglichkeit*
  - *Gestaltgesetze (Nähe, Ähnlichkeit, Geschlossenheit)*
  - *Kohärenz oder Fragmentierung des UI*
  - *Ablenkungszonen und visuelle Störungen*
6. Kurzdiagnose für die Forschungsunterfrage FU4b Erstelle eine prägnante Zusammenfassung:
- Was zeigt der Stimulus über die Wahrnehmungslogik des LMS?
  - Welche gestalterischen Faktoren wirken förderlich/hemmend?
  - Welche systemischen Muster sind relevant?

- Welche Hypothesen ergeben sich für Kapitel 5?

Ausgabeformat (empfohlen) - Heatmap: ...

- Viewmap/Gaze-Plot: ...

- Fog-View: ...

- Mechanismen (FU4b): ...

- Kurzdiagnose FU4b: ... (Bezug zu FU und Stimulus-ID nennen)

Wichtige Hinweise zur Nutzung 1. Der Prompt dient der strukturierenden Unterstützung, nicht der automatischen Interpretation.

2. Alle KI-generierten Beschreibungen sind durch die forschende Person zu prüfen.

3. Die Auswertung erfolgt relativ, nicht metrisch.

4. Die Interpretation muss an FU4b und die theoretischen Grundlagen rückgebunden werden. 5. Artefakte/Ausreißer (Off-Center, Trackloss) benennen und nicht überinterpretieren.

6. Detailauswertung erfolgt in Abschnitt 4.3.9; Befunde fließen narrativ in Kapitel 5. 7. RealEye-Hinweise: Heatmap-Farben kodieren Intensität, nicht Dauer; Viewmap/Fog-View zeigen Verteilung ohne nummerierte Reihenfolge. Zentralfixations-Bias zu Beginn ggf. berücksichtigen; Ausreißer/Teilnehmende mit schlechter Qualität aussortieren. 8. Zeitfenster: Bei Bedarf die ersten ~0,5 s (central fixation bias) ausblenden; Zeitintervall verschieben/verkürzen, wenn Sequenzdetails relevant sind. 9. Filter: Teilnehmerqualität/Tags/AOI-Fokus in RealEye prüfen; keine automatischen CSVs genutzt, daher Filter nur zur visuellen Sichtung. todo Stimulusreihe-Hinweis anpassen/streichen, wenn die Abbildungen komplett im Haupttext eingebettet sind.

Abschlussbemerkung

Diese Datei bildet den verbindlichen Auswertungsrahmen für alle Eye-Tracking-Analysen im Rahmen der Dissertation.

Reproduzierbares Vorgehen (Referenz: P-QIA-Qualitäts-/Quantitätslogik)

Analog zur P-QIA (Anhang A.3) wird die Eye-Tracking-Auswertung als Werkbank verstanden: Der Prompt standardisiert *Beschreibung* und *Protokollierung* (Qualität), und er erzwingt eine vollständige Bearbeitung des definierten Fallkorpus (Quantität). Interpretative Entscheidungen verbleiben bei der forschenden Person.

Datenbasis (Quantität, „Korpus“)

- Einheit der Analyse (Fall): Stimulus-ID × Jahrgang × Gesamt-Visuals (Heatmap/Viewmap/Fog-View).
- Korpus: 11 Stimuli × 3 Jahrgänge = n = 33 Fälle.
- Bildumfang: 33 Fälle × 3 Visualisierungstypen = n = 99 Bilder (+ ggf. Stimulus-Screenshot).
- Referenzpfad: 08 Metaquellen/08-01 Abbildungen/eye-traking/...; Vollständigkeit der Bildreihen ist in Anhang A-7 dokumentiert.

Protokoll (Run-Parameter, wie bei P-QIA) Für jede Bearbeitungsserie (z.B. „ET1 v1“) wird ein kurzer Run-Block geführt:

- Datum/Version:
- Bearbeitungsreihenfolge (z.B. pro Stimulus Jg. 21 → 22 → 23):
- AOI-Granularität (wenige funktionale Zonen; optional AOI-Skizze):
- Qualitätsfilter (Artefakte/Trackloss/Off-center; central fixation bias):
- Abweichungen/Changelog (z.B. geänderte AOI-Definitionen, umbenannte Mechanismen):

