

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	4
Abbildungsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Symbolverzeichnis	6
Formelverzeichnis	6
Hinweise	7
Hinweis zum Zitationsstil . . . . .	7
Hinweis zum Sprachstil . . . . .	7
Schreibweisen für Literatur- und Abbildungsverweise . . . . .	8
Hinweis zur Begriffsbestimmung . . . . .	8
1 Einleitung und theoretischer Rahmen	10
1.1 Erkenntnisinteresse, Problemstellung und Relevanz . . . . .	10
1.1.1 Erkenntnisinteresse . . . . .	11
1.1.2 Problemstellung . . . . .	12
1.1.3 Thematische Relevanz . . . . .	12
1.2 Forschungsfragen und methodische Vorüberlegungen . . . . .	12
1.2.1 Zugrundliegende Vermutungen . . . . .	12
1.2.2 Absicht, Ziel und erwünschte Wirkung . . . . .	13
1.3 Stand der Forschung und Forschungslücke . . . . .	14
1.3.1 Theoretische und empirische Vorüberlegungen . . . . .	14
1.3.2 Literaturrecherche . . . . .	15
1.3.3 Identifikation der Forschungslücke . . . . .	19
1.4 Herleitung Haupt- und Unterforschungsfragen . . . . .	21
1.5 Aufbau der Arbeit . . . . .	23
2 Theorieteil	25
2.1 Bildungswissenschaftlich-theoretische Verortung . . . . .	25
2.1.1 Einleitung und Übersicht zur Theorie . . . . .	26
2.1.2 Systemisch-konstruktivistische Theorie {#sec:Systemisch-konstruktivistische-Theorie} . . . . .	26
2.1.3 Bildungstechnologie und Digitalität . . . . .	26
2.1.4 Kompetenzentwicklung im digitalen Bildungsraum . . . . .	26
2.2 Pädagogisch-psychologische Grundannahmen . . . . .	26
2.2.1 Bedürfnisse als Grundlage . . . . .	26
2.2.2 Emotionen als Vermittler . . . . .	26
2.2.3 Neugier als Konzept . . . . .	26
2.2.4 Persönliche Ereignisse und Lernerfahrungen . . . . .	27
2.2.5 Dispositionale Merkmale . . . . .	27

2.3 Systemische Dynamik des digitalen Bildungswirkgefüges . . . . .	27
2.3.1 Das Modell als dynamisches System . . . . .	27
2.3.2 Regeneration, Störung und Wirkungskurven in LMS . . . . .	27
2.3.3 Konsequenzen aus Systementkopplungen {#sec:Systementkopplungen} . . . . .	27
2.3.4 Gestaltungsprinzipien zur Kopplung im digitalen Setting . . . . .	27
2.4 Exkurs: Technologiedefizit {#sec:Technologiedefizit} . . . . .	27
 3 Beschreibung des Forschungsgegenstandes	
3.1 Kontext des Forschungsgegenstandes . . . . .	28
3.1.1 Rechtlich-funktionale Rahmung . . . . .	28
3.1.2 Didaktisch-strukturelle Verortung . . . . .	29
3.2 Entwicklung und Einbettung des LMS . . . . .	30
3.2.1 Entstehungskontext und konzeptionelle Grundlagen . . . . .	30
3.2.2 Implementierung in der schulseitigen Praxis . . . . .	31
3.2.3 Weiterentwicklung durch externe Anforderungen . . . . .	32
3.2.4 Evaluation und Reflexion . . . . .	34
3.3 Didaktische Architektur als Learning-Environment . . . . .	35
3.3.1 Konzeptionelle Grundkonstruktion . . . . .	36
3.3.2 Didaktisch-architektonische Umsetzung . . . . .	38
3.3.3 Prüfungsarchitektur . . . . .	41
3.3.4 Statistische Analyse curriculare Struktur . . . . .	41
3.4 Operative Architektur als Arbeits- und Lernumgebung . . . . .	45
3.5 E-Portfolio als Reflexions- und Transferinstrument . . . . .	47
3.6 Technische Rahmenbedingungen . . . . .	47
 4 Methodologie	48
4.1 Forschungsparadigma und methodologischer Ansatz . . . . .	48
4.1.1 Vorüberlegungen zur Methodologie . . . . .	48
4.1.2 Systemisch-forschungsfragengeleiteter Ansatz . . . . .	49
4.2 Datenerhebung . . . . .	51
4.2.1 Systematische Literaturrecherche . . . . .	51
4.2.2 Systematisches Literaturmanagement . . . . .	55
4.2.3 Visualisierungen der Literaturbasis . . . . .	57
4.2.4 Webcam-basiertes Eye-Tracking und KI-gestützte Codierung . . . . .	57
4.2.5 Umfrage zum LMS: Instrument, Gewichtungen und Auswertung . . . . .	75
4.3 Datenanalyse . . . . .	76
4.3.1 Grundlogik der Datenanalyse: Analysen erster bis dritter Ordnung . . . . .	76
4.3.2 Analyse 1. Ordnung: Primäranalysen . . . . .	76
4.3.3 Analyse 2. Ordnung: Sekundäranalysen . . . . .	77
4.3.4 Analyse 3. Ordnung: Probabilistisch-Qualitative Inhaltsanalyse (P-QIA) . . . . .	77
4.3.5 Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung (mdaCV) . . . . .	80
4.3.6 Epistemische Verlustfunktion ( $\epsilon$ ) als Integritätsmaß . . . . .	81
4.3.7 Synthese: Methodische Bedeutung für die Gesamtanalyse . . . . .	81
4.3.8 Visualisierte Korrelations- und Clusteranalysen . . . . .	82
4.3.9 Auswertung: Eye-Tracking und Umfrage im Vergleich . . . . .	90
4.4 Simulationsgestützte Modellierung der Kompetenzentwicklung . . . . .	92
4.5 Reflexion der Methode . . . . .	92

4.5.1 Methodenkritische SWOT-Analyse zum KI-gestützten Vorgehen . . . . .	92
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>95</b>
5.1 Überblick und Einordnung . . . . .	95
5.2 Verteilung der Analysen nach Kernbereichen . . . . .	95
5.3 Beantwortung der Forschungsfragen . . . . .	95
5.3.1 FU3: Didaktische und technologische Merkmale . . . . .	95
5.3.2 FU4a: Bildungswissenschaftliche Mechanismen . . . . .	95
5.3.3 FU5: Möglichkeiten und Grenzen . . . . .	95
5.3.4 FU1: Akzeptanz und Nützlichkeit . . . . .	95
5.3.5 FU2a: Effekt auf Lernende . . . . .	96
5.3.6 FU4b: Technisch-gestalterische Mechanismen . . . . .	96
5.3.7 FU6: LMS als Kompetenzerwerbssystem . . . . .	96
5.3.8 FU2b: Effekt auf Lehrende . . . . .	96
5.3.9 FU7: Erweiterung von Kausalgesetzen . . . . .	96
5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	96
<b>6 Diskussion</b>	<b>97</b>
6.1 Rückbindung an die Forschungsfragen . . . . .	97
6.2 Theoretische Implikationen . . . . .	97
6.3 Praktische und gestalterische Implikationen . . . . .	97
6.3.1 Interdependente Wirkgefüge als theoretischer Erweiterungsrahmen . . . . .	97
6.4 Methodische Reflexion und Limitationen . . . . .	99
6.5 Ausblick und Forschungsperspektiven . . . . .	100
<b>7 Conclusio und Ausblick</b>	<b>101</b>
7.0 Manifestartiger Abschluss: Interdependenz als Grundform des digitalen Bildungsraums . . . . .	101
7.1 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse . . . . .	103
7.2 Theoretische Schlussfolgerungen . . . . .	103
7.3 Praktische Implikationen . . . . .	103
7.4 Grenzen der Arbeit . . . . .	103
7.5 Ausblick . . . . .	103
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>104</b>
<b>Anhang</b>	<b>109</b>
Verzeichnis zentraler Begriffe . . . . .	110
Prompt zur Analyse einer Quelle . . . . .	114
Prompt zur probabilistisch-qualitativen Inhaltsanalyse (P-QIA) . . . . .	120
Prompt zur systemisch-forschungsfragengeleiteten Auswertung der Eye-Tracking-Visualisierungen .	122
Übersicht Berufliche Handlungssituationen . . . . .	125
Fortschrittsübersichten . . . . .	127
Struktur der Suchordner . . . . .	128
Eye-Tracking-Visualisierungen (nach Jahrgang) . . . . .	129

## Tabellenverzeichnis

1	Datenbankrecherche BASE . . . . .	15
2	Datenbankrecherche Google Scholar . . . . .	16
3	Datenbankrecherche LearnTechLib . . . . .	16
4	Datenbankrecherche National Library of Medicine (PubMed) . . . . .	17
5	Datenbankrecherche Zeitschrift Gesundheitsberufe . . . . .	17
6	Auswahlkriterien der Literaturrecherche . . . . .	18
7	Konsequenzen für das LMS innerhalb der rechtlich-funktionalen Rahmung . . . . .	29
8	Retrospektiv-vergleichende Darstellung der LMS-Entwicklung im Kontext pandemischer Umstellungen . . . . .	33
9	Zuordnung der Bearbeitungsmethoden zu den Forschungsunterfragen . . . . .	50
10	Jährliche Entwicklung der Clusterbildung und Silhouette-Scores . . . . .	54
11	Übersicht Primäre Suchbegriffe . . . . .	55
12	Übersicht Sekundäre Suchbegriffe . . . . .	56
13	Übersicht Tertiäre Suchbegriffe . . . . .	56
14	Stimulusauswahl . . . . .	74
15	SWOT-Analyse des KI-gestützten methodischen Vorgehens . . . . .	93
16	Verzeichnis zentraler Begriffe . . . . .	110
17	Übersicht Berufliche Handlungssituationen . . . . .	125
18	Semantisch-hierarchische Struktur der angelegten Suchordner . . . . .	128

## Abbildungsverzeichnis

1	Abfolge der Forschungsunterfragen: von Bedeutung und Effekten über Mechanismen und Konzeption hin zu Kompetenzen, Kausalgesetzen und Wirkgefüge. . . . .	22
2	Systemisches Modell des eingesetzten Learning Management Systems mit Rückkopplung zwischen curricularen Handlungssituationen, LMS-Kern und kohortenspezifischen Ausbildungskursen. . . . .	37
3	Ablaufschema der systematischen Literaturrecherche und -analyse. . . . .	60
4	Zeitreihe der Publikationszahlen im Korpus; Grundlage für die Auswahl und Gewichtung der Jahrgänge in der Analyse. . . . .	61
5	Silhouette-Scores und Fallzahlen pro Jahr; linke Achse zeigt die Clustertrennschärfe, rechte Achse die Fallzahlen. . . . .	61
6	Delta von Silhouette-Scores und Fallzahlen pro Jahr als ergänzende Sensitivitätsanzeige zur Stabilität der Clusterkohärenz. . . . .	62
7	Bool'sche Logik der Suchordner und Quotensteuerung. . . . .	63
8	Gesamtüberblick der Suchergebnisse mit verdichteten Kenngrößen zu Relevanz, Sprachen, Quellenarten und Tags. . . . .	64
9	Verteilung der Kategorien innerhalb des Quellenkorpus. . . . .	64
10	Verteilung zentraler Indizes im Quellenkorpus. . . . .	65
11	Tag-Struktur der verarbeiteten Quellen. . . . .	65
12	Zuordnung der Quellen zu den Forschungsunterfragen. . . . .	66
13	Relevanzverteilung je Forschungsunterfrage. . . . .	66

14	Relevanzverteilung je Kategorie. . . . .	67
15	Relevanzverteilung je Suchbegriff. . . . .	67
16	Statusübersicht der Quellen (z. B. akzeptiert, ausgeschlossen, in Prüfung). . . . .	68
17	Top-Autor*innen nach Häufigkeit im Korpus. . . . .	68
18	Sprachenverteilung der Quellen. . . . .	69
19	Sprachenverteilung nach Dokumententyp. . . . .	69
20	Pfaddiagramm der Datenflüsse und Kategorien im Quellenkorpus. . . . .	70
21	Sankey-Diagramm zur Visualisierung der Verteilung nach Suchbegriffen und Kategorien. . . . .	70
22	Netzwerkdarstellung der Beziehungen zwischen Suchbegriffen, Tags und Kategorien. . . . .	71
23	Ablauf der P-QIA-gestützten Inhaltsanalyse. . . . .	78
24	Deduktive k-means-Clusteranalyse des Quellenkorpus. . . . .	82
25	Korrelationsmatrix der Forschungsunterfragen. . . . .	84
26	Korrelationsmatrix zwischen Forschungsunterfragen und Suchbegriffen. . . . .	85
27	Korrelationsmatrix zwischen Forschungsunterfragen und Kategorien. . . . .	86
28	Korrelationsmatrix zwischen Forschungsunterfragen und Indizes. . . . .	87
29	Korrelationsmatrix der Suchbegriffe. . . . .	87
30	Korrelationsmatrix zwischen Suchbegriffen und Kategorien. . . . .	88
31	Korrelationsmatrix der Kategorien. . . . .	89
32	Korrelationsmatrix der Indizes. . . . .	89
33	Korrelationsmatrix zwischen Indizes und Kategorien. . . . .	90
34	Korrelationsmatrix zwischen Indizes und Suchbegriffen. . . . .	91
35	Statusübersicht der Quellen nach Screening-, Qualitäts- und Relevanzprüfung. . . . .	127

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AOI	Area of Interest
ET	Eye-Tracking
E-Portfolio	Digitales Portfolio
FU	Forschungsunterfrage (FU1–FU7)
KI	Künstliche Intelligenz
LMS	Learning-Management-System
LXP	Learning Experience Platform
mdaCV	Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung
MOOC	Massive Open Online Course
HRT	High Responsibility Teams
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)).
$t$	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).

## 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 LMS-Modell“)
- 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 Lernprozesse waren, eröffnen digitale Systeme neue Möglichkeiten der Interaktion, des Wissenszugangs und der Kollaboration. Mit zunehmenden Digitalisierungen 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 und 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. Durch dieses Gefüge ist Bildung immer räumlich eingebettet. Diese Räume sind dynamisch, fluide sowie systemisch wirksam und entwickeln dadurch 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 didaktischern 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 nicht nur Gegenstand der Analyse, sondern auch 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 kann ihre Verständlichkeit nur als Teil eines rekursiven Systems entfalten. 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 dabei nicht nur methodische Werkzeuge, sondern auch konstitutive Elemente des digitalen Bildungsraums selbst.

Die aktuellen Novellierungen in der Ausbildung der Gesundheitsberufe zielen inzwischen darauf ab, gesetzliche Rahmenbedingungen für Gesundheitsberufe anzupassen, die Kompetenzanforderungen zu erweitern und zu diese 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 (NotSanG, 2023; Pflegekammer NRW, 2023).

## 1.1 Erkenntnisinteresse, Problemstellung und Relevanz

#todo: - 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 (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 (NotSanG, 2023) als Ausbildungsziel definiert wurde. Der Referentenentwurf (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit, 2012) zum NotSanG verdeutlicht die intendierte Absicht (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit, 2012, S. 44–45): Die Auszubildenden sollen insbesondere interdisziplinäre Fachlichkeit erlangen, die zur selbstständigen Lösung aller berufsrelevanter Handlungen sowie deren kritischen und selbstreflektiven Ergebnisbeurteilung

gen notwendig erscheinen.

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

Um insbesondere den anerkennungsrechtlichen Erfordernissen aus § 6 (2) 1 (NotSanG, 2023), namentlich dem „Vorhandensein der für die Ausbildung erforderlichen Räume und Einrichtungen sowie ausreichender Lehr- und Lernmittel“ (NotSanG, 2023) gerecht zu werden, ist in der Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern die Verwendung eines digitalen Learning Management System (LMS) implementiert, welches 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 nicht nur der Bereitstellung von Lernmaterialien, sondern auch 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 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 nicht auf die isolierte Bewertung einzelner Funktionen des LMS, sondern auf die Aufklärung der kausalen Interdependenzen, die zwischen System, Akteurinnen und digitalen Infrastrukturen entstehen (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 nicht nur einzelne Studien, sondern die strukturellen Wirkgefüge des Diskurses sichtbar werden (vgl. Abschnitt 4.2.1).

### 1.1.2 Problemstellung

Text

### 1.1.3 Thematische Relevanz

Text

## 1.2 Forschungsfragen und methodische Vorüberlegungen

Text

### 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 Forschungsergebnisse 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 nicht nur die beobachtete Wirkung in der curriculären Konzeption und Durchführung von Lehrprozessen, sondern insbesondere in der 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 nicht klassicherwesie aus einer singulären Intention hervorgeht, sondern 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 ausführlich dokumentiert 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.

Die in dieser Einleitung formulierte Absicht entfaltet sich myzelartig über mehrere Kapitel hinweg. Abschnitt 2.3.2 beschreibt auf theoretischer Ebene die Wirkungskurven, Regenerationsprozesse und Störanfälligkeit von Lernprozessen im digitalen Raum. Kapitel 3 rekonstruiert die Entstehung und Implementierung des LMS aus handlungspraktischer Perspektive. In der Tabelle zur Ergebnisbewertung wird dort die erlebte Wirkung im Vergleich zweier Paradigmen (Notlösung vs. systemische Infrastruktur) gegenübergestellt. Das dort dokumentierte Programmatic Assessment, die Anwendung von Kirkpatrick und TEI sowie die Reflexion curricularer Zielstellungen zeigen deutlich, 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 FU7 bilden dort die methodisch explizite Umsetzung der in Abschnitt 1.2.2 angelegten Absicht. Die Ergebnisse in Kapitel 5 geben abschließend Auskunft über die empirisch beobachtbaren Wirkungsmuster und vervollständigen dadurch die systematische Verbindung zwischen theoretischem Ziel und konkretem Befund.

Das Ziel der Arbeit richtet sich auf die systemisch-konstruktivistische Rekonstruktion des Wirkgefüges ei-

nes 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 nicht als rein technisches Werkzeug verstanden wird. Diese Wirkung vollzieht sich über rekursive Prozesse, in denen Strukturen, Interaktionen und Rückkopplungen zueinander in Beziehung treten. Im Zentrum steht daher nicht die isolierte Beschreibung einzelner Funktionen, sondern die Analyse jener Interdependenzen, die zwischen technologischen Artefakten, didaktischer Gestaltung und organisationaler Einbettung entstehen. Dieses Ziel entfaltet sich entlang der in Abschnitt 1.4 entwickelten Haupt- und Unterforschungsfragen, die den Rahmen für die methodische Umsetzung bilden.

Die intendierte Wirkung dieser Dissertation besteht darin, 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.

### 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: - Forschungsstand und Forschungslücke prägnant benennen.

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: - Methodische Vorüberlegungen andeuten

## Text

### 1.3.2 Literaturrecherche

Der dokumentierte und 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

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.)
„Wirkung“ $\wedge$	„Digitalisierung“	Ungefähr 12.200 Ergebnisse (0,06 Sek.)
„Wirkung“ $\wedge$	„E-Learning“	Ungefähr 1.170 Ergebnisse (0,06 Sek.)
„Wirkung“ $\wedge$	„Learning-Management-System“	12 Ergebnisse (0,04 Sek.)
„Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$	„E-Learning“	Ungefähr 7.950 Ergebnisse (0,06 Sek.)
„Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$	„Learning-Management-System“	Ungefähr 75 Ergebnisse (0,05 Sek.)

Table 3: Datenbankrecherche LearnTechLib

Hauptterm (primärer Suchbegriff)	Kombination (sekundärer Suchbegriff)	Trefferanzahl
„medizinische Ausbildung“ $\wedge$	„Digitalisierung“	54 Treffer (0,831 Sek.) – digitization medical education
„medizinische Ausbildung“ $\wedge$	„E-Learning“	43 Treffer (0,933 Sek.) – digitization medical training
„medizinische Ausbildung“ $\wedge$	„Learning-Management-System“	5.021 Treffer (0,193 Sek.) – digitization medical education
„Wirkung“ $\wedge$	„Digitalisierung“	3.455 Treffer (0,276 Sek.) – digitization medical training
„Wirkung“ $\wedge$	„E-Learning“	1 Treffer (0,300 Sek.) – learning-management-system medical education
„Wirkung“ $\wedge$	„Learning-Management-System“	2.202 Treffer (0,411 Sek.) – learning-management-system medical training

Hauptterm (primärer Suchbegriff)	Kombination (sekundärer Suchbegriff)	Trefferanzahl
„Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$	„E-Learning“	12.645 Treffer (1,015 Sek.) – technology works e-learning
„Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$	„Learning-Management-System“	7.101 Treffer (0,690 Sek.) – technology works learning-management-system

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“	Treffer – digitization medical education 8.569 Treffer – digitization medical training 1.826
„medizinische Ausbildung“ $\wedge$	„Learning-Management-System“	medical education 1.944 Treffer – e-learning medical training 118 Treffer – learning-management-system medical education 127 Treffer – learning-management-system medical training
„Wirkung“ $\wedge$	„Digitalisierung“	17.421 Treffer – digitization works
„Wirkung“ $\wedge$	„E-Learning“	753 Treffer – e-learning works
„Wirkung“ $\wedge$	„Learning-Management-System“	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

Table 5: Datenbankrecherche Zeitschrift Gesundheitsberufe

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

Hauptterm (primärer Suchbegriff)	Kombination (sekundärer Suchbegriff)	Trefferanzahl
„Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$ „Technologie“ $\wedge$ „Wirkung“ $\wedge$	„E-Learning“ „Learning-Management-System“	Suchergebnis: 10 Fundstellen Suchergebnis: 2 Fundstellen

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.

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 nicht nur beschreibt, was funktioniert, sondern 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 ( $n = 3728$ ; Stand: 2025-11-26) zeigen über den nahezu fünf Jahrzehnte umfassenden Zeitraum hinweg ein hochgradig asymmetrisches Entwicklungsprofil. Dieses Profil ist nicht als bloßer Verlauf einer bibliometrischen Zählung zu interpretieren, sondern markiert eine wissenschaftshistorische Dynamik, die für die Begründung der Forschungslücke konstitutiv ist.

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,

kohärenten Diskursraumes.

Erst ab etwa 2004 erscheinen erste punktuelle Anhebungen – noch immer 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 ist nicht isoliert zu betrachten, sondern 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 nicht primär dadurch, dass Inhalte fehlen, sondern 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 schließt nicht eine Lücke innerhalb eines etablierten Forschungsfeldes, sondern 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 nicht lediglich als Beitrag zur Schließung einer Forschungslücke, sondern als strukturierender Impuls zur Etablierung eines theoretisch fundierten Forschungsfeldes.