Mindeststandard pro Fall (Qualität) Damit die 33 Falltexte später zuverlässig verdichtet werden können, gelten folgende Mindestanforderungen (knapp, aber konsistent):

- Heatmap: mind. 3 stärkste Zonen (Hotspots) benennen und funktional zuordnen (Navigation/Inhalt/Interaktion/Störfäche).
- Viewmap: Blickstart/Ankerzone nennen + mindestens einen Orientierungswechsel (z.B. Navigation → Inhalt → Interaktion) beschreiben.
- Fog-View: mind. eine systematisch unbeachtete Zone nennen und als *kritisch* vs. *unkritisch* bewerten.
- Mechanismen (FU4b): 3–6 präzise, technisch-gestalterische Mechanismen (kein „Ergebnis“, sondern Mechanismusformulierung).
- Kurzdiagnose: 2–4 Sätze (Essenz + ggf. Hypothese für Kapitel 5).
- Artefakte: Off-center/Trackloss/uneindeutige Muster explizit benennen (nicht überinterpretieren).
- Konfidenz: hoch/mittel/niedrig (kurzer Grund, v.a. bei „niedrig“).

Vollständigkeits- und Qualitätsgate (Pflicht vor „fertig“) Bevor die A1O als „fertig“ gilt:

Vollständigkeit - Für jeden Stimulus liegen drei Fälle vor (Jg. 21/22/23) und jeder Fall enthält alle fünf Ausgabenfelder (Heatmap, Viewmap, Fog-View, Mechanismen, Kurzdiagnose). - Der Falltext verweist eindeutig auf Stimulus-ID und Jahrgang.

Vergleichbarkeit - AOI-Begriffe sind über alle Fälle konsistent (z.B. „linke Navigation“, „Kopfzeile/Breadcrumbs“, „zentrale Inhaltsfläche“, „rechte Steuerung/Sidebar“, „Bild/Illustration“). - Mechanismen werden in wiederkehrenden Formulierungen codiert (z.B. „Orientierung zuerst“, „Salienz vs. Funktion“, „rechte Steuerung spät“), sodass eine spätere Verdichtung möglich ist.

Plausibilität - Die Fog-View-Aussagen widersprechen nicht offensichtlich der Heatmap (z.B. „ignoriert“ vs. „Hotspot“). - Bei unklaren Fällen wird die Konfidenz als niedrig markiert (und der Grund genannt).

Template: ET1-Fall (zum Kopieren; analog zur P-QIA-Struktur)

### ET1 – Stimulus <ID> – Jg. <21|22|23> (Gesamt)

\*\*Kurztext\*\*

- Datenbasis: Heatmap/Viewmap/Fog-View (RealEye, aggregiert)
- Artefakte/Qualität: ...
- Konfidenz: hoch/mittel/niedrig (Begründung)

\*\*Auswertung (A10)\*\*

- Heatmap: ...
- Viewmap/Gaze-Plot: ...
- Fog-View: ...
- Mechanismen (FU4b): ...
- Kurzdiagnose FU4b: ...

\*\*Qualitätsgate (Haken dran)\*\*

- [ ] alle fünf Felder gefüllt
- [ ] Hotspots funktional zugeordnet
- [ ] mindestens 1 ignorierte Zone + kritisch/unkritisch
- [ ] Artefakte benannt (falls vorhanden)

## Eye-Tracking-Visualisierungen (nach Jahrgang)

Hinweis: Die vollständigen Eye-Tracking-Visualisierungen (Heatmaps, Viewmaps, Fog-Views) sind in der Full-Build-Version der Dissertation enthalten.

Arbeitsversion

## Korrelationsatlas

Hinweis: Die vollständigen Korrelationsmatrizen, Pfad-, Sankey- und Netzwerkdiagramme des Literaturkorpus sind in der Full-Build-Version der Dissertation enthalten.

Arbeitsversion

## Prompt/Vorlage zur systemisch-forschungsfragengeleiteten Auswertung der LMS-Umfrage (UM1)

Diese Vorlage dient der reproduzierbaren, theorie- und forschungsfragengeleiteten Auswertung der LMS-Umfrage (Selbstauskünfte). Sie folgt dem methodischen Paradigma der Arbeit (Kapitel 4.1–4.3) und operationalisiert die itemweise Auswertung gemäß Abschnitt 4.2.5.