## 1.4 Herleitung Haupt- und Unterforschungsfragen

#todo: - Herleitung der Forschungsfragen vorbereiten. #todo: prüfen: Insbesondere kommt der Operationalisierung eine wesentliche Bedeutung zu: die beobachtbaren Indikatoren werden dem theoretischem 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 praxisorientierte 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 nicht nur curriculare Entscheidungen, sondern ebenso 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 angewendeten 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 (FU1–FU7) abgeleitet, die das Wirkgefüge in adressierbare Teilespekte zerlegen und zugleich die Methodenwahl strukturieren (Tabelle 4):

- FU1: Akzeptanz und Nützlichkeit des LMS aus Sicht der Nutzenden (Metaanalyse, Umfrage).
- FU2a/FU2b: Wirkung auf Lernende bzw. Lehrende (Evaluation nach Kirkpatrick, Gruppeninterviews).
- FU3: Didaktische und technologische Merkmale des Systems (theoretische Rekonstruktion der Architektur).
- FU4a/FU4b: Bildungswissenschaftliche und technisch-gestalterische Wirkmechanismen (Inhaltsanalyse, Eye-Tracking, Simulation).

- FU5: Möglichkeiten und Grenzen des angewandten Modells (Qualitative Inhaltsanalyse, SWOT).
- FU6: LMS als Kompetenzerwerbssystem (systemische Kopplung von Kompetenzmodellen und LMS-Struktur).
- FU7: Erweiterung von Kausalgesetzen im digitalen Bildungsraum (Grounded-Theory-gestützte Theorieentwicklung).

Die Abfolge der Unterforschungsfragen folgt der in Abbildung 1 skizzierten Logik: Von der Bedeutung (FU1) über beobachtete Effekte (FU2a/FU2b) und deren Effektfaktoren zur Konzeption (FU3), flankiert von Möglichkeiten und Mechanismen (FU4a/FU4b), bis hin zu Kompetenzen und Kausalgesetzen (FU6/FU7), die schließlich das Wirkgefüge der Hauptfrage adressieren. Damit ist die Sequenz zugleich thematische Landkarte und methodische Prozessführung.

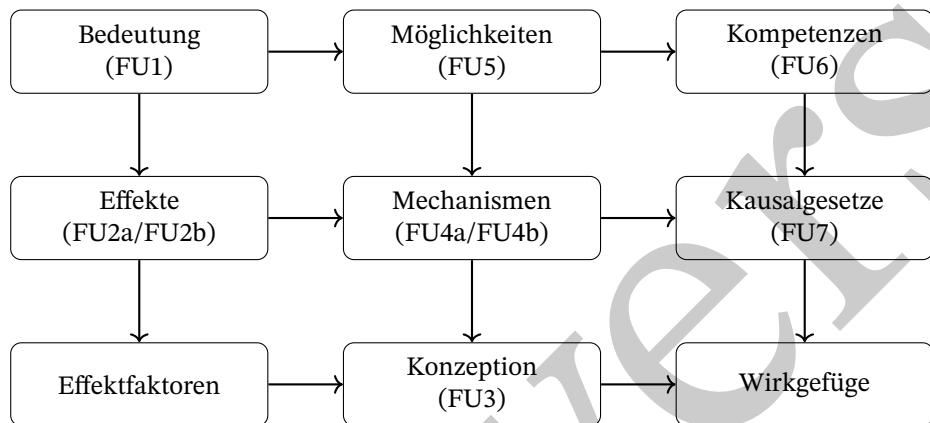


Figure 1: Abfolge der Forschungsunterfragen: von Bedeutung und Effekten über Mechanismen und Konzeption hin zu Kompetenzen, Kausalgesetzen und Wirkgefüge.

Der hier skizzierte Entwicklungspfad folgt einer deduktiv gestützten Progression von Akzeptanz über Effekte und Mechanismen hin zu Kompetenz- und Kausalannahmen. FU1 knüpft an Akzeptanz- und Nutzungsrahmen an (Döring, 2023, Kapitel 6.1) und legitimiert die Frage nach Bedeutung und Nützlichkeit im Anwendungsfeld. FU2a/FU2b greifen die Wirkung auf Lernende und Lehrende auf, angelehnt an Evaluationslogiken nach Kirkpatrick und TEI (Kirkpatrick, 1998; Ritzmann et al., 2020), und bieten dadurch die Möglichkeit einer belastbaren Evaluation. FU3–FU4b werden durch systematische Inhaltsanalyse und UI-/Eye-Tracking-Ansätze abgeleitet, die Mechanismen und gestalterische Faktoren sichtbar machen (Kaduk et al., 2023; Lewandowska, 2020; Mayring, 2008, 2010) und Rückschlüsse auf die Erkenntnisse der vorangegangenen Evaluation zulassen. FU5 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 Kurzhinweis auf Eye-Tracking-Design (Remote, Bildexport-only, FU-gekoppeltes 7-Schritte-Raster) einfügen, Verweis auf Abschnitt 4.2.4.

## 1.5 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau dieser Dissertation folgt einer Abfolge wissenschaftlicher Operationen, die den Erkenntnispfad strukturieren und die Untersuchung schrittweise durch den digitalen Bildungsraum führen. 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.

Dieses Kapitel 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 gesamten weiteren Erkenntnispfad. 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. Die Einleitung verweist in Abschnitt 1.1 auf das Erkenntnisinteresse, das durch die späteren Kapitel weiter präzisiert wird.

Der theoretische Teil in 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 Erwartungshorizont, der die späteren empirischen Schritte vorbereitet. Der theoretische Teil schafft dadurch eine Grundlage, an der die Ergebnisse aus Kapitel 5 später gespiegelt werden. Die Spannung wächst, da der theoretische Rahmen andeutet, welche Mechanismen zu erwarten sind, ohne dass ihre konkrete Ausprägung bereits sichtbar wäre.

Der Forschungsgegenstand in 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. Durch diesen Zusammenhang entsteht eine deutliche Erwartungshaltung an die Frage, welche Wirkung ein solches System tatsächlich entfaltet.

Die methodologische Rahmung in 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 abschließende einordnende Operation verschaltet die gewählten Methoden mit den theoretischen Setzungen aus Kapitel 2. Dadurch wird sichtbar, welche Operation welche Dimension des Wirkgefüges erfassen kann. Das methodische Kapitel öffnet ein Feld möglicher Sichtweisen auf den Forschungsgegenstand und erzeugt dadurch eine deutliche Erwartung an die empirische Rekonstruktion.

Die Ergebnisse in Kapitel 5 entfalten 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 Obergänge zwischen theoretischen Erwartungen 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. Unerwartete Befunde weiten den Blick, während bestätigende Muster die theoretischen Überlegungen stärken. Dadurch wird der Leserinnen- und Leserkreis durch eine Erkenntnisbewegung geführt, die sowohl Überra-

schungen als auch strukturelle Bestätigungen bereithält.

Die Diskussion in 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.

Die abschließende Conclusio in 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 erkennbares wissenschaftliches Verfahren. Die sequenzielle Anwendung der Operatoren führt zu einer zunehmenden Tiefenschärfe des Wirkgefüges. Der Erkenntnispfad 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. Die Neugier wächst mit jedem Kapitel, da jede Operation eine neue Dimension des Wirkgefüges freilegt und dadurch einen tieferen Zugang zu seiner Struktur ermöglicht.

## 2 Theorieteil

Der Theorieteil legt den begrifflichen und konzeptuellen Rahmen der Dissertation fest. Er verschränkt bildungswissenschaftliche Grundlagen, psychologische Funktionslogiken sowie das eigens entwickelte Modell des digitalen Bildungswirkgefüges. Anstelle eines traditionellen Lehrbuchüberblicks werden an dieser Stelle die theoretischen Grundannahmen explizit, die für das Wirkgefüge relevant sind. Im Mittelpunkt stehen die Definitionen von Bildung, Digitalität und Kompetenzentwicklung im systemisch-konstruktivistischen Rahmen. Bildungswissenschaftliche und pädagogisch-psychologische Perspektiven werden dabei enggeführt, um die Komplexität digitaler Bildungsräume abzubilden und klassische Theoriemuster gezielt in den Kontext digitaler Lernarchitekturen zu transferieren.

Abschnitt 2.1 verortet das Forschungsvorhaben in der systemisch-konstruktivistischen Bildungswissenschaft. Die Wechselwirkungen zwischen digitaler Infrastruktur, pädagogischer Gestaltung und Kompetenzentwicklung werden als sozio-technisches Wirkgefüge gefasst, wobei bildungswissenschaftlich-theoretische und bildungstechnologische Betrachtungen ineinander greifen. Bildungstechnologische Prozesse – also computergestützte Abläufe und Plattformlogiken – werden nicht isoliert beschrieben, sondern konsequent als Bestandteil didaktischer Konzeptionen gelesen. Entsprechend richtet sich der Blick nicht auf eine erneute Ausbreitung klassischer Bildungsbegriffe, sondern auf ihre Übersetzung in den digitalen Bildungsraum im Hinblick auf das in Kapitel 3 vorgestellte Learning Management System (LMS).

Abschnitt 2.2 legt die pädagogisch-psychologischen Grundannahmen dar, die das Wirkgefüge strukturieren. Bedürfnisse, Emotionen, Neugier, biografische Ereignisse und dispositionale Merkmale werden als zentrale Trägervariablen identifiziert, die in der Gestaltung digitaler Lernarchitekturen berücksichtigt werden müssen. Dabei wird erläutert, wie diese psychologischen Konstrukte die Wahrnehmung und Nutzung von LMS (LMS) beeinflussen und welche Implikationen sich daraus für die Gestaltung digitaler Bildungsräume ergeben.

Abschnitt 2.3 stellt das eigens entwickelte Modell der systemischen Dynamik des digitalen Bildungswirkgefüges vor. Es verbindet die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten theoretischen Grundlagen mit einer dynamischen Systemperspektive, um die Wechselwirkungen zwischen Bedürfnissen, Emotionen, Kompetenzentwicklung und LMS-Architektur zu analysieren. Dabei werden die Variablen, Kopplungen und Rückkopplungen des Modells erläutert und die Konsequenzen von Systemenkopplungen sowie Gestaltungsprinzipien für die Kopplung im digitalen Setting diskutiert.

Abschnitt 2.4 reflektiert den Technologiedefizit-Diskurs und diskutiert, warum pädagogische Innovationen häufig hinter technologischen Möglichkeiten zurückbleiben. Es wird analysiert, wie dieses strukturelle Problem die Gestaltung digitaler Bildungsräume beeinflusst und welche Anforderungen sich daraus für die zukünftige Entwicklung von LMSen ergeben.

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

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

### 2.1 Bildungswissenschaftlich-theoretische Verortung

Text

## **2.1.1 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.

## **2.1.2 Systemisch-konstruktivistische Theorie {#sec: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.

## **2.1.3 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.

## **2.1.4 Kompetenzentwicklung im digitalen Bildungsräum**

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

## **2.2 Pädagogisch-psychologische Grundannahmen**

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

### **2.2.1 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.

### **2.2.2 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.

### **2.2.3 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.

## 2.2.4 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.

## 2.2.5 Dispositionale Merkmale

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

# 2.3 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.

## 2.3.1 Das Modell als dynamisches System

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

## 2.3.2 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.

## 2.3.3 Konsequenzen aus Systementkopplungen {#sec: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.

## 2.3.4 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).

# 2.4 Exkurs: Technologiedefizit {#sec: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.

### 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“ (NotSanG, 2023, Abschnitte 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 Ausbildungszwecks gem. § 4 NotSanG (NotSanG, 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 Überlegungen 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 Notfallsanitätern 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) (NotSanG, 2023); § 2 (1-3) (NotSan-APrV, 2023)

Stichwort	Erklärung	Quellenverweis
Aktive Begleitung durch Schule	LMS muss Funktionen für Reflexion, Kommunikation und Dokumentation der Praxisbegleitung bereitstellen.	§ 2 (3) (NotSan-APrV, 2023)
Strukturierte Zusammenarbeit zwischen Schule und praktischer Ausbildungseinrichtung	Erfordert Kommunikations- und Kooperationsfunktionen zwischen Schule und Praxispartnern.	§ 5 (3) (NotSanG, 2023); § 2 (2-3) (NotSan-APrV, 2023)
Rechtsverbindlichkeit	LMS-Einsatz muss mit normativen Vorgaben vereinbar sein und Nachweismöglichkeiten bieten.	§ 11 (NotSanG, 2023); Einleitung (NotSan-APrV, 2023)
Pädagogisch-didaktischer Anspruch steigt	Komplexe didaktische Szenarien müssen abbildbar sein (z. B. Kompetenzraster, ePortfolio etc.).	§ 4 (NotSanG, 2023); Anlage 1 (NotSan-APrV, 2023)
Qualitätssicherung durch digitale Unterstützung	LMS muss evaluierbare und standardisierte Prozesse zur Qualitätssicherung ermöglichen.	Seite 44-45 (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit, 2012)
Anschlussfähigkeit an akademische Systeme	LMS sollte Anschlussfähigkeit an hochschulische Systeme und Studiengänge berücksichtigen.	Bundesgesundheitsministerium (2025)

Weiter mit Schule

Weiter mit HRT

### 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

+++++ 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). 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 starker 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 vorbereitete 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 Rettungsassistentenausbildung 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 Notfallsanitäter\*innen 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.

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, persönliche Kommunikation, 29. Juli 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 (EpiGesAusbSichV, 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 Verstetigung 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 Verstetigungspotenzial
Schlüsselbedingung	„Institutional readiness“ erforderlich für Erfolg	Vorbereitung ab 2016 als Fundament nicht-planbarer pandemischer Handlungsfähigkeit

Anm. Eigene Darstellung auf Basis des Vergleichs zwischen Gachanja et al. (2021) und der dokumentierten

Systementwicklung im Rahmen der Notfallsanitäter-Ausbildung 2016–2023.

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 belastungssame 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 Bildungsräum 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.

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

+++++ Abbildung 1 hier einfügen +++++

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 Bildungsräums 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.

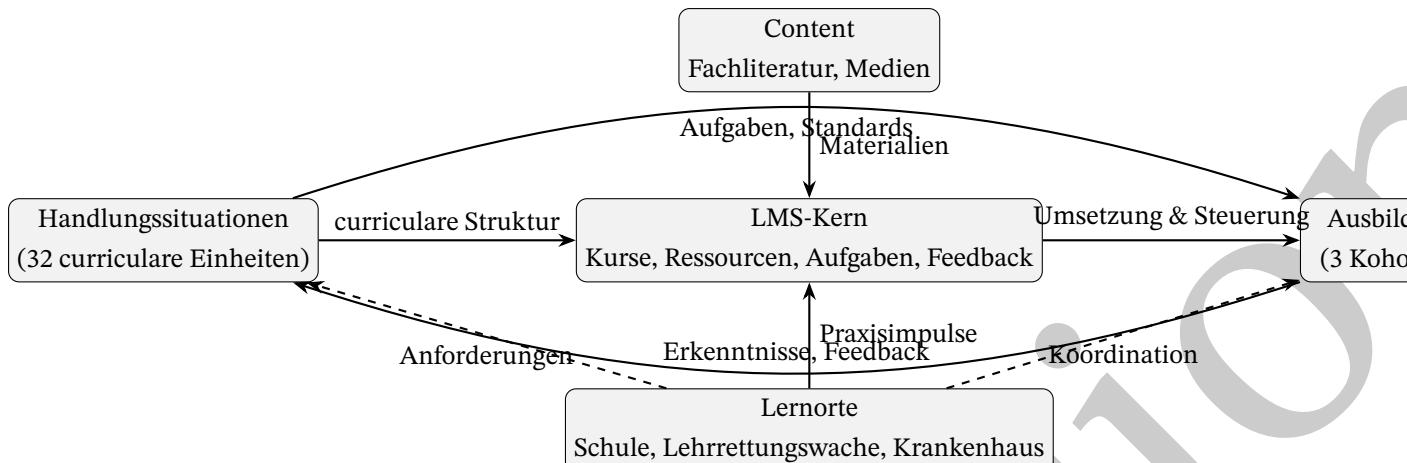


Figure 2: Systemisches Modell des eingesetzten Learning Management Systems mit Rückkopplung zwischen curricularen Handlungssituationen, LMS-Kern und kohortenspezifischen Ausbildungskursen.

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 Struktureinheiten: 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 +++++

Die Handlungssituationen ( $n = 32$ ) bilden die curricular-inhaltliche Struktur gemäß Rahmenlehrplan NRW ab und bestehen aus standardisierten didaktischen Containern (Einführung, Ressourcen, Aufgaben, weiter-

führende 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 zurückerhalten – 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.

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

+++++ 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. Dieser Bereich vermittelt den Lernenden eine erste inhaltliche Orientierung, schafft Klarheit über Erwartungshaltungen 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)

#todo: 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)

#todo: 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)

#todo: Abbildung einfügen prüfen

Die Abbildung zeigt beispielhafte Aufgabenformate zur Bearbeitung beruflicher Handlungssituationen. Operatoren und strukturierte Aufgabenbereiche ermöglichen eine kompetenzorientierte Formulierung und eine 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, 2025c)): „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)

#todo: 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 zeitnahe, 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 Be-

reitstellung 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.

#todo: die neue Entwicklung einführen, d.h. das Forum etc.

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

#todo: 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 evidenten 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 evidenzbasierten 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 Wahrnehmungspsychologie ableitbare Wirkungen erzeugt (vgl. Abschnitt 2.2). Feedback und Evaluation Dieser Bereich unterstützt bei der formativen Rückmeldung. Hier wird das Training Evaluation Inventory (TEI) kursbegleitend eingesetzt, um sowohl die didaktische Gestaltung als auch die wahrgenommenen Trainingseffekte strukturiert zu evaluieren. Der Feedbackbereich ermöglicht zudem offene Rückmeldungen zur jeweiligen Handlungssituation. Alle hier dargestellten Elemente sind zudem mit dem Kompetenzraster verbunden, welches

### 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 (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 innovativen 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,  $\varnothing$  Dauer = 21,3 Tage,  $\varnothing$  Aufgaben = 21,7 • Medizinisch: 12 Kurse,  $\varnothing$  Dauer = 27,2 Tage,  $\varnothing$  Aufgaben = 26,8 • Rettungsdienstlich: 7 Kurse,  $\varnothing$  Dauer = 57,0 Tage,  $\varnothing$  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 Ø 57,0 Tage (höchster Kursmittelwert)
- Medizinisch: 27 % (APrV) vs. Ø 27,2 Tage (nächsthöherer Mittelwert)
- Bezugswissenschaftlich: 26 % (APrV) vs. Ø 21,3 Tage

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

#todo: 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)

#todo: 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 Handlungs routinen im beruflichen Alltag wider. Fachliche, soziale und personale Anteile ergänzen diesen Schwerpunkt um domänenspezifisches 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)

#todo: 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)

#todo: 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“ weitgehend 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)

#todo: 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)

#todo: 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 di-

gitaler 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 angeschlussfähig 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 & Wiesin-

ger, 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 administrative 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

Arbeitsversion

## 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, 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 Zuspritzung in Kapitel 7.

### 4.1 Forschungsparadigma und methodologischer Ansatz

Methodenkompetenz in den Human- und Sozialwissenschaften meint 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: (a) quantitative Ansätze im kritischen Realismus, (b) qualitative Ansätze im Sozialkonstruktivismus und (c) pragmatische Integrationsansätze, die beide Logiken situativ verbinden [Döring (2023), Seite 4–5; Seite 32–33]. Für das vorliegende Forschungsvorhaben wird jedoch kein dieser Paradigmen übernommen. Stattdessen wird ein eigenständiger, systemisch-forschungsfragengeleiteter Ansatz entwickelt, der nicht im Mixed-Methods-Paradigma verortet ist, sondern eine eigene Logik entfaltet.

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

Der Übergang zur methodologischen Konkretisierung erfolgt entlang der Frage, wie das entwickelte Paradigma praktisch umgesetzt wird. Während Abschnitt 4.1 den erkenntnistheoretischen Rahmen beschreibt, entfaltet Abschnitt 4.1.1 die methodischen Vorüberlegungen und zeigt, wie die Forschungsfragen die Auswahl und Kombination der Verfahren steuern. Abschnitt 4.1.2 konkretisiert diese Logik anschließend systemisch und bildet die Grundlage für die in 4.2 beschriebenen Datenerhebungsverfahren.

#### 4.1.1 Vorüberlegungen zur Methodologie

Methodisch herausfordernd ist die Verbindung der unterschiedlichen Facetten dieses bildungstheoretischen Forschungsvorhabens. Die unterschiedlichen Datenformen – aus Eye-Tracking, Umfrage, systematischer Literaturarbeit und simulationsgestützten Modellierungen – werden nicht im Sinne eines Mixed-Methods-Designs zusammengeführt, sondern entlang der Forschungsfragen koordiniert. Die Integration folgt keinem etablierten Kombinationsschema, sondern dem eigenen Paradigma der Forschungsfragengeleitetheit. Die Hauptforschungsfrage legitimiert den Einsatz beider Paradigmen, da sie Muster und Regelmäßigkeiten im Learning Management System (LMS) sichtbar machen soll. Das Spannungsfeld

zwischen Subjektivität (Wahrnehmung der Akteur\*innen) und Objektivität (Kompetenzentwicklungssimulation) 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 FU1 bis FU7 (Kapitel sec.), abgeleitet aus Erkenntnisinteresse (Kapitel sec.) und LMS-Produkt (Kapitel sec.). 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 und Befragungen 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) und quantitativen Befragungen systematisch in Beziehung gesetzt, um subjektive Wahrnehmungen und objektive Muster 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 verborgen 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 bis zur LMS-Umfrage – 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
FU1: 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.
FU2a: Effekt auf Lernende	Evaluationsframework nach Kirkpatrick sowie Training Evaluation Inventory zur Wirksamkeitsanalyse der Lernprozesse (Kirkpatrick, 1998; Ritzmann et al., 2014, 2020).	Quantitative Evaluation der Kompetenzentwicklung und ihrer Unsicherheiten.
FU2b: Effekt auf Lehrende	Halbstrukturiertes Gruppeninterview im Face-to-Face-Kontakt mit Lernenden und Lehrenden (Döring, 2023, Kapitel 3.2; 2023, Kapitel 10.2).	Ableitung generalisierbarer Aussagen zu wahrgenommenen Effekten und Einflussfaktoren.
FU3: 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.
FU4a: Bildungswissenschaftliche Mechanismen	Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring sowie deren Weiterentwicklungen (Mayring, 2008, 2010).	Herleitung, Beschreibung und Absicherung der bildungswissenschaftlichen Wirkmechanismen.
FU4b: Technisch-gestalterische Mechanismen	Quantitative Beobachtung (inkl. Eye-Tracking) und simulationsgestützte Theorieprüfung (Döring, 2023, Kapitel 10.1.3; 2023, Kapitel 6.3.1).	Datenerhebung, Auswertung sowie Rückbindung an die theoretische Modellierung.

Forschungsunterfrage	Bearbeitungsmethode	Erfüllungskriterien
FU5: 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.
FU6: LMS als Kompetenzerwerbssystem	Systemische Theoriearbeit zur Verschränkung von Kompetenzforschung und LMS-Architektur (Döring, 2023, Kapitel 5).	Transfer und Einordnung der Ergebnisse in ein konsistentes Kompetenzentwicklungsmodell.
FU7: Erweiterung von Kausalgesetzen	Grounded-Theory-basierte „Einfall und Theorieentwicklung“ sowie Analyse des Technologiedefizits (Pentzold et al., 2018, Einleitung; Luhmann & Schorr, 1982).	Entwicklung und Ableitung eines kausalen Ursachen-Wirkungstheoriemodells.