Eingabe (pro Auswertungsfall)

- Datenexport (CSV): 08 Metaquellen/08-04 Daten/UmfageOnline-Beantwortungen.csv
- Itemliste/Desktop (optional): 08 Metaquellen/08-04 Daten/items\_summary.csv
- Zuordnung „Frage → Begriffspaar → Einfluss“ (Gewichtungs-Synopse): 00 Projektstruktur/00-03 Theorieansatz/Umfragen und Versuche/Umfage zum LMS/Synopse der Gewichtungen (für den Python Code) mit Bezug zu den einzelnen ...md

Einheit der Analyse (Fall): Item × Jahrgang (Jg. 21 / Jg. 22 / Jg. 23) + Kurzvergleich über alle drei Jahrgänge.

Ziel der Analyse

Die Umfrageauswertung liefert eine strukturierte Evidenzbasis zur Triangulation:

- FU1/FU2a/FU2b: subjektive Bewertungen zu Klarheit, Interaktion, Kollaboration, Feedback, Fortschritt, Personalisierung, Zugänglichkeit und Tool-Integration.
- FU4b-Triangulation: Abgleich von Selbstauskünften mit beobachteten Aufmerksamkeitsmustern (Abschnitt 4.3.9).

Die Vorlage standardisiert Bericht und Kennzahlen; die Interpretationsverantwortung bleibt bei der forschenden Person.

Auswertungsschritte (pro Item)

1. Subgruppenbildung (Jahrgänge): Jahrgang über Kurskennung (z.B. 21–..., 22–..., 23–...) bestimmen.
2. Skalentyp bestimmen:
  - Likert 1–5: Kennzahlen + Zustimmung/Ablehnung
  - Binär (Ja/Nein): Ja-Anteil
3. Kennzahlen berechnen (pro Jahrgang und gesamt):
  - n (gültige Antworten)
  - Mittelwert, SD, Median, IQR (bei Likert)
  - Zustimmung >=4 und Ablehnung <=2 (bei Likert)
  - Ja-Anteil (bei binär)
4. Artefakte benennen: ungleiche n je Jahrgang, Teilabbrüche/fehlende Werte, sehr kleine Jahrgangsstichprobe (Tendenz).
5. Systemische Einordnung: falls in Synopse vorhanden: Begriffspaar + Einfluss; sonst Einordnung über Triangulation (Kapitel 5).
6. Kurzvergleich Jg. 21–23: je Jahrgang M (oder Ja-Anteil) plus Hinweis auf ungleiche Stichprobengrößen.

Ausgabeformat (verbündlich)

Für jedes Item wird die folgende Struktur verwendet (jeweils dreimal: Jg. 21/22/23) und anschließend ein Kurzvergleich ergänzt:

Kurztext - Datenbasis, Skalentyp, Artefakte/Qualität, Konfidenz (aus n abgeleitet)

Auswertung (A1O) - Deskriptive Kennzahlen (siehe oben) - Interpretation als Tendenz (keine inferenzstatistische Ableitung) - Systemische Interdependenzen (Synopse/Triangulation) - Kurzdiagnose (1 Satz)

Qualitätsgate (Haken dran) - Datenbasis + Skala benannt - n ausgewiesen - zentrale Kennzahlen berichtet - Artefakte/fehlende Werte benannt - Interpretation vorsichtig formuliert - Konfidenz begründet

Konfidenzregel (pragmatisch)

- n >= 30: mittel
- 15 <= n < 30: niedrig bis mittel

- n < 15: niedrig

Template: UM1-Item (zum Kopieren)

UM1 - Item QXX - Jg. 2Y (n=...)

**\*\*Frage\*\***

- ...

**\*\*Kurztext\*\***

- Datenbasis: ...
- Skala: ...
- Artefakte/Qualität: ...
- Konfidenz: ...

**\*\*Auswertung (A10)\*\***

- Deskriptiv: ...
- Interpretation: ...
- Systemische Interdependenzen: ...
- Kurzdiagnose: ...

**\*\*Qualitätsgate (Haken dran)\*\***

- Datenbasis + Skala benannt
- n ausgewiesen
- zentrale Kennzahlen berichtet
- Artefakte/fehlende Werte benannt
- Interpretation vorsichtig formuliert
- Konfidenz begründet

UM1 - Item QXX - Kurzvergleich (Jg. 21-23)

- Jg. 21: ...
- Jg. 22: ...
- Jg. 23: ...