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, Interviews, Umfragen) und simulationsbasierte Verfahren im Zusammenspiel verwendet wurden, um die unterschiedlichen Facetten des Lernmanagementsystems abzubilden.

#### 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 FU1, FU3, FU4a und FU6. Ziel ist hierbei, ein umfassendes Verständnis der bestehenden wissenschaftlichen Diskussionen und Erkenntnisse im Bereich digitaler Bildungsräume zu erlangen. Die Analyse umfasst insgesamt 2.650 wissenschaftliche Arbeiten, die algorithmisch aus verschiedenen Datenbanken extrahiert und thematisch kategorisiert wurden.

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.

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 Auswertungs-umgebung 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 Zeitreihe der jährlichen Veröffentlichungszahlen dokumentiert die volumetrische Entwicklung des untersuchten Literaturkorpus seit den späten 1970er-Jahren. Bis etwa 2005 bleibt das Publikationsaufkommen marginal und bewegt sich durchgehend im einstelligen Bereich. Diese Phase stellt kein eigenständiges Diskursfeld dar, sondern ein vereinzeltes Auftreten thematisch verwandter Arbeiten ohne strukturbildende Wirkung. Ab 2010 ist ein moderater Anstieg sichtbar, der jedoch erst ab 2016 in eine klare Konsolidierungsphase übergeht: Die jährlichen Fallzahlen steigen kontinuierlich, erreichen 2018 erstmals einen dreistelligen Bereich und markieren damit den Beginn eines systematisch etablierten Forschungsfeldes.

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.

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
2024	780	4	0.9208
2025	192	4	0.9696
Summe	3524	—	—

Die Summenzeile dokumentiert die 3 524 für die Kohärenzberechnung herangezogenen Dokumente. 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.

Die Abbildung zeigt die gemeinsame Entwicklung von Silhouette-Scores und Fallzahlen und verdeutlicht damit die semantische Stabilität des recherchierten Literaturfeldes über die Zeit. 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 gewichteten, belastbaren Kohärenzphasen identifizieren und die Qualität der algorithmischen Clusterbildung retrospektiv validieren.

Die ergänzende Darstellung der Abweichung  $\Delta SC_n$  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 ( $n / \max(n)$ ) vom stabilen Erwartungswert abweicht. Positive Werte verweisen auf Jahre, in denen die semantische Kohärenz überproportional höher ausfällt, als es die Fallzahl erwarten ließe – 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.

#### 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
S:03	Online-Lernumgebung	Virtuelle Lernumgebung, Digitale Umgebung
S:05	E-Learning	Elektronisches Lernen, Digitales Lernen

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 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 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.

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 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.

#todo Fortschrittsübersichten in den Anhang setzen

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.

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.

Die Textsortenzuordnung der analysierten Quellen ( $n = 1\,109$ , Stand: 2025-11-26) zeigt eine deutliche Konzentration auf „Kerngedanke“ und „Argumentation“ (vgl. Abb.~9). Weiterführungen und Schlussfolgerungen sind deutlich seltener vertreten. Das Korpus stützt sich damit primär auf zentrale Thesen und Begründungslinien, 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.

#### 4.2.4 Webcam-basiertes Eye-Tracking und KI-gestützte Codierung

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 FU4b angemessen, da großflächige Interface-Zonen (Navigation, Inhalt, Interaktion, Störflächen) im Fokus stehen.

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) Ableitung 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.

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. 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. Die vollständigen Bildreihen (Heatmap/Viewmap/Fog-View je Stimulus und Jahrgang) sind in Anhang A-7 dokumentiert.

Die Textsortenzuordnung der analysierten Quellen ( $n = 1\,109$ , Stand: 2025-11-26) zeigt eine deutliche Konzentration auf „Kerngedanke“ (457) und „Argumentation“ (454). Weiterführungen (160) und Schlussfolgerungen (38) sind deutlich seltener. Das Korpus stützt sich damit primär auf zentrale Thesen und Begründungslinien, während synthese- und transferorientierte Passagen unterrepräsentiert sind. Für die spätere Synthese bedeutet das, dass Schlussfolgerungen gezielt ergänzt werden müssen, um die breite Argumentationsbasis konsistent zu bündeln.

Die Indexverteilung ( $n = 4\,102$ , Stand: 2025-11-26) fokussiert klar auf „Technologieintegration“ (945) und „Lehr- und Lerneffektivität“ (918). „Forschungsansätze“ (491) und „Systemanpassung“ (487) bilden den methodischen Unterbau. Bewertungsmethoden (291) und Bildungstheorien (277) liefern die theoretische Rahmung, während kollaboratives Lernen (274), Krisenreaktion (157), Lernsystemarchitektur (155) sowie Datenschutz/IT-Sicherheit (107) nachgelagert sind. Die Verteilung zeigt einen starken Wirkungs- und Implementierungsfokus; Governance- und Sicherheitsaspekte bleiben randständig und sollten in der Diskussion gezielt gewichtet werden.

Die Tag-Verteilung konzentriert sich auf wenige Kernbegriffe (LMS, digital learning, blended learning) mit langen, dünnen Rändern. Das bestätigt die enge Such- und Tagging-Strategie: zentrale Tags erschließen den Großteil des Korpus, Spezialtags decken nur kleine Segmente ab.

Schwerpunkte liegen bei FU4a (bildungswissenschaftliche Mechanismen), FU3 (Konzeption/Merkmale) und FU5 (Möglichkeiten/Grenzen). FU1, FU2b und FU7 sind deutlich dünner besetzt. Damit stützen die dichtensten Segmente die Kernmechanismen, während Akzeptanz- und Lehrenden-Perspektiven gezielt ergänzt werden sollten.

Die gestapelten Balken zeigen, dass hohe Relevanzstufen (4/5) den Großteil der Nennungen für FU4a, FU3 und FU5 ausmachen; niedrige Stufen (2/3) sind randständig. Das unterstreicht die solide Basis der Kernfragen und markiert zugleich Ergänzungsbedarf bei schmal besetzten FUs.

Kerngedanke und Argumentation tragen die meisten hochrelevanten Nennungen; Weiterführung und Schlussfolgerung sind dünner und enthalten teils niedrigere Stufen. Schlussfolgerungen sollten daher gezielt verdichtet werden, um die starke Argumentationsbasis sauber abzuschließen.

„Digital learning“ und „learning management system“ liefern die meisten hochrelevanten Treffer; „blended learning“ und „digital media“ folgen. Peripherie Begriffe (online learning/lernen) steuern nur wenige Quellen

bei. Die Kernbegriffe erschließen damit den relevanten Korpus, Randbegriffe dienen als Ergänzung.

Die Statusübersicht zeigt, dass der Großteil der Quellen nach Screening, Qualitäts- und Relevanzprüfung übernommen wurde; nur ein kleiner Anteil ist ausgeschlossen oder in Prüfung. Die Arbeitsbasis ist damit weitgehend gesichert.

Die Top-25-Autor\*innen liegen dicht beieinander (ca. 7–13 Werke; Spitze Kerres, Ebner, Tudor, Iken-Allen). Kein Name dominiert, der Diskurs ist breit und multiperspektivisch.

Die Sprachverteilung ( $n = 3\,533$ , Stand: 2025-11-26) ist zweipolig: Deutsch dominiert mit de-DE (2 326) und de-A (5), gefolgt von Englisch (en-GB 1 191; en-US 6). Einzelne Beiträge stammen aus indonesischen (id-id 3), malaysischen (ms-my 1) und spanischen (es 1) Quellen. Damit prägen deutsch- und englischsprachige Texte den Diskurs; Beiträge anderer Sprachen sind marginal und vor allem als Kontext- oder Fallstudienimpulse zu interpretieren.

Die Verteilung nach Dokumententyp pro Sprache ( $n = 3\,533$ ) unterstreicht die Quellenbasis: Deutsch (de-DE) vereint die meisten artikel- und buchbasierten Einträge (insgesamt 1 571) plus kleinere Anteile grauer Literatur; Englisch (en-GB) folgt mit 845 artikelbasierten und 299 buchbasierten Quellen sowie wenig grauer Literatur. Andere Sprachen treten nur in sehr kleinen, artikelbasierten Kontingenzen auf. Damit liegen die Hauptbefunde auf begutachteten Artikeln in Deutsch und Englisch, während Buchanteile vor allem den deutschsprachigen Teil theoretisch vertiefen.

Das Pfaddiagramm zeigt die Hauptströme von FU3/FU4a in Kergedanke/Argumentation und weiter zu Technologieintegration sowie Lehr-/Lerneffektivität, dominiert von Artikeln. Randströme (z.B. Datenschutz, Krisenreaktion) bleiben schmal und markieren Ergänzungsfelder.

Der Suchbegriff-Sankey bestätigt die Fokussierung: Digital learning, LMS und blended learning speisen vor allem Kergedanke und Argumentation; peripherie Begriffe liefern geringe Zuflüsse. Die Suchstrategie lenkt damit zielgerichtet in die zentralen Analysekategorien.

Das Suchbegriffsnetz 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 peripherie Online-Begriffe erweitern ihn kontrolliert.

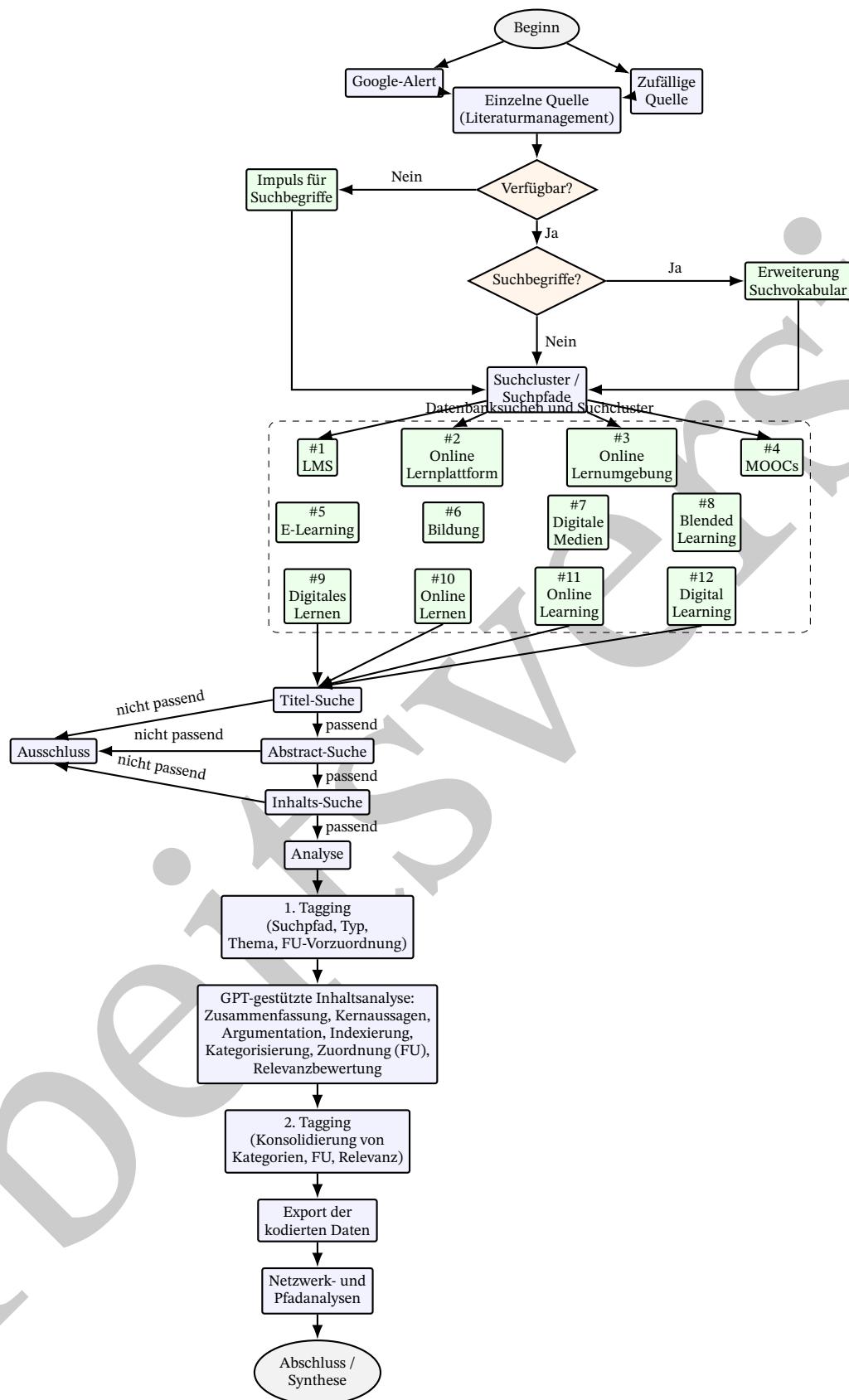


Figure 3: Ablaufschema der systematischen Literaturrecherche und -analyse.

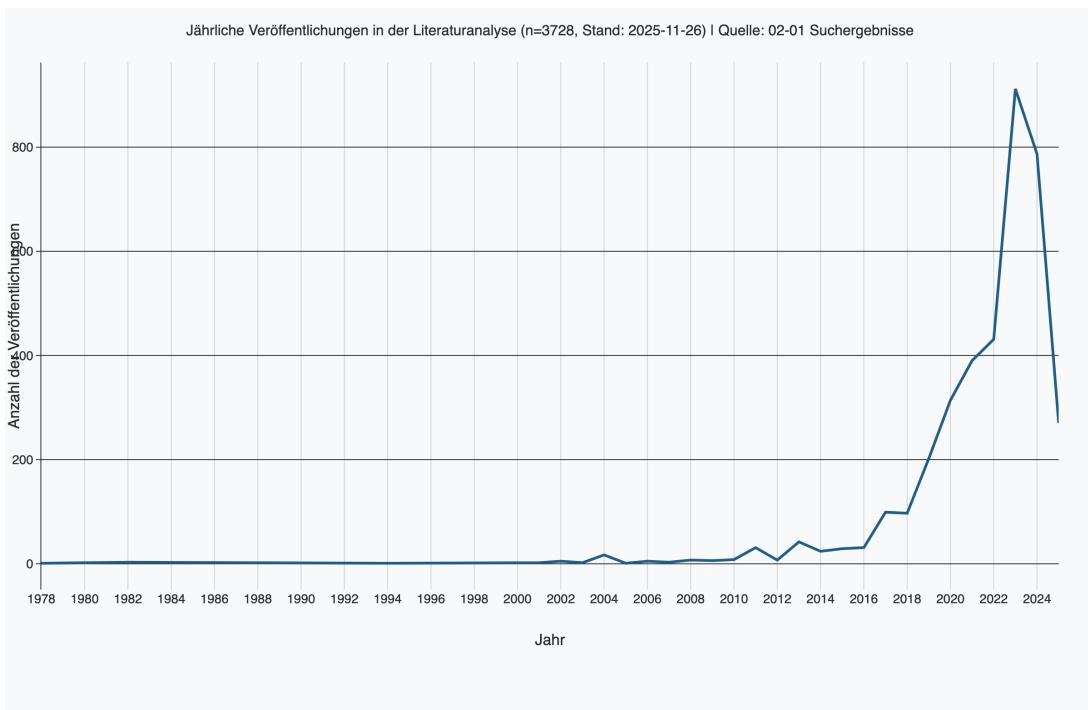


Figure 4: Zeitreihe der Publikationszahlen im Korpus; Grundlage für die Auswahl und Gewichtung der Jahrgänge in der Analyse.

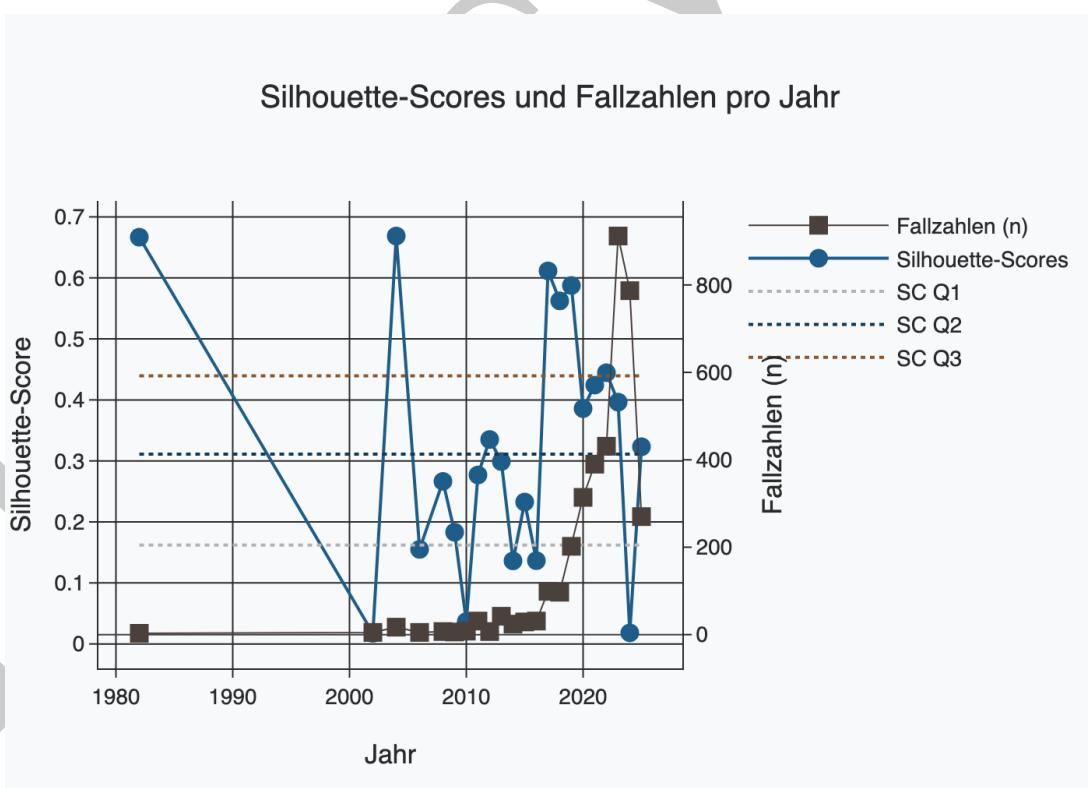


Figure 5: Silhouette-Scores und Fallzahlen pro Jahr; linke Achse zeigt die Clustertrennschärfe, rechte Achse die Fallzahlen.

Abweichung  $\Delta SC_n$  pro Jahr

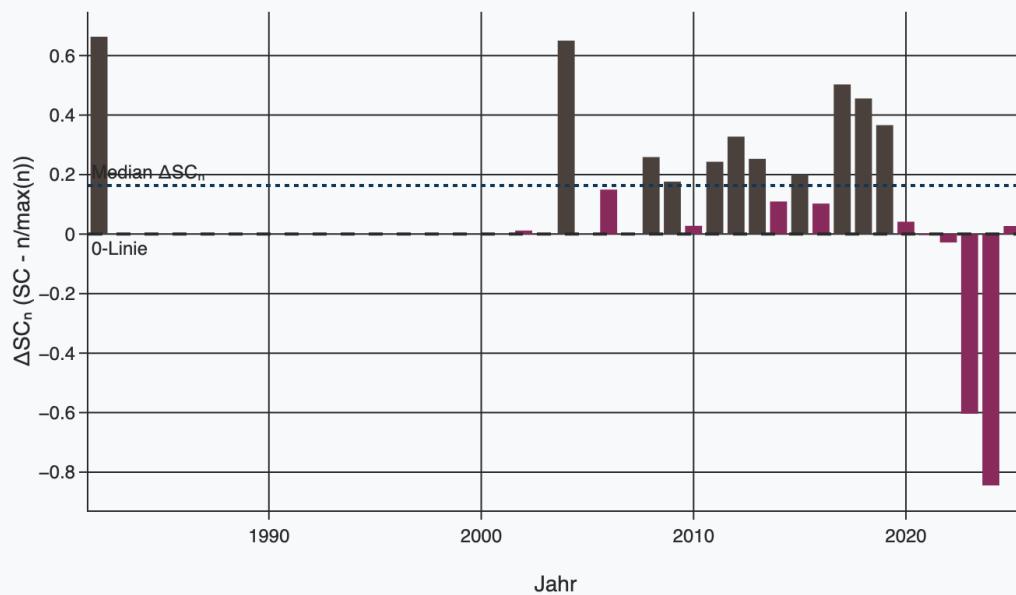


Figure 6: Delta von Silhouette-Scores und Fallzahlen pro Jahr als ergänzende Sensitivitätsanzeige zur Stabilität der Clusterhärenz.

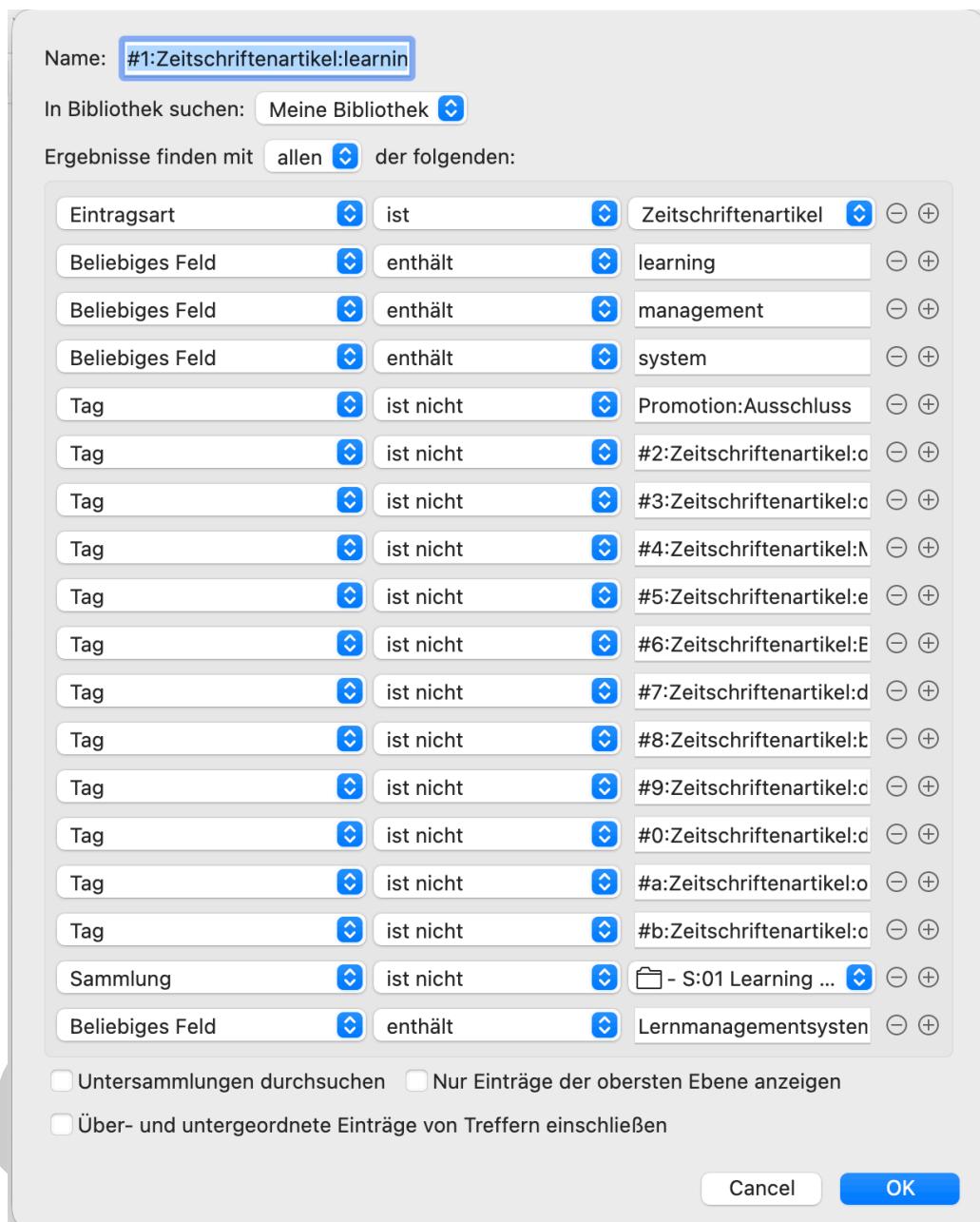


Figure 7: Bool'sche Logik der Suchordner und Quotensteuerung.

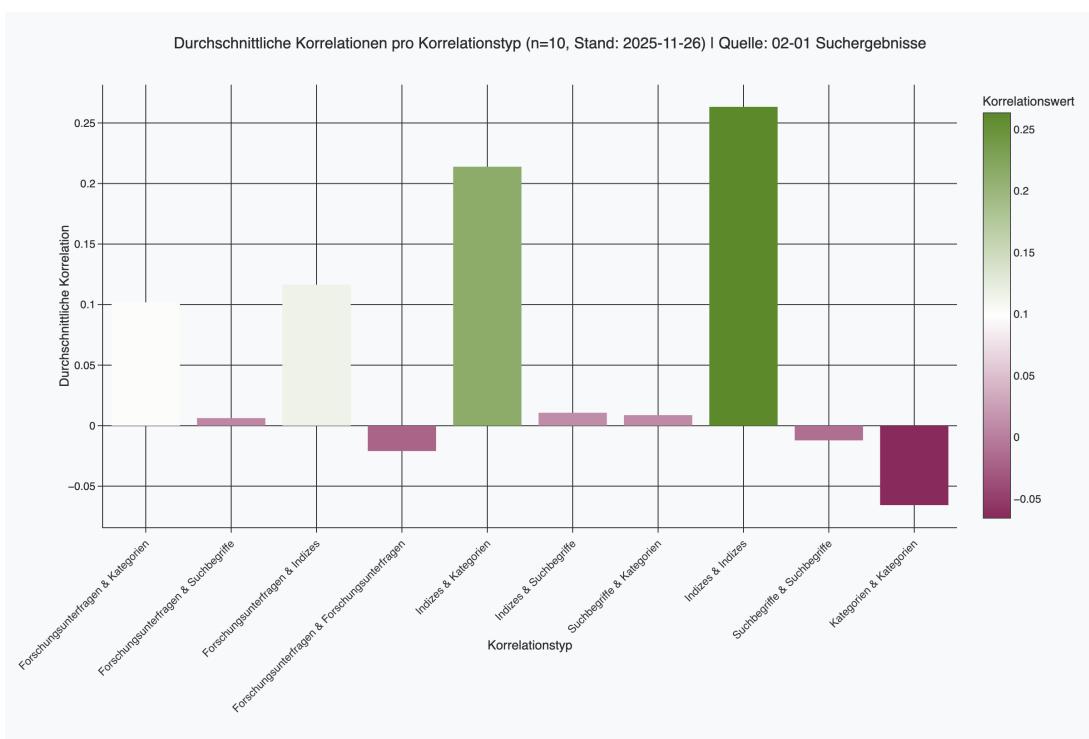


Figure 8: Gesamtüberblick der Suchergebnisse mit verdichteten Kenngrößen zu Relevanz, Sprachen, Quellenarten und Tags.

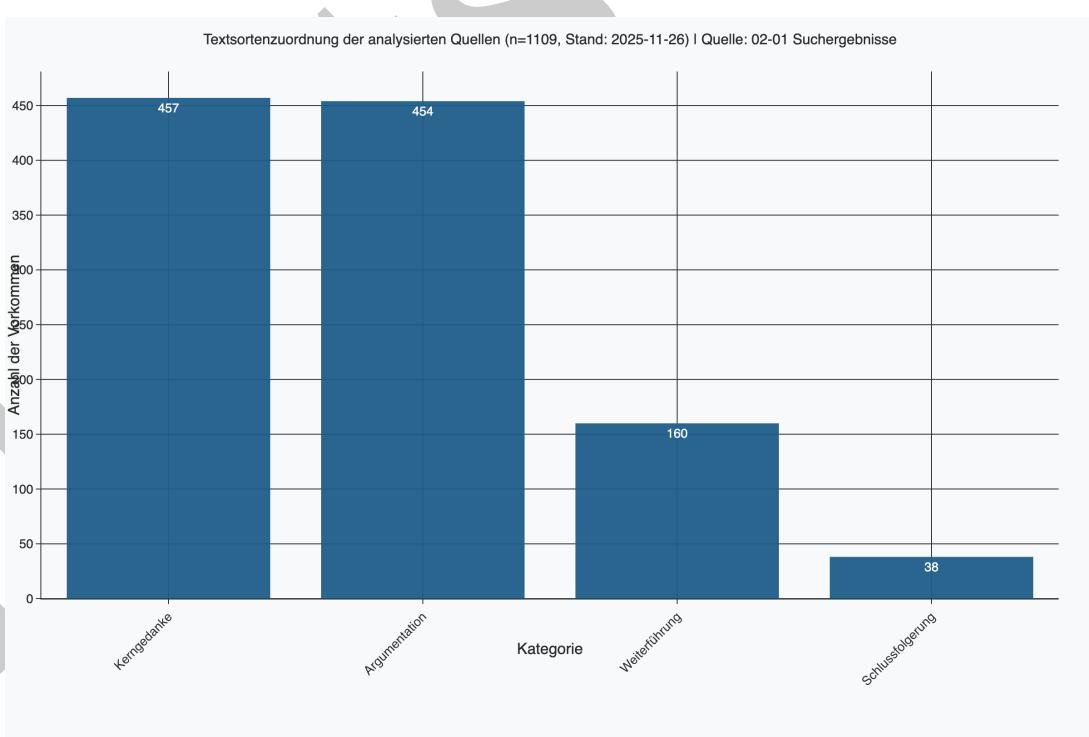


Figure 9: Verteilung der Kategorien innerhalb des Quellenkorpus.

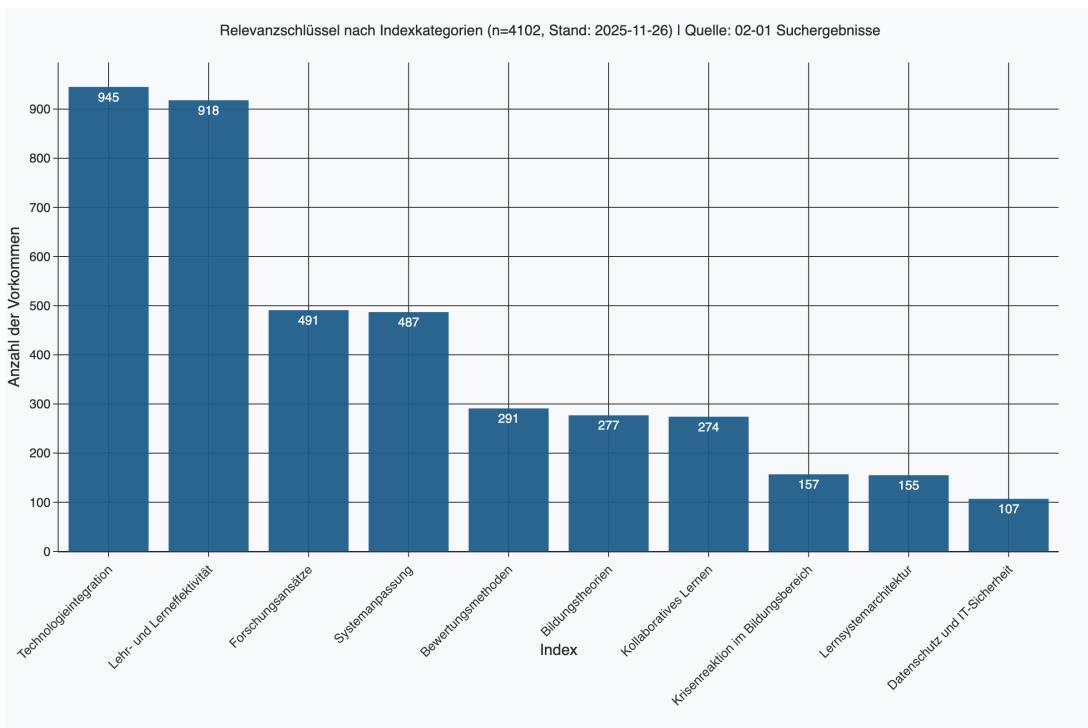


Figure 10: Verteilung zentraler Indizes im Quellenkorpus.

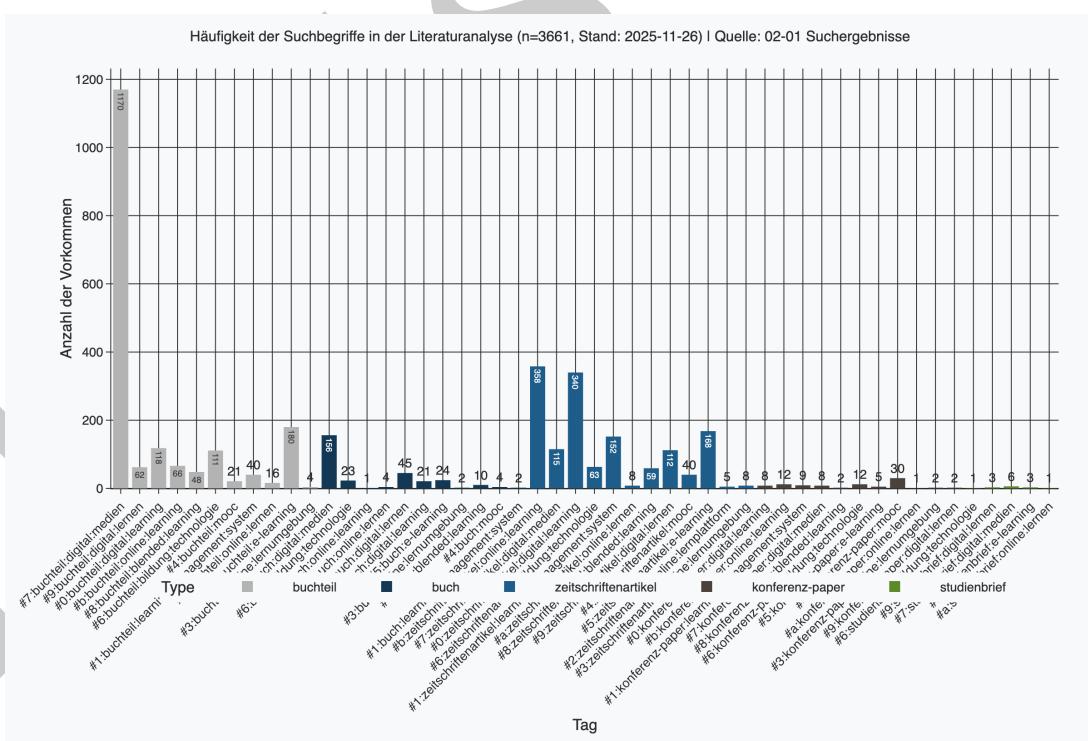


Figure 11: Tag-Struktur der verarbeiteten Quellen.

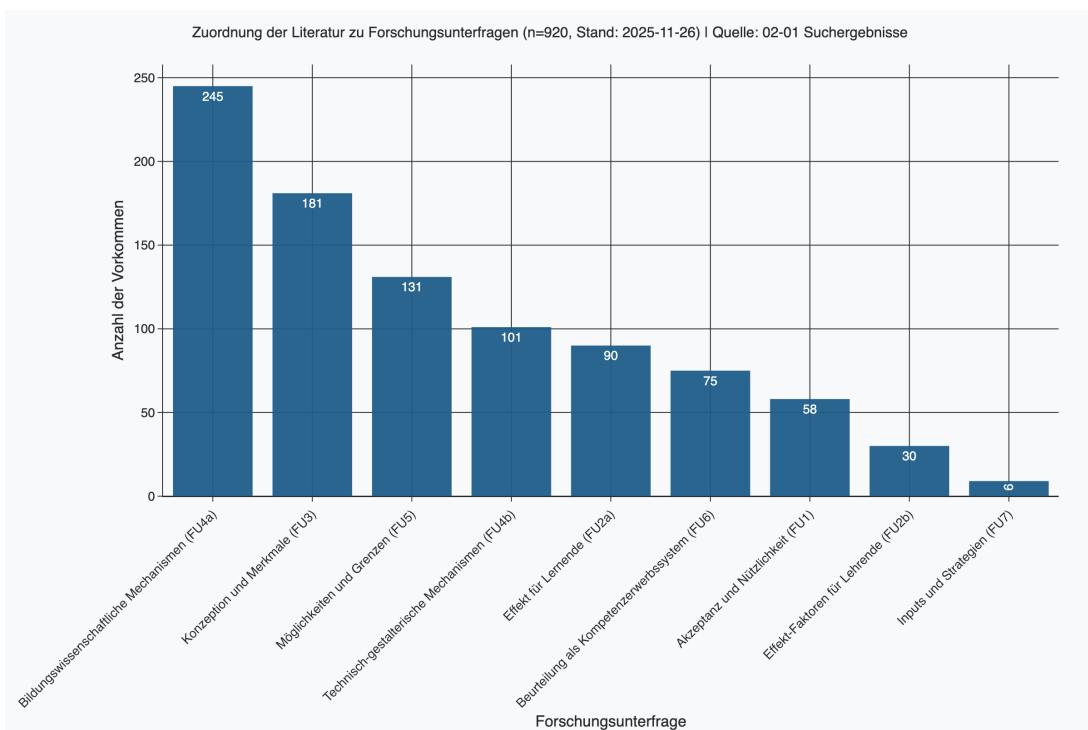


Figure 12: Zuordnung der Quellen zu den Forschungsunterfragen.

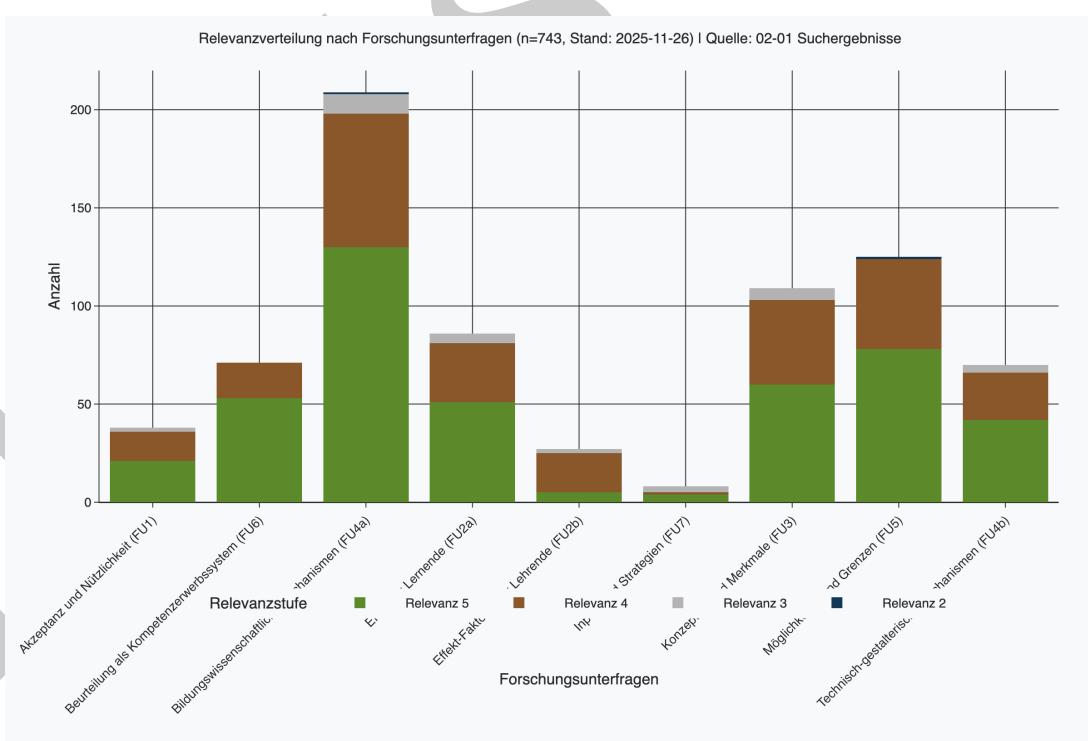


Figure 13: Relevanzverteilung je Forschungsunterfrage.

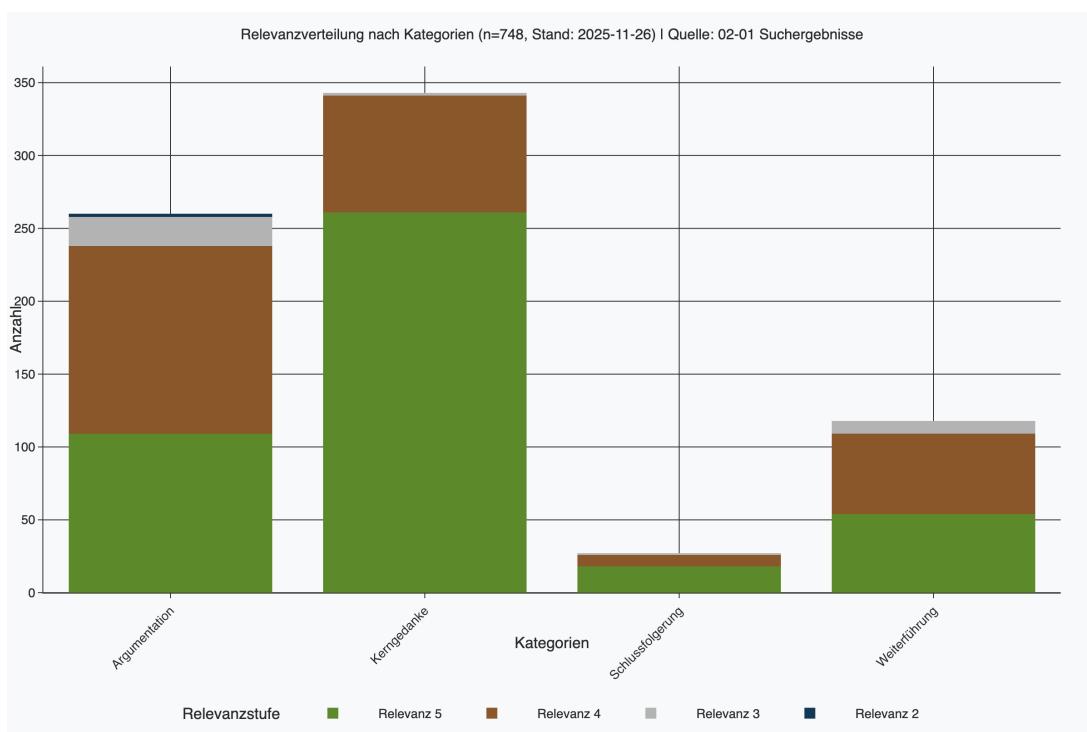


Figure 14: Relevanzverteilung je Kategorie.

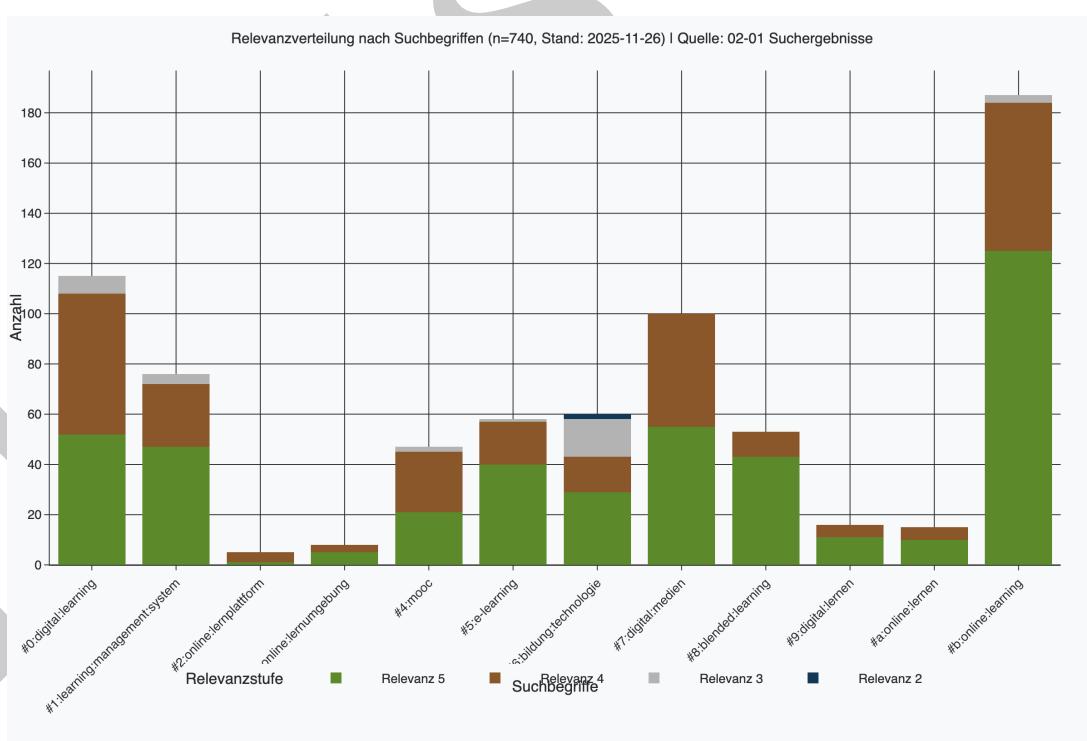


Figure 15: Relevanzverteilung je Suchbegriff.