- Hinweis: Stichprobenumfänge sind ungleich; Vergleiche nur als Tendenz.

Abschlussbemerkung: Diese Datei bildet den verbindlichen Auswertungsrahmen für die Umfrageauswertung (UM1) im Rahmen der Dissertation.

## Umfrageergebnisse (UM1)

Dieser Anhang fasst die Ergebnisse der LMS-Umfrage (UM1) überblicksartig zusammen. Die detaillierten Item-Auswertungen (je Jahrgang inkl. Kennwerten, Artefakt-Hinweisen und Kurzdiagnosen) liegen als Arbeitsmaterial vor; im Haupttext werden die Werte in den Ergebnislinien und Hypothesen nur als Tendenzen verwendet.

Datenbasis und Hinweis zur Interpretation

- Skala: 1–5 (Likert), sofern nicht anders angegeben.
- Auswertung: deskriptiv pro Jahrgang (Jg. 21, Jg. 22, Jg. 23).
- Stichprobengrößen: sehr klein bis klein; Unterschiede zwischen Jahrgängen sind als Tendenzen zu lesen.

Kurzvergleich der Items (Mittelwerte je Jahrgang)

| Item | Frage (Kurz)   | Jg.21 | Jg.22 | Jg.23 |
|------|--|-------|-------|-------|
| Q01  | Wie werden komplexe Themen im LMS aufbereitet und wie beeinflusst das Ihre Le... | 3.67  | 3.70  | 3.33  |
| Q02  | Welche Rolle spielen multimediale Inhalte im LMS für Ihr Verständnis?            | 3.33  | 4.20  | 3.72  |
| Q03  | Wie bewerten Sie die Klarheit und Struktur der im LMS präsentierten Informati... | 3.33  | 3.80  | 3.22  |
| Q04  | Auf welche Weise fördert das LMS aktive Diskussionen und Austausch mit anderen?  | 3.67  | 3.10  | 3.39  |

| Item | Frage (Kurz)   | Jg.21  | Jg.22 | Jg.23 |
|------|--|--------|-------|-------|
| Q05  | Wie unterstützt das LMS Gruppenarbeit und Kollaboration unter den Lernenden?     | 3.33   | 3.70  | 3.50  |
| Q06  | Welchen Einfluss hat die Benutzeroberfläche des LMS auf Ihre Interaktionsmögl... | 4.00   | 3.50  | 3.11  |
| Q07  | Wie zeitnah und hilfreich ist das Feedback, das Sie im LMS erhalten?             | 3.00   | 3.10  | 2.89  |
| Q08  | Inwiefern unterstützen die Bewertungssysteme im LMS Ihr Verständnis über Ihre... | 3.33   | 3.00  | 2.89  |
| Q09  | Welche Rolle spielen Selbstbewertungstools im LMS für Ihre Selbsteinschätzung?   | 3.67   | 3.00  | 2.94  |
| Q10  | Wie passt sich das LMS an Ihre individuellen Lernbedürfnisse an?                 | 2.33   | 3.00  | 2.83  |
| Q11  | Gibt es Möglichkeiten im LMS, Lerninhalte nach Ihren Interessen und Stärken z... | 100.0% | 80.0% | 66.7% |

| Item | Frage (Kurz)   | Jg.21 | Jg.22 | Jg.23 |
|------|--|-------|-------|-------|
| Q12  | Wie bewerten Sie die Flexibilität des LMS in Bezug auf individuelle Lernbedür... | 3.33  | 3.30  | 3.06  |
| Q13  | Wie einfach ist es, auf verschiedene Ressourcen im LMS zuzugreifen?              | 3.67  | 3.90  | 3.06  |
| Q14  | Wie nahtlos integriert das LMS externe Lernmaterialien oder -werkzeuge?          | 2.33  | 3.60  | 2.72  |

Freitext (Anmerkungen/Feedback): inhaltliche Tendenzen

Es liegen wenige Freitextkommentare vor. In der Tendenz adressieren sie (a) den Einfluss der UI-Anordnung auf das Verhalten, (b) Unterschiede zwischen „aufgeräumten“ und „überfrachteten“ Screens sowie (c) die Relevanz von Einfachheit/Reduktion zur Unterstützung von Selbst- und Gruppenorganisation.