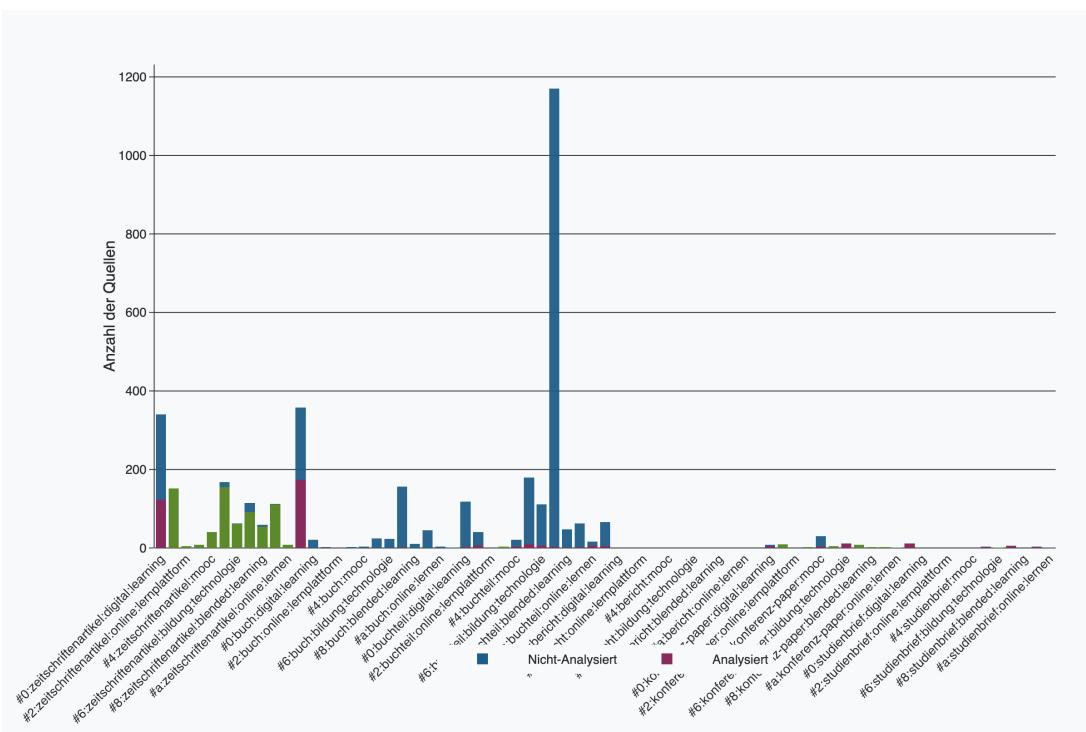


Figure 16: Statusübersicht der Quellen (z. B. akzeptiert, ausgeschlossen, in Prüfung).

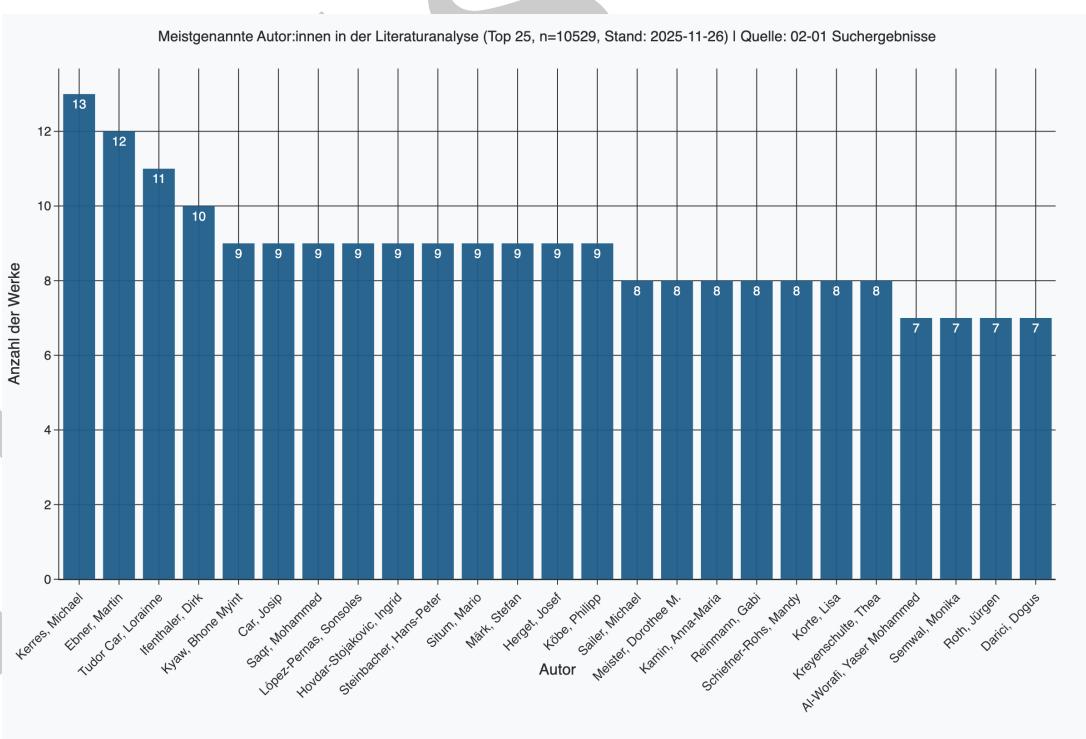


Figure 17: Top-Autor\*innen nach Häufigkeit im Korpus.

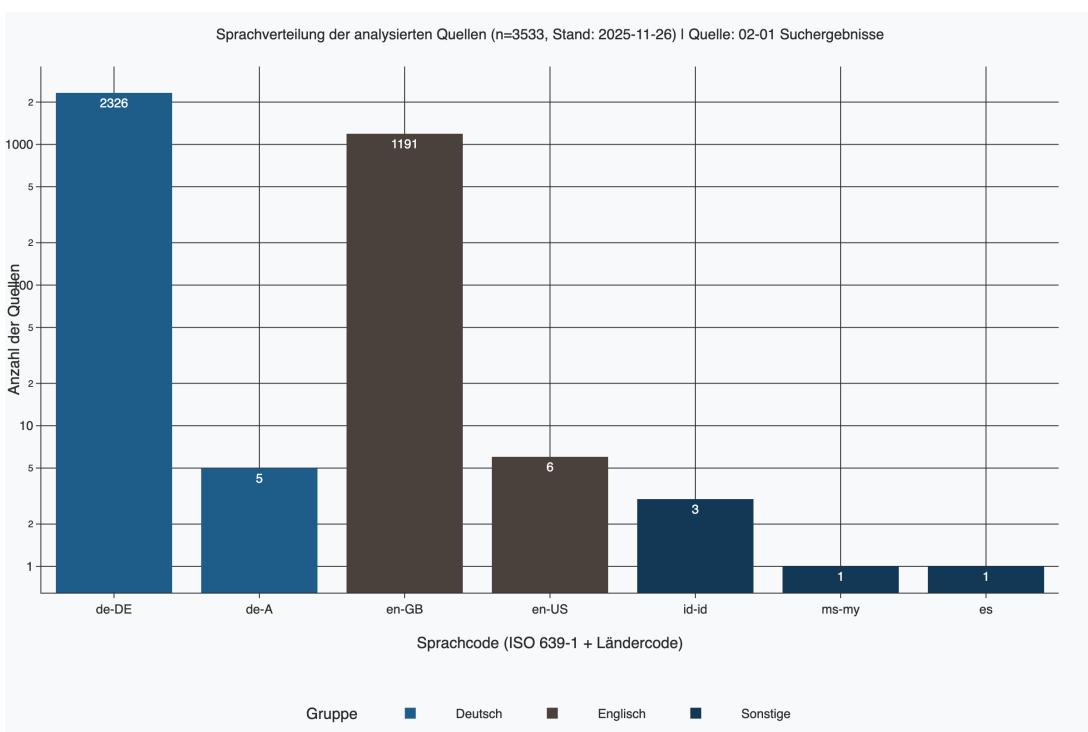


Figure 18: Sprachenverteilung der Quellen.

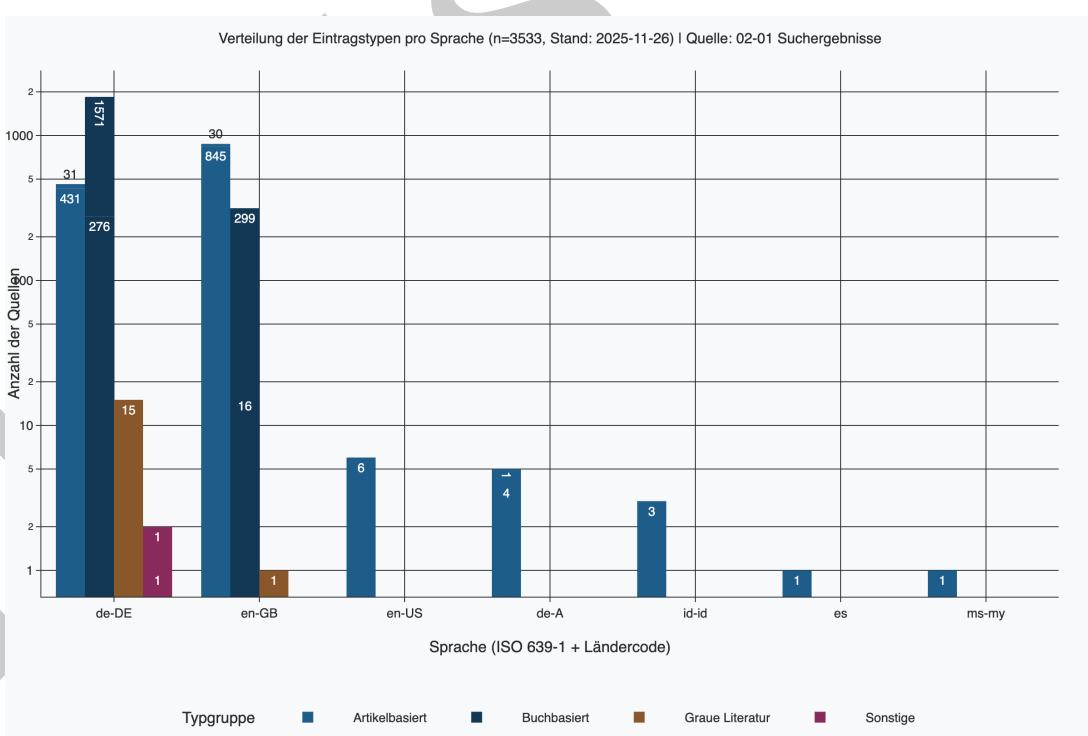


Figure 19: Sprachenverteilung nach Dokumententyp.

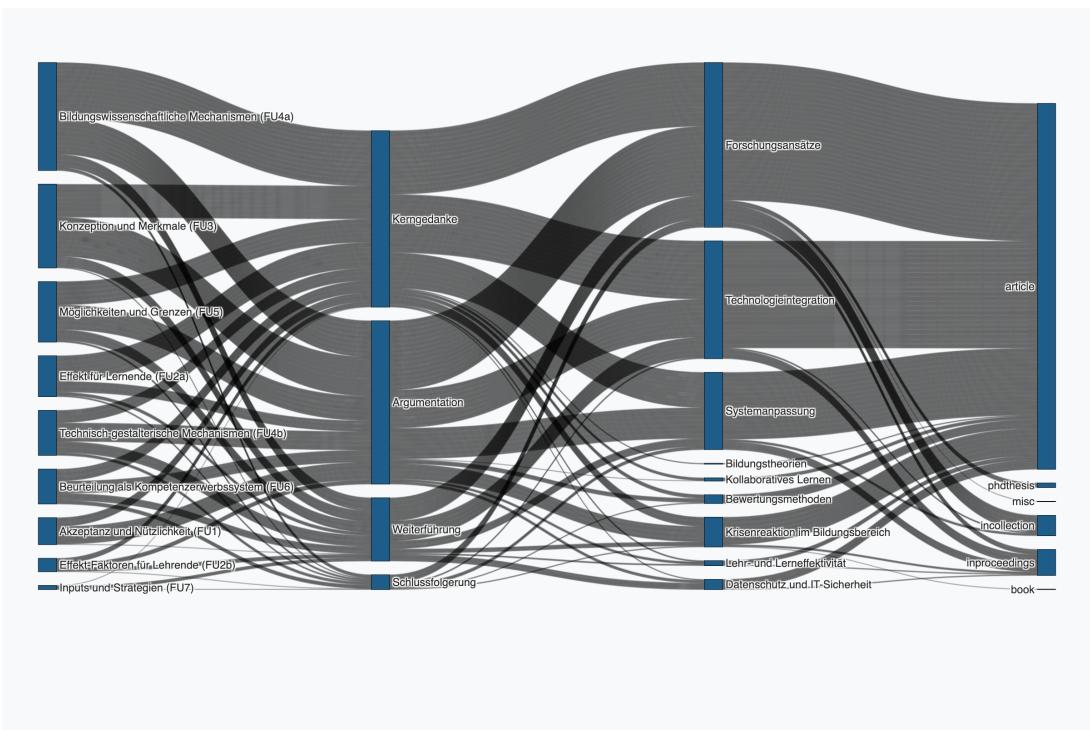


Figure 20: Pfadiagramm der Datenflüsse und Kategorien im Quellenkorpus.

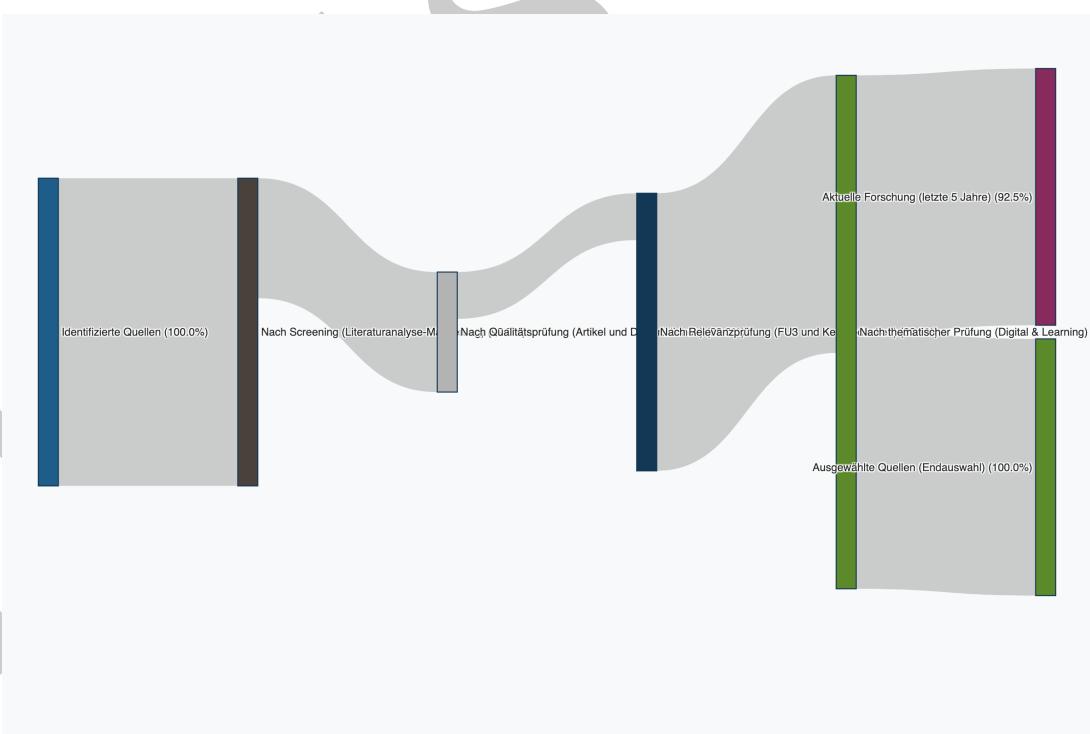


Figure 21: Sankey-Diagramm zur Visualisierung der Verteilung nach Suchbegriffen und Kategorien.

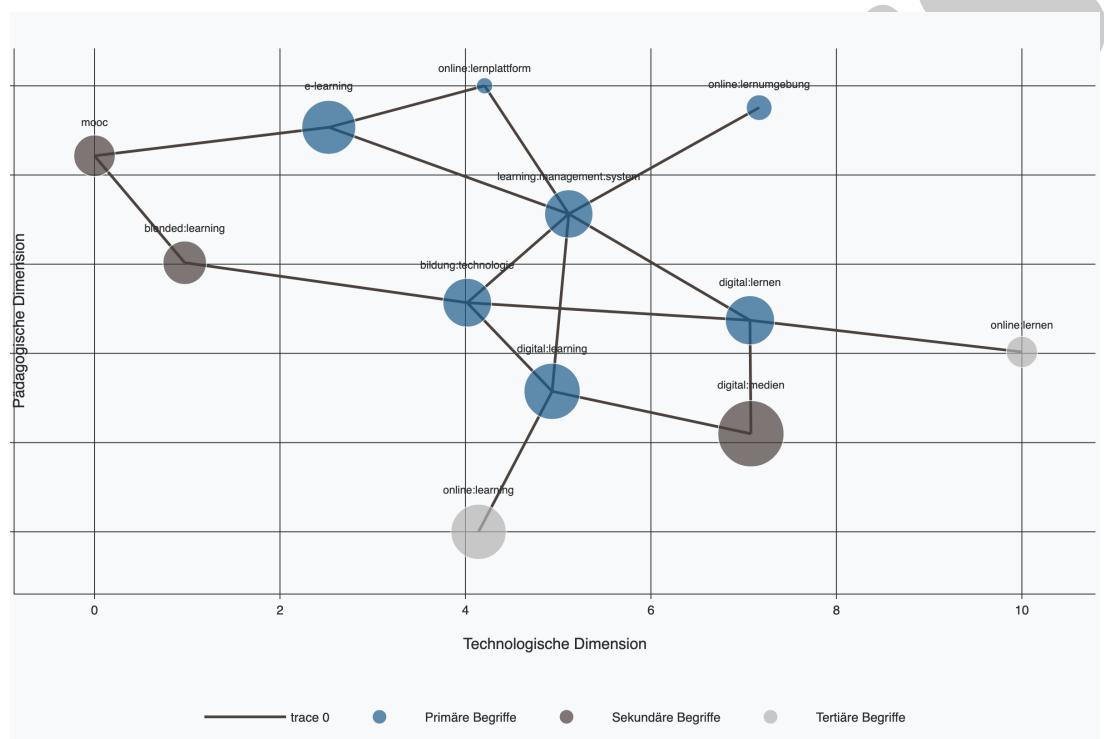


Figure 22: Netzwerkdarstellung der Beziehungen zwischen Suchbegriffen, Tags und Kategorien.

Eye-Tracking (RealEye): Design, Durchführung und Qualitätssicherung Die Entscheidung für ein webcam-basiertes Eye-Tracking mit RealEye folgt unmittelbar aus der Forschungsunterfrage FU4b, 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. 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 FU4b methodisch unproblematisch. Für FU4b 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. 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 (FU1/FU2) sowie mit den deduktiv entwickelten Kategorien entsteht eine theoriegeleitete, triangulierte Sicht auf die Wirkmechanismen des LMS.

Ergänzende methodische Absicherung #todo: Fleißtextüberführung ergänzen

#### A) Begründung der bildbasierten Auswertung

Die Auswertung ist bewusst bildbasiert, da die verwendete RealEye-Lizenz ausschließlich aggregierte Visualisierungen (Heatmap, Viewmap, Fog-View) bereitstellt. Qualitative Fixationsmuster gelten als valide Indikatoren für Aufmerksamkeit, Orientierung und Salienz: Yang & Krajbich (2021) belegen robuste Fixationsdaten, Kaduk et al. (2023) dokumentieren hohe Genauigkeit, und Wisiecka et al. (2022) bestätigen RealEye für AOI-Zuweisungen. Heatmaps identifizieren Fixationszentren, Viewmaps zeigen sequentielle Blickpfade und Orientierungswechsel, Fog-Views markieren systematisch ignorierte UI-Zonen. Die Dreifachbetrachtung entspricht gängigen UI-/UX-Empfehlungen auch für Remote-Erhebungen (iMotions (2023)).

#### B) Grenzen, Bias und Validierungsstrategie

Webcam-Tracking weist geringere Präzision, potenzielle Drift bei Kopfbewegungen und variierende Lichtempfindlichkeit auf. RealEye liefert keine Rohdaten, sondern serverseitig erzeugte Visualisierungen. Diese Bias werden systematisch abgedeckt durch:

- doppelte Kalibrierung mit RealEye-Validierungsstatus (Grün = akzeptiert),
- Ausschluss suboptimaler Sessions (Warn/Fail),
- konsistente Stimulusauflösungen,
- identische AOI-Definitionen über alle Sessions,
- FU-geleitete Auswertung (keine explorative Clusterbildung).

Fixationsmuster werden ausschließlich relativ interpretiert: als Verteilung innerhalb definierter AOIs. Inferenzen über absolute Sakkadenparameter oder Zeitreihen werden nicht vorgenommen. Die Vorgehensweise folgt etablierten Standards der visuellen Befundung, wie sie auch in radiologischen und pathologischen Kontexten genutzt werden, in denen Kontrast- und Mustererkennung aus aggregierten Bildern erfolgt.

### C) Triangulation und Rückbindung an FU4b

Die Aussagekraft der Eye-Tracking-Auswertung wird durch konvergente Triangulation gestützt:

1. Literaturbefunde zu UI-, Navigations- und Salienzwirkungen (FU3/FU4a),
2. Eye-Tracking-Visualisierungen (FU4b),
3. Umfragebefunde zu Struktur/Nützlichkeit (FU1/FU2).

Kongruenzen (z.B. kaum beachtete UI-Zonen + geringe Nützlichkeitsbewertungen) stützen die Modellannahmen. Divergenzen werden systematisch analysiert. Damit ermöglicht die Eye-Tracking-Methodik eine theoriegestützte Rekonstruktion der technisch-gestalterischen Wirkmechanismen des LMS.

Setup und Durchführung

#todo: 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 (z.B. F2-S2, F3-S3, F10-S3, F11-S3, F14-S3; feste Anzeigezeit ca. 8–12 s, #todo exakte Dauer ergänzen) -> Export der Visualisierungen; kein Reload, Einzel-Durchlauf pro Person.
- Stichprobe: #todo n gestartet; #todo n nach Kalibrierung akzeptiert; #todo n final analysiert (Grünstatus, Blicksignal vorhanden).

Metriken und Verarbeitung

#todo: 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 (Version #todo) 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: 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	FU4b/FU3	Salienz Navigation
F3-S3	Aufgabenbereich	FU4b/FU1	Info-Hierarchie/Blickführung
F10-S3	Lernplan, Kompetenzen	FU4b/FU6/FU1	Verständlichkeit
F11-S3	Weiterführende Quellen	FU4b/FU2a	Auffindbarkeit/Link-Salienz
F14-S3	Lernmaterial, Sicherheit	FU4b/FU6	Salienz Sicherheit

(Kurzbeschreibung; Auswertung in Abschnitt 4.3.9)

Auswertungsvorgehen (FU-geföhrt)

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 FU4b sowie, je nach Stimulus, FU1/FU2a/FU3/FU4a/FU6.
7. Formulierung einer kurzen, FU-spezifischen Wirkungsdiagnose je Stimulus.

Einschränkungen und Bias

#todo: 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), und alle Interpretationen werden manuell gegengeprüft (COPE/DFG-konform).

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

#todo Umfrage weiter ausführen und anpassen

Die LMS-Umfrage erfasst subjektive Wahrnehmungen und Bewertungen der Nutzenden und flankiert die Eye-Tracking-Daten durch Selbstauskünfte zu Akzeptanz, Nutzen und Hemmnissen. Sie stützt primär FU1 (Akzeptanz und Nützlichkeit) sowie FU2a/FU2b.

Die Erhebung ist vollständig anonymisiert, freiwillig und unabhängig vom Eye-Tracking-Studienteil; 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 FU1/FU2 und Abgleich mit Eye-Tracking-Befunden.

- Gütekriterien/Reflexion: Reliabilität über interne Konsistenz geprüft; Validität über Experten-Review und Pretest; mögliche Bias (Selbstselektion, soziale Erwünschtheit) werden in der Diskussion transparent gemacht.

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.

Analytisch werden die Umfrageergebnisse mit den Eye-Tracking-Befunden verschränkt: Divergenzen zwischen berichteter Nützlichkeit und beobachteter Nutzung werden als Hinweis auf Interface- oder Erwartungsinkonsistenzen interpretiert, Kongruenzen stützen die Modellannahmen zur Wirksamkeit. Subgruppenanalysen (z.B. Lehrende vs. Lernende, hohe vs. niedrige Nutzung) liefern Kontext für differenzierte Handlungsempfehlungen.

## 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 Qualitätsanforderungen 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.
- Analysen dritter Ordnung (P-QIA): Die probabilistisch-qualitative Inhaltsanalyse überführt die Ergebnisse der zweiten Ebene in einen Vektorraum, prüft sie 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.

### 4.3.2 Analyse 1. Ordnung: Primäranalysen

Die Primäranalysen bilden das Fundament der weiteren Verdichtungen. Jede wissenschaftliche Quelle wird mit einem dedizierten Prompt ausgewertet, der aus der jeweiligen Forschungsunterfrage abgeleitet ist (z.B. FU5 Primäranalysen (125).md; siehe 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 (Promotion:Literaturanalyse + Argumentationskategorie) 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.

#### 4.3.3 Analyse 2. Ordnung: Sekundäranalysen

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-Profile oder Korrelationsmatrizen.

Damit liefert die zweite Ordnung den semantischen Rahmen, in dem die probabilistische Verdichtung der dritten Ordnung operiert.

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

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 relationalen Zuordnung bedeutungstragender Einheiten.

##### Konzept und Abgrenzung

- Deduktive Rahmung durch die Forschungsunterfragen (FU1–FU7).
- Segmentierung aller Texte in Sinnabschnitte (1–3 Sätze; bei FU7 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 Sinnabschnitten und Kontextebenen.
3. Segmentierung (P-QIA) – Automatische Zerlegung der Texte in 1–3 Sätze (bei FU7 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, Kodiermanual.
7. Kodierung des Materials (Mayring) – Anwendung des Manuals, Dokumentation von Grenzfällen.
8. Synthese, Metamodellierung und Theoriebildung (Mayring + P-QIA) – Rückbindung an die FU und Dokumentation der Kennwerte.

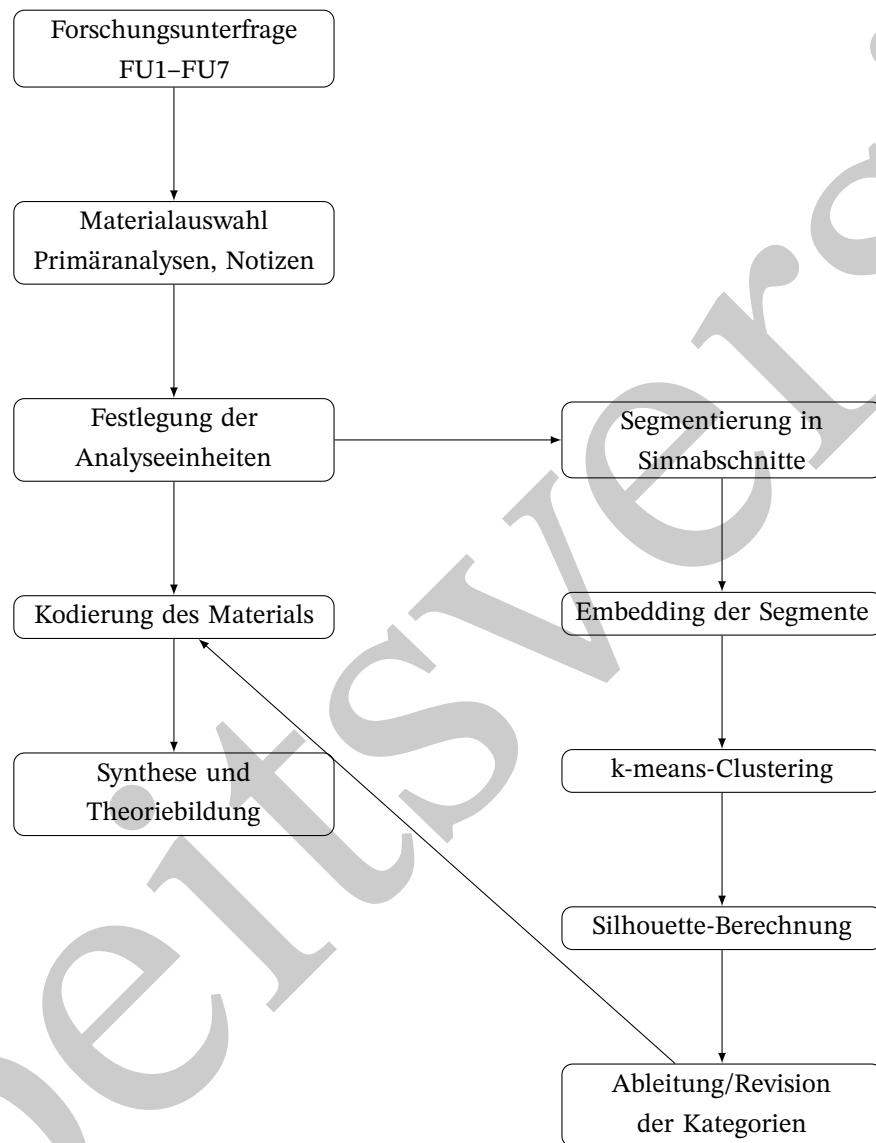


Figure 23: Ablauf der P-QIA-gestützten Inhaltsanalyse.

#### 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).

FU	k	Silhouette	Interpretation nach Rousseeuw (1987)
FU1	8	0.91	sehr starke Clustertrennung

FU	k	Silhouette	Interpretation nach Rousseeuw (1987)
FU2a	12	0.88	starke Clusterstruktur
FU2b	14	0.89	starke Clusterstruktur
FU3	15	0.87	starke Clusterstruktur
FU4a	12	0.90	sehr starke Clustertrennung
FU4b	12	0.92	nahezu perfekte Trennung
FU5	14	0.88	starke Clusterstruktur
FU6	12	0.89	starke Clusterstruktur
FU7	10	0.93	nahezu perfekte Trennung

Rousseeuw (1987) bewertet Werte  $> 0,70$  als stark und  $> 0,90$  als nahezu perfekt. Die dokumentierten Kennwerte zeigen somit, dass die vektorbasiert gefundenen Cluster sowohl interpretativ als auch statistisch stabil sind. 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. Transparente 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, 2025a) und im Repository <https://github.com/jochen-hanisch/charite-promotion> dokumentiert. Ihre theoretische Herleitung fußt auf drei Komponenten:

1. Deduktive Strukturierung des semantischen Raums: Theoriegeleitete Dimensionen ((Kuckartz & Räderer, 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 & Caponetto, 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; dieselben Parameter (*k* = 4, Euklidische Distanz, Lloyd-Iteration) liegen den Visualisierungen in Abschnitt , zugrunde.

Im Verlauf der Dissertation wurde die mdaCV als dauerhafte Feedback-Schleife eingesetzt. Beispielhaft 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: 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; Rakhlis & Caponetto, o. J.), die beschriebenen Limitationen (Sensitivität auf Ausreißer, sphärische Clusterannahme) werden berücksichtigt (*The Drawbacks of K-Means Algorithm | Baeldung 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.

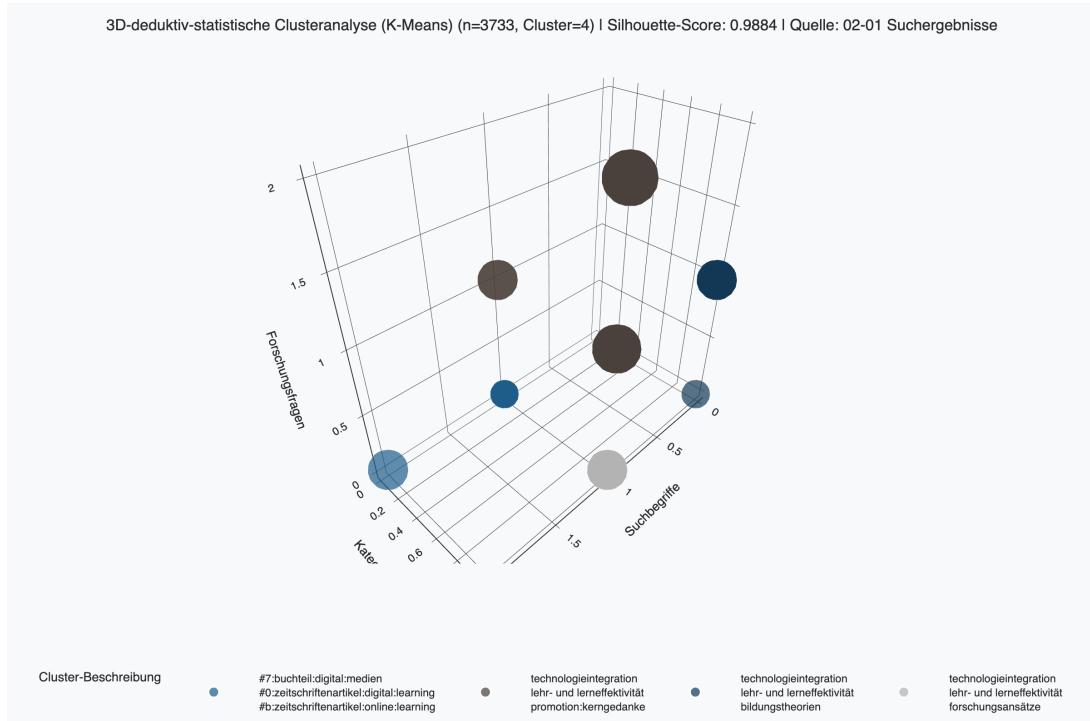


Figure 24: Deduktive k-means-Clusteranalyse des Quellenkorpus.

Die Abbildung zeigt die dreidimensionale, deduktiv angelegte Clusteranalyse des Literaturkorpus ( $n = 3733$ ) auf Basis des  $k$ -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 (FU1–FU7) 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 logisch konsistente Themenräume:

1. Cluster 1 (hellblau): Schwerpunkt im Schnittfeld digitale Medien, Buchtitel, Lernumgebung. Hoher Bezug zu FU3 (didaktische und technologische Merkmale).
2. Cluster 2 (dunkelblau): Fokus auf Online-Learning, Learning Analytics, bildwissenschaftlichen Theorien. Dominante Bezugspunkte zu FU4a und FU6.
3. Cluster 3 (grau): Bereich der technologiegestützten Lehr-Lern-Effektivität, oft verknüpft mit FU2a/b. 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 FU7. Auffällige Dichte an Basismodellen (TPACK, SDT, Systemtheorie).

#todo 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 mehrere 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 → FU4a/FU6 vs. technologische Integration → FU3/FU7).
- 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:

- 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 erstmalig eine umfassende, methodisch stringent abgesicherte Kartierung des Forschungsfeldes und infolgedessen der Lückenschluss zwischen deduktiver Theoriearbeit und datenbasierter Validierung.

Die korrelativen Visualisierungen stellen die semantischen Beziehungen zwischen den zentralen Analyseebenen des Literaturkorpus dar: Forschungsunterfragen (FU1–FU7), 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.

#### Forschungsunterfragen × Forschungsunterfragen

Abbildung 25 zeigt die Korrelationsstruktur zwischen den Forschungsunterfragen. Sie 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.

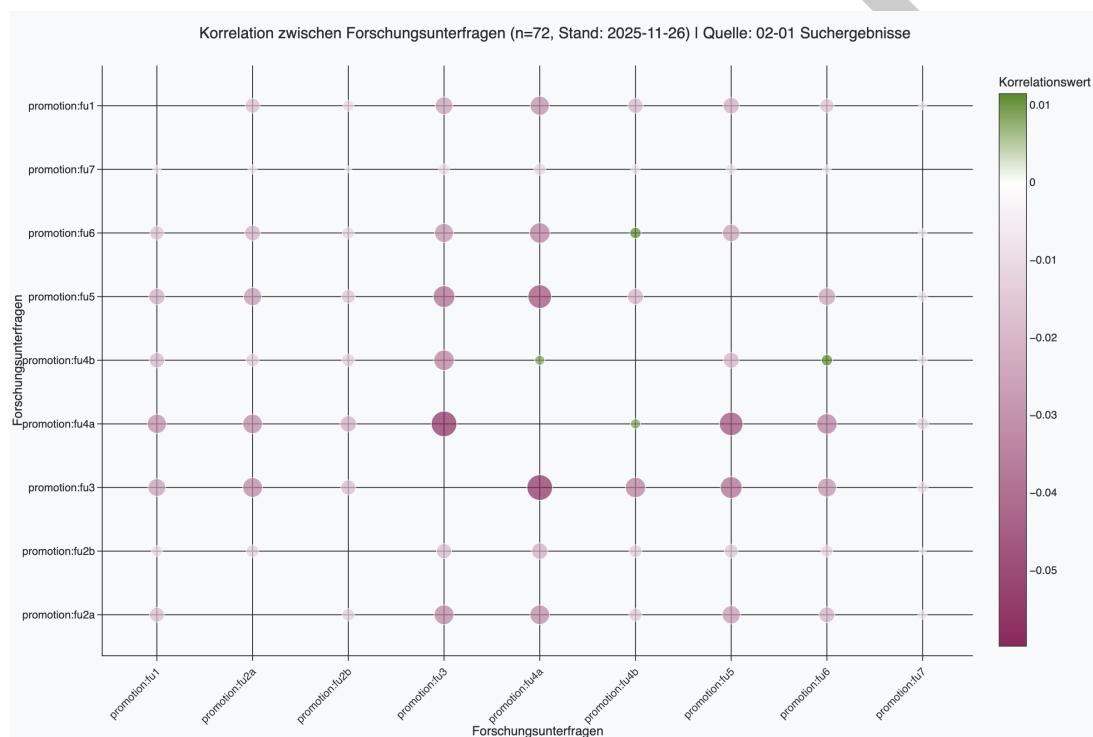


Figure 25: Korrelationsmatrix der Forschungsunterfragen.

Analyse: Werte bleiben fast durchgängig im schwach negativen Bereich; punktuell leichte positive Ausreißer (z.B. FU4a/FU3). Es gibt keine dominanten Achsen, sondern ein fein gestreutes Muster mit einzelnen Verdichtungen bei FU4a.

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. FU4a ↔ FU3) und bleiben methodisch tolerabel.

#### Forschungsunterfragen × Suchbegriffe

Abbildung 26 zeigt die Korrelationsstruktur zwischen Forschungsunterfragen und Suchbegriffen. Sie 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.



Figure 26: Korrelationsmatrix zwischen Forschungsunterfragen und Suchbegriffen.

Analyse: Positiv verdichtet bei FU4a/FU4b in Kombination mit digital learning/medien und E-Learning; geringe, vereinzelt negative Bezüge bei FU1/FU7 auf klassische Lernplattform-Begriffe. Werte bleiben insgesamt moderat.

Interpretation: Die Suchbegriffe spiegeln die thematische Fokussierung der FU wider (insb. FU4a/b), ohne Querbezüge zu dominieren. Das stützt die semantische Passung der Suchstring-Logik zu den FU-Schwerpunkten.

#### Forschungsunterfragen × Kategorien

Abbildung 27 zeigt die Korrelationsstruktur zwischen Forschungsunterfragen und Kategorien. Sie 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.

Analyse: Schwerpunkte liegen bei „kerngedanke“ und „weiterführung“, jeweils mit moderaten positiven Bezügen zu FU4a, FU4b und FU5. „Argumentation“ koppelt erwartungsgemäß leicht an FU3/FU4a. 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

Abbildung 28 zeigt die Korrelationsstruktur zwischen Forschungsunterfragen und Indizes. Sie dient der Validierung der deduktiven Logik und zeigt die Muster der Beziehungen, ohne dass hohe absolute Korrelations-

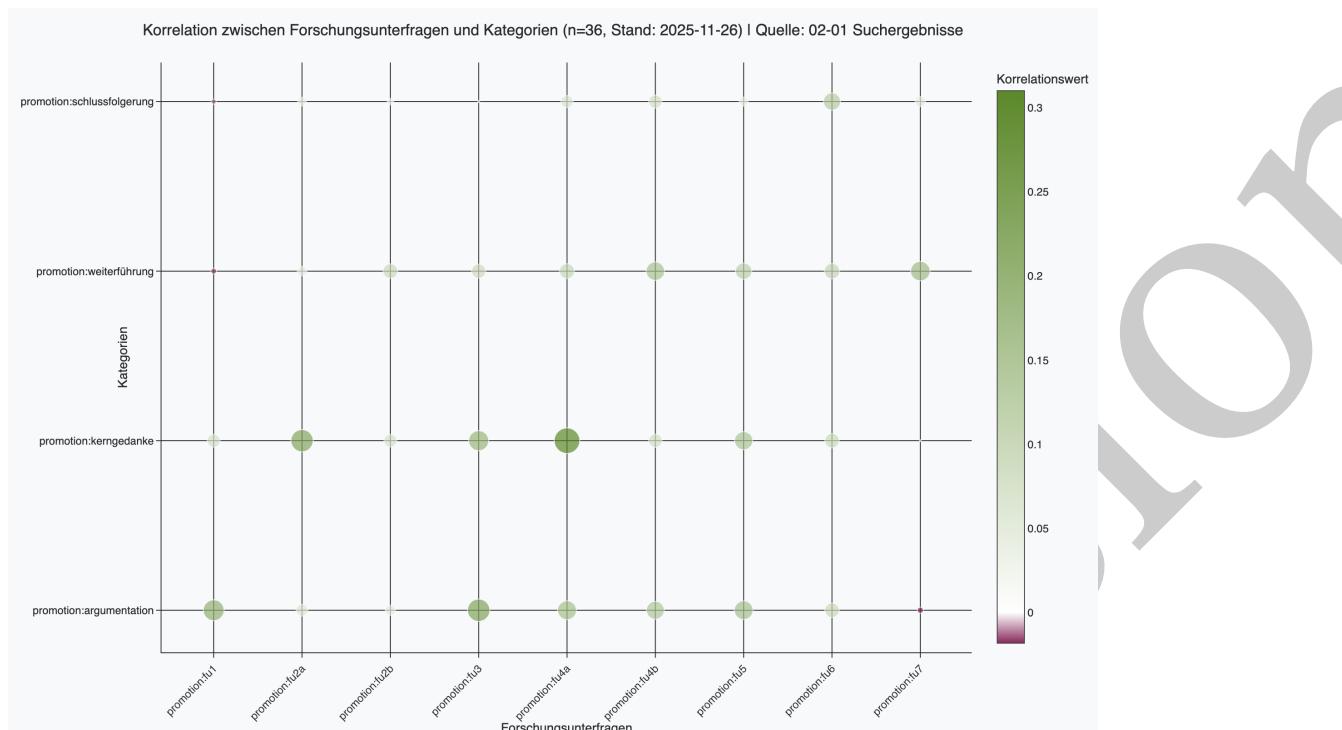


Figure 27: Korrelationsmatrix zwischen Forschungsunterfragen und Kategorien.

werte im Vordergrund stehen. Entscheidend sind Verteilung, Richtung und relative Stärke der Zusammenhänge.

Analyse: Stärkere positive Kopplungen bei technologische Integration, kollaboratives Lernen und Lehr-/Lerneffektivität, vor allem mit FU4a/b und FU6. Schwache oder neutrale Werte bei FU1/FU7; negative Ausreißer fehlen praktisch.

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

#### Suchbegriffe × Suchbegriffe

Abbildung 29 zeigt die Korrelationsstruktur der Suchbegriffe. Sie 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.

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

Abbildung 30 zeigt die Korrelationsstruktur zwischen Suchbegriffen und Kategorien. Sie 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.

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

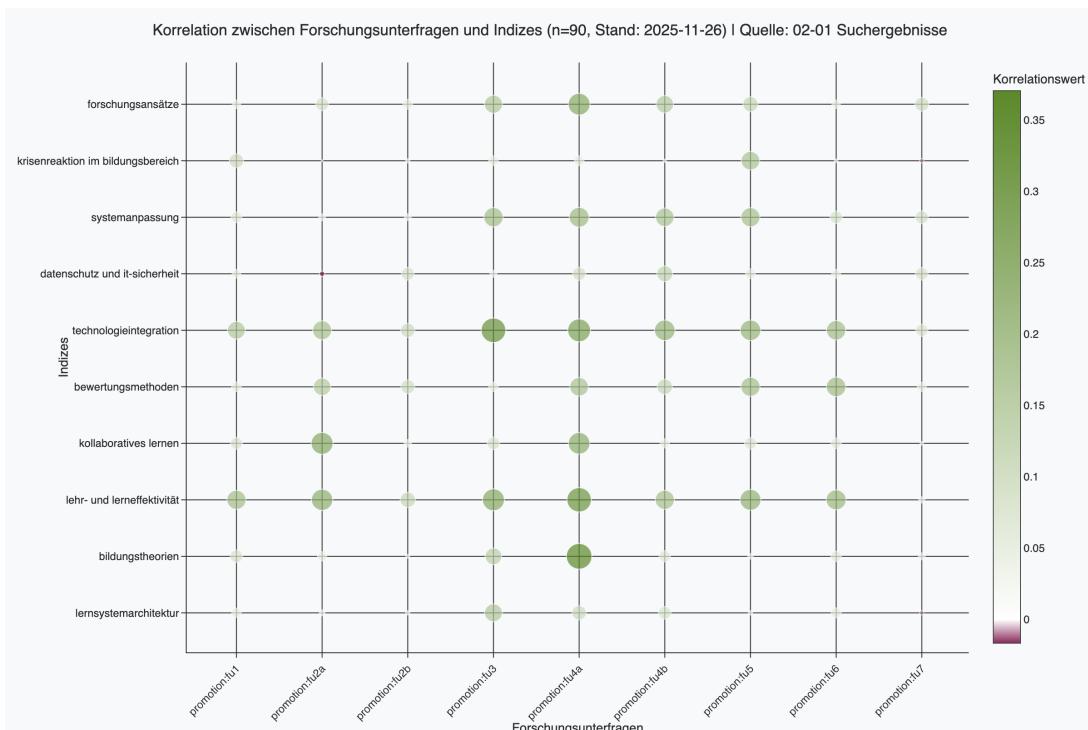


Figure 28: Korrelationsmatrix zwischen Forschungsunterfragen und Indizes.

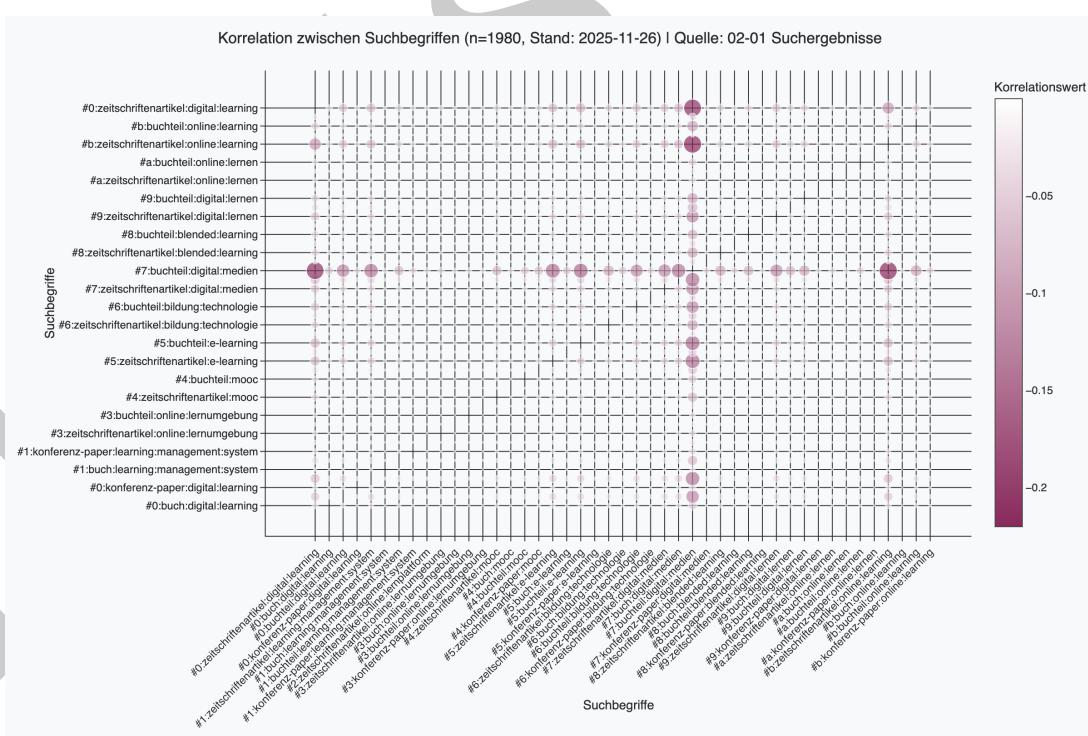


Figure 29: Korrelationsmatrix der Suchbegriffe.

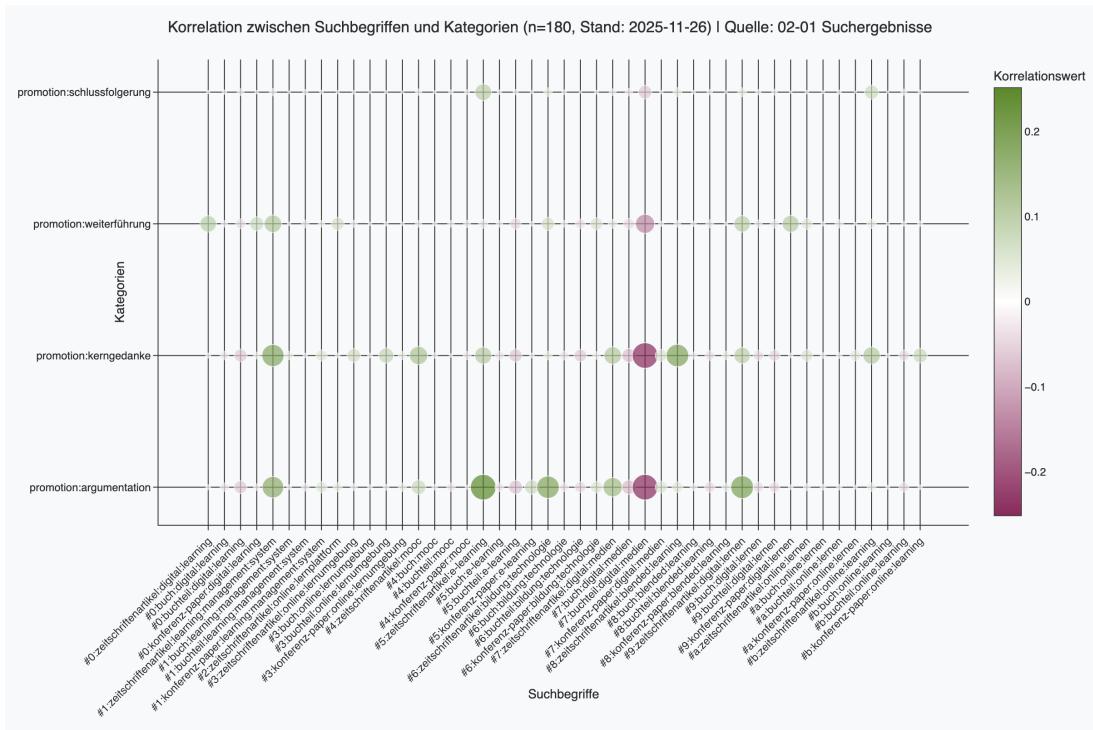


Figure 30: Korrelationsmatrix zwischen Suchbegriffen und Kategorien.

moderat.

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

#### Kategorien × Kategorien

Abbildung 31 zeigt die Korrelationsstruktur der Kategorien. Sie 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.

Analyse: Vereinzelte, schwach positive Beziehungen zwischen „argumentation“/„kerngedanke“ und „weiterfuehrung“; 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

Abbildung 32 zeigt die Korrelationsstruktur der Indizes. Sie 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.

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

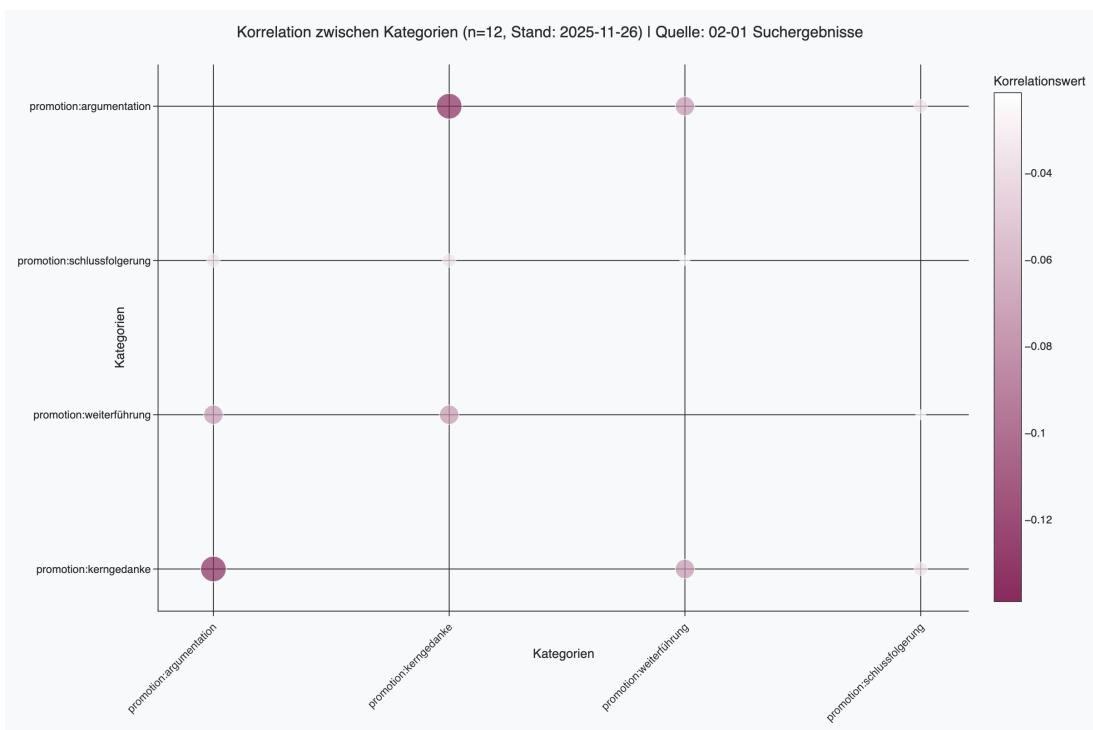


Figure 31: Korrelationsmatrix der Kategorien.

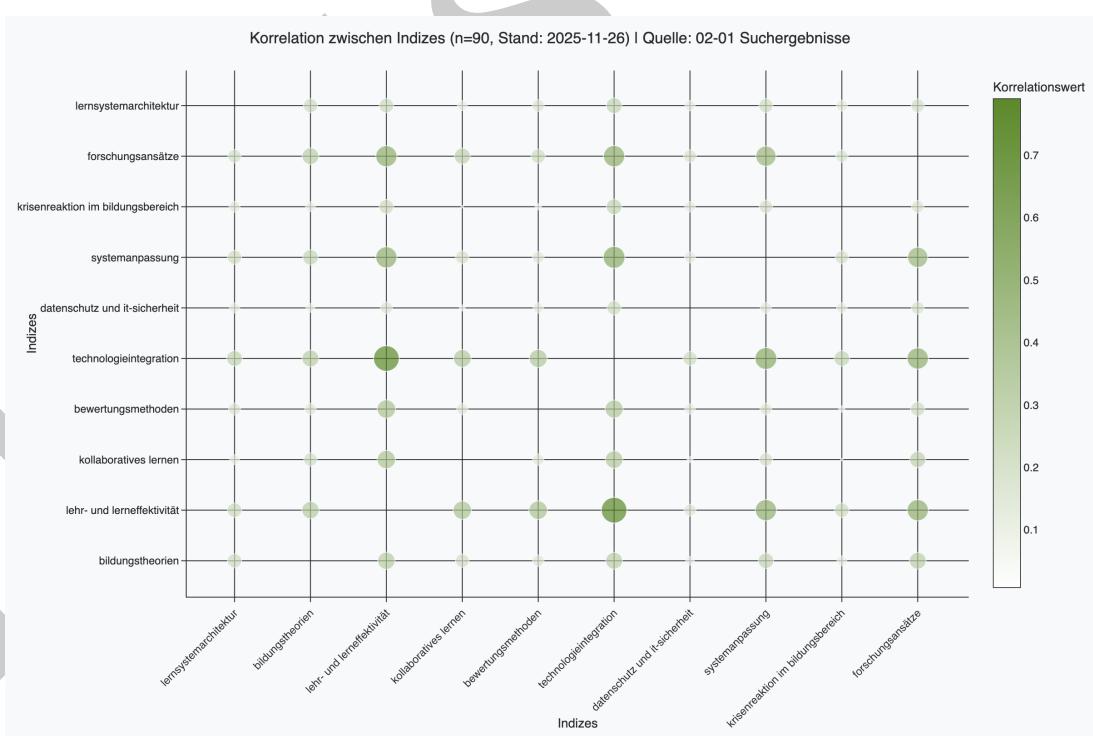


Figure 32: Korrelationsmatrix der Indizes.

Abbildung 33 zeigt die Korrelationsstruktur zwischen Indizes und Kategorien. Sie 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.

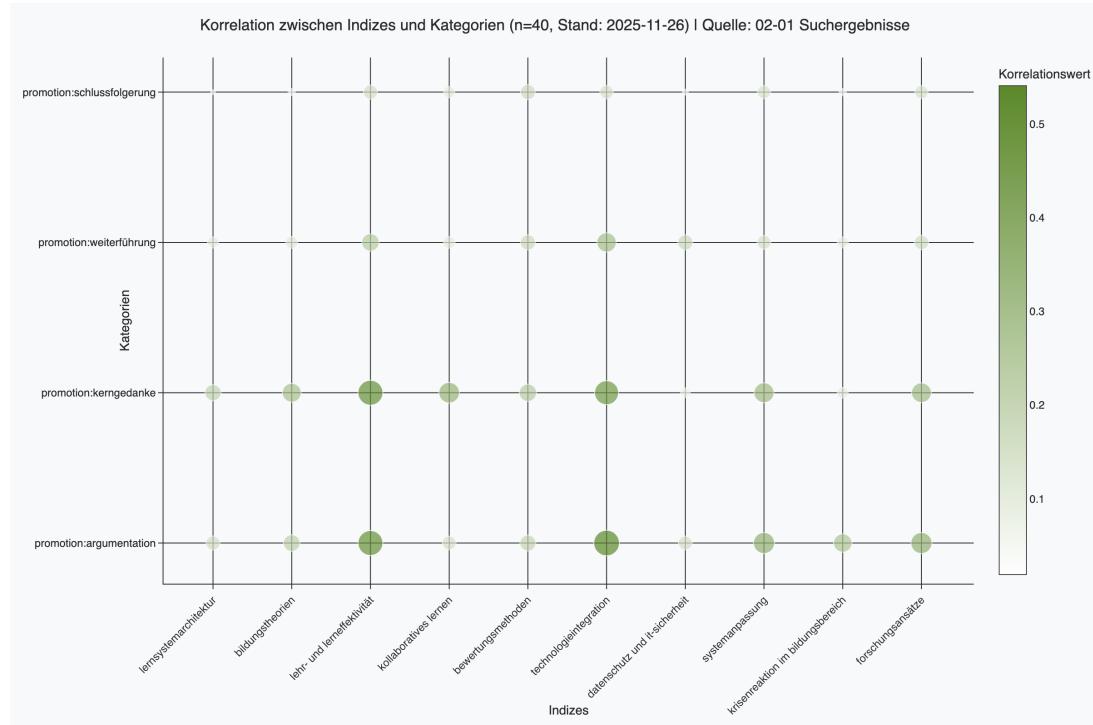


Figure 33: Korrelationsmatrix zwischen Indizes und Kategorien.

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

Abbildung 34 zeigt die Korrelationsstruktur zwischen Indizes und Suchbegriffen. Sie 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.

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

Die Auswertung koppelt Eye-Tracking-Befunde mit den Selbstauskünften der LMS-Umfrage, um Wahrnehmung und tatsächliche Aufmerksamkeit auf UI-Elemente zusammenzuführen.



Figure 34: Korrelationsmatrix zwischen Indizes und Suchbegriffen.

- 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.
- Eye-Tracking-Befunde (Beispiele): Heatmaps/Scanpaths pro Stimulus zeigen Blickzentrierung auf Navigationselemente und Aufgabenbeschreibungen; AOI-Hits und Dwell Times dienen als primäre Kennzahlen. Auffällige Sequenzen werden mit den angenommenen UI-Wirkmechanismen (FU4b) gespiegelt.
- Umfrage-Befunde (Struktur): Gewichtet ausgewertete Dimensionen zu Akzeptanz/Nutzen/Hemmnnissen; deskriptive Kennzahlen pro Subgruppe (Lehrende/Lernende; Nutzungshäufigkeit) und Gesamtmaß.
- 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-/Erwartungsbrüche und fließen in die Diskussion ein.
- Limitierungen: Ökologische Validität des Labors, potenzielle Reaktivität, breite KIs in kleinen Kursen, Selbstselektion in der Umfrage. Diese Punkte werden in Kapitel 4.2.4/4.2.5 adressiert und in der Ergebnisinterpretation transparent gemacht.

#todo 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 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

### 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 kann ein systemisch-konstruktivistisches Verständnis von Erkenntnis angesetzt werden, das mit bewährten Evaluationsmodellen (z. B. dem CIPP-Modell nach Stufflebeam in (Hanisch, 2017, Kapitel 3.1)) sowie analytischen Verfahren wie Korrelations- und deduktiven Clusteranalysen verbunden wird. Diese Kombination ist weder beliebig noch additiv, sondern strukturell aufeinander bezogen und somit theoriekompatibel. Die Auswahl der Methoden ergibt sich aus der forschungsfragengeleiteten Logik. Sie folgt keiner Paradigmentreue, sondern einem funktionalen Verständnis von Methodeneinsatz und hat zur Folge, dass qualitative und quantitative Verfahren entlang der FU dort eingesetzt werden, wo sie zur Bearbeitung beitragen. Die theoretischen Begriffe (z. B. Kompetenz, Selbstorganisation, Nachhaltigkeit) werden auf konkrete Analyseebenen übertragen, etwa über Prädiktorvariablen (z. B. PV1a-PV3 bei Hanisch (2017, Kapitel 3.4)) oder KI-gestützte Analysen. Sämtliche Analyseprozesse, von der Auswahl der Quellen, über die Generierung und Anwendung der Prompts, bis hin zur Auswertung und Rückführung in die FU, sind dokumentiert, versioniert und theoretisch hergeleitet. Die Struktur folgt einer nachvollziehenden analytischen Logik, die von der FU über die erste KI-gestützte Analyse bis zur Metaebene mit Clusterauswertungen übergeht. Als kuratierende Hilfsmittel unterstützen digitale Werkzeuge, unter deren Verwendung das Literatur- und Notizmanagement (Zotero), die Versionierungen (Gitea), sowie die statistischen Berechnungen und Visualisierungen (Python) durchgeführt werden konnten. Diese Kombination von Methoden und Werkzeugen gewährleistet sowohl Reproduzierbarkeit als auch in sich Konsistenz.

Bereits in der Zusammenstellung der Analyseeinheiten erfolgen bewusste Entscheidungen, zum Beispiel zur Nichtberücksichtigung von Masterarbeiten und reiner „grauer Literatur“ in bestimmten Clusteranalysen. Diese 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). Mein methodisches Vorgehen erfüllt, trotz seiner systemisch-flexiblen Struktur, zentrale Anforderungen wissenschaftlicher Strenge. Die Methoden sind theoriebasiert, nachvollziehbar, funktional gewählt und systematisch eingesetzt. Zugleich werden klassische Evaluationsverfahren in ein offenes, komplexitätssensibles Design integriert.

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 originär, transparent dokumentiert und methodologisch innovativ.

#### 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.
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.	Reflexionspassagen im Methodikteil; Benennung von Grenzen und Annahmen; manuelle Stichproben-Codierungen; Auswahl datenschutzkonformer Umgebungen; Replikationsstrategien bei Modellaktualisierungen.

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.

#### Methodische Stärken

- Forschungsfragengeleiteter Ansatz mit systemischer Perspektive.
- Kombination klassischer Methoden (Literatur, Simulation, Eye-Tracking) 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.

### 5.1 Überblick und Einordnung

(Kurz einordnen, was in diesem Kapitel passiert und wie es zu den Forschungsfragen und der Methodologie (Kapitel 4) passt.)

### 5.2 Verteilung der Analysen nach Kernbereichen

Die detaillierte Verteilung der 797 ausgewerteten Analysen auf die einzelnen Forschungsunterfragen (FU1–FU7) ist in Kapitel 3, Quellenanalyse, dokumentiert. Für die Ergebnisdarstellung werden die Forschungsunterfragen zu vier Kernbereichen gebündelt:

- Kernarchitektur (FU3, FU4a, FU5) – mit rund 58 % der Analysen der empirische Schwerpunkt der Arbeit (Konzeption, Mechanismen, Möglichkeiten/Grenzen des Learning Management System (LMS)).
- Nutzungserleben & Gestaltung (FU1, FU2a, FU4b) – knapp 30 % der Analysen zu Akzeptanz, subjektivem Lernerleben und technisch-gestalterischen Mechanismen.
- Kompetenzorientierung (FU6) – gut 8 % der Analysen zur Rolle des LMS als Kompetenzerwerbssystem.
- Rollen & Strategien (FU2b, FU7) – 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 Eye-Tracking: exemplarische Abbildungen je Stimulus (Heatmaps) einbinden und Verweis auf Anhang A.7 für komplette Bildreihen ergänzen.

#### 5.3.1 FU3: Didaktische und technologische Merkmale

#### 5.3.2 FU4a: Bildungswissenschaftliche Mechanismen

#### 5.3.3 FU5: Möglichkeiten und Grenzen

#### 5.3.4 FU1: Akzeptanz und Nützlichkeit

#todo Eye-Tracking-Befunde (z.B. F10-S3/F11-S3 Gesamt-Visuals) hier knapp einbinden und mit Umfrage-Ergebnissen spiegeln. Triangulation mit Umfragewerten ergänzen.

### 5.3.5 FU2a: Effekt auf Lernende

#todo Eye-Tracking-Befunde (F10-S3/F11-S3) zur Nutzung/Orientierung aufnehmen und gegen subjektive Angaben stellen.

### 5.3.6 FU4b: 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. Detaillierung: 04 Kapitelstruktur/04-05 Ergebnisse/FU4.md; vollständige Bildreihen: Anhang A-7.

### 5.3.7 FU6: 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 belegt, dass diese Operationen schon im Interface sichtbar sind (Orientierung -> Stabilität -> Handlung). Die Umfrage zeigt parallele Jahrgangsgradienten (unsicher -> stabil -> souverän) und hohe Relevanz der Struktur. Die in Tabelle 7 abgeleiteten rechtlich-funktionalen Anforderungen bilden dabei den normativen Rahmen, in dem diese Ergebnisse verortet werden. Damit generiert das LMS den Kompetenzerwerb nicht ergänzend, sondern konstitutiv. Detaillierung: 04 Kapitelstruktur/04-05 Ergebnisse/LMS als Kompetenzerwerbsystem.md; Visualisierungen: Anhang A-7.

### 5.3.8 FU2b: Effekt auf Lehrende

### 5.3.9 FU7: Erweiterung von Kausalgesetzen

## 5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

#todo Kurze Verdichtung der wichtigsten Befunde als Brücke zur Diskussion in Kapitel 6. 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.

## 6 Diskussion

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

### 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).

### 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 verdeutlichen, dass die Gestaltung des Learning Management Systems (LMS) nicht neutral wirkt, sondern die visuelle Orientierung der Lernenden systematisch beeinflusst. 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 nicht als neutrale Container fungieren, sondern 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 Tiefe dimension: Das LMS wirkt nicht einseitig, sondern eröffnet einen systemischen Möglichkeitsraum, in dem konstruktive und dysfunktionale Effekte untrennbar miteinander verschränkt sind. Das Wirkgefüge entsteht erst durch diese Differenzform – nicht durch die Dominanz eines der beiden Pole.

Das ist ein entscheidender, fast schon durchbruchartiger Moment: Der präzise systemtheoretische Grundbegriff, der das Modell trägt, ist die Interdependenz der Wirkgefügewahrscheinlichkeiten. 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.

Es geht nicht um Anti, Contra oder Kritik, sondern um die Beschreibung eines Interdependenzgefüges, in dem positive und negative Wirkungswahrscheinlichkeiten sich gegenseitig ermöglichen, begrenzen, stabilisieren, irritieren und hervorbringen. Damit entsteht eine wissenschaftliche Grundlage, die originär ist, obwohl sie auf luhmannschen Denkkategorien basiert.

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 nicht Gleichgewicht, Balance, Harmonie oder wechselseitige Ergänzung, sondern 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 nicht getrennt, nicht gegensätzlich, nicht spiegelbildlich, sondern wechselseitig bedingt und strukturell abhängig. Sie bilden das Interdependenzgefüge des digitalen Bildungsraums. Damit entsteht eine ontologisch saubere Struktur: Der digitale Bildungsraum ist nicht das Positive, nicht das Negative, sondern die Interdependenz beider Wirkgefügestrukturen, die zusammen ein Wirkgefüge als Ganzes konstituieren. 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. Was daran originär ist

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 ist, ein luhmannianisches Strukturprinzip in ein operatives epistemisches Modell zu überführen, das digitale Bildungsräume theoretisch neu rahmt und für deren Analyse originär ist.

## 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 – nicht das Positive, nicht das Negative, sondern ihr Zusammenhang. #todo Kurzformat mit 10–12 Interdependenz-Thesen entlang der Wirkdimensionen (Positiv/Negativ/Kopplung) ausarbeiten und in Kap. 7 integrieren. #todo 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, Interdependenz nicht nur theoretisch zu beschreiben, sondern als gestaltbare epistemische Infrastruktur digitaler Bildungsräume zu begreifen.

## 6.4 Methodische Reflexion und Limitationen

- Bewertung der eingesetzten Methoden (Kapitel 4) und ihrer Grenzen.
- Diskurs über Validität, Reliabilität und Generalisierbarkeit der Befunde.
- Die Eye-Tracking-Daten unterliegen spezifischen methodischen Einschränkungen. Die Nutzung eines webcam-basierten Systems (RealEye) impliziert eine geringere räumliche Präzision und eine sensitivere Reaktion auf Kopfbewegungen als laborbasierte Eye-Tracker. Zudem standen ausschließlich aggregierte Bildexporte (Heatmap, Viewmap, Fog-View) zur Verfügung, was die Berechnung klassischer AOI-Metriken (z. B. Dwell Time, Time to First Fixation) ausschließt. Die Analyse basiert daher auf einer

qualitativen, visuell interpretierten Fixationsverteilung, deren Validität durch aktuelle Forschung zu webcam-basiertem Tracking gestützt wird. Die Stichprobe ist begrenzt und repräsentiert primär Ausbildungsrealitäten aus einem spezifischen Kompetenzbereich, was die Übertragbarkeit moderiert. Gleichwohl ergibt sich eine hohe interne Validität durch die Triangulation mit Literaturbefunden und den Ergebnissen der begleitenden Umfrage. Die Analogie zur radiologischen Befundung unterstützt die methodische Einordnung, da auch dort interpretationsgeleitete Bildmuster genutzt werden. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Eye-Tracking-Ergebnisse keine metrische Präzision beanspruchen, jedoch eine robuste, qualitativ belastbare Evidenz für Wahrnehmungs- und Orientierungsmuster bereitstellen.

## 6.5 Ausblick und Forschungsperspektiven

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

## 7 Conclusio und Ausblick

### 7.0 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 nicht als Zielzustand, sondern 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 Wirkgefügwahrscheinlichkeiten sind strukturell interdependent; sie ermöglichen, begrenzen und irritieren sich gegenseitig. Die Gestaltungsaufgabe liegt darin, diese Interdependenzen sichtbar, steuerbar und reflexiv zu machen.

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 nicht moralisch, sondern strukturell; sie beschreiben operative Wahrscheinlichkeiten, keine Bewertungen.
- Operativität: Wirkgefüge zeigen sich in Handlungen (Orientieren, Entscheiden, Steuern) und in deren Ermöglichungs- und Störungsbedingungen.
- Gestaltung als Kopplungsarbeit: Didaktik und Technik gestalten nicht Zustände, sondern 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 führt zu Übersteuerung und Signalrauschen.

• 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 immer die Kopplung, nicht nur 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 immer 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 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.

### 7.1 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse

- Verdichtung der wichtigsten Befunde aus Kapitel 5.
- Rückbindung an die Zielsetzung aus Kapitel 1.

### 7.2 Theoretische Schlussfolgerungen

- Beitrag zum Verständnis des digitalen Bildungswirkgefüges.
- Konsequenzen für zukünftige Theorieentwicklung.

### 7.3 Praktische Implikationen

- 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.

## Literaturverzeichnis

- American Psychological Association. (2024, Februar). *Style and Grammar Guidelines*. <https://apastyle.apa.org>.  
<https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines>
- 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.
- Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, Pub. L. No. Art. 12 V v. 7.6.2023 I Nr. 148, 4280 ff. (2023). <https://www.gesetze-im-internet.de/notsan-aprv/NotSan-APrV.pdf>
- Baraldi, Claudio, Corsi, Giancarlo, & Esposito, Elena. (2019). Operation/Beobachtung. In *GLU: Glossar zu Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme* (9. Aufl., S. 123–128). Suhrkamp.
- 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>
- Brandic, Benjamin, & Wiesinger, Clemens. (2024). *Asynchroner Arbeitseinstieg: Fachliches Onboarding mithilfe eines autodidaktischen Moodle-Kurses*.
- Bundesgesundheitsministerium. (2025, Mai 6). *Gesundheitsberufe - Allgemein. Gesundheitsberufe*. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/gesundheitswesen/gesundheitsberufe/gesundheitsberufe-allgemein.html>
- 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.
- 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)
- Fonseca, Ana Paula, Zegers, Carolien, & Firooz, 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>
- 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>
- Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters, Pub. L. No. Art. 1 G v. 22.5.2013 I 1348, 1348 ff. (2023). <https://www.gesetze-im-internet.de/notsan/NotSanG.pdf>
- Glaserfeld, Ernst von, & Köck, Wolfram K. (2008). *Radikaler Konstruktivismus: Ideen, Ergebnisse, Probleme* (1. Aufl., [Nachdr.]). Suhrkamp.
- 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.
- Hanisch, Jochen. (2017). *Nachhaltiges Wissensmanagement durch Kollaborationstools in der rettungsdienstlichen Ausbildung: Evaluation von Einflussfaktoren am Beispiel der Sicherung selbstorganisierter Gruppenar-*

- beitsergebnissen 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). *Systematische Literaturanalyse: Analysemodul für semantische Netzwerke und multidimensionale Visualisierung in systematischen Literaturanalyseprozessen* (Version v1) [Software]. b-Quadrat - Das Gitlab. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15387108>
- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025b). *Systematische Literaturanalyse: Analysemodul zur deduktiv-statistischen Clusteranalyse und bivariaten Korrelation in systematischen Literaturanalyseprozessen* (Version 1) [Software]. b-Quadrat - Das Gitlab. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15386334>
- Hanisch-Johannsen, Jochen. (2025c, Mai 29). *NFS-H-01: Eigenverantwortliche Maßnahmen. Willkommen im b-Quadrat – Das Edulab* [Learning Management System [unveröffentlichtes Lehrmaterial]]. <https://lern.en.jochen-hanisch.de/mod/assign/view.php?id=54>
- 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>
- 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>
- iMotions. (2023). *iMotions WebET 3.0: Webcam Based Eye Tracking* [Whitepaper]. iMotions Product Specialist Team.
- 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>
- 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>
- 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.
- 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>
- 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)
- Lewandowska, Beata. (2020). *RealEye Eye-tracking system* [Technology Whitepaper]. Technology Whitepaper. <https://d48dl6cezsco5.cloudfront.net/static/doc/RealEye---+Technical+Whitepaper+v1.1.0.pdf>

- Litzel, Nico, & Luber, Stefan. (2018, Juli 18). *Was ist der k-Means-Algorithmus?* BigData-Insider. <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-der-k-means-algorithmus-a-734637/>
- Low, Andrew, & Kalender, Z. Yasemin. (2023). *Data Dialogue with ChatGPT: Using Code Interpreter to Simulate and Analyse Experimental Data* (No. arXiv:2311.12415). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2311.12415>
- Luhmann, Niklas, & Schorr, Karl-. Eberhard. (1982). 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.
- 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, & 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)
- 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* (No. arXiv:1301.3781). 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.
- Moodle Pty Ltd., Hillenbrand, Gisela, & Bösch, Luca. (2019, März 6). *Was ist Moodle. Was ist Moodle* [Wikitext]. [https://docs.moodle.org/311/de/Was\\_ist\\_Moodle?](https://docs.moodle.org/311/de/Was_ist_Moodle?)
- Nwosu, Nancy Nnnebuihe, & 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.
- 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)
- 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, Zavalá-Díaz, Crispín, & Martínez-Rebollar, Alicia. (2020). The K-Means Algorithm Evolution. In Keshav Sud, Pakize Erdoganmus, & 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).

- Rakhlin, Alexander, & Caponnetto, Andrea. (o. J.). *Stability of K-Means Clustering*.
- Referentenentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit: Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, 58 (2012). [https://www.brk-schulen.de/sites/brkschulen/files/ausbildung-und-pruefungsverordnung\\_fuer\\_notsan\\_entwurf\\_0\\_0.pdf](https://www.brk-schulen.de/sites/brkschulen/files/ausbildung-und-pruefungsverordnung_fuer_notsan_entwurf_0_0.pdf)
- Reich, Kersten. (2010). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik: Einführung in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik* (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)
- 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>
- 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)
- Schnäbelin. (2020, Juli 29). *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.
- Siebert, Horst. (2003). *Pädagogischer Konstruktivismus: Lernen Als Konstruktion Von Wirklichkeit* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Luchterhand.
- 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>
- The Drawbacks of K-Means Algorithm | Baeldung on Computer Science*. (2023, Juli 14). <https://www.baeldung.com/cs/k-means-flaws-improvements>
- 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>
- Verordnung zur Sicherung der Ausbildungen in den Gesundheitsfachberufen während einer epidemischen Lage von nationaler Tragweite, Pub. L. No. BAnz AT 12.06.2020 V1, 1018 (2020). <https://www.gesetze-im-internet.de/epigesausbsichv/EpiGesAusbSichV.pdf>
- 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 Informa-

- tion Systems Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 37. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03709>
- 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, Juni 26). <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>
- 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 Stakeholderinbindung 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)
- 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>

## Anhang

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

## 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.	12
Ausbildungsträger	Institution, die die Gesamtverantwortung für die Durchführung der NotSan-Ausbildung trägt und die Schule mit Koordinationsaufgaben beauftragt.	29
Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäter:innen (NotSan-APrV)	Bundesverordnung, die Inhalte, Struktur und Prüfungsmodalitäten der Notfallsanitäter:innen-Ausbildung festlegt.	37
Bildung	Prozess und Ergebnis der Selbst- und Weltaneignung; hier als systemisch-konstruktiver Rahmen für Kompetenzentwicklung im digitalen Bildungsraum verstanden.	25
Area of Interest	Vordefinierter Bildschirmbereich zur Aggregation von Blickdaten und Interpretation von Aufmerksamkeitsmustern.	57
Digitaler Bildungsraum	Gesamtheit der technisch, didaktisch und sozial gestalteten Lernumgebung, in der Lehr-, Lern- und Interaktionsprozesse digital vermittelt und organisiert werden.	11
Digitaler Bildungsraum der Gesundheitsberufe	Spezifische Ausprägung des digitalen Bildungsraums, in dem Lern- und Qualifizierungsprozesse für Gesundheitsberufe (z.B. Notfallsanitäter:innen) stattfinden.	11
Digitales Bildungswirkgefüge	Systemische Gesamtstruktur, die digitale Infrastruktur, didaktische Gestaltung und Kompetenzentwicklung zu einem Wirkzusammenhang verknüpft.	25
Digitalität	Modus der Vermittlung und Organisation von Kommunikation, Information und Interaktion über digitale Technologien.	25
E-Portfolio	Digitaler Sammelort für Lernprodukte, Reflexionen und Leistungs nachweise zur Dokumentation individueller Lernprozesse.	29
EpiGesAusbSichV	Verordnung zur Sicherung der Ausbildungen in den Gesundheitsfachberufen; erlaubt digitale Formate während pandemischer Lagen.	32
Eye-Tracking	Verfahren zur Erfassung und Auswertung von Blickbewegungen; hier webcam-basiert (RealEye) und bildbasiert ausgewertet (Heatmap, Viewmap, Fog-View).	48
Expertisegradient	Veränderung der Aufmerksamkeits- und Navigationsmuster mit wachsendem Erfahrungsstand (z.B. von breiter Suche zu zielgerichteten Scanpaths).	96

Begriff / Schreibweise	Beschreibung / Bedeutung	Seite
Forschungsunterfrage	Aus der Hauptforschungsfrage abgeleitete, thematisch fokussierte Teilfragen, die den Forschungsprozess strukturieren und die methodische Auswertung steuern.	21
Fog-View	Visualisierung der systematisch ignorierten UI-Zonen in der Eye-Tracking-Auswertung.	57
Gesundheitsberufe	Berufsgruppe mit Tätigkeitsfeldern im Gesundheitssektor; umfasst reglementierte Berufe mit gesetzlich geregelter Ausbildung und Prüfung.	10
High Responsibility Teams	Teams in hochverantwortlichen, sicherheitskritischen Kontexten (z.B. Rettungsdienst), deren Arbeitsweise besondere Anforderungen an Ausbildung, Kompetenzentwicklung und Teaminteraktion stellt.	11
Heatmap	Aggregierte Fixationsdichtekarte zur Identifikation visueller Hotspots und Coldspots.	57
Handlungssituationen	Standardisierte Kurseinheiten im LMS, die berufspraktische Anforderungen abbilden und curricularen Kompetenzziehen folgen.	32
Interdependenz im Wirkgefüge	Wechselseitige Kopplung positiver und negativer Wirkungswahrscheinlichkeiten, die den digitalen Bildungsraum als Ganzes konstituieren.	98
Learning-Management-System	Digitale Plattform zur Bereitstellung, Organisation und Unterstützung von Lehr- und Lernangeboten, inkl. Kommunikation, Materialverwaltung und Leistungsdokumentation.	11
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.	11
Kompetenzentwicklung	Aufbau und Weiterentwicklung von handlungsfähigen, reflektierten Kompetenzen im digitalen Bildungsraum.	25
Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung	Verfahren zur statistischen Überprüfung der Stabilität und Trennschärfe von Clusterstrukturen auf Basis mehrdimensionaler Kennwerte (z.B. Silhouette-Score).	80
Notfallsanitätergesetz	Bundesgesetz, das Ausbildung, Kompetenzen und Anerkennung der Notfallsanitäter:innen regelt; Grundlage der Ausbildungserweiterung auf drei Jahre.	10
Notfallsanitäter:in	Beruf im Rettungsdienst mit dreijähriger Ausbildung und eigenständigem Kompetenzprofil; Erstnennung im Kontext des NotSanG.	11
Curriculum Alignment	Passung von Lernzielen, Lehr-/Lernaktivitäten und Prüfungen zur Sicherung curricularer Kohärenz.	41
Programmatic Assessment	Bewertungsansatz, der multiple Prüfungsformate systematisch auf ein Kompetenzprofil ausrichtet und über den Ausbildungszeitraum koppelt.	42
Kirkpatrick-Modell	Vierstufiges Evaluationsmodell (Reaktion, Lernen, Verhalten, Ergebnisse) zur Bewertung von Trainingsprogrammen.	34

Begriff / Schreibweise	Beschreibung / Bedeutung	Seite
Rahmenlehrplan NRW	Landesrahmenplan für die Ausbildung von Notfallsanitäter:innen in Nordrhein-Westfalen; gliedert die Ausbildung in Lernfelder.	36
Lernorttransfer	Gezielte Verbindung der Lernorte Schule, Lehrrettungswache und Krankenhaus zur Sicherung kohärenter Lernprozesse.	29
Pädagogisch-psychologische Trägervariablen	Bedürfnisse, Emotionen, Neugier, biografische Ereignisse und dispositionale Merkmale, die als wirksame Faktoren das digitale Bildungswirkgefüge prägen.	26
Scanpath	Sequenzielle Folge von Blickfixationen über ein Interface oder einen Stimulus zur Analyse von Orientierungs- und Suchmustern.	96
Systemisch-konstruktivistische Theorie	Lerntheoretischer Ansatz, der Wissenserwerb als aktive Konstruktion in selbstorganisierten Systemen begreift und damit Gestaltung sowie Nutzung von Bildungsräumen prägt.	26
Sozio-technisches Wirkgefüge	Wechselwirkungsgefüge von digitalen Infrastrukturen, didaktischer Gestaltung und sozialen Prozessen im Bildungsraum.	25
Systementkopplung	Auseinanderfallen zuvor gekoppelter Subsysteme (z.B. Kompetenzmessung und Lernaktivität) mit Risiken für die Stabilität des Bildungswirkgefüges.	27
Training Evaluation Inventory (TEI)	Fragebogenbasiertes Instrument zur Evaluation von Trainingsdesign und -wirkung, speziell für High-Responsibility-Kontexte validiert.	41
Probabilistisch-Qualitative Inhaltsanalyse	Hybrides Analyseverfahren, das deduktive qualitative Inhaltsanalyse mit probabilistischer, embedding-basierter Clusterbildung kombiniert, um Textsegmente strukturiert auszuwerten.	77
RealEye	Webcam-basiertes Remote-Eye-Tracking-System; liefert aggregierte Heatmaps, Viewmaps und Fog-Views.	57
Systemisch-forschungsfragengeleiteter Paradigma	Regestandiger methodischer Ansatz, der qualitative, quantitative und simulationsbasierte Verfahren strikt an den Forschungsunterfragen koppelt und über Interdependenz, Emergenz und Rückkopplung verbindet.	48
Systemisch-konstruktivistisches Learning-Management-System	Learning-Management-System, dessen Architektur und Nutzung auf systemisch-konstruktivistischen Annahmen zu Lernen, Selbstorganisation und Wirkzusammenhängen im Bildungsraum basiert.	11
Technologiedefizit	Diskrepanz zwischen technologischen Möglichkeiten und deren pädagogischer Nutzung; führt zu unterausgeschöpften Potenzialen digitaler Bildungsräume.	27
Triangulation	Systematisches Verschränken unterschiedlicher Datenquellen (z.B. Eye-Tracking und Umfrage), um Befunde wechselseitig zu validieren.	95
Viewmap	Sequenzielle Darstellung der Blickpfade (Orientierungswechsel, Rekursionen) über den Stimulus.	58

Begriff / Schreibweise	Beschreibung / Bedeutung	Seite
Wirkdimensionen	Wiederkehrende Gestaltungs- und Wirkungsebenen (z.B. Transparenz, Strukturierung, Rückkopplung), entlang derer positive und negative Wirkungen eines digitalen Bildungsraums beschrieben werden.	98
Wirkgefüge	System von Wechselwirkungen zwischen technologischen, didaktischen und sozialen Komponenten des LMS, die gemeinsam Effekte auf Lern- und Kompetenzentwicklungsprozesse erzeugen.	11

## 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 Ausbil-

dung 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

Orden 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 Bedeutung 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 Wirkgefüge (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 Ausbildungmerkmalen 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 eine Datei mit bereits strukturierten Quellenanalysen (z.B. FU1 Primäranalysen (58).md) verarbeitet. 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 ist eine Markdown-Datei mit mehreren Analysen erster Ordnung (siehe Anhang A.2).
- Jede Analyse enthält bereits strukturierte Abschnitte (z.B. Kontext, Kernaussagen, Argumentation, Vertragsgewortung).

### 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 forschungsfragen-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, Interpretationsspielräume).

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.

## 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-periphere Steuerung).
  - Analysiere visuelle Konkurrenz (Elemente, die ungewollt Aufmerksamkeit ziehen).
2. Beschreibung der Viewmap / Scanpath
  - Rekonstruiere die Reihenfolge der Fixationen (Blickpfadlogik).
  - 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.

## 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	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 Verhaltensaßnahmen 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

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

## Fortschrittsübersichten

Die Fortschrittsübersichten dokumentieren den Arbeitsstand der Sichtung, Qualitäts- und Relevanzprüfung und liegen hier im Anhang, um den Methodikteil schlank zu halten.

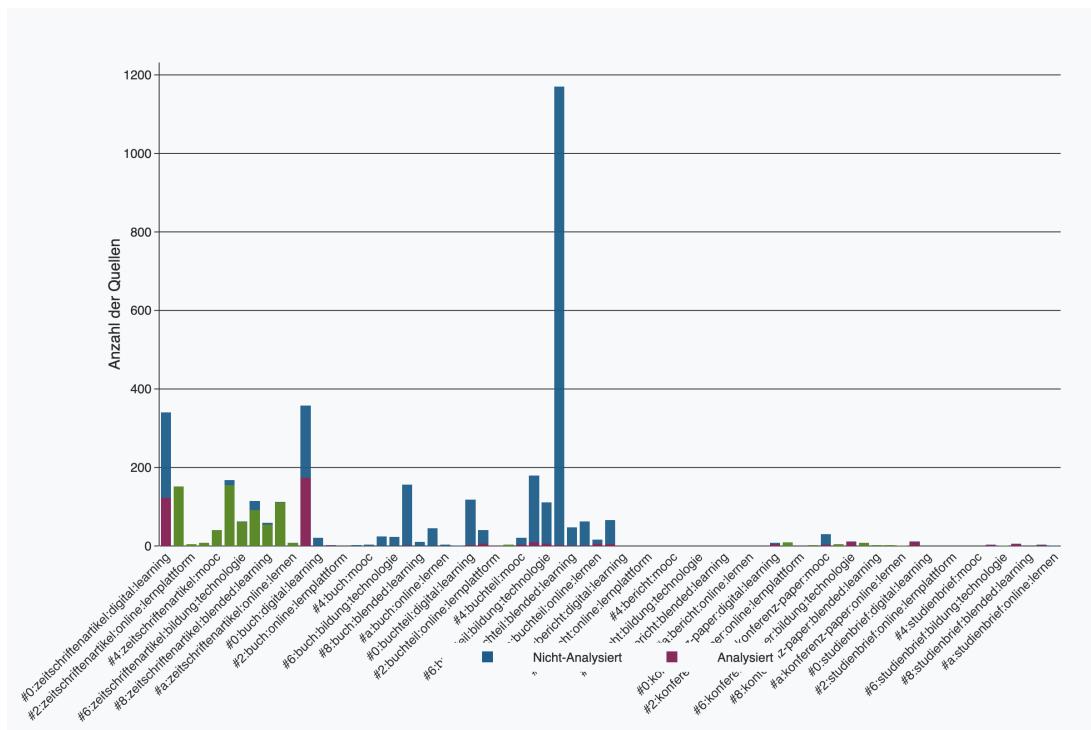


Figure 35: Statusübersicht der Quellen nach Screening-, Qualitäts- und Relevanzprüfung.

#### Beschreibung, Analyse und Interpretation:

- Die Balken zeigen den Endstand nach Screening, Qualitäts- und Relevanzprüfung; der größte Anteil der Quellen ist akzeptiert und damit für die Analyse freigegeben.
  - Ein kleiner Anteil wurde ausgeschlossen (z.B. thematische Fehlpassung) oder befindet sich noch in Prüfung; der Puffer für offene Fälle bleibt überschaubar.
  - Die Verteilung belegt, dass der Sichtungs- und Prüfprozess weitgehend abgeschlossen ist und nur minimale Restarbeiten (Review offener Quellen) verbleiben.
  - Methodisch sichern die abgeschlossenen Prüfungen die formale Qualität und Kohärenz des Korpus.

#todo Weitere Fortschrittsgrafiken (z.B. nach Suchordnern) liegen derzeit nicht als exportierte Abbildungen im Repository vor. Sobald zusätzliche Übersichten vorliegen, können sie hier ergänzt werden.

## 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

## 